

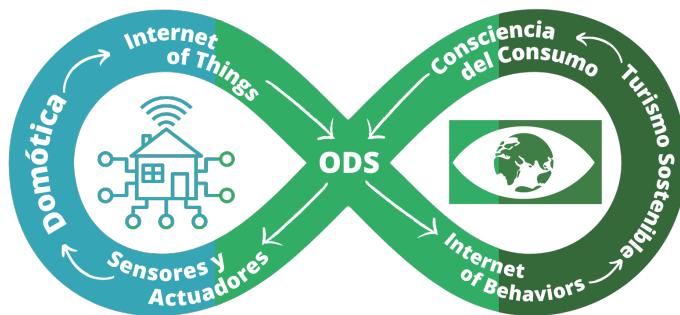


UNIVERSIDAD DE GRANADA
ESCUELA INTERNACIONAL DE POSGRADO

TRABAJO FIN DE MÁSTER
MAES: ESPECIALIDAD DE TECNOLOGÍA

Gestión y domótica de recursos para un comportamiento sostenible

Autor:
Alberto López del Amo Gorgojo
Tutora:
Rosana Montes Soldado
Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos



30 de mayo de 2023
Curso Académico 2022/2023



Esta obra está licenciada bajo la Licencia Creative Commons Atribución -NoComercial 4.0 internacional.

Para ver una copia de esta licencia, visita el siguiente enlace:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

D. Alberto López del Amo Gorgojo, con DNI 75577999E.

Declaro explícitamente que el trabajo presentado como Trabajo de Fin de Máster (TFM), correspondiente al curso académico 2022/2023, es original, entendida esta, en el sentido de que no ha utilizado para la elaboración del trabajo fuentes sin citarlas debidamente. De no cumplir con este compromiso, soy consciente de que, de acuerdo con la Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada de 20 de mayo de 2013, *esto conllevará automáticamente la calificación numérica de cero [...] independientemente del resto de las calificaciones que el estudiante hubiera obtenido. Esta consecuencia debe entenderse sin perjuicio de las responsabilidades disciplinarias en las que pudieran incurrir los estudiantes que plagien.*

En Granada a 30 de mayo de 2023.

Fdo: Alberto López del Amo Gorgojo

Dra. D^a. Rosana Montes Soldado, profesora del Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad de Granada.

Informa:

Que el presente trabajo, titulado “Gestión y domótica de recursos para un comportamiento sostenible”, ha sido realizado bajo mi supervisión por Alberto López del Amo Gorgojo, y autorizo la defensa de dicho trabajo ante el tribunal que corresponda.

Y para que conste, firmo el presente informe en Granada a 29 de mayo de 2023.

La tutora

Rosana Montes Soldado

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a mi tutora, Rosana Montes Soldado, por darme la gran oportunidad de trabajar con ella en un proyecto tan interesante, ayudándome y apoyándome en cada una de las etapas que lo han constituido.

A mi tutor de prácticas, Francisco Abarca Hernández, por mentorizar todo el proceso de implementación de la actividad, confiando en mí para tomar las riendas de su clase, inspirándome y apoyándome en todo momento.

A mis padres, mi hermana y Facu, por su apoyo incondicional y esos “respiros” de los jueves.

A todos, de verdad, mil gracias.

Resumen:

Este Trabajo Fin de Máster busca el análisis de cómo puede afectar la domótica y el internet de las cosas a la gestión de recursos para obtener un comportamiento más sostenible, añadiendo el factor del internet de los comportamientos.

El objetivo final es la implementación de una actividad didáctica en una clase de secundaria que consiste en la domotización del aula mediante diversos dispositivos. Con esto, se pretende acercar esta tecnología a los alumnos, haciéndoles ver el potencial que tiene para mejorar los hábitos de las personas.

Para su implementación se ha utilizado *Home Assistant*, un *software* libre ideal para inicializarse en la domótica. Para ello, se ha necesitado una *Raspberry Pi* como nodo para conectar diferentes *ESP32* con las que controlar sensores y actuadores.

Se ha conseguido el diseño de una actividad exportable a formato de “situación de aprendizaje”, obteniendo los resultados de una clase real de 4º del itinerario de la ESO. Todos los resultados obtenidos durante las clases prácticas se han recopilado en un único vídeo subido a *YouTube*, y los recursos diseñados se pueden obtener de un repositorio de *GitHub* creado en formato *eXeLearning*.

Palabras claves: domótica, turismo sostenible, objetivos de desarrollo sostenible (11,12,13), internet de los comportamientos, internet de las cosas, *ESP32*, *Raspberry Pi*, *Home Assistant*.

Abstract:

This Thesis seeks to analyze how home automation and internet of things can affect resource management to obtain a more sustainable behavior, including the idea of internet of behaviors.

The final objective is the implementation of a didactic activity that consists of the domotization of the classroom through various devices. It is intended to show to students that this technology could be available to everyone, making them see the potential they have to improve people's habits.

Home Assistant has been used for this implementation, an open *software*, ideal for getting started with home automation. To do this, a *Raspberry Pi* has been needed as a node to connect different *ESP32* used to control sensors and actuators.

The design of an activity that can be exported to a any didactive format has been achieved, obtaining the results of a real class of the 4th grade of high school. All the results obtained during the practical lessons have been compiled in a single video uploaded to *YouTube*, and the designed resources can be obtained from a *GitHub* repository created in *eXeLearning* format.

Keywords: domotic, sustainable tourism, sustainable development goals (11,12,13), internet of behaviors, internet of things, *ESP32*, *Raspberry Pi*, *Home Assistant*.

Índice

1. Introducción	1
1.1. Contexto	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Motivación personal	3
1.4. Flujo de trabajo seguido	3
2. Estado del arte	5
2.1. Domótica	5
2.1.1. Beneficios de la domótica	6
2.1.2. <i>Internet of Things</i>	7
2.2. Turismo sostenible	8
2.2.1. <i>Internet of Behaviors</i>	9
2.2.2. Hotel Solidario Mangily	11
2.3. Objetivos de desarrollo sostenible	11
3. Diseño actividad piloto	13
3.1. Justificación	13
3.2. Descripción de la actividad	14
3.2.1. Requisitos <i>Hardware</i>	14
3.2.2. Requisitos <i>Software</i>	15
3.3. Estructura de la actividad	17
3.4. Evaluación de la actividad	18
3.4.1. Instrumentos de evaluación	19
3.5. Cuestionarios informativos sobre el alumnado	22
3.5.1. Cuestionario previo a la actividad	22
3.5.2. Cuestionario posterior a la actividad	23
3.6. Recursos visuales para la impartición de los contenidos	24
3.6.1. Presentación de la parte teórica	25
3.6.2. Presentación de la parte práctica	25
3.7. Sensores y actuadores estudiados para la actividad	26
4. Implementación de la actividad	29
4.1. Organización	29
4.2. Diario de implementación de la actividad	33
4.2.1. Primera sesión: presentación teórica	33
4.2.2. Segunda sesión: comienzo de la práctica	33
4.2.3. Tercera sesión: automatizaciones	34
4.2.4. Sesiones extra	35
4.3. Resultados de la práctica	37
4.3.1. Programación de los dispositivos	37
4.3.2. Panel de control	39
4.3.3. Automatizaciones	40
4.3.4. Instrumentos de evaluación	41
4.4. Resultados de los cuestionarios informativos	44

4.5. Recopilación de recursos implementados en la actividad	49
4.6. Coste de la implementación	49
4.7. Enlaces a los contenidos	50
5. Conclusión y futuras líneas de trabajo	51
5.1. Valoración personal	51
5.2. Conclusión	51
5.3. Futuras líneas de trabajo	52
A. Instrumentos de evaluación	56

Índice de figuras

1.	Diagrama de Gantt con el flujo de trabajo del proyecto.	4
2.	La domótica, imagen obtenida del artículo (e-ficiencia).	5
3.	Resultados de cuestionario sobre hábitos en casa y de vacaciones de 706 participantes (MacInnes et al., 2022).	8
4.	Razones para explicar la pérdida de hábitos positivos estando de vacaciones de 706 participantes (MacInnes et al., 2022).	10
5.	Objetivos de desarrollo sostenible a tratar con este TFM (Naciones Unidas).	12
6.	Logotipo diseñado para este proyecto.	13
7.	Raspberry Pi 4 con el logotipo (Raspberry Pi).	14
8.	Microcontrolador <i>ESP32 STEAMakers</i> (ESP32).	15
9.	Logotipo oficial de <i>Keyestudio</i> (Keyestudio).	15
10.	Logotipos de los <i>software</i> estudiados para la actividad.	16
11.	Logotipo oficial de <i>ESPHome</i> (ESPHome).	16
12.	Conexión entre <i>Telegram</i> y <i>Home Assistant</i> utilizando <i>NodeRED</i> . Imagen obtenida de (Andrew Howe, 2020).	17
13.	Identificación de cada una de las <i>ESP32</i> en el complemento de <i>ESPHome</i> , dentro de <i>Home Assistant</i>	30
14.	Fotografías de todos los <i>kits</i> y sus componentes.	32
15.	Calendario de implementación de la actividad.	33
16.	Fotografía realizada por el tutor de prácticas durante la segunda sesión.	34
17.	Interruptores de la clase preparados para la conexión con <i>Home Assistant</i> a través de un relé.	36
18.	Códigos realizados para la programación de las <i>ESP32</i> de cada grupo.	38
19.	Paneles de control diseñados por cada grupo.	39
20.	Gráfico del sensor de temperatura <i>DHT11</i> del grupo <i>BlackWidow</i>	40
21.	Configuración de la automatización del control de temperatura hecho por el equipo <i>BlackWidow</i>	41
22.	Plantilla para el uso de la rúbrica.	42
23.	Rúbrica rellena para el grupo de trabajo de <i>Black Widow</i>	42
24.	Calificaciones de los estudiantes en el cuestionario de evaluación.	43
25.	Calificaciones medias de cada pregunta en el cuestionario de evaluación.	44
26.	Gráfica sobre la dificultad de la domótica antes y después de la realización de la práctica.	45
27.	Gráfica sobre si tendrían una automatización y si la instalarían.	46
28.	Gráfica sobre si elegirían vivir en una vivienda y hospedarse en un hotel domotizado o normal.	46
29.	Gráfica sobre la opinión acerca del <i>internet of behaviors</i>	47
30.	Gráfica sobre la mejora de hábitos de vacaciones con la domótica en un hotel antes y después de la práctica.	48
31.	Gráfica sobre la valoración de 0 a 10 de la actividad realizada.	48
32.	Código QR con enlace al repositorio en <i>GitHub</i>	50
33.	Primera parte de la rúbrica sobre la actividad de domótica e IoT.	56

34. Segunda parte de la rúbrica sobre la actividad de domótica e IoT. . . 57



Índice de tablas

1.	Bloques de contenidos dados en la actividad de la materia de tecnología de 4º ESO con los criterios de evaluación asociados (BOJA, 2021).	19
2.	Preguntas del cuestionario previo a la actividad.	23
3.	Preguntas del cuestionario posterior a la actividad.	24
4.	Conjunto de posibles sensores a utilizar en la práctica.	27
5.	Conjunto de posibles actuadores a utilizar en la práctica.	28
6.	Kits asignados a cada grupo con sus diferentes dispositivos.	30
7.	Calificaciones de todos los grupos de trabajo según la rúbrica diseñada.	42
8.	Recopilación de todos los recursos utilizados en la implementación de la actividad para el grupo asignado.	49
9.	Presupuesto total para la implementación del proyecto.	50

1. Introducción

En esta primera parte de la memoria se pretende presentar el contexto general y los objetivos de este Trabajo Fin de Máster, las motivaciones que han llevado a realizarlo y la planificación de todo el flujo de trabajo desarrollado a lo largo del curso.

1.1. Contexto

Día tras día, las nuevas tecnologías se están introduciendo en los dispositivos de la vida cotidiana: desde los frigoríficos hasta las persianas. Incluso algo tan tradicional como una escoba y una fregona se ha convertido en un robot con todo incluido que se encarga de la limpieza del suelo de manera autónoma, pudiéndose controlar desde la palma de la mano con un *smartphone*, ya que todo está interconectado. A esto se le conoce como *internet of things*, IoT (internet de las cosas), que se verá en profundidad a lo largo de la memoria.

Por otro lado, cada vez surge una mayor conciencia del consumo de recursos; tanto energético como de agua principalmente. En gran medida, las personas tratan de bajar dicho consumo por motivos económicos, pero, poco a poco, la sociedad va comprendiendo que si no se consigue regular de alguna manera puede tener consecuencias importantes en el planeta.

Una de las nuevas formas que han surgido es el conocido como *internet of behaviors*, IoB (internet de los comportamientos). Esto es una consecuencia directa del IoT. Al conseguir llevar un control exhaustivo del consumo y crear automatizaciones que faciliten el ahorro de energía, se puede llegar a influir, tanto para bien como para mal, en el comportamiento de las personas. Este será otro de los pilares a estudiar en este trabajo.

Cuando se habla de estos dispositivos inteligentes interconectados, IoT, dentro de las casas particulares, se introduce el término de **domótica**. Todas las posibles automatizaciones programadas para “facilitar” el día a día de las personas en el hogar, desde controlar las persianas dependiendo de la luz en el exterior, hasta alertar de que falta leche en la nevera, componen la domotización de una casa.

Aunque pueda llegar a ser muy complicado introducir este control en todas las casas de una comunidad debido a que, de primera mano, puede verse como algo complejo de manejar, en este trabajo se plantea llevarlo a los hoteles. Como se puede observar en trabajos como el de ([Demeter et al., 2023](#)), las personas no se comportan de igual forma cuando están en casa que cuando se hospedan en un hotel. Llevar historiales de consumo públicos para todos los clientes puede ser un gran incentivo para crear conciencia de lo que uno consume.

Personalmente, se tiene un estrecho contacto con la ([Fundación Agua de Coco](#)). Esta fundación, aparte de otros muchos proyectos, dispone de un ([Hotel Solidario](#)) en la ciudad de Mangily al sur de Madagascar. Por tanto, a lo largo de la memoria se



estudiará la viabilidad para la gestión y domótica de dicho hotel, planteando futuras líneas de trabajo.

Todo lo anterior se puede traducir en diferentes **objetivos de desarrollo sostenible**, ODS, objetivos a nivel global diseñados “para lograr un futuro mejor y más sostenible para todos” ([Naciones Unidas](#)). Son un conjunto de 17 objetivos, de los cuales, en este TFM, se plantea trabajar con los siguientes:

- **Número 11:** Ciudades y comunidades sostenibles.
- **Número 12:** Producción y consumo responsables.
- **Número 13:** Acción por el clima.

Durante el curso actual, estoy realizando el Máster en Profesorado, por lo que se tratará de combinar este trabajo con las prácticas en el centro, para obtener una experiencia más enriquecedora y proveer de resultados empíricos a este proyecto.

1.2. Objetivos

En este Trabajo Fin de Máster se van a dividir los objetivos a corto, medio y largo plazo:

- A corto plazo, debido a que las prácticas en el centro se llevarán a cabo en los meses de abril y mayo de 2023, surgen los siguientes objetivos:
 1. Preparación del tema de domótica y el IoT para impartirlos en una clase de secundaria.
 2. Creación de recursos para la obtención de datos interesantes para el estudio del IoB en los alumnos.
 3. Organización de una práctica para mostrar el potencial del IoB y el IoT, facilitando los suficientes equipos domóticos para que, por grupos, consigan realizar diversas automatizaciones con sensores y actuadores, interconectando a toda la clase.
 4. Anticipar los diferentes ritmos de aprendizaje de los alumnos, buscando la flexibilidad de la práctica.
 5. Trabajar los ODS relacionados con el tema, prestando especial atención al turismo sostenible.
- En un plazo intermedio, se plantea lo siguiente:
 1. Desarrollar a fondo el trabajo implementado en las prácticas, obteniendo la retroalimentación tanto de los alumnos como de mis tutores de TFM y de prácticas, para conseguir generar una situación de aprendizaje que pueda llevarse a cualquier centro, minimizando los recursos necesarios.
 2. Facilitar la formación necesaria sobre los temas desarrollados al que lo solicite, buscando la difusión de la práctica.



- A largo plazo, se plantea el siguiente objetivo:
 - Preparar la investigación para la futura implementación de la tecnología necesaria para convertir el ([Hotel Solidario](#)) en un hotel domótico que busque la concienciación de los clientes y trabaje el IoB.

1.3. Motivación personal

Desde que empecé en el mundo de la domótica y el IoT en el Grado de Ingeniería Electrónica Industrial, no he parado de buscar nuevas formas de automatizar mi casa y de tratar de llevar esta tecnología a mis conocidos. Considero que es algo con gran potencial y que logra apasionarme debido a su infinidad de aplicaciones.

Por otro lado, la idea de colaborar con la ([Fundación Agua de Coco](#)), aunque solo sea teóricamente en un primer momento, es algo que siempre he querido hacer. Tuve la oportunidad de conocer todos los proyectos que se están llevando a cabo en Madagascar de primera mano y este trabajo me plantea una meta para conseguir ayudarles.

También debía pensar en alguna temática que pueda implementarse en un aula de la ESO. La opción de transmitir a los estudiantes algo que me motiva, que tiene gran futuro y que trabaja ciertos ODS, es idónea para realizarlo en mis prácticas docentes.

1.4. Flujo de trabajo seguido

Desde que se tuvo la primera reunión con la tutora y se comenzó a idear este Trabajo Fin de Máster el *7 de diciembre de 2022*, se ha llevado un seguimiento día a día del trabajo realizado, los problemas encontrados y los avances realizados en un [Diario Online](#).

Una vez que se estableció la temática del TFM y los objetivos a cumplimentar, se ha seguido el siguiente flujo de trabajo que se observa con formato de “Diagrama de Gantt” en la Figura 1.



