



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Diseño y desarrollo de una maqueta divulgativa
sobre la descarbonización de la industria mediante
la producción de metano sintético

Design and development of an informative model
on the decarbonization of the industry through
the production of synthetic methane

Autor/es

Lina Menchero Ramírez

Director/es

María Begoña Peña Pellicer

David Ranz Angulo

Titulación del autor

Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto

Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA)

2023

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a José Antonio Gómez García por su apoyo y orientación durante la realización de este Trabajo de Fin de Grado. Su experiencia y dedicación han sido de gran ayuda para el desarrollo de este proyecto.

DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA MAQUETA DIVULGATIVA SOBRE LA DESCARBONIZACIÓN DE LA INDUSTRIA MEDIANTE LA PRODUCCIÓN DE METANO SINTÉTICO

RESUMEN

El objetivo de este Trabajo Fin de Grado ha sido el diseño y desarrollo de varios elementos divulgativos en el marco del proyecto DIS-HYCOME ("Descarbonización de la industria siderúrgica a partir de e-hidrógeno renovable, captura de CO₂ y metanización", PID2021-126164OB-I00).

El objetivo del proyecto DIS-HYCOME consiste en desarrollar y analizar la eficiencia, viabilidad económica e impacto ambiental de la integración de tecnologías como *Power to Gas*, captura de CO₂ y energías renovables en la industria siderúrgica. Específicamente, el proyecto se enfoca en transformar el gas de alto horno (BFG) rico en carbono en metano sintético utilizando hidrógeno verde generado mediante electrólisis.

Con el propósito de comunicar los resultados del proyecto y difundir el conocimiento, el proyecto DIS-HYCOME propuso la construcción de una maqueta que demostrase la integración de estas tecnologías. Este Trabajo Fin de Grado ha involucrado el diseño y la construcción de dicha maqueta, acompañada de un panel explicativo y una infografía.

La maqueta muestra este proceso de descarbonización a través de diferentes figuras modeladas en 3D e impresas, que representan plantas e instalaciones reales. Además, se trata de una maqueta interactiva, de modo que al presionar los pulsadores se muestran los circuitos iluminando los carteles de cada proceso. Adicionalmente, está construida para poder desmontar todas las figuras que la componen y transportar las diferentes partes sin riesgo a roturas.

El panel explicativo cuenta con información técnica, enfocada a estudiantes universitarios, egresados y profesionales del sector, y un díptico con información básica, orientada a estudiantes de primaria y secundaria y potenciando el cambio climático, que es un tema de significativa importancia en la actualidad que ellos mismos estudian en su formación.

Este TFG ha sido desarrollado con el objetivo de satisfacer los requisitos del cliente (investigadores del proyecto DIS-HYCOME). Se han extraído especificaciones tanto de este cliente, como de los usuarios potenciales, a través de reuniones y encuestas. Además, uno de los requisitos de este cliente fue la creación de un logotipo para el proyecto, el cual se encuentra actualmente en uso activo por parte de ellos.

Cabe destacar que se ha investigado, diseñado y evolucionado todo lo que compone este trabajo, así como la elaboración de diferentes propuestas de materiales y productos, junto al presupuesto de cada uno de ellos para presentárselo al cliente y junto con este decidir el más idóneo.

DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN INFORMATIVE MODEL ON THE DECARBONIZATION OF THE INDUSTRY THROUGH THE PRODUCTION OF SYNTHETIC METHANE

ABSTRACT

The objective of this Final Degree Project has been the design and development of several informative elements within the framework of the DIS-HYCOME project ("Decarbonisation of the steel industry from renewable e-hydrogen, CO₂ capture and methanisation", PID2021-126164OB-I00).

The objective of the DIS-HYCOME project is to develop and analyse the efficiency, economic feasibility and environmental impact of the integration of technologies such as Power to Gas, CO₂ capture and renewable energies in the steel industry. Specifically, the project focuses on transforming carbon-rich blast furnace gas (BFG) into synthetic methane using green hydrogen generated by electrolysis.

In order to communicate the results of the project and disseminate knowledge, the DIS-HYCOME project proposed the construction of a model demonstrating the integration of these technologies. This Final Degree Project involved the design and construction of such a model, accompanied by an explanatory panel and an infographic.

The model shows this decarbonisation process through different 3D modelled and printed figures, representing real plants and installations. In addition, it is an interactive model, so that pressing the buttons shows the circuits by illuminating the signs of each process. In addition, it is constructed so that all the figures can be disassembled and the different parts can be transported without the risk of breakage.

The explanatory panel has technical information, focused on university students, graduates and professionals in the sector, and a diptych with basic information, aimed at primary and secondary school students and promoting climate change, which is a topic of significant importance today that they themselves study in their training.

This TFG has been developed with the aim of satisfying the requirements of the client (researchers of the DIS-HYCOME project). Specifications have been extracted both from this client and from potential users through meetings and surveys. In addition, one of the requirements of this client was the creation of a logo for the project, which is currently in active use by them.