Trabajo Fin de Máster

Flujo de trabajo

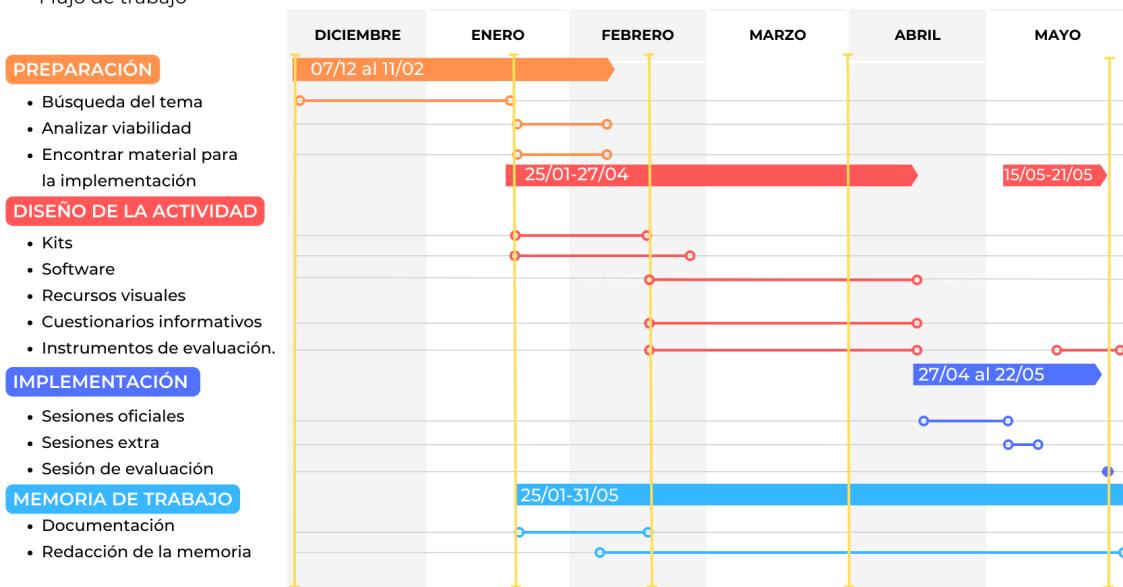


Figura 1: Diagrama de Gantt con el flujo de trabajo del proyecto.

Este flujo de trabajo se ha dividido en cuatro secciones:

- **Preparación del TFM:** en esta primera parte, con el periodo festivo de la Navidad entre medias, se estuvieron analizando los posibles temas a desarrollar, se analizó la viabilidad del elegido, comprobando si se podía disponer del material para su implementación en el aula de prácticas.
 - **Diseño de la actividad piloto:** gran parte del tiempo de trabajo ha correspondido con el diseño de todos los recursos que se han utilizado en la implementación de la actividad en el aula de prácticas. Entre ellos, los recursos *hardware* y *software*, los recursos visuales, cuestionarios informativos e instrumentos de evaluación.
 - **Implementación de la actividad:** después del diseño de la actividad, se llevó a cabo la implementación en el aula de prácticas asignada en el máster, comprendiendo tres sesiones “oficiales”, dos “extraoficiales” y una sesión de evaluación.
 - **Memoria de trabajo:** la memoria de trabajo es una parte importante del trabajo realizado, y se ha ido desarrollando poco a poco durante casi la totalidad del trabajo.

Por otro lado, se han realizado cinco reuniones con la tutora, Rosana Montes Soldado, señaladas con una línea vertical amarilla.



2. Estado del arte

De la introducción se pueden deducir tres partes claves en este trabajo: una parte más técnica que engloba la domótica y el internet de las cosas, otra parte sobre el turismo sostenible y el internet de los comportamientos y una tercera que hace de unión entre las dos, los objetivos de desarrollo sostenible a tratar. En este apartado se tratará de poner en contexto dichas partes.

2.1. Domótica

La domótica, como se ha comentado en el apartado anterior, es la tecnología que permite gestionar una vivienda de forma inteligente y automática haciendo uso del IoT. Esto se lleva a cabo con el fin de aportar eficiencia energética, seguridad, confort y bienestar en un hogar. En la siguiente Figura 2, se observa un esquema de las posibles características de la domótica en una vivienda.



Figura 2: La domótica, imagen obtenida del artículo ([e-ficiencia](#)).

El hecho de añadir sensores a dispositivos tradicionales los hace, en cierta manera, inteligentes. Y si se añade una red de comunicaciones que los conecte entre sí da paso a las automatizaciones.

Según ([Miguel Tecnología](#)), existen tres tipos de sistemas domóticos:

- **Sistema domótico inalámbrico:** en este tipo de sistemas, todos los dispositivos se conectan de forma inalámbrica a un *hub*, un nodo o centro de control que unifica a todos estos dispositivos. Es el sistema más utilizado debido a que



no necesita la conexión de cables. Será el elegido para este TFM, usando una Raspberry Pi como *hub*.

- **Sistema domótico cableado:** este segundo tipo de sistemas cumple con las mismas funcionalidades que el anterior, con la pega de que, como su propio nombre indica, se requiere de una red de cableado que interconecte todos los dispositivos, añadiendo un coste y dificultad adicional de instalación. Un buen ejemplo de sistemas domóticos cableados es el que permite *KNX*.
- **Dispositivos inteligentes:** la principal característica de estos sistemas domóticos es que no requieren de un *hub*. Los diferentes dispositivos se conectan desde la red WiFi, permitiendo su funcionamiento individual. En la mayoría de los casos, se pueden manejar mediante un dispositivo móvil conectado a la misma red.

Esta última forma de unificar todos los sensores y actuadores está ganando más y más popularidad gracias al uso de un asistente virtual, como *Alexa* o *Google Home*, que solo requieren una red WiFi común. Esta tecnología añade una “mente onnipresente” con la que poder interactuar y controlar todos los dispositivos inteligentes que se dispongan en el hogar.

2.1.1. Beneficios de la domótica

Las características de un sistema domótico se observan comúnmente en recintos particulares, debido a que, actualmente, está visto como una afición tecnológica bastante compleja que requiere tiempo y conocimientos avanzados sobre el tema.

Sin embargo, estas tecnologías se están volviendo más populares y asequibles, por lo que su uso se acabará generalizando en empresas, hoteles e incluso entidades públicas como hospitales y centros docentes.

Para comprender su potencial, es importante conocer los beneficios que puede llegar a aportar una instalación domótica, vistos en la Figura 2:

- Con la mejora de las **comunicaciones** que aporta una vivienda domótica, se podrán controlar los diversos dispositivos telemáticamente mientras estén conectados a la red y obtener historiales sobre consumo y costes, al igual que avisos y alarmas programadas.
- Una de las grandes ventajas es la mejora de la **eficiencia energética** con la programación de la climatización del hogar, el control de toldos y persianas según la luz exterior mediante motores, el apagado de luces y dispositivos que no estén en uso, o del aire acondicionado si se detecta una puerta o una ventana abierta,...
- El **comfort** que aporta una vivienda domotizada también es importante: el control de enchufes y bombillas con la voz o un dispositivo móvil, un seguimiento de los productos que hay en la nevera, avisos sobre la finalización de procesos como el cocinado o el lavavajillas, la limpieza mediante robots autónomos,...



- Por otro lado está la **seguridad**. Gracias a sensores de presencia o cámaras se puede alertar de una intrusión. Pero también existen sensores de gas, pérdidas de presión en las tuberías, fuego, humo, que permiten prevenir accidentes potenciales.
- La **accesibilidad** que puede ofrecer la domótica es algo destacable, especialmente con personas con limitaciones o incluso de la tercera edad; se les puede llegar a otorgar cierta autonomía, aumentando su calidad de vida y seguridad.

2.1.2. *Internet of Things*

Considerando el IoT como una parte necesaria de la domótica, se puede localizar en este subapartado.

Como se observa en diversos estudios ([Rose et al., 2015](#)), el concepto de IoT lleva existiendo desde 1999, y sigue refiriéndose a “objetos de la vida cotidiana conectados al internet a través de sensores”.

Sin embargo, la búsqueda de conectar diferentes dispositivos a redes de comunicación empezó a desarrollarse en los años setenta. El primero de estos objetos fue una tostadora a la que se le asignó una dirección IP y podía encenderse y apagarse a través de internet.

Para este proyecto, será de vital importancia conocer los diferentes sensores que puedan proporcionar la información para realizar el comportamiento deseado. Dichos sensores consiguen transformar estímulos externos a impulsos eléctricos aptos para su trabajo con un ordenador; en otras palabras, un sensor tiene la finalidad de ser el traductor entre el ambiente y el lenguaje de las máquinas. Los principales tipos de sensores son: sensores de distancia, luz, humedad, temperatura, posición, presión, proximidad, sonido, velocidad, sensores magnéticos y ópticos ([EDS Robotics](#)).

Cada uno de estos sensores podrá ser clave para medir una característica del ambiente. Estos buscan, en gran medida, realizar lo que se conoce como biomímesis o biomimética, el proceso por el cuál el ser humano trata de imitar las características biológicas de animales y plantas mediante tecnología. Un claro ejemplo de ello es el sensor de ultrasonidos que, imitando la capacidad de los murciélagos, utiliza esta frecuencia para detectar a qué distancia está un objeto.

Una vez elegidos los sensores, se puede trabajar con sus datos de muchas formas. Una parte importante de este TFM es la búsqueda de la afinidad entre sensor-actuador, tratando de crear automatizaciones coherentes; encajar de la manera más óptima la medida de un sensor con una posible acción. Un ejemplo es el de controlar la velocidad de un ventilador con un sensor de temperatura.



2.2. Turismo sostenible

Como se comentó en el Capítulo 1, el planteamiento que se establece en este TFM es el de la posibilidad de llevar la domótica, el IoT, a los hoteles, fomentando un turismo sostenible. Este turismo sostenible se lleva persiguiendo bastante tiempo. Según (Quintana, 2017), desde *La Carta de Turismo Sostenible de 1995* establecida en Lanzarote, hasta la (*Carta Mundial del Turismo Sostenible*, 2015) en Vitoria-Gasteiz, donde se acuerda que “el turismo debe convertirse en un instrumento de paz y tolerancia”, haciendo hincapié en “la protección del medio ambiente, el cambio climático, desarrollar la resiliencia, contribuir a la economía mundial, luchar contra la pobreza, y utilizar, entre otros, las TIC y los bienes y servicios locales”.

Es lógico pensar que, en general, las personas cuando viajan flexibilizan en gran medida buenos hábitos que llevan a cabo en su día a día. Reciclaje de desechos, uso del aire acondicionado o algo muy común como el lavar la toalla de ducha después de cada uso. Aún así, medir un hábito específico a través de un cuestionario resulta complejo.

A continuación, en la Figura 3, se muestra el estudio realizado por (MacInnes et al., 2022), donde 706 encuestados de diferentes nacionalidades respondieron a la pregunta de si realizaban ciertos hábitos en casa y cuando se encontraban de vacaciones con una diferencia de dos semanas entre uno y otro. Por lo tanto, los resultados varían entre “0 - no, no dispongo de ese hábito” hasta “100 - sí, es un hábito que sigo estrictamente”.

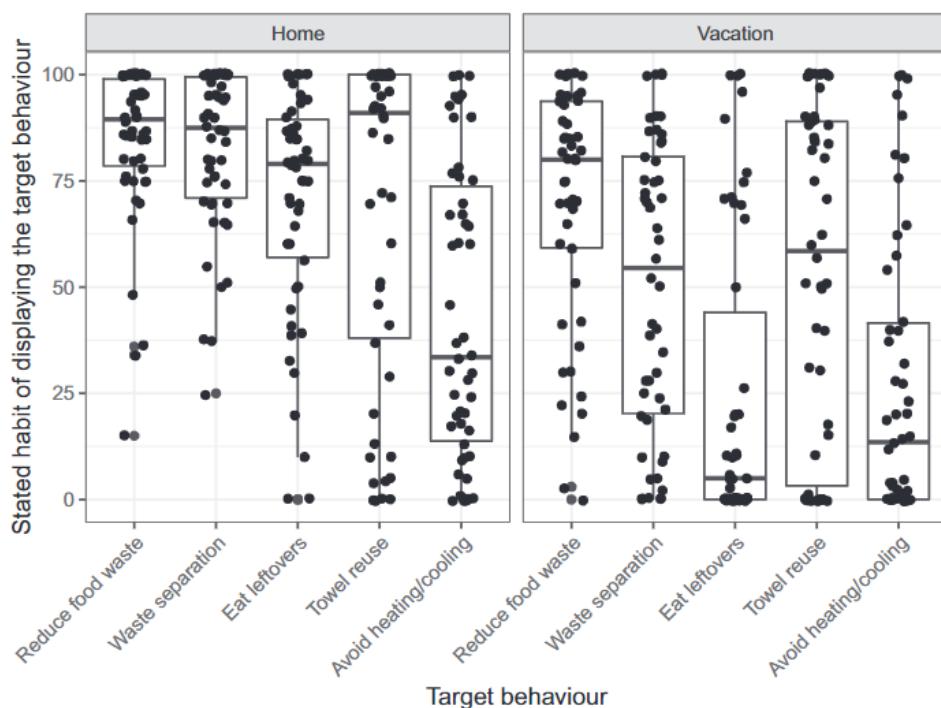


Figura 3: Resultados de cuestionario sobre hábitos en casa y de vacaciones de 706 participantes (MacInnes et al., 2022).



Con el anterior diagrama de “caja y bigotes”, queda bastante bien representada la diferencia entre los hábitos en casa y de vacaciones. Se puede observar cómo dichos hábitos disminuyen considerablemente en la parte de las vacaciones. Si se observa el quinto de ellos, *Avoid heating/cooling* (evitar el uso de aire acondicionado), puede ser el más cercano al apartado de domótica e IoT que se está trabajando, y sería perfectamente medible con sensores. Este hábito de evitar el aire acondicionado, según la gráfica, se realiza por un 15 % de las personas cuando están de vacaciones, siendo el doble de personas, un 30 %, las que lo evitan utilizar cuando están en casa. Esta será una de las reflexiones que se intentarán plantear en la implementación de la actividad con un grupo de alumnos de 4º de la ESO en el Capítulo 4.

2.2.1. *Internet of Behaviors*

Como ya se estableció en el Capítulo 1, el internet de los comportamientos (IoB) es una consecuencia natural del IoT. Si se analiza, puede ser un arma de doble filo, ya que, con la expansión de todo tipo de sensores, el ser humano se encuentra permanentemente monitorizado, permitiendo la obtención de datos privados muy valiosos a empresas que moldean los comportamientos de sus clientes para su beneficio.

Sin embargo, este trabajo se va a centrar en la parte positiva, la capacidad de establecer historiales de hábitos cotidianos para crear conciencia y buscar un turismo sostenible a partir de los datos y la información que puede otorgar el IoT.

Como se comentó en la Figura 3, medir hábitos de conducta puede ser una tarea compleja. Los más significativos dentro de un hotel pueden ser el medir el consumo de agua y electricidad, ya que el turista promedio, al “relajarse” cuando se encuentra de vacaciones, tiende a despreocuparse por dicho consumo, dejando el aire acondicionado encendido sin estar en la habitación, o duchándose durante mucho más tiempo del habitual.

Del estudio anteriormente comentado (MacInnes et al., 2022), donde 706 personas expresaron sus hábitos, se hizo la pregunta para ver el por qué de sus comportamientos; algo muy importante para saber la viabilidad del IoB en el turismo. Las gráficas de la siguiente Figura 4 representan dichas razones.

Si se presta atención al hábito previamente mencionado sobre evitar el uso del aire acondicionado, la primera columna, la principal razón que dan las personas del estudio es que ni siquiera lo habían pensado.



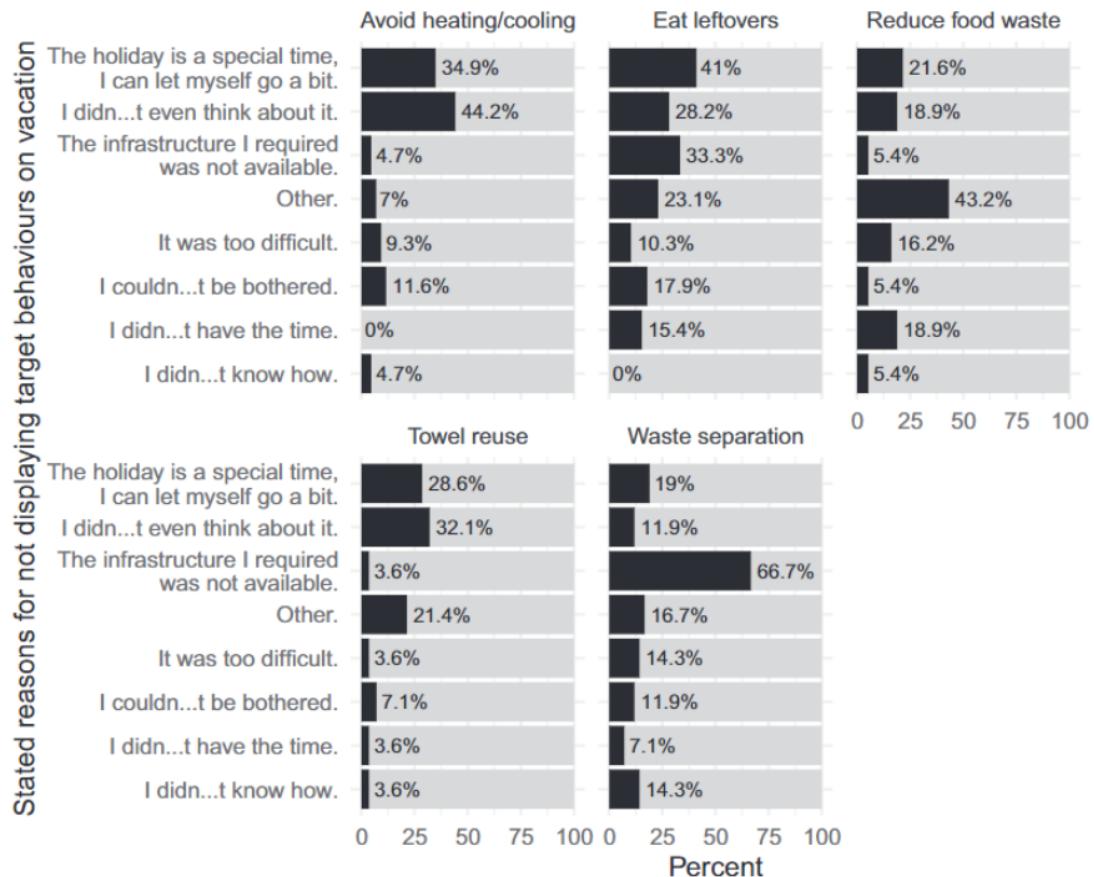


Figura 4: Razones para explicar la pérdida de hábitos positivos estando de vacaciones de 706 participantes ([MacInnes et al., 2022](#)).

Ahora bien, si se usa la domótica y el IoT para monitorizar y concienciar a estas personas de su consumo, si realmente la razón es que no lo habían pensado, puede ser la perfecta solución para solventar este hábito.

De las otras razones que se establecen, aunque los hábitos no sean tan “medibles” a través de sensores, el domotizar un hotel también significaría añadir la infraestructura suficiente para facilitar un turismo sostenible a más niveles, ya que aparece como una de las principales razones con respecto al consumo de comida y el reciclado.

Tras hacer una búsqueda, se encuentra que el problema en cuestión que se trata de solucionar, se planteaba ya en 1968 por Garrett Hardin en “*The Real Tragedy of the Commons*” ([Hardin, 1968](#)). “La tragedia de lo común” describe cómo los bienes comunes son descuidados o sobre utilizados sin necesidad; cómo los bienes públicos son utilizados para maximización del beneficio privado.

Otro ejemplo claro muy común en la sociedad sería el siguiente: si una persona va a un restaurante sabiendo que debe pagar lo que coma o beba, puede que no se pida el plato más caro, ni repita varias bebidas innecesariamente. Sin embargo, si la misma persona queda para comer con más gente, sabiendo que la cuenta final se dividirá equitativamente, es habitual que se dé el caso en el que dicha persona pida



el plato que le apetezca o consuma más bebida sin preocuparse por el costo, ya que se dividirá en el grupo.

Esto puede relacionarse directamente con la actitud del turista que, al pagar por su habitación del hotel, hace mal uso de los recursos que se le facilitan sin necesidad: dejar el aire acondicionado mucho tiempo, ducharse durante un tiempo excesivo o incluso dejar las toallas para lavar después de cada uso.

Dicho fenómeno, “La tragedia de lo común”, se buscará tratar durante este Trabajo Fin de Máster, haciéndole referencia a lo largo de la memoria.

2.2.2. Hotel Solidario Mangily

Si se tiene la idea de domotizar un hotel, se plantea el ejemplo ya comentado del ([Hotel Solidario](#)) en Mangily, Madagascar. Un hotel cuya electricidad funciona a partir de placas fotovoltaicas y que se puede definir como ejemplo de turismo sostenible.

Aún así, por muy sostenible que pueda ser un hotel, si los clientes no están ligeramente concienciados en realizar buenos hábitos, se puede llegar a perder el objetivo principal de consumo.

Por ello, sumar a los términos de hotel solidario y sostenible, el término de domótico, puede ser una idea innovadora que consiga, no solo facilitar el mantenimiento del hotel, sino también monitorizar el consumo personal de cada cliente, tratando de crear una respuesta positiva en su comportamiento.

Una característica interesante del hotel es que se divide en diferentes cabañas independientes, por lo que llevar un seguimiento individual de consumo sería factible.

Aquí se debe retomar el problema a tratar sobre “La tragedia de lo común” ([Hardin, 1968](#)). Un factor bastante importante es la realidad del contexto. Este problema en un hotel europeo no parece algo vital, ya que los recursos en estos países de agua y electricidad se encuentran al alcance de la gran mayoría.

Sin embargo, si se traslada dicho contexto a un país con menos recursos como Madagascar, una ducha innecesariamente larga en el hotel solidario de Mangily, puede suponer un gasto difícil de afrontar para sus habitantes.

Al igual que en los muchos buffets de comida populares en Europa, es muy normal ver platos prácticamente llenos tirados a la basura. Esto, en otras realidades, supone una falta grave. Por todo lo anterior, este proyecto busca la concienciación y mejora de dichos hábitos inapropiados.

2.3. Objetivos de desarrollo sostenible

Tras el desarrollo de este capítulo se desprenden los tres ODS que se pueden tratar. Con la búsqueda del turismo sostenible y el uso del IoT y el IoB, se pueden llegar a desarrollar los siguientes objetivos de la Figura 5:





(a) ODS 11

(b) ODS 12

(c) ODS 13

Figura 5: Objetivos de desarrollo sostenible a tratar con este TFM ([Naciones Unidas](#)).

Con respecto al primer ODS sobre “ciudades y comunidades sostenibles”, Figura 5a, con la instalación de sistemas domóticos inteligentes con gran número de sensores, facilita la tarea de crear toda clase de edificios sostenibles, que se consigan autorregular a partir de parámetros predefinidos y ajustables según las necesidades.

El segundo de ellos, “producción y consumo responsable”, Figura 5b, se trata más con la parte del internet del comportamiento. Gracias a la concienciación de las personas de su consumo, medido a través del internet de las cosas, se pueden mejorar ciertos hábitos tanto en casa como cuando se está de vacaciones.

Por último, el ODS sobre “acción por el clima”, Figura 5c, se obtiene al trabajar con los dos anteriores. Si se consiguen comunidades más sostenibles y un consumo responsable, se está realizando una clara acción a favor del clima.

3. Diseño actividad piloto

En este capítulo se presentarán los diferentes recursos diseñados para la implementación de la actividad piloto en un aula, comenzando con el por qué de haber elegido unir estos temas para la actividad y la explicación del logotipo creado para el proyecto. A continuación, se presentarán los recursos desarrollados para la implementación de la actividad y el *hardware* y *software* escogido.

3.1. Justificación

Cuando se comenzó a pensar en la temática de este TFM, uno de los mayores requisitos era trabajar con algo que se pudiera implementar con una actividad en el aula de un instituto. Como se dijo en el Capítulo 1, la motivación de hacer algo para ayudar a la ([Fundación Agua de Coco](#)), y la experiencia de haber viajado a Madagascar, me hizo pensar en el turismo sostenible. Por mi formación, la domótica es un tema que disfruto trabajar, por lo que podía ser una buena idea llevarlo a un hotel.

Aquí entra en juego el significado del logotipo, Figura 6, creado para este Trabajo Fin de Máster.

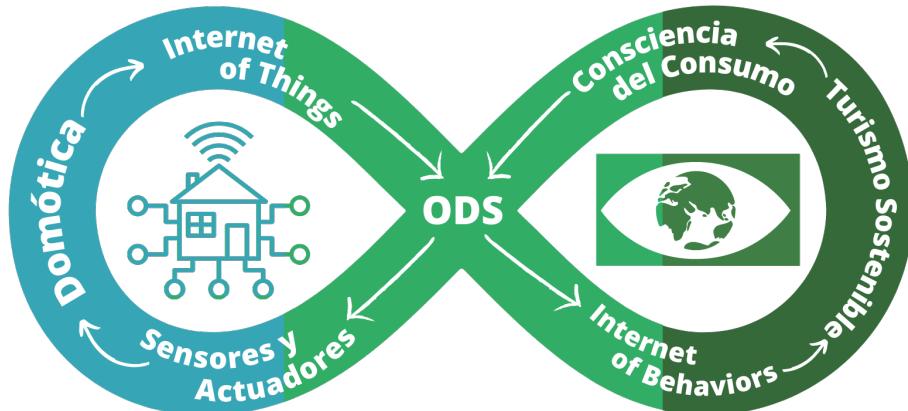


Figura 6: Logotipo diseñado para este proyecto.

Este logotipo simboliza la idea de este proyecto: gracias y a través de los ODS, se consiguen unir dos términos aparentemente ajenos, domótica y turismo sostenible. La figura del infinito muestra el “bucle sin fin”, y la necesidad de todos los componentes para darle un sentido a este trabajo: la evolución natural del internet de las cosas al internet del comportamiento, la aparición de la conciencia del consumo gracias a sensores y actuadores que ayudan a llevar un historial de ello.

3.2. Descripción de la actividad

Por lo tanto, y tras estudiar las diferentes opciones, se pensó en llevar a cabo la “domotización de un aula”. El tipo de instalación, según se vio en el Capítulo 2, sería la de un “sistema domótico inalámbrico”.

Esta domotización se compondría de un *hub*, un nodo que, a partir de una red WiFi, se conectara a diversos dispositivos capaces de controlar sensores y actuadores, siendo su programación y conexión la parte “técnica” más relacionada con la domótica.

Por otro lado, la creación de automatizaciones que ayuden a reducir el consumo concienciando al usuario, o la medición y muestreo a partir de gráficas e historiales, es la parte que se puede llevar a una vivienda o un hotel.

3.2.1. Requisitos *Hardware*

Pensar en el *hardware* que se adapte a la práctica, que se tuviera disponible o fuera económico de comprar, no es una tarea fácil. Sin embargo, gracias a mi afición por la domótica y otros proyectos, se tiene una idea bastante clara de los instrumentos necesarios.

En primer lugar, se debe pensar en el dispositivo que haga de *hub*, nodo de conexión de sistema domótico inalámbrico. Para ello, una de las mejores opciones son los *single-board computer* (ordenadores de una sola placa). Dentro de estos dispositivos, la marca más extendida es la de *Raspberry Pi* ([Raspberry Pi](#)), con modelos de diversos precios y características. Durante el grado, decidí comprar el mejor modelo del mercado: *Raspberry Pi 4* con 8 GB de memoria RAM y es el que se va a utilizar para esta actividad (Figura 7).

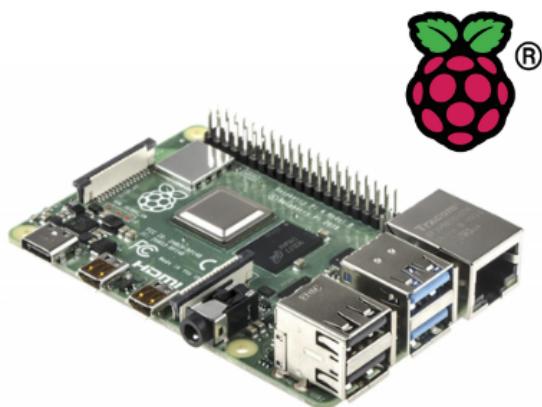


Figura 7: Raspberry Pi 4 con el logotipo ([Raspberry Pi](#)).

Para esta actividad, el modelo de *Raspberry Pi* escogido es más que suficiente. Con modelos inferiores como la *Raspberry Pi 3* o la *Raspberry Pi Zero* o incluso la *Raspberry Pi Pico* puede llegar a funcionar de manera fluida.

A continuación, se debe buscar un microcontrolador que disponga de WiFi para poder conectarse de manera inalámbrica a la *Raspberry Pi*. Para ello, el primero en el que se suele pensar es en el *Arduino* ([Arduino](#)), pero dichas placas necesitan de un elemento externo para poder comunicarse vía WiFi y no sería económico. Por tanto, la otra opción más conocida es la de los microcontroladores *ESP32*: económicos, con comunicación WiFi y suficientemente potentes para el propósito de la práctica. Dentro de los diversos tipos, el más amigable de manejar, parecido a las placas de *Arduino*, es la *Placa ESP32 STEAMakers* ([ESP32](#)), que se observa en la Figura 8.

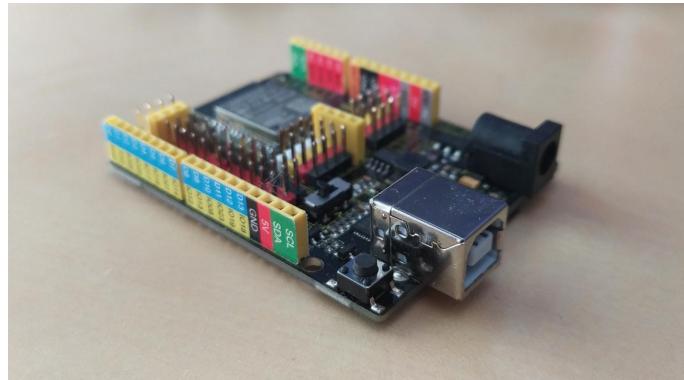


Figura 8: Microcontrolador *ESP32 STEAMakers* ([ESP32](#)).

Por último, es imprescindible buscar algún *kit* con sensores y actuadores compatibles con la *ESP32*, siendo fáciles de implementar, sin necesidad de soldaduras y conocimientos más técnicos. Para ello, se pensó en los *kits* de sensores y actuadores de *Keyestudio* ([Keyestudio](#)) (Figura 9). Indagando en su página web, se encuentran *kits* de hasta 37 sensores y actuadores, perfectos para las características que se necesitan en esta actividad.



Figura 9: Logotipo oficial de *Keyestudio* ([Keyestudio](#)).

3.2.2. Requisitos *Software*

Poco a poco, la domótica se está volviendo mucho más popular, haciendo que muchos más recursos se dediquen a preparar herramientas para facilitar una instalación sin necesidad de tener conocimientos técnicos. De las posibles herramientas, se han descartado las de pago, dejando aquellas de código abierto. Estas herramientas debían poder instalarse en una *Raspberry Pi*, permitiendo los “sistemas domóticos inalámbricos”. Las opciones planteadas fueron las dos siguientes:



- **Home Assistant:** (Figura 10b) desarrollado en *Python*, con gran cantidad de complementos constantemente actualizados, instalación sencilla mediante su propio sistema operativo “Hassio”, altamente configurable aunque ciertos complementos pueden ser rígidos ([Home Assistant](#)).
- **OpenHAB:** (Figura 10a) totalmente independiente de fabricantes y tecnologías, soportando la mayoría de plataformas. Desarrollado en Java, y disponiendo de una gran comunidad que da soporte. Su instalación es sencilla y la configuración básica mediante la interfaz web es fácil, aunque en cuanto se hace una mayor indagación, se hace menos amigable la programación. Todo esto lo hace el sistema más potente y flexible, aunque con el precio de mayor complejidad ([OpenHAB](#)).



(a) Logotipo oficial de *OpenHAB* ([OpenHAB](#)).

(b) Logotipo oficial de *Home Assistant* ([Home Assistant](#)).

Figura 10: Logotipos de los *software* estudiados para la actividad.

Tras realizar ambas instalaciones y comprobar su funcionalidad, se decidió diseñar la actividad piloto a partir de *Home Assistant*, debido a que, al ser una práctica con estudiantes de la ESO y/o Bachiller, esta opción era mucho más atractiva y amigable, mientras que la segunda opción de *OpenHAB* se podía llegar a complicar.

Por otro lado, debido a que la práctica se plantea a partir de las mencionadas *ESP32*, es importante comprobar la compatibilidad de los anteriores programas con este *hardware*. Tras indagar, se encontró el complemento *ESPHome* ([ESPHome](#)) para *Home Assistant*. Este facilita en gran medida la conexión de dichas placas con el programa.



Figura 11: Logotipo oficial de *ESPHome* ([ESPHome](#)).

Además, su página web ([ESPHome](#)) dispone de un extendido repertorio con la programación en *Home Assistant* de gran variedad de sensores y actuadores, por lo que los estudiantes podrían llegar a consultarla para programar los dispositivos asignados.

Por último, para añadir un recurso extra, se pensó en la automatización de tareas mediante *Telegram* ([Telegram](#)), usando la metodología de *Mobile Learning*; conseguir mostrar que con los *smartphones* que todos disponen, se puede llegar a hacer un sinfín de posibilidades.

Para ello, se encontró un nuevo complemento, *NodeRED* ([NodeRED](#)), el cual conecta *Home Assistant* y *Telegram* de manera eficiente (Figura 12). En primer lugar, se debe crear un bot en *Telegram* con el que *Home Assistant* se comunique. Tras esto, se configura en *NodeRED*. Los pasos para conectar ambos programas se dejan indicados en el repositorio de *GITHUB* junto con todo el material de la actividad que se puede encontrar en el próximo Apartado [4.7](#).

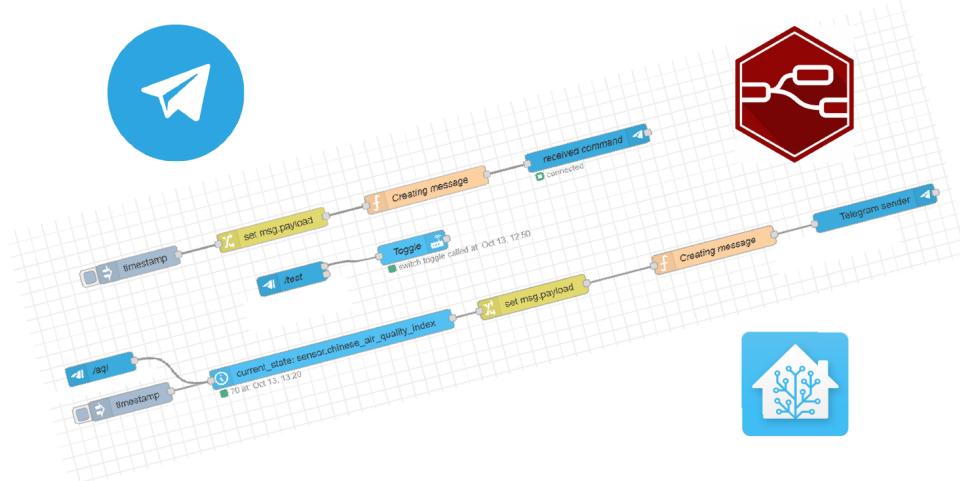


Figura 12: Conexión entre *Telegram* y *Home Assistant* utilizando *NodeRED*. Imagen obtenida de ([Andrew Howe, 2020](#)).

3.3. Estructura de la actividad

Para la implementación del proyecto en el aula se deben estudiar bien las actividades y los tiempo requeridos de cada una de ellas para poder adaptarlo a una situación real con el alumnado.

El esquema de organización de las sesiones planteado es el siguiente:

- Dos sesiones teóricas:
 - La primera se basa en explicar todos los conceptos teóricos relacionados: domótica, internet de las cosas, internet de los comportamientos, automatizaciones, y en introducir el debate del turismo sostenible y los hábitos

de consumo de cada uno. Aquí se debe pedir que cada uno rellene un cuestionario inicial que se explicará a continuación en el Apartado 3.5.1.

- La segunda sesión teórica persigue mostrar a fondo la parte técnica de las prácticas a realizar: funcionamiento, conexionado y código necesario de sensores y actuadores, *Home Assistant* con todo su interfaz, funcionalidades y las muchas posibilidades que otorga para la domótización de una vivienda, el uso de una *Raspberry Pi 4* como nodo de conexión y de *ESP32* para controlar los diferentes dispositivos de manera remota, conectándose mediante *ESPHome*.
- Dos sesiones prácticas:
 - En la primera sesión, se busca que cada grupo haga una toma de contacto con el programa, *Home Assistant*, viendo sus diferentes funcionalidades e interfaces. A continuación, deben programar un sensor y un actuador, importando el código correspondiente a su *ESP32* asignada y comprobando que funcionan.
 - Para la segunda sesión, una vez instalados los dispositivos, deben realizar las automatizaciones que vean interesantes, tratando de hacer combinaciones con los dispositivos de otros grupos. Para aquellos que terminen, se les mostrará como unir *Telegram* con *Home Assistant* a través del complemento *Node-RED*.
- Una sesión a modo de conclusión, donde cada grupo presente el trabajo realizado, se realice una breve prueba sobre términos importantes de la práctica y la teoría y se deje tiempo suficiente para plantear un debate sobre turismo sostenible y el *internet of behaviors*.

3.4. Evaluación de la actividad

Aunque el diseño esté planteado como una actividad para los alumnos y alumnas de 4º de ESO, no deja de estar en su temario, relacionado con el bloque de “instalaciones en viviendas, Domótica e IoT”. Por ello, es importante realizar una evaluación de esta actividad.

Para ello, se han utilizado los criterios de evaluación presentados en la Orden del 15 de enero de 2021, por la que se regula el currículo de Educación Secundaria Obligatoria ([BOJA, 2021](#)).