It should be noted that everything that makes up this work has been researched, designed and evolved, as well as the development of different proposals for materials and products, along with the budget for each of them to present to the client and together with the client decide on the most suitable.

ÍNDICE

ÍNDICE	1
ÍNDICE DE FIGURAS.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	6
1.1 Justificación del proyecto	6
1.2 Objetivos.....	6
1.3 Alcance	7
1.4 Estructura del proyecto	7
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA.....	8
2.1 Proyecto coordinado	8
2.2 Herramientas empleadas.....	8
2.3 Fases del trabajo	9
2.4 Búsqueda de información.....	9
2.5 Cronograma	10
CAPÍTULO 3: DISEÑO.....	11
3.1 Fase de Investigación.....	11
3.1.1 Cliente.....	11
3.1.2 Usuarios	11
3.1.3 Información a transmitir.....	13
3.1.4 Selección de materiales	14
3.1.5 Ergonomía.....	17
3.1.6 Conclusiones y especificaciones.....	18
3.2 Fase de Diseño y Desarrollo.....	19
3.2.1 Logotipo	19
3.2.2 Modelado 3D.....	21
3.2.3 Base	24
3.2.4 Panel explicativo.....	28
3.2.5 Infografía.....	28
3.2.6 Electrónica.....	29
3.3 Fase de Construcción.....	30
3.3.1 Impresión y montaje de las piezas	30
3.3.2 Montaje de la base	32
3.3.3 Instalación de la electrónica.....	33
3.4 Fase de validación	34

3.4.4 Validación técnica de la maqueta.....	34
3.4.5 Pruebas de usuario.....	35
CAPÍTULO 4: RESULTADOS	36
4.1 Maqueta general.....	36
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES	39
5.1 Conclusiones finales.....	39
5.2 Aportación propia	40
5.3 Contenido de la titulación aplicado.....	40
5.4 Relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....	41
5.5 Trabajo a futuro	41
BIBLIOGRAFÍA (último acceso de las webs 05/06/2023)	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Logotipos de las entidades financiadoras [1]	6
Figura 2. Cronograma.....	10
Figura 3. Grado de interés que genera una maqueta no interactiva y una interactiva	12
Figura 4. Gráfico sobre el uso de la maqueta y el panel acompañante	13
Figura 5. Esquema del flujo de la descarbonización [10]–[17]	13
Figura 6. Rollo impresión PLA [22]	15
Figura 7. Impresora 3D, FDM [23]	15
Figura 8. Tablero contrachapado [24].....	15
Figura 9. Listones de madera [25]	15
Figura 10. Plancha de acero [26]	15
Figura 11. Planchas cartón pluma [27].....	16
Figura 12. Planchas policarbonato [30].....	16
Figura 13. Maniqués 2D p5M y p95H y altura de 110 cm de la mesa.....	17
Figura 14. Logotipo proyecto DIS-HYCOME	20
Figura 15. Usos del logotipo en pósteres e informes.....	20
Figura 16. Sistema de captura de CO ₂ - La Pereda [11]	21
Figura 17. Sistema de captura de CO ₂ - Modelado 3D.....	21
Figura 18. Planta de metanación de STORE&GO (Falkenhagen, Alemania) [10].....	22
Figura 19. Sistema de metanación - Modelado 3D.....	22
Figura 20. Electrolizador – Nel [31].....	22
Figura 21. Electrolizador - Modelado 3D.....	22
Figura 22. Recuperación de CO ₂ , de Carboneco en Aliaga [12]	22
Figura 23. Almacenamiento de CO ₂ – Modelado 3D	22
Figura 24. Transformador de potencia de la Almozara.....	23
Figura 25. Transformador de potencia - Modelado 3D.....	23
Figura 26. Almacenamiento de CH ₄ [32]	23
Figura 27. Almacenamiento CH ₄ - Modelado 3D.....	23
Figura 28. Electrolizador versión 1.....	23
Figura 29. Electrolizador versión 2.....	23
Figura 30. Barandilla con agujero	24
Figura 31. Barandilla con tetones	24
Figura 32. Barandillas unidas.....	24
Figura 33. Diferentes vistas de la maqueta final con todos los elementos modelados.....	24
Figura 34. Vinilo para la base.....	25
Figura 35. Gráfico de si pensaban que sucedían acontecimientos independientes o continuados	26
Figura 36. Vinilo montado en maqueta 3D	26
Figura 37. Base rectangular para ajuste en base	27
Figura 38. Tetones para ajuste en base	27
Figura 39. Imanes para posicionamiento en base	27
Figura 40. Diseño del panel explicativo.....	28
Figura 41. Contraportada y portada díptico.....	29
Figura 42. Información interior díptico	29
Figura 43. Primer montaje en Arduino	30
Figura 44. Creación y montaje del almacenamiento de CO ₂	31
Figura 45. Imágenes del montaje generales.....	31

Figura 46. Lijado y pegado de imanes32

Figura 47. Pieza rota y subsanada.....32

Figura 48. Preparación y creación