En este documento se muestran los seis bloques correspondientes a la asignatura de Tecnología de 4º de ESO. De todos ellos, la instalación domótica de una vivienda correspondería principalmente al bloque 2 sobre “Instalaciones en viviendas”, aunque, debido al carácter multidisciplinar de esta actividad, también se tocan temas del bloque 1 sobre “Tecnologías de la información y de la comunicación”, del bloque 3 sobre “Electrónica”, del bloque 4 sobre “Control y robótica” y del bloque 6 sobre “Tecnología y sociedad”.



A continuación, en la siguiente Tabla 1 se muestran los criterios de evaluación que se han utilizado en esta actividad dentro de los cinco bloques mencionados.

Bloque 1: Tecnologías de la información y de la comunicación
A1. Analizar los elementos y sistemas que configuran la comunicación alámbrica e inalámbrica.
A2. Acceder a servicios de intercambio y publicación de información digital con criterios de seguridad y uso responsable.
A3. Elaborar sencillos programas informáticos.
A4. Utilizar equipos informáticos.
Bloque 2: Instalaciones en viviendas
B3. Experimentar con el montaje de circuitos básicos y valorar las condiciones que contribuyen al ahorro energético.
B4. Evaluar la contribución de la arquitectura de la vivienda, sus instalaciones y de los hábitos de consumo al ahorro energético.
Bloque 3: Electrónica
C3. Experimentar con el montaje de circuitos elementales y aplicarlos en el proceso tecnológico.
C7. Montar circuitos sencillos.
Bloque 4: Control y robótica
D2. Montar automatismos sencillos.
D3. Desarrollar un programa para controlar un sistema automático o un robot y su funcionamiento de forma autónoma.
Bloque 6: Tecnología y sociedad
F3. Valorar la repercusión de la tecnología en el día a día.

Tabla 1: Bloques de contenidos dados en la actividad de la materia de tecnología de 4º ESO con los criterios de evaluación asociados ([BOJA, 2021](#)).

3.4.1. Instrumentos de evaluación

A partir de la anterior Tabla 1 que recoge los criterios de evaluación, se han diseñado dos instrumentos de evaluación para esta actividad: una rúbrica y un cuestionario que se verán con detenimiento a continuación.

Gracias al carácter tan amplio de esta actividad, ambos instrumentos evalúan el conjunto de los criterios mostrados en la anterior Tabla 1.

Rúbrica

Este instrumento, debido a su formato horizontal, se puede observar completamente en el Apéndice A dividido en dos partes: en la Figura 33 se muestran los apartados sobre la “Evaluación continua de la práctica” y en la Figura 34, el “Resultado obtenido” por el alumnado.

Ambas partes suman un 100% que, más tarde, ponderará con el cuestionario a realizar. A cada uno de los apartados se le ha dado la importancia que se estimaba



oportuna, pudiendo ajustar los porcentajes fácilmente cuando sea necesario.

La utilización de este instrumento de evaluación se ha diseñado para ser rellenado conforme se realiza la actividad, observando los resultados y el trabajo que van realizando los equipos. La nota de cada rúbrica, salvo excepciones, se adjudicará a cada miembro del grupo de trabajo.

Los *items* que se evalúan con la rúbrica son los siguientes: “Comportamiento durante el proyecto”, “Trabajo colaborativo”, “Capacidad de enfrentarse al problema”, “Programación dispositivos”, “Automatizaciones” y “Presentación del resultado”. Los tres primeros, correspondientes a la evaluación continua y los últimos tres a los resultados.

Cuestionario de evaluación

Para tener una nota individual de cada uno de los estudiantes, se consideró interesante la realización de un cuestionario tipo test sencillo.

Este cuestionario se compone de cinco preguntas, una por cada uno de los bloques temáticos presentados en la Tabla 1. Se diseñó con la idea de que el alumnado estuviese atento durante las sesiones sin necesidad de que estudiaran.

Las preguntas se muestran a continuación:

1. **¿Por qué se ha utilizado una conexión WiFi compartida desde un móvil en vez de la conexión Andared?**
 - a) **Opción correcta:** Porque el puerto utilizado por *Home Assistant* está restringido por Andared. No puede enviar o recibir información.
 - b) Porque al utilizar gran cantidad de dispositivos, la velocidad de transmisión de datos está muy limitada.
 - c) Porque de esta forma, se puede realizar la domotización desde cualquier lugar, sólo necesitas de la conexión de un dispositivo móvil.
2. **¿Qué dispositivo, del bloque de actuadores visto en la práctica, se utiliza para la conexión segura entre el mundo electrónico y el eléctrico?**

Ejemplo: conectar un ventilador para controlarlo mediante una *ESP32*.

 - a) **Opción correcta:** Relé.
 - b) Cable USB.
 - c) Cable conmutado.
 - d) Interruptor capacitivo.
 - e) Sensor fotoeléctrico.



3. Los sensores utilizados en la práctica se constituyen de tres pines para conectarse a la *ESP32*. ¿A qué se conectan dichos pines y cuál es su utilidad?

a) Opción correcta:

- V(+): se conecta a la alimentación, 3.3V o 5V.
 - GND(-): se conecta a la tierra/masa de la placa.
 - S: se conecta a la placa a través de un pin digital o analógico, dependiendo del sensor. Este pin está configurado como INPUT (entrada).
- b) ■ V(+): se conecta a la alimentación, 3.3V o 5V.
- GND(-): se conecta a la tierra/masa de la placa para evitar cortocircuitos, asegurando la integridad del circuito.
 - S: se conecta a la placa a través de un pin digital o analógico, dependiendo del sensor. El sensor recibe la señal con los datos de la placa a través de dicho pin.
- c) ■ S(+): se conecta a la placa a través de un pin digital o analógico, dependiendo del sensor. Por este pin, el sensor recibe la alimentación de 3.3V o 5V.
- GND(-): se conecta a la tierra/masa de la placa para evitar cortocircuitos, asegurando la integridad del circuito.
 - V(s): se conecta a uno de los pines *GPIO* de la *ESP32*, mandando los datos del sensor a la placa.

4. En *Home Assistant*, las automatizaciones se constituían a partir de tres elementos importantes. Dichos elementos son:

a) Opción correcta:

- Desencadenante.
- Condición.
- Acción.

b) ■ Condicional.

- Condicionante.
- Acción.

c) ■ Dispositivo.

- Condición.
- Acción.

d) ■ Entidad.



- Condición.
- Acción.

5. Define, según lo que se ha explicado en clase, *Internet of behaviors* (Internet de los comportamientos).

La última de las preguntas, como se puede observar, no es tipo test, sino de redacción. Aquí se busca que cada estudiante defina con sus palabras lo que significa el Internet de los comportamientos, un término nuevo para ellos que busca hacerles reflexionar. Por tanto, no hay una única respuesta correcta.

3.5. Cuestionarios informativos sobre el alumnado

Realizar un cuestionario inicial y otro final al alumnado en la actividad piloto es una de las partes más importantes del trabajo, ya que es una buena forma de obtener datos de manera individualizada para saber sus conocimientos previos, medir el aprendizaje y obtener una retroalimentación de la actividad para poder mejorarlala en un futuro.

Para ello, se ha utilizado la herramienta de *Google Forms*, en la que, con un enlace, todos los alumnos podían responder al formulario sin perder excesivo tiempo de la sesión.

Ambos cuestionarios están diseñados para tratar por igual los dos pilares de este TFM. Hay un bloque que hace hincapié en la domótica y las automatizaciones y otro segundo bloque que se centra en los hábitos de consumo y el turismo sostenible.

3.5.1. Cuestionario previo a la actividad

A continuación, en la Tabla 2, se muestran las preguntas del cuestionario inicial. Como se puede observar, hay dos preguntas generales, seis preguntas correspondientes al apartado de domótica y otras seis al de turismo sostenible.

Las primeras dos son para introducirlos en la temática, tratando de saber el conocimiento general sobre domótica y si son conscientes de sus hábitos de consumo.

El siguiente bloque comienza con una pregunta más teórica, para saber cómo definirían dos de los términos técnicos que se van a utilizar: el IoT y la domótica. A lo largo de la primera sesión, se darán las definiciones más conocidas de dichos términos.

Como también se hablará de asistentes virtuales en la sesión teórica, es interesante preguntar cuáles han utilizado, para asociar los términos a una herramienta cotidiana. Se dan a elegir las opciones más conocidas, como se observa en la cuarta pregunta del cuestionario.

Las siguientes cuatro preguntas van relacionadas con las automatizaciones, parte de conexión entre el IoT y la domótica con el IoB. De nuevo, se quiere conectar con su día a día, preguntando acerca de las posibles automatizaciones que tengan en



casa, de su dificultad de instalación, etc. Después de realizar la práctica, se busca que aquellos que las encuentren difíciles de antemano, se den cuenta de que están al alcance de todos.

En el último bloque, se usan las cuatro primeras preguntas para tantear diversos hábitos de consumo: tiempo en la ducha, apagar luces innecesarias, limitaciones de redes sociales/videojuegos,...

Las dos últimas corresponden a los hábitos cuando se viaja, y para ir preparando el debate acerca de la domotización de un hotel.

Bloque	Pregunta
General	1. En una escala lineal, ¿cuánto crees saber de domótica? 2. En una escala lineal, ¿consideras que tienes buenos hábitos de consumo de agua/luz en casa?
Domótica	3. ¿Cómo definirías de forma breve y con tus palabras el término de Internet of things? ¿Y la domótica? 4. De los siguientes asistentes virtuales, ¿cuáles has utilizado al menos una vez? (Alexa, Google Home, Siri, Cortana, otro) 5. ¿Consideras útiles las posibles automatizaciones que se pueden llevar a cabo con el internet de las cosas? 6. ¿Qué nivel de dificultad consideras que tiene la programación de estas automatizaciones? 7. ¿Dispones de alguna automatización en casa? ¿Podrías comentarla brevemente? 8. ¿Te gustaría tener alguna automatización nueva en casa? ¿Podrías describirla?
Turismo Sostenible	9. Aproximadamente, ¿cuánto tiempo utilizas para ducharte? 10. Cuando hay luz natural, ¿tratas de evitar encender luces y subir la persiana? 11. Al usar una red social o jugar a algún videojuego el tiempo pasa volando, ¿utilizas alguna alerta para limitar su uso? 12. Apago los dispositivos/luces que no esté utilizando (si estoy con el móvil, no dejo la tele encendida de fondo). 13. ¿Difiere mucho nuestro comportamiento cuando vamos de viaje a un hotel? 14. Si hubiera un historial de consumo que indicase lo que he gastado durante mi estancia en el hotel, ¿trataría de mantener un comportamiento sostenible?

Tabla 2: Preguntas del cuestionario previo a la actividad.

3.5.2. Cuestionario posterior a la actividad

Para la última sesión, se ha preparado el cuestionario de la Tabla 3. Este cuestionario, aunque más breve, se va a utilizar para comprobar lo aprendido durante la práctica,



y para ver si ha aumentado el interés por los temas tratados y la concienciación sobre los hábitos de consumo.

En el bloque general, se hacen tres preguntas para obtener retroalimentación directa sobre las prácticas realizadas. Se pide que la puntúen, que expresen el nivel de dificultad encontrado y posibles modificaciones que se les puedan ocurrir. Los alumnos son la mejor fuente para hacer una autoevaluación y mejorar el diseño de la actividad.

El bloque de domótica se basa en comprobar el nivel de interés generado en el campo de la domótica, centrando las preguntas en las automatizaciones llevadas a cabo y si les gustaría domotizar su casa.

Para el último bloque, se han preparado las preguntas para generar el debate que se realizará justo a continuación, tras finalizar la práctica y el cuestionario. Sabiendo la controversia que puede generar el IoB, se pregunta si realmente lo ven como algo positivo y que les pueda ayudar a reducir el consumo. Por otro lado, al estar de vacaciones y habiendo realizado la práctica, se pregunta si priorizarían un hotel domótico a uno normal.

Bloque	Pregunta
General	1. En primer lugar, ¿cómo valorarías la práctica?
	2. ¿Qué nivel de dificultad has encontrado al realizar la práctica?
	3. ¿Qué parte te ha gustado más sobre la práctica? ¿Alguna cosa que modificarías?
Domótica	4. ¿Consideras útiles las automatizaciones que se han llevado a cabo en la práctica?
	5. ¿Tratarías de instalar alguna en tu vivienda?
	6. De las que se te puedan ocurrir, ¿cuál instalarías que fuera más útil?
	7. ¿Te gustaría vivir en una vivienda domotizada?
	8. ¿Consideras el Internet de los Comportamientos como algo positivo?
Turismo Sostenible	9. Si instalaras un contador de consumo de agua visible mientras te duchas, ¿tratarías de estar menos tiempo para reducir el consumo?
	10. Si pudieras elegir, ¿irías a un hotel totalmente domotizado o uno normal?
	11. Al ser un poco más conscientes del consumo, si hubiera medidores e historiales en un hotel, ¿tratarías de mejorar tus hábitos para reducir dicho consumo?

Tabla 3: Preguntas del cuestionario posterior a la actividad.

3.6. Recursos visuales para la impartición de los contenidos

A la hora de explicar los contenidos de la actividad piloto, siempre son muy recomendables los recursos visuales para captar la atención de los estudiantes y ayudar



a su comprensión.

Por ello, se han creado dos presentaciones con la herramienta *Beamer* de L^AT_EX: una presentación para parte más teórica y otra para la práctica. Ambas están subidas para quien lo requiera al repositorio de *GitHub* de este TFM, que se puede encontrar en el Apartado 4.7.

3.6.1. Presentación de la parte teórica

Esta presentación se usaría en la primera sesión teórica de la actividad. Su finalidad es dar a conocer los conceptos más importantes que deben conocer los estudiantes y presentar brevemente la práctica a realizar. Por tanto, su estructura es la siguiente:

- **Introducción:** antes de realizar el cuestionario inicial mencionado en el Apartado 3.5.1, se pregunta a los estudiantes sobre su conocimiento previo sobre la domótica y el internet de las cosas. Tras esto, se explica la finalidad de una automatización, dando algunos ejemplos. Seguidamente, la idea de asistente virtual (*Alexa*, *Google Home*, *Siri*, etc) y las definiciones del internet de los comportamientos y el turismo sostenible. Aquí se muestra un código QR con enlace al cuestionario en *Google Forms*.
- **Domótica e IoT:** se comienza con la definición de domótica y explicando los tres tipos de sistemas domóticos y sus beneficios, vistos en el Apartado 2.1. A continuación, la definición de internet de las cosas, con un poco de su historia. Del IoT se desprende una diapositiva sobre sensores, los “traductores entre el ambiente y el lenguaje máquina”, con los principales tipos.
- **Turismo sostenible e IoB:** sigue con la segunda parte, el turismo sostenible, comentando el experimento expuesto en el Apartado 2.2 sobre los hábitos en casa y en vacaciones. Por otro lado, se dedica otra diapositiva para el internet de los comportamientos, tratando de crear un poco de debate sobre el tema para las futuras prácticas. Finalmente, se comentan a nivel general los ODS que se planean trabajar con este proyecto, planteando la idea de llevar la domótica al ([Hotel Solidario](#)) de la ([Fundación Agua de Coco](#)).
- **Introducción a la práctica:** las últimas cuatro diapositivas se dejaron para presentar la práctica que se llevaría a cabo en las siguientes sesiones, indicando el propósito de la misma, una descripción general, el método de evaluación e instrucciones a seguir.

3.6.2. Presentación de la parte práctica

Una vez realizada la introducción a la práctica en el último apartado de la presentación anterior, se explican las herramientas *software* y *hardware* que se van a utilizar, vistas previamente en el Apartado 3.2:

- **Home Assistant.**
- **Raspberry Pi 4.**



- *ESP32 y ESPHome.*
- *Sensores y actuadores.*
- *NodeRED y Telegram.*

Tras esto, se dedica un apartado en su totalidad al procedimiento paso a paso que se debe seguir para realizar todas las partes de la práctica: inicio de sesión al servidor de *Home Assistant*, la barra de herramientas y complementos a utilizar en la interfaz, la identificación de la placa asignada a cada grupo, la configuración de sensores y actuadores en el archivo *.yaml*, la instalación del *firmware* a la *ESP32* de manera remota, la conexión física del circuito utilizando una *protoboard* y cables, como hacer las automatizaciones, definiendo sus tres componentes: desencadenantes, condiciones y acciones.

Por último, para los más avanzados, se deja un QR para unirse a un grupo de *Telegram* previamente configurado con un bot para, mediante el uso de *NodeRED*, realizar automatizaciones.

Finalmente, se muestra el QR al “cuestionario posterior a la actividad”, y se deja una diapositiva para abrir debate.

3.7. Sensores y actuadores estudiados para la actividad

En este apartado se muestran los diferentes sensores y actuadores a utilizar en la implementación: tipo de dispositivo, sus características principales y una imagen del mismo.

La mezcla de todos estos dispositivos va a permitir a los estudiantes experimentar con las magnitudes más utilizadas, medibles con sensores, y realizar las acciones correspondientes con los actuadores más recurridos.

Sensores

En primer lugar, en la Tabla 4, se muestran ocho sensores estudiados para la implementación de esta actividad, suficientes como para tener gran cantidad de opciones.

Como se dijo anteriormente en el Apartado 3.2.1, se ha buscado que todos estos sensores estén dentro del *kit* de “37 en 1” mencionado. Por lo tanto, todos ellos son de la conocida marca de tecnología *Keyestudio*.

Todos estos sensores han pasado por una comprobación previa para su conexión con el *software* de *Home Assistant* para que, en su posterior implementación en el aula, se tuviera la certeza de que podían llegar a funcionar correctamente.

Con este abanico de sensores, se pueden medir todo tipo de magnitudes: temperatura, humedad, luz, vapor, movimiento, fuego, vibración, etc. Por tanto, se podrán diseñar gran variedad de automatizaciones interesantes.



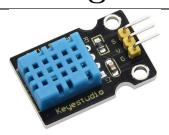
Sensor	Tipo	Características	Imagen
DHT11	Temperatura Humedad	Pines GND, V, señal digital. Medidas relativas.	
LDR	Luz ADC*	Pines GND, V, señal analógica. Se debe escalar la salida.	
Botón capacitivo	Binario (0 1)	Pines GND, V, señal digital. Interruptor muy sensible.	
PIR	Presencia IR	Pines GND, V, señal digital. Detecta <80º horiz. y <55º vertical.	
Flame	Binario (0 1)	Pines GND, V, señal digital. Detecta la llama hasta a 1 metro.	
Vapor	Binario (0 1)	Pines GND, V, señal digital. Detecta el vapor de agua.	
Foto interruptor	Binario (0 1)	Pines GND, V, señal digital. Detecta cuando la señal IR se interrumpe.	
Vibración	Binario (0 1)	Pines GND, V, señal digital. Detecta vibración	

Tabla 4: Conjunto de posibles sensores a utilizar en la práctica.

Actuadores

Por otro lado, se encuentran los actuadores estudiados en la siguiente Tabla 5. En este caso, se analizaron siete, donde cuatro se pueden encontrar en el *kit* “37 en 1” de *Keyestudio*, mientras que los otros tres son externos al *kit*, habiéndose comprobado la compatibilidad con *Home Assistant*.

Los cuatro de *Keyestudio* son dispositivos bastante conocidos y útiles: diodos LED, relés y *buzzers*. Pero, para las automatizaciones que se buscaban realizar en esta actividad, se necesitaban los otros tres actuadores: ventiladores, servomotores y motores.

Actuador	Tipo	Características	Imagen
LED	Luz LED	Pines GND, V, señal digital.	
LED RGB	Luz LED modificable.	Pines V, Red, Blue, Green. Se programan como 3 separados.	
Relé	Interruptor "Switch"	Entradas: Señal digital, GND, V Salida conmutada.	
Ventilador	Motor	Pines V, GND y null. Requiere >4,5V.	
Servomotor	Servo	Pines V, GND y señal digital. Requiere >4,5V.	
Motor	Motor	Pines V y GND. Requiere >4,5V.	
Buzzer activo	Buzzer	Pines V, GND y señal digital.	

Tabla 5: Conjunto de posibles actuadores a utilizar en la práctica.



4. Implementación de la actividad

En este Capítulo se presenta el proceso completo de la implementación de la actividad piloto en el aula, expresando las observaciones, dificultades, posibles mejoras y los diferentes debates, indicando los resultados obtenidos.

4.1. Organización

Lo primero que se hizo fue plantear la actividad a mi tutor de prácticas y consensuar el grupo, duración y materiales disponibles. Por suerte, se podía impartir al grupo de 4º de la ESO A en el bloque temático de “Instalaciones en viviendas” para la asignatura de tecnología, como lo anteriormente visto en el Apartado 3.4.

Este grupo, de mi centro asignado para las prácticas del máster, I.E.S. Pedro Soto de Rojas ([I.E.S. Pedro Soto de Rojas](#)), se constituye por 25 alumnos y alumnas de entre 15 y 16 años de edad.

El número hacía ideal dividir la clase en cinco grupos de cinco estudiantes. Estos grupos se realizaron con la ayuda del tutor de prácticas, tratando de buscar la heterogeneidad, mezclando diferentes ritmos de aprendizaje y tratando de atender a la diversidad.

El problema vino cuando se plantearon las sesiones necesarias para las prácticas. Este grupo en particular, debido a actividades como la semana de la ciencia en el instituto o su viaje de estudios, perdió muchas sesiones de clase, por lo que la unidad didáctica correspondiente se debía de realizar en 3 sesiones. Esto significó la reducción de la organización de la actividad en una sesión teórica, donde se expliquen todos los conceptos clave, y otras dos clases prácticas para “domotizar el aula”.

Aunque no fuera lo ideal, con las tres sesiones mencionadas se podría llevar a cabo lo planeado, aunque hubiera que reestructurar la organización y condensar el temario, tratando de eliminar partes prescindibles.

Finalmente, coincidió que cerca de nueve alumnos de dicho curso no se apuntaron al viaje de estudios, pero sí asistían a las clases correspondientes. Al ser un número reducido, no se podía seguir avanzando con el temario, por lo que se dedicaron estas sesiones extra a profundizar en la práctica de forma más relajada.

Por otro lado, para evitar cualquier tipo de confusión al manejar las placas asignadas, se instalaron con nombres de superhéroes y superheroínas, algo que podía parecer trivial pero facilitaría enormemente el reconocimiento de las placas, antes que asignarles números. La instalación de las placas en el complemento de *ESPHome*, dentro de *Home Assistant*, se puede observar en la siguiente Figura 13.



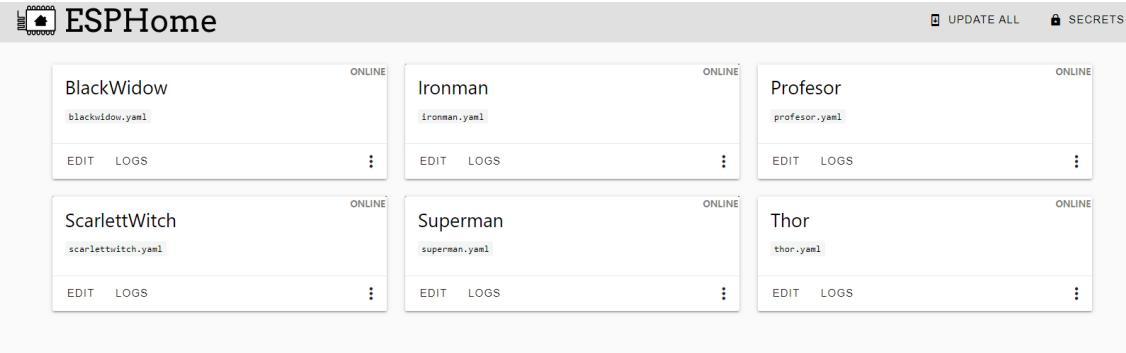


Figura 13: Identificación de cada una de las *ESP32* en el complemento de *ESPHome*, dentro de *Home Assistant*.

Con más tiempo, se podrían explicar uno a uno detenidamente cada dispositivo, sensor y actuador, de las Tablas 4 y 5, y dejar que cada grupo eligiese con los que prefiriese trabajar. Sin embargo, para ir directos a la práctica, se diseñaron los cinco *kits* que tuvieran afinidad sensor-actuador. Las placas *ESP32*, con sus dispositivos asociados, se recogen en la siguiente Tabla 6.

Kit Número	Nombre	Sensor	Actuador
1	<i>BlackWidow</i>	DHT11 (Sensor humedad y temperatura)	Ventilador accionado por relé
8	<i>Superman</i>	Fotorreceptor	Servomotor
11	<i>Ironman</i>	Sensor de vibración	Motor
14	<i>Scarlet Witch</i>	Sensor Capacitivo (Botón) PIR (Sensor movimiento)	Luz LED
15	<i>Thor</i>	Sensor de vapor	Buzzer

Tabla 6: Kits asignados a cada grupo con sus diferentes dispositivos.

Cada uno de estos *kits* disponía de una *protoboard*, una placa donde, con la ayuda de cables, se podían conectar fácilmente y sin necesidad de soldaduras, cada uno de los elementos necesarios.

Estos *kits* se observan en la siguiente Figura 14, siendo las afinidades pensadas para cada uno de los *kits* las siguientes:

- **BlackWidow:** (Figura 14a) gracias al popular sensor DHT11 de humedad y temperatura, se pretende que establezcan una gráfica de temperatura y/o humedad en el panel de control y que, al pasar ciertos umbrales, activen el relé con una automatización que, a su vez, alimente al ventilador.
- **Superman:** (Figura 14b) un fotorreceptor se puede ver como un final de carrera sin contacto, consistente en un haz de luz que, cuando se interrumpe, acciona el sensor. Por lo tanto, con la ayuda del servomotor, se asemeja a una ventana que, cuando se cierra, corta el haz de luz y acciona el sensor. Esto, a su

vez, puede desactivar el ventilador del anterior grupo, asemejando el apagado de un aire acondicionado cuando se abre una ventana o una puerta.

- **Ironman:** (Figura 14c) esta afinidad se debía de pensar un poco más. El motor, cuando se sobreesfuerza, comienza a realizar mayores vibraciones que, al ser medidas por el sensor de vibración, se puede mandar una alerta al sistema, o incluso a un grupo de *Telegram*.
- **Scarlet Witch:** (Figura 14d) este kit, aunque pareciera sencillo, su afinidad es de las más utilizadas en el día a día de las personas. Activar un diodo *LED*, una luz, con un botón capacitivo es algo normal. Por otro lado, los sensores de presencia con infrarrojos se encuentran muy extendidos, encendiendo luces o cámaras de vigilancia cuando detecta a alguien dentro de su rango.
- **Thor:** (Figura 14e) la automatización que se buscaba con esta pareja de dispositivos es que, al detectar vapor de agua (generado en clase con una hervidora de agua), activase una alarma a través del *buzzer*, zumbador. Esto, en vez de vapor de agua, podría interpolarse a fuego o gases con el uso de otros sensores.



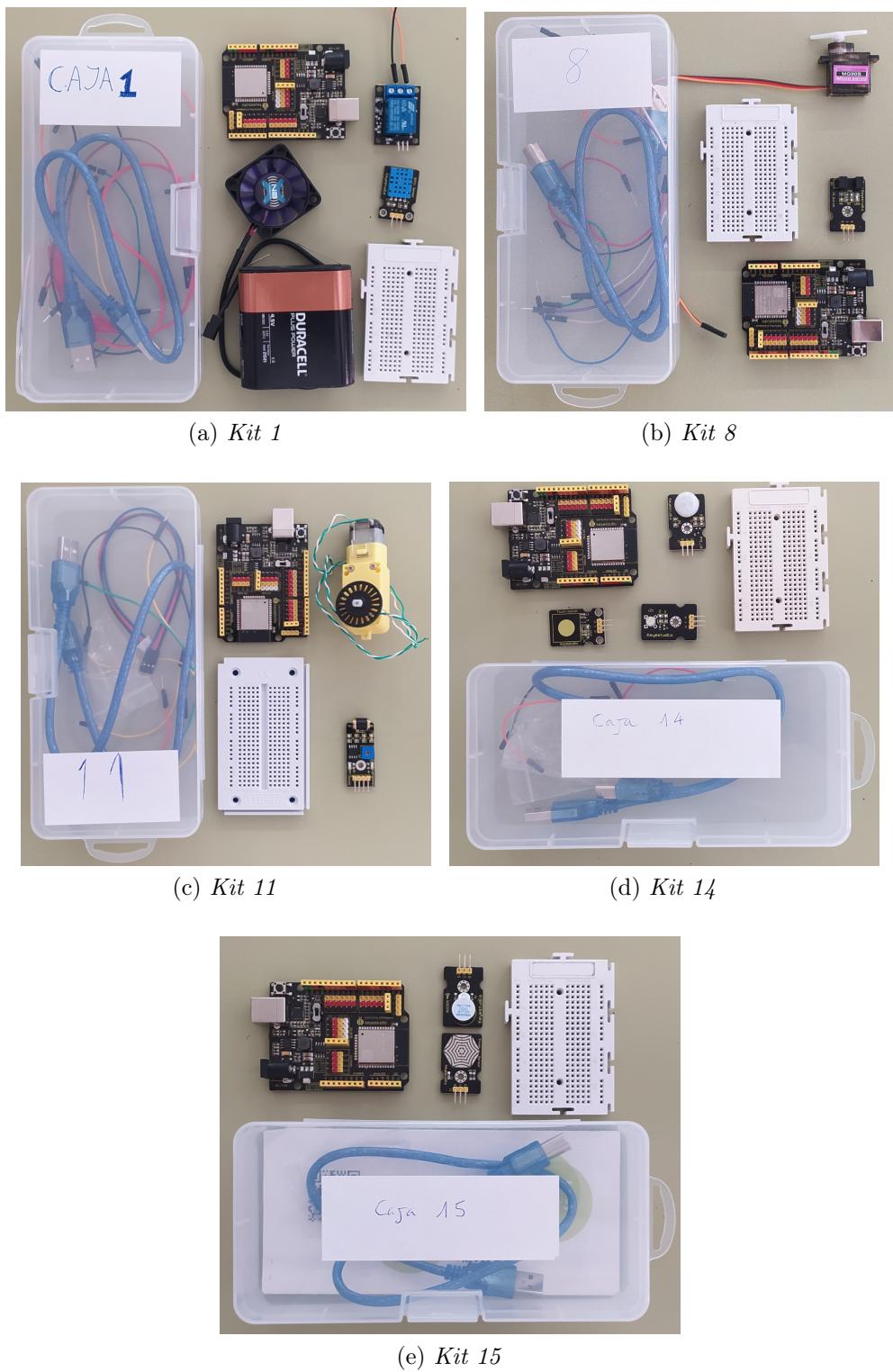


Figura 14: Fotografías de todos los *kits* y sus componentes.

4.2. Diario de implementación de la actividad

En este apartado, se muestra la memoria día a día de las diferentes sesiones empleadas para la implementación de la actividad, expresando el trabajo realizado y los problemas encontrados.

En la siguiente Figura 15, se puede observar el calendario detallado de implementación.

Calendario de implementación de la actividad							Abril
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
24	25	26	27	28	29	30	
			Primera sesión: Teoría				
1	2	3	4	5	6	7	
	Segunda Sesión: Práctica		Tercera Sesión: Práctica				
8	9	10	11	12	13	14	
Primera Sesión Extra	Segunda Sesión Extra						
15	16	17	18	19	20	21	
22	23	24	25	26	27	28	
Sesión de evaluación							
*Las sesiones con 4º de ESO A son los lunes, martes y jueves.							

Figura 15: Calendario de implementación de la actividad.

4.2.1. Primera sesión: presentación teórica

La primera sesión de la implementación de la actividad en el aula, tuvo lugar el jueves 27 de abril a segunda hora con el grupo asignado: 4º ESO A.

Los materiales utilizados fueron la presentación teórica y el cuestionario inicial, presentados previamente en el Capítulo 3.

Se planeó para que durara alrededor de 45 minutos, ya que siempre suele haber contratiempos. Efectivamente, la explicación del temario preparado duró lo esperado, sobrando el tiempo justo para hacer algunas reflexiones y organizar los grupos para las siguientes sesiones prácticas.

Los alumnos y alumnas del grupo se portaron bien, manteniendo la atención y participando cuando debían.

4.2.2. Segunda sesión: comienzo de la práctica

La segunda sesión tuvo lugar el martes 2 de mayo a penúltima hora. Parte del grupo tenía examen de matemáticas en la siguiente hora y no estaban del todo concentrados, pero los otros sí siguieron la lección perfectamente.

Se comenzó con una primera parte donde se explicaban a fondo los materiales a utilizar, utilizando la presentación preparada como herramienta. Tras esto, se comenzó



con el guion planteado para entrar, configurar y modificar *Home Assistant*.

Los cinco grupos consiguieron entrar y localizar su *ESP32* rápidamente y, a continuación, debían programar uno de sus sensores asignados. Poco a poco, cada grupo fue encontrando el código necesario y consiguieron utilizar uno de sus sensores. En la siguiente Figura 16, se muestra una fotografía realizada durante la sesión.



Figura 16: Fotografía realizada por el tutor de prácticas durante la segunda sesión.

Por último, como quedaba poco tiempo y estaban nerviosos por su examen, se explicó lo que debían de hacer en la siguiente sesión; preparar los actuadores y realizar las automatizaciones.

Hablando con mi tutor de prácticas y viendo que el tiempo disponible era reducido, se pensó que sería buena idea dejarles el código preparado de los actuadores, ya que alguno se complicaba, y que fueran directamente a las automatizaciones y a crear un comando para *Telegram*, objetivo principal de la práctica.

4.2.3. Tercera sesión: automatizaciones

La tercera sesión se realizó el jueves 4 de mayo a segunda hora. Esta vez estaban algo más tranquilos, pero igualmente coincidió con que algunos tenían examen en la hora siguiente.

En primer lugar, y con la ayuda de mi tutor, se hicieron unas preguntas generales para comprobar el grado de comprensión sobre la práctica. También se hizo un repaso para algunos alumnos que faltaron a la otra sesión.

A continuación, se explicó que, por falta de tiempo, se habían modificado sus archivos para programar los actuadores de cada grupo y así poder hacer las automatizaciones. Por tanto, se les pidió que instalaran el archivo y lo configuraran en el panel de control para poder manejarlos.

Cada grupo conectó tanto el actuador como el sensor asignado y lo instaló correctamente; menos un grupo que tuvo problemas. Tras buscar diferentes soluciones sin éxito, analicé el circuito que habían montado en la *protoboard* y, efectivamente, habían cortocircuitado la placa. Al volver a colocarlo todo correctamente, funcionó como debía.

Este traspié sirvió para que toda la clase aprendiera que se debe tener mucho cuidado al montar la parte física, ya que un programa te permite conocer los errores mediante el compilador y se puede modificar sin “romper nada”, pero para montar el circuito real se debe ser muy ordenado y evitar potenciales fallos que puedan dañar los dispositivos.

Mientras se encontraba la solución de ese grupo, los demás consiguieron controlar sus actuadores y ver la medición de sus sensores en el panel de control de *Home Assistant*. Se les pidió que intentaran continuar con las automatizaciones, y tres de los cinco grupos lo consiguieron sin apenas ayuda.

Faltando 10 minutos, se reunió a toda la clase para mostrar la programación de una automatización, juntando el sensor de un grupo con el actuador de otro: al activarse un fotorreceptor, se encendía un diodo *LED*. Así, todos pudieron comprobar la utilidad de la práctica y la accesibilidad de la domótica. Finalmente, se les mostró la posibilidad de realizar todo lo anterior con *Telegram*, usando el complemento de *Node-RED*.

Para terminar, se les pidió que llenaran el formulario final preparado para las prácticas, ya que la semana siguiente se iba casi toda la clase de viaje de estudios a Dublín. A su vuelta, se realizará una prueba de evaluación y el debate final.

4.2.4. Sesiones extra

Durante la semana que coincidió con el viaje de estudios de la clase asignada, se aprovechó con nueve estudiantes que se quedaron para profundizar en la práctica y reflexionar sobre todo lo visto durante esta actividad. Se debe de aclarar que fueron sesiones relajadas, en las que se iban debatiendo diversos temas que surgían.

Primera sesión extra

En esta primera sesión extra, se repasaron los conceptos generales que se habían visto, respondiendo a dudas de los estudiantes. Se planteó que, en dos equipos, programaran el sensor de temperatura y humedad *DHT11* y el relé que accionaba el ventilador para configurar la automatización correspondiente.

Tras hacerlo con tiempo y tranquilidad, consiguieron realizar dicha automatización correctamente. Entendieron bien la necesidad de diferenciar el desencadenante y la



condición a la hora de configurarla: “al variar la medición del sensor de temperatura, si está por encima de X grados, acciona el relé”.

También se observó la gráfica que se obtiene al crear la etiqueta en el panel de control. Es clave establecer una cadencia de medición correcta para observar fluidamente la magnitud medida, sin saturar el sistema con más datos de los necesarios.

Esta práctica se encuentra reflejada en el vídeo que se incluye en el repositorio del Apartado 4.7.

Segunda sesión extra

En esta segunda sesión, se decidió abrir los interruptores de la luz de clase para controlarlos mediante *Home Assistant* como se muestra en la Figura 17. Todo ello siempre desde la seguridad y el conocimiento, ninguno de los estudiantes se acercó indebidamente para evitar cualquier riesgo.

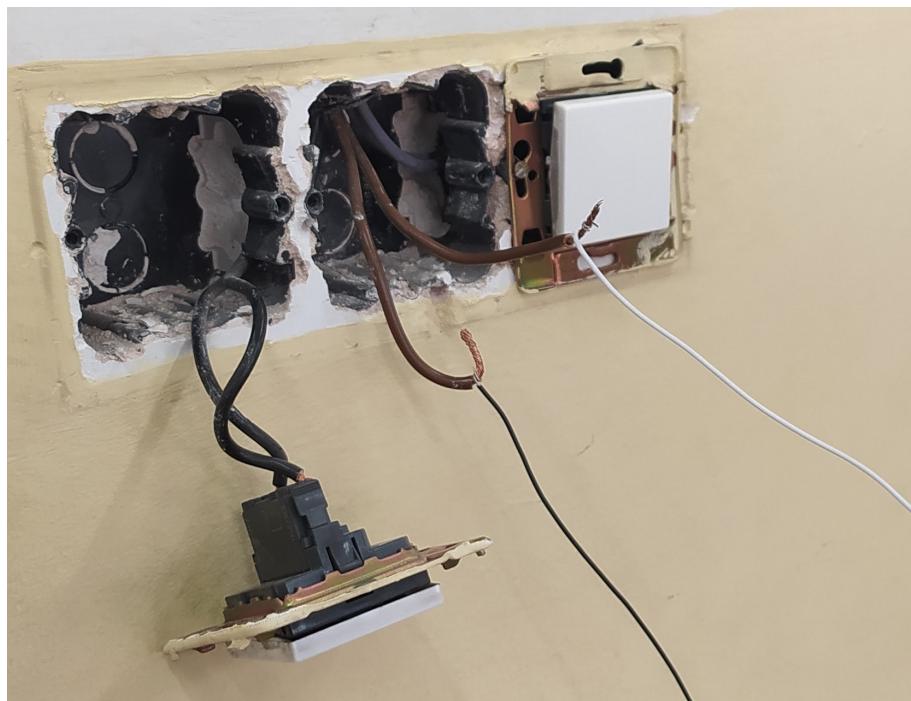


Figura 17: Interruptores de la clase preparados para la conexión con *Home Assistant* a través de un relé.

Con esto, se conseguiría mostrar al grupo de estudiantes la gran importancia de los relés, conectando los 230 voltios de la corriente a la *ESP32* mediante dicho elemento con total seguridad. Este relé, al ser accionado, cerraba el circuito y encendía las luces de la clase. Es un dispositivo que conecta dos mundos totalmente diferentes: el eléctrico y el electrónico, encontrándose en la mayoría de electrodomésticos y dispositivos de la vida cotidiana.

Tras desmontar los interruptores y montar el circuito, se decidió que los estudiantes

sacaran sus *smartphones* para añadir el uso de *Telegram* que, por falta de tiempo, no habían podido manejarlo en la última sesión. Se programó un comando para accionar el relé y encender las luces de la clase (“/luz on” y “/luz off”), y se estuvo interactuando con todo ello. Fue un apartado que gustó a todos, quedando bastante sorprendidos. Para futuras prácticas, sería muy interesante dejar una sesión únicamente a desarrollar esta herramienta.

Por último, se instaló el sensor de presencia con infrarrojos, *PIR*, para simular una automatización bastante extendida en el día a día: el encendido automático de luces al detectar presencia en pasillos o baños públicos. Fue interesante estudiar la alta sensibilidad de dicho sensor a cualquier movimiento.

De nuevo, esta implementación se grabó para su posterior visualización en el vídeo del repositorio que se encuentra en el del Apartado 4.7.

4.3. Resultados de la práctica

En este apartado, se buscará dar forma e introducir los resultados de la clase asignada de 4º de ESO aunque, como ya se ha comentado, todo se podrá visualizar en el repositorio de *Github* que aparece a continuación en el Apartado 4.7.

4.3.1. Programación de los dispositivos

Una vez realizada la sesión teórica, donde se introdujeron los conceptos clave, y después de explicar a fondo el *hardware* y *software* a utilizar, el primer paso era la identificación y programación de dispositivos: sensores y actuadores de los *kits* asignados.

Tras la primera sesión práctica descrita en el Apartado 4.2.2 y con un poco de ayuda del profesorado, los resultados fueron los de la siguiente Figura 18.

Todos los códigos muestran la programación de uno o dos sensores y un actuador, los mismos que fueron asignados en cada *kit*. Si se observa, aunque alguno de ellos varíe con respecto a los otros, la base es prácticamente la misma. Por ejemplo, en la Figura 18d, salvo la parte de definición del “número” para poder controlar el ángulo del servomotor, el resto es muy similar a las otras configuraciones.

La estructura, por tanto, se basa en lo siguiente:

- Dispositivo que se desea instalar: sensor/sensor binario, salida (*output*), luz, servomotor, interruptor, etc.
- Plataforma que utiliza: dependiendo del dispositivo, hay unas plataformas pre-definidas para su uso con su consecuente configuración. La más común para *ESP32* es la *GPIO*, denominación de los pines de entrada/salida.
- Número del pin: aquí, al estar usando una *ESP32*, se debe poner el pin *GPIO* al que se va a conectar el dispositivo. Se deben comprobar las necesidades del mismo, por si necesitara una señal específica, como la *PWM*.



- *Name*: es el nombre que se le asigna al dispositivo, por el que se va a identificar dentro de *Home Assistant*. Es importante darle un nombre significativo para evitar posibles confusiones con otros dispositivos.

Aparte de esta configuración básica, dependiendo del dispositivo, se pueden encontrar más formas de configuración a gusto del programador.

```
# Sensor de vapor PIN GPIO14
binary_sensor:
  - platform: gpio
    pin: GPIO14
    name: "Vapor"
```

```
# Actuador Buzzer: PIN GPIO25
output:
  - platform: gpio
    pin: GPIO25
    id: 'generic_out'
switch:
  - platform: output
    name: "Buzzer"
    output: 'generic_out'
```

(a) Código *Thor*.

```
# Sensor GigaVibración. PIN GPIO14
binary_sensor:
  - platform: gpio
    pin: GPIO14
    name: "Giga Drill Breaker"
```

```
# GigaMotor4000. PIN GPIO25
output:
  - platform: gpio
    pin: 25
    id: 'generic_out'
switch:
  - platform: output
    name: "GigaMotor"
    output: 'generic_out'
```

(b) Código *Ironman*.

```
#Sensor capacitivo PIN 13 + PIR
binary_sensor:
```

```
- platform: gpio
  pin: GPIO13
  name: "Botón Capacitivo"
- platform: gpio
  pin: GPIO14
  name: "PIR Sensor"
  device_class: motion
```

```
# LED PIN 23
light:
  - platform: status_led
    name: "Luz LED"
    pin: GPIO23
```

(c) Código *ScarletWitch*.

```
# Photorreceptor PIN GPIO14
binary_sensor:
  - platform: gpio
    pin: GPIO14
    name: "Photo Sensor"
```

```
# Servomotor
# Para crear la barra de control de -100 a 100.
number:
  - platform: template
    name: Servo Control
    min_value: -100
    initial_value: 0
    max_value: 100
    step: 1
    optimistic: true
    set_action:
      then:
        - servo.write:
            id: Super_Servo
            level: !lambda 'return x / 100.0;'
# Inicializamos el servo
servo:
  - id: Super_Servo
    output: pwm_output
# Pin salida servo GPIO19 (PWM)
output:
  - platform: ledc
    id: pwm_output
    pin: GPIO19
    frequency: 50 Hz
```

(d) Código *Superman*.

```
# Sensor Temp/Hum DHT11 PIN PGIO14
sensor:
```

```
- platform: dht
  pin: GPIO14
  temperature:
    name: "Temperatura"
  humidity:
    name: "Humedad"
  update_interval: 2s
```

```
# Relé-->Ventilador. Actuador PIN GPIO25
```

```
output:
  - platform: gpio
    pin: GPIO25
    id: 'generic_out'
switch:
  - platform: output
    name: "Ventilador"
    output: 'generic_out'
```

(e) Código *BlackWidow*.Figura 18: Códigos realizados para la programación de las *ESP32* de cada grupo.

4.3.2. Panel de control

Tras la programación de cada *ESP32*, el siguiente paso era añadir los dispositivos al panel de control. Esta era la forma más directa de obtener los resultados de los sensores y controlar los actuadores.

A cada grupo se le preparó una pestaña diferente en el panel de control, teniendo que añadir, en su hueco asignado, las diferentes etiquetas de los dispositivos, obteniendo los resultados de la Figura 19.

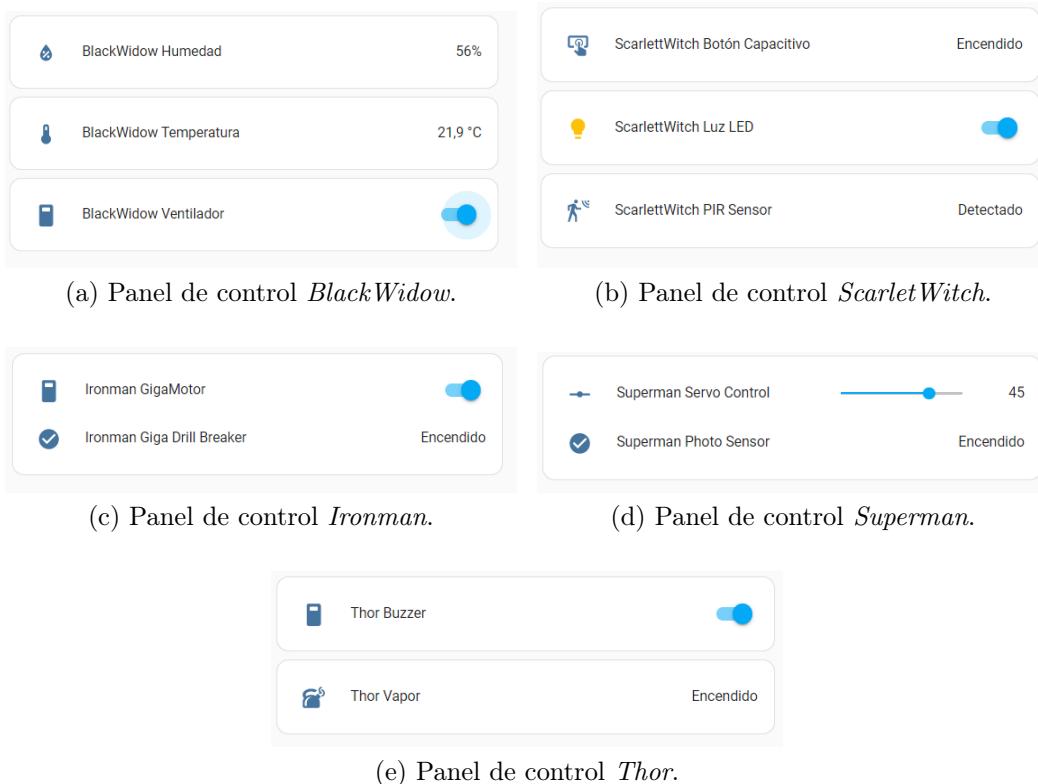


Figura 19: Paneles de control diseñados por cada grupo.

Dentro de los sensores, se puede obtener la temperatura y la humedad, el estado (al ser binarios: encendido o apagado) del botón capacitivo, del sensor de presencia, del sensor de vibración, del fotorreceptor y del sensor de vapor.

Por otro lado, se puede controlar el encendido y apagado del ventilador, el diodo *LED*, el motor y el *buzzer*, al igual que el ángulo de giro del servomotor.

Otra funcionalidad interesante, muy útil para el trasfondo de la búsqueda del comportamiento sostenible de este TFM, es la capacidad de obtener fácilmente las gráficas en tiempo real de los sensores instalados, como se observa en la siguiente Figura 20, obteniendo historiales de consumo de cada dispositivo.



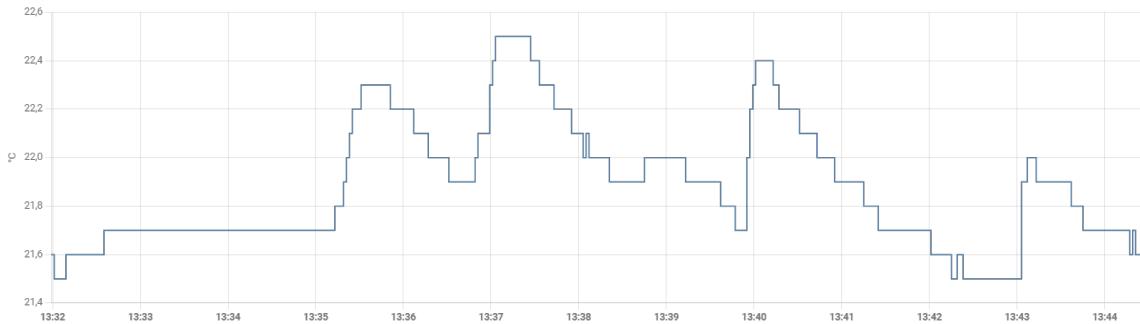


Figura 20: Gráfico del sensor de temperatura *DHT11* del grupo *BlackWidow*.

Estas gráficas se representarán dependiendo del intervalo de toma de datos que se le quiera establecer al sensor en su programación. En este caso, ya que el tiempo de respuesta del sensor *DHT11* puede ser de hasta dos segundos ([DHT11 Sensor](#)), se le puso ese intervalo de actualización de la medida.

4.3.3. Automatizaciones

El siguiente paso consistía en la programación de automatizaciones coherentes con los dispositivos del propio *kit* asignado o junto con los de algún otro grupo.

Esta parte se complicó algo más y, por falta de tiempo, no todos los grupos lograron realizar la automatización completa, pero se hizo una demostración a toda la clase para comprobar la forma de proceder.

Aún así, se llevaron a cabo las siguientes automatizaciones:

- Alarma por vapor: el grupo *Thor*, con su sensor de vapor de agua y el *buzzer*, programaron una alarma que, cuando el sensor detectaba vapor, se disparaba.
- Encendido *LED*: el equipo *ScarletWitch*, con la ayuda de un botón capacitivo, programó el control de un diodo *LED*.
- Control temperatura: *BlackWidow*, con su sensor *DHT11* de temperatura y humedad, consiguió controlar la temperatura con el encendido y apagado de un ventilador al traspasar cierto umbral. Este ejemplo se puede observar en la Figura 21.

Para que tuviera sentido, era importante determinar los parámetros como un “ciclo de histéresis”, el cuál entendió el grupo a la perfección, con una configuración para encender el ventilador y otra para apagarlo.

- *Superservo*: debido a la falta de tiempo mencionada, el profesorado realizó esta automatización para que todos los grupos lo vieran. Para ello, se usó el fotoreceptor y el servomotor programados por el grupo *Superman*, y se configuraron para que, cuando el servomotor disparaba el sensor, encendía el diodo *LED* del grupo *ScarletWitch*. Así se simuló el encendido y apagado de un aire acondicionado al abrir o cerrar una ventana o puerta.



También se pudo comprobar que, aunque los dispositivos no estuvieran físicamente conectados, todo se unificaba a través de la *Raspberry Pi* y la red WiFi.

- Encendido de la clase: por último, se realizó el encendido de las luces de la clase mediante *Telegram* y el sensor de movimiento en la segunda sesión extra, descrito en el Apartado 4.2.4.

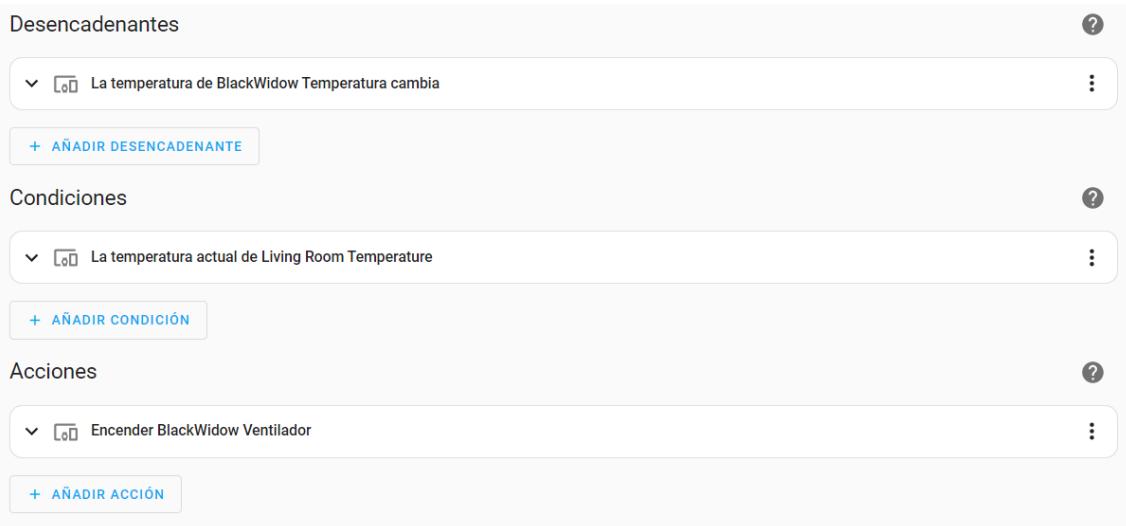


Figura 21: Configuración de la automatización del control de temperatura hecho por el equipo *BlackWidow*.

Todas las automatizaciones, como se observa en la Figura 21, debían tener un desencadenante, una condición y una acción a realizar. Esta lógica de trabajo era la que se buscaba que obtuviera el alumnado.

4.3.4. Instrumentos de evaluación

Como se describió en el Apartado 3.4, se prepararon dos instrumentos de evaluación: una rúbrica y un cuestionario. A continuación se van a repasar los resultados obtenidos, sin mostrar datos personales de ningún estudiante para mantener su privacidad.

Rúbrica

En primer lugar, para el uso de la rúbrica, se creó una plantilla en una hoja de cálculo para obtener el resultado automáticamente. Dicha plantilla luce como la siguiente Figura 22.



Rúbrica Grupo: <i>Ejemplo</i>		Items	Sobresaliente	Notable	Aprobado	Suspenso	Ponderación	Calificación
1							0,1	0
2							0,15	0
3							0,15	0
4							0,2	0
5							0,2	0
6							0,2	0
							Total	0

Figura 22: Plantilla para el uso de la rúbrica.

De esta forma, al añadir una “x” en la casilla correspondiente, se obtiene una calificación en el *item* señalado. Al llenar toda la tabla, se obtiene directamente la suma total, una nota sobre 10.

Un ejemplo de una tabla rellena se observa en la siguiente Figura 23.

Rúbrica Grupo: <i>Black Widow</i>						
Items	Sobresaliente	Notable	Aprobado	Suspenso	Ponderación	Calificación
1	x				0,1	1
2		x			0,15	1,2
3	x				0,15	1,5
4	x				0,2	2
5		x			0,2	1,6
6	x				0,2	2
						Total
						9,3

Figura 23: Rúbrica rellena para el grupo de trabajo de *Black Widow*.

Los resultados obtenidos para cada grupo se muestran en la siguiente Tabla 7.

Resultados de la rúbrica	
Grupo	Calificación
Black Widow	9.3
Superman	8.9
Ironman	8.6
Scarlet Witch	8.8
Thor	9.6

Tabla 7: Calificaciones de todos los grupos de trabajo según la rúbrica diseñada.

Como se puede observar, los resultados fueron bastante buenos. Los dos grupos que más bajan fueron los que no consiguieron obtener correctamente la automatización por falta de tiempo, pero pudieron comprobar el resultado final con sus compañeros.



Por otro lado, el sexto *item* de la rúbrica (Figura 34), se tuvo que modificar para este caso en especial, ya que no dio tiempo para la realización de las presentaciones. Dicho *item* se modificó para evaluar el “dominio del tema”, ya que durante las sesiones prácticas, se fue preguntando a cada grupo sobre los temas tratados.

Cuestionario de evaluación

En la sesión del martes 22 de mayo, se planificó con el tutor de prácticas para realizar un cuestionario de evaluación de su parte de programación junto con el cuestionario de evaluación de la práctica implementada en este TFM.

Por lo tanto, se preparó el cuestionario definido en el Apartado 3.4 para poder realizarlo en la *Moodle* del centro.

Si se analizan las preguntas propuestas, el cuestionario es muy general, esperando que todo el que haya asistido a las sesiones pudiera obtener la máxima nota, pero no fue así. Los resultados se observan en la siguiente Figura 24.

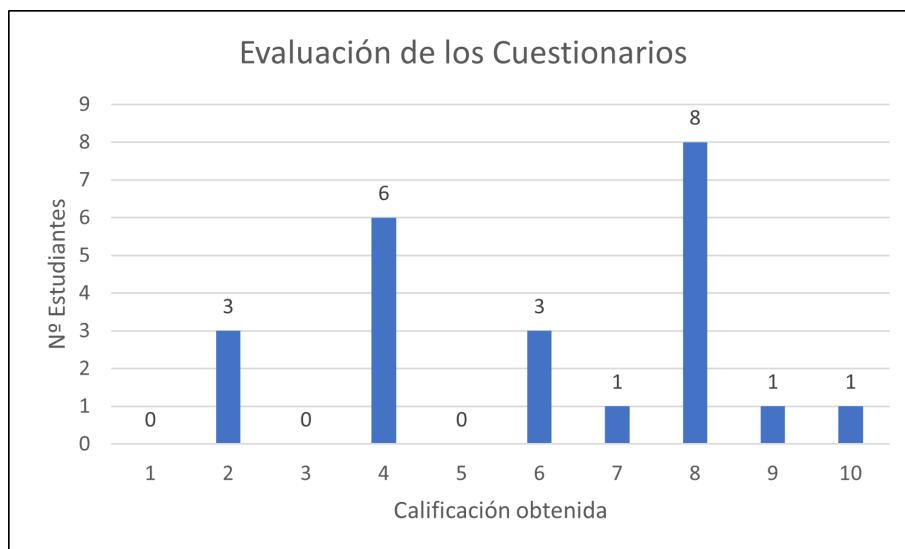


Figura 24: Calificaciones de los estudiantes en el cuestionario de evaluación.

Aunque la media de toda la clase se quede en un aprobado (6.00), y haya bastantes notables y dos sobresalientes, lo preocupante son los nueve suspensos.

Tras discutirlo con el tutor y analizar la situación, se entiende que es algo bastante nuevo que nunca antes habían dado, y aquellos que han mostrado interés si han conseguido buenas calificaciones, mientras que el porcentaje suspenso es muestra de su desinterés general.

Esta problemática no tiene solución, en clases con estudiantes tan heterogéneos, es muy difícil que todos encuentren motivación en los temas explicados, aunque es algo que se puede trabajar poco a poco.



Por otro lado, también se pueden analizar las calificaciones medias de cada pregunta en la Figura 25.

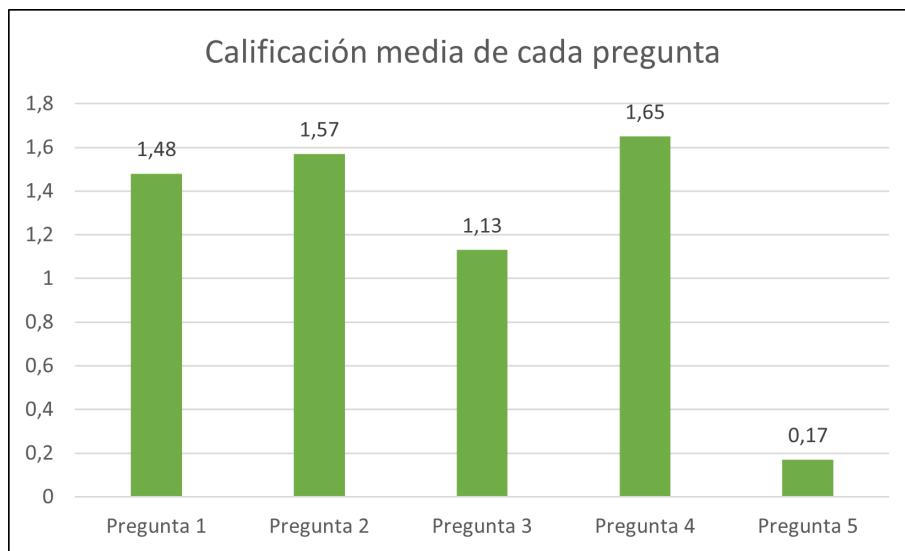


Figura 25: Calificaciones medias de cada pregunta en el cuestionario de evaluación.

Como se observa, las preguntas sobre los bloques temáticos de “Tecnología de la información y la comunicación” (primera pregunta), “Instalaciones en viviendas” (segunda pregunta) y “Control y robótica” (cuarta pregunta), han salido bastante bien. Seguramente las preguntas eran más claras y se repasó bastante durante las sesiones de la práctica.

La tercera pregunta sobre el bloque de “Electrónica”, sin embargo, baja un poco los resultados. Esto se puede deber a que no todos los del grupo pudieron realizar la conexión de sus dispositivos en la *protoboard*, y no lo interiorizaron lo suficiente.

Por último, la quinta pregunta del bloque de “Tecnología y sociedad”, solo la consiguió redactar una alumna correctamente y otros dos a medias. Los demás confundieron los términos y describieron la domótica, las automatizaciones o el internet de las cosas, en vez del internet de los comportamientos.

Estos resultados hacen replantear la efectividad de esta actividad. Comentándolo con el tutor y otros profesores del ámbito, les parece una muy buena actividad innovadora, debatiendo la falta de interés de los alumnos por todo lo relacionado con su enseñanza.

4.4. Resultados de los cuestionarios informativos

Con el tiempo limitado de las sesiones, el viaje de estudios de la clase asignada y el despiste de muchos de los alumnos y alumnas, se han conseguido las siguientes respuestas a los cuestionarios informativos sobre el alumnado: 19 respuestas al cuestionario inicial, 14 respuestas al cuestionario final, de las cuales solo 12 estudiantes respondieron a los dos cuestionarios.



Por ende, el estudio planteado se reduce bastante. La forma de realización de los cuestionarios es una de las partes a mejorar para futuras implementaciones.

Aún así, se puede hacer un análisis interesante de los datos obtenidos, confiando en la sinceridad de los encuestados. Dicho análisis se realizará sobre las preguntas del cuestionario inicial y cuestionario final, Apartado 3.5, de la Tabla 2 y la Tabla 3 respectivamente.

Nivel de dificultad de la implementación

Con respecto al nivel de dificultad de domotizar una vivienda, creando automatizaciones, se encuentra la sexta pregunta del cuestionario inicial y la segunda del final. Con estas dos preguntas, se puede comprobar si las prácticas han servido para mostrar que la domótica está al alcance de todos.

En la siguiente Figura 26, se muestra una gráfica con las respuestas a las preguntas previamente mencionadas. Destaca que, cinco de los estudiantes que respondieron “difícil”, han cambiado su respuesta a “asequibles”. Esto es un resultado bastante significativo.

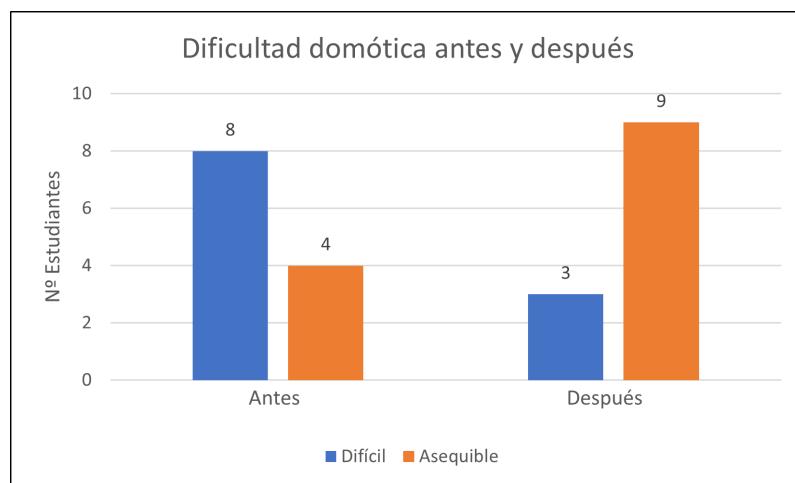


Figura 26: Gráfica sobre la dificultad de la domótica antes y después de la realización de la práctica.

Interés por la domótica

Por otro lado, la octava cuestión del cuestionario inicial y la quinta del final, preguntran sobre si desean tener alguna automatización o, una vez realizada la práctica, instalarla.

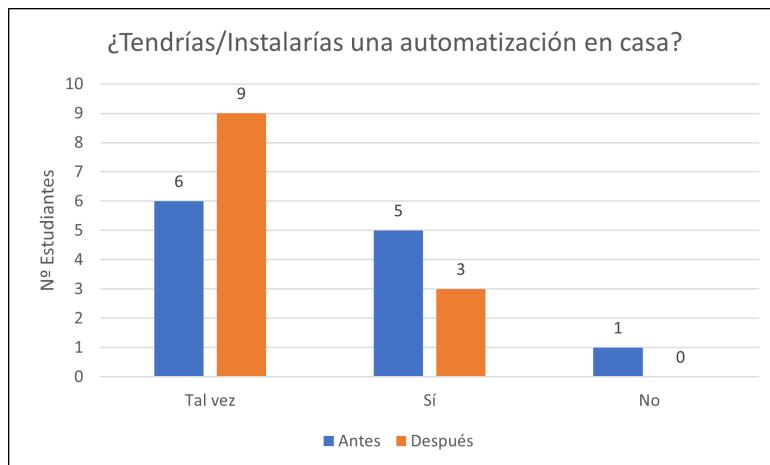


Figura 27: Gráfica sobre si tendrían una automatización y si la instalarían.

Estas dos preguntas no han tenido tan buenos resultados como las dos anteriores. Si se observa la Figura 27, la respuesta “tal vez” aumenta tras hacer la práctica. Esto se puede deber a que, antes de hacer la práctica, solo se les preguntaban si “tendrían” una automatización, mientras que después de la práctica, la pregunta cambia a si “instalarían”. Aunque hayan comprobado que la domótica sea más accesible de lo que creían, no todos estarían dispuestos a dedicarle un tiempo en casa a su instalación correspondiente.

Elección de lo domótico frente a lo normal. Opinión sobre el internet de los comportamientos.

Si se observan las preguntas siete y diez del cuestionario final sobre si los estudiantes elegirían vivir en una vivienda domotizada o se hospedarían en un hotel domotizado antes que en una vivienda o un hotel normal, en las respuestas de la Figura 28 se puede deducir si realmente tienen interés por la domótica.

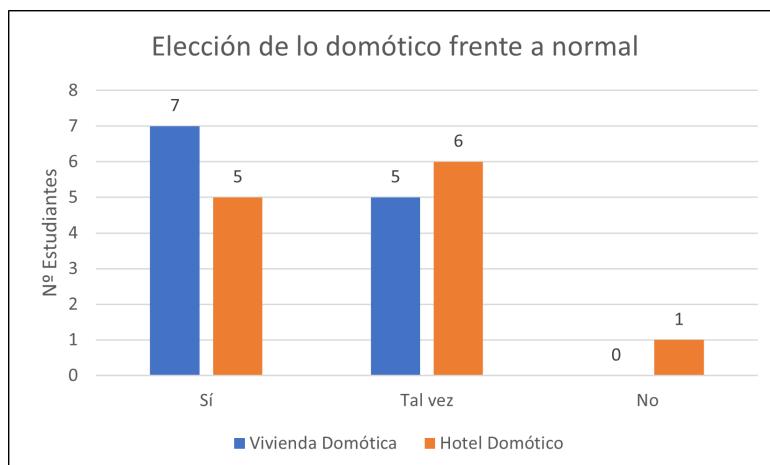


Figura 28: Gráfica sobre si elegirían vivir en una vivienda y hospedarse en un hotel domotizado o normal.



A la vista de los resultados, las respuestas afirmativas pueden significar que realmente sí les interesaría vivir u hospedarse en un lugar domótico, mientras que el “tal vez” y el “no” pueden deberse al debate generado sobre el internet de los comportamientos. “Las automatizaciones están muy bien, pero no quiero que me controlen”, pueden llegar a pensar.

Si han llegado a este planteamiento es algo bastante positivo, sin llegar al extremo de rechazar nuevas tecnologías como la correspondiente a esta práctica, tampoco es bueno aceptarlas sin un análisis previo.

Con la pregunta ocho del cuestionario final se puede comprobar el anterior resultado. En la Figura 29 se observa como, frente a la pregunta de si consideran el IoB como algo positivo, ninguno responde negativamente, solo dos de ellos están completamente a favor, y la gran mayoría dudan, inclinándose hacia la necesidad de saber controlarlo.

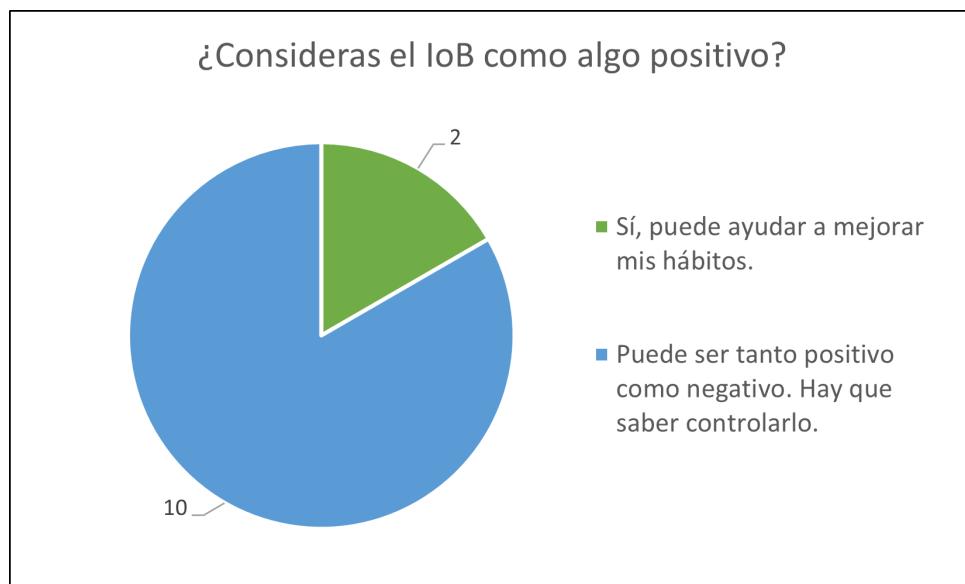


Figura 29: Gráfica sobre la opinión acerca del *internet of behaviors*.

Hábitos en un hotel de vacaciones

Uno de los grandes pilares de este TFM era la búsqueda de la concienciación del consumo, mejorando hábitos poco sostenibles, cuando se está de vacaciones en un hotel.

Por ello, en los dos cuestionarios se plantea la idea de añadir diversas formas para que, en los hoteles, se hiciera un seguimiento del consumo (pregunta 14 del cuestionario inicial y pregunta 11 del cuestionario final). Los resultados a dichas preguntas son los que se observan en la Figura 30.

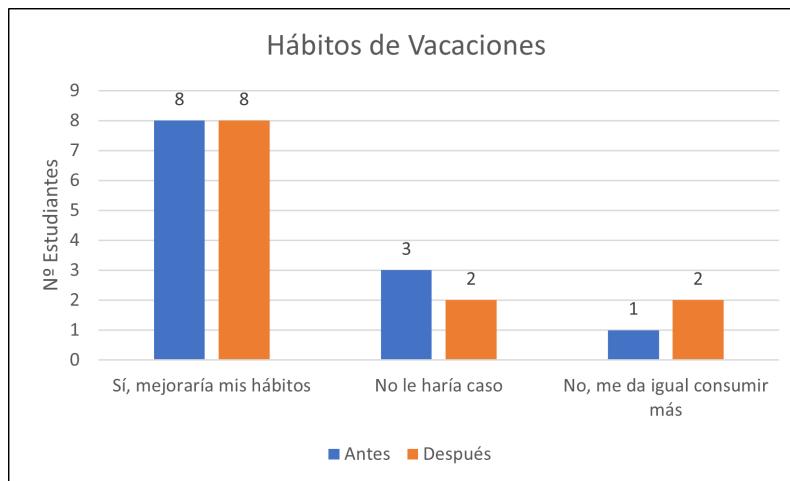


Figura 30: Gráfica sobre la mejora de hábitos de vacaciones con la domótica en un hotel antes y después de la práctica.

Los resultados, como se puede observar, no son muy positivos. Es verdad que la gran mayoría sí trataría de mejorar sus hábitos de consumo, pero con respecto a los que no, tras hacer la práctica, no han cambiado de opinión. Esto puede deberse a valores personales más arraigados en cada uno, difíciles de modificar.

Retroalimentación

Por último, cuando se hace una actividad de este estilo, es de vital importancia preguntar a los estudiantes cómo valorarían la práctica y que comentaran las cosas que modificarían.

En la Figura 31 se muestran sus respuestas a la primera pregunta del cuestionario final. Esto puede llegar a ser subjetivo ya que, al tener buena sintonía en la clase, no quieran ser más “críticos” con el trabajo realizado, pero en general coincide con la experiencia vivida en el aula.

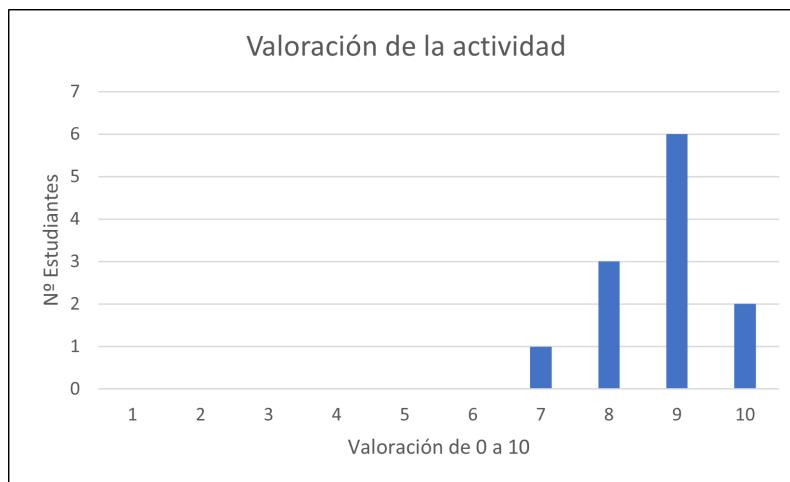


Figura 31: Gráfica sobre la valoración de 0 a 10 de la actividad realizada.



Si se observan las respuestas a la tercera pregunta del mismo cuestionario, se obtienen las partes que más han disfrutado y las modificaciones que harían. Haciendo un resumen de dichas respuestas, a la gran mayoría les ha gustado la conexión final de los distintos elementos a través de la creación de automatizaciones.

Con respecto a las modificaciones, dos de las respuestas hacen referencia al tamaño de los grupos. Al ser cinco por grupo, no todos podían participar en todo, y podía ser algo descontrolado. Es un problema a estudiar para futuras implementaciones.

4.5. Recopilación de recursos implementados en la actividad

Tras el diseño de toda la actividad piloto realizado en el Capítulo 3 y su implementación descrita en este Capítulo, se considera importante reunir todos los recursos creados en una única tabla que los recoja: los tres cuestionarios, la rúbrica y las dos presentaciones con los datos más importantes.

Para ello, se ha utilizado la siguiente Tabla 8, donde se muestra el código asignado a cada recurso, su nombre, la fecha de implementación, la finalidad de cada recurso y, para el caso de los cuestionarios y la rúbrica, el número de muestras recogidas.

Código	Nombre del Recurso	Fecha utilización	Finalidad	Muestras
Qi	Cuestionario previo a la actividad	27/04/2023	Obtener información para el proyecto	19
Qf	Cuestionario posterior a la actividad	4/05/2023	Obtener información para el proyecto	14
Qe	Cuestionario de evaluación	22/05/2023	Calificar individualmente al alumnado	24
Pt	Presentación teórica de los contenidos	27/04/2023	Ayuda visual para impartir la sesión teórica	-
Pp	Presentación práctica de la actividad	2-4/05/2023	Ayuda visual para impartir las sesiones prácticas	-
Ru	Rúbrica de evaluación de la actividad	2-4/05/2023	Calificar el trabajo práctico en grupos.	5

Tabla 8: Recopilación de todos los recursos utilizados en la implementación de la actividad para el grupo asignado.

Todos los anteriores recursos han sido diseñados y dirigidos para la clase de 4º de ESO A del I.E.S. Pedro Soto de Rojas.

4.6. Coste de la implementación

Por suerte, ya se disponía de una *Raspberry Pi 4* y el departamento de tecnología del instituto de prácticas, I.E.S. Pedro Soto de Rojas, ya poseía el resto de elementos,



tanto los microcontroladores *ESP32* como el kit de *Keyestudio* necesario. Sin embargo, si alguien quisiera replicar este proyecto, el presupuesto sería el de la siguiente Tabla 9:

Componente	Cantidad	Importe
Raspberry Placa Base PI 4 Modelo B / 8GB	<i>x1</i>	*245€
Placa ESP32 STEAMakers	<i>x5</i>	35.9€
Keyestudio 47-en-1 Kit	<i>x1</i>	55.99€
Total		480.49€

Tabla 9: Presupuesto total para la implementación del proyecto.

*Se debe aclarar que el precio del modelo de la *Raspberry Pi* se ha disparado por la situación global a más del doble. El resto de modelos saldrían más económicos.

4.7. Enlaces a los contenidos

Debido a que la inserción de todos los recursos desarrollados en este Trabajo Fin de Máster en la memoria no es conveniente, a continuación se puede encontrar el enlace a un repositorio creado con el fin de mostrar las partes más importantes de todo el proyecto, pudiendo descargar todos los recursos para su utilización.

https://albertolag.github.io/TFM_Domotizacion_Aula/index.html

O, si lo desean, pueden acceder a través del código QR de la siguiente Figura 32.



Figura 32: Código QR con enlace al repositorio en *GitHub*.

Este repositorio dispone de un vídeo demostrativo con la recopilación de las automatizaciones programadas. Se recomienda encarecidamente su visualización, ya que da forma al TFM.



5. Conclusión y futuras líneas de trabajo

Llegados a este punto, es importante realizar una valoración personal del trabajo realizado, una conclusión que recoja los puntos más importantes tratados en este Trabajo Fin de Máster, y exponer las futuras líneas de trabajo que se dejan abiertas.

5.1. Valoración personal

Al terminar mi formación como ingeniero, la incertidumbre de no saber si había escogido el camino correcto al cursar el máster de profesorado era grande. Sin embargo, al conocer a mi tutora, Rosana Montes Soldado, y poder desarrollar un proyecto tan interesante como este, me ha permitido conocer las infinitas posibilidades que se tiene a la hora de enfocar una sesión con alumnos de secundaria, donde el límite, al fin y al cabo, lo pone uno mismo.

Durante el grado en Ingeniería Electrónica Industrial, tuve la oportunidad de cursar una optativa dedicada a la domótica, descubriendome una gran afición que, tras realizar este trabajo, no ha hecho más que aumentar. Nunca pensé en la posibilidad de adaptar algo visto en una carrera universitaria a un aula de secundaria, comprobando el potencial de *Home Assistant* como herramienta para poder domotizar cualquier lugar, necesitando únicamente una red WiFi, un nodo y varios dispositivos inteligentes.

Además, debatir con mi tutor de prácticas, Francisco Abarca Hernández, con los estudiantes y conmigo mismo sobre el internet de los comportamientos, ha sido enriquecedor, comprendiendo y reafirmando que la tecnología es un arma de doble filo, debiendo saber cómo utilizarla para no ser controlados por ella. Aunque, desde la perspectiva optimista que se ha dado en esta memoria, se considera que la capacidad del IoB de modificar positivamente el comportamiento humano se va a ir introduciendo gradualmente en el día a día de las personas.

Personalmente, se ha disfrutado mucho tanto del diseño como de la implementación de este Trabajo Fin de Máster en un aula y, aunque pueden quedar muchos puntos por pulir, se han dejado los materiales disponibles para que todo el mundo pueda utilizarlos y mejorarlos, con el propósito final de añadir una herramienta nueva para la docencia.

5.2. Conclusión

Recapitulando, durante este proyecto se ha investigado sobre la domótica y el internet de las cosas y cómo pueden afectar de manera tanto positiva como negativa a los hábitos diarios de las personas, añadiendo el término de internet de los comportamientos. Además, se ha buscado la innovación, llevando a cabo el diseño e implementación de una actividad original para el nivel de 4º de ESO, “Domotización del aula”, dentro de un bloque que puede parecer eminentemente teórico, “Instalaciones en viviendas”.



Se debe comentar que, como se vio en los resultados del Apartado 4.4, todavía puede existir cierta reticencia a la hora de elegir un hotel domótico frente a uno normal, o a corregir ciertos hábitos de consumo estando de vacaciones. Esto, como se estudió en la “Tragedia de los comunes” (Hardin, 1968), puede ser algo intrínseco del ser humano, difícil de modificar. También, el hecho de sentirse controlados puede ser un factor impopular; uno de los estudiantes mencionó que el control de tiempo durante la ducha le parecía “agresivo”, ya que lo consideraba un control directo. Sin embargo, si en vez de tiempo se contabilizaran los litros, sería una medida que todo el grupo aceptaría e intentaría reducir.

Otro punto importante a tener en cuenta ha sido la realidad del contexto. Todas estas medidas para tratar de reducir el consumo y buscar un turismo más sostenible en un hotel europeo puede verse como algo excesivo e innecesario. En cambio, si se piensa en un hotel al sur de Madagascar como el ([Hotel Solidario](#)), estas medidas son necesarias, ya que un consumo excesivo de los recursos puede suponer terribles consecuencias a los locales.

A parte, se considera que, aunque con las tres sesiones que se han utilizado para realizar la actividad se ha conseguido el propósito del proyecto, para lograr que todos los alumnos entiendan e interioricen todos los puntos que se dan, serían necesarias las cinco sesiones planteadas en el diseño de la actividad, Capítulo 3.

Gracias a las sesiones extra, parte de la clase tuvo la oportunidad de trabajar con el *bot* de *Telegram*, utilizando sus propios *smartphones*, algo que cautivó su interés. Esta metodología, *mobile learning*, puede hacerles ver que, además de su uso como entretenimiento, estos dispositivos son herramientas con gran potencial.

A continuación, se destacan los aspectos más importantes de este Trabajo Fin de Máster:

- Se ha conseguido domotizar un aula con *Home Assistant*, solventando los diferentes problemas con la red WiFi, y estudiando varias de sus infinitas posibilidades: *ESPHome*, *NodeRED*, *Telegram*, etc.
- Se ha creado una actividad práctica para el bloque de “Instalaciones en viviendas”, incluyendo la metodología de *mobile learning*, accesible para todo el que lo necesite en el repositorio de *GitHub* mostrado en el Apartado 4.7.
- Se han conseguido realizar varias reflexiones con el grupo asignado, llegando a conclusiones interesantes sobre el internet de los comportamientos. Se considera que, la mayor parte de los estudiantes, ha comprendido la finalidad de las prácticas: comprobar la accesibilidad de la domótica y ser conscientes de la importancia de un consumo sostenible tanto en el día a día como estando de vacaciones.

5.3. Futuras líneas de trabajo

A partir de este Trabajo Fin de Máster, se desprenden varias ideas de posibles líneas de trabajo que se plantean a continuación:



- El diseño descrito en el Capítulo 3, aunque se haya quedado bajo el nombre de “actividad”, tiene las bases para ser directamente exportable a formato de situación de aprendizaje, asociando las competencias específicas y saberes básicos a los criterios de evaluación referidos en el Apartado 3.4.

Esta situación de aprendizaje será viable a partir del siguiente curso académico a la implementación, 2023-2024, ya que en el curso asignado, 4º de la ESO, aún no estaba instaurada la nueva LOMLOE ([Jefatura del Estado, 2020](#)).

- Dentro de la herramienta de *Home Assistant*, existen infinidad de complementos y posibilidades que no se han llegado a utilizar, por lo que, si se sigue trabajando sobre este proyecto, se podría llegar a sacar aún más partido a dicha herramienta.
- Aparte de *Home Assistant*, se encuentran otras herramientas igual de válidas, como *OpenHAB*. En un futuro, se podría trabajar más a fondo con ellas, haciendo un análisis y comprobando cuál es la más adecuada para la implementación en un aula de secundaria.
- Aunque se considera que se han utilizado sensores interesantes del *kit de Keyestudio*, se pueden estudiar otras posibilidades que permitan trabajar de forma más directa con la reducción del consumo de recursos.
- A largo plazo, se espera trasladar todo lo visto en el aula a Madagascar, con la Fundación Agua de Coco. Con esto, se buscaría añadir la denominación de “domótico”, a un hotel ya solidario y sostenible.



Referencias

- Andrew Howe (2020). A Guide to using Telegram with Node-red and Home-Assistant. <https://www.thesmarthomebook.com/2020/10/13/a-guide-to-using-telegram-with-node-red-and-home-assistant/>. 8, 17
- Arduino. Página web oficial de Arduino. <https://www.arduino.cc/>. Recuperado: 2023-05-7. 15
- BOJA (2021). *Orden del 15 de enero de 2021 que regula el currículo de la etapa de educación secundaria*. <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2021/507/BOJA21-507-01024.pdf>. 10, 18, 19
- Carta Mundial del Turismo Sostenible (2015). <https://ajuntament.barcelona.cat/premsa/wp-content/uploads/2016/01/151230-Carta-Mundial-de-Turismo-Sostenible.pdf>. 8
- Demeter, C., Fechner, D., y Dolnicar, S. (2023). Progress in field experimentation for environmentally sustainable tourism—A knowledge map and research agenda. *Tourism Management*, 94, 104633. 1
- DHT11 Sensor. Información sobre el sensor de temperatura y humedad DHT11. <https://sites.duke.edu/memscapstone/temperature-and-humidity-sensors>. Recuperado: 2023-05-27. 40
- e-ficiencia. Artículo sobre domótica. <https://e-ficiencia.com/domotica-que-es-y-como-funciona/>. 8, 5
- EDS Robotics. Los 12 tipos de sensores más usados: características y funciones. <https://www.edsrobotics.com/blog/tipos-sensores-mas-usados/>. Recuperado: 2023-03-21. 7
- ESP32. Página web oficial de Placa ESP32 STEAMakers. <https://shop.innovadidactic.com/es/standard-placas-shields-y-kits/1567-placa-esp32-steamakers.html>. Recuperado: 2023-05-7. 8, 15
- ESPHome. Página web oficial de ESPHome. <https://esphome.io/>. Recuperado: 2023-05-7. 8, 16, 17
- Fundación Agua de Coco. Página web oficial de la Fundación Agua de Coco. <https://aguadecoco.org/>. Recuperado: 2023-03-14. 1, 3, 13, 25
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons: the population problem has no technical solution; it requires a fundamental extension in morality. *science*, 162(3859), 1243–1248. 10, 11, 52
- Home Assistant. Página web oficial de Home Assistant. <https://www.home-assistant.io/>. Recuperado: 2023-05-7. 16
- Hotel Solidario. Página web oficial del Hotel Solidario en Mangily. <https://hotelsolidairemangily.com/>. Recuperado: 2023-03-27. 1, 3, 11, 25, 52



- I.E.S. Pedro Soto de Rojas. Página web oficial del I.E.S. Pedro Soto de Rojas. <https://iespedrosoto.es/>. Recuperado: 2023-05-7. 29
- Jefatura del Estado (2020). *Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.* <https://www.boe.es/boe/dias/2020/12/30/pdfs/BOE-A-2020-17264.pdf>. 53
- Keyestudio. Página web oficial de Keyestudio. <https://www.keyestudio.com/>. Recuperado: 2023-05-7. 8, 15
- MacInnes, S., Grün, B., y Dolnicar, S. (2022). Habit drives sustainable tourist behaviour. *Annals of Tourism Research*, 92, 103329. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160738321002073>. 8, 9, 10
- Miguel Tecnología. Página web con el temario del curso 2022/2023 del I.E.S José Saramago (Humilladero). https://sites.google.com/site/migueltecnologia/4o-eso-div/teor%C3%ADa/tema-5-instalaciones-en-las-viviendas#h.p_ID_1478. Recuperado: 2023-03-14. 5
- Naciones Unidas. Página web de las Naciones Unidas sobre los ODS. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>. Recuperado: 2023-03-21. 8, 2, 12
- NodeRED. Página web oficial de NodeRED. <https://nodered.org/>. Recuperado: 2023-05-7. 17
- OpenHAB. Página web oficial de OpenHAB. <https://www.openhab.org/>. Recuperado: 2023-05-7. 16
- Quintana, V. M. (2017). El turismo de naturaleza: un producto turístico sostenible. *Arbor*, 193(785), a396–a396. 8
- Raspberry Pi. Página web oficial de Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.com/>. Recuperado: 2023-05-7. 8, 14
- Rose, K., Eldridge, S., y Chapin, L. (2015). The internet of things: An overview. *The internet society (ISOC)*, 80, 1–50. 7
- Telegram. Página web oficial de Telegram. <https://web.telegram.org/>. Recuperado: 2023-05-7. 17



Anexos

A. Instrumentos de evaluación

CATEGORÍA/NIVEL DE LOGRO	SOBRESALIENTE	NOTABLE	APROBADO	SUSPENSO	Porcentaje %
	9-10	7-8	5-7	1-4	
Evaluación continua de la práctica					
Comportamiento durante el proyecto	Han trabajado sin distracciones, manteniendo el nivel de ruido.	Han trabajado sin distracciones, pero elevando el tono de su conversación.	Han trabajado con alguna distracción, elevando el tono de su conversación.	Han trabajado con muchas distracciones, elevando el tono de su conversación.	10
Trabajo colaborativo	Todos los participantes del grupo han estado aportando en el trabajo, mostrando trabajo en equipo.	La mayoría de los participantes del grupo han aportado en el trabajo, mostrando trabajo en equipo.	La mayoría de los participantes del grupo han aportado en el trabajo, faltando trabajo en equipo.	La mayoría del grupo no ha aportado en el trabajo, faltando trabajo en equipo.	15
Capacidad de enfrentarse al problema	Han sabido enfrentarse al problema, buscando la información necesaria de manera independiente.	Han sabido enfrentarse al problema, buscando la información necesaria con ayuda del profesorado.	Han necesitado cierta ayuda del profesorado para enfrentarse al problema, aprovechando dicha ayuda.	Han necesitado ayuda del profesorado para enfrentarse al problema, sin saber aprovechar dicha ayuda.	15
					40%

Figura 33: Primera parte de la rúbrica sobre la actividad de domótica e IoT.

CATEGORÍA/NIVEL DE LOGRO	SOBRESALIENTE	NOTABLE	APROBADO	SUSPENSO	Porcentaje %
	9-10	7-8	5-7	1-4	
Resultados obtenidos					
Programación dispositivos	Han conseguido programar el sensor/actuador asignado. Lo han personalizado completamente, añadiendo una etiqueta al resumen de HA.	Han conseguido programar el sensor/actuador asignado con los parámetros estándar. Han añadido una etiqueta al resumen de HA.	Han conseguido programar el sensor/actuador asignado, faltando ciertos parámetros por configurar. Han añadido una etiqueta al resumen de HA.	Han necesitado el código para programar el sensor/actuador asignado. No han añadido la etiqueta al resumen de HA.	20
Automatizaciones	Han planteado una automatización coherente, con un propósito claro con respecto al consumo. Han conseguido añadirlo a <i>Telegram</i> .	Han planteado una automatización coherente, con un propósito claro con respecto al consumo.	Han creado una automatización, sin un propósito claro con respecto al consumo.	No han conseguido crear ninguna automatización con el equipo de trabajo asignado.	20
Presentación del resultado	Han sabido mostrar sus resultados de forma clara y técnica, mostrando conocimiento en el tema y respondiendo a las preguntas.	Han sabido mostrar sus resultados de forma clara y técnica, respondiendo a las preguntas.	Han mostrado sus resultados, faltando cierta claridad y conocimiento del tema. Han sabido responder a las preguntas.	Han mostrado sus resultados, faltando claridad y conocimiento del tema. No han sabido responder a las preguntas.	20
					60%

Figura 34: Segunda parte de la rúbrica sobre la actividad de domótica e IoT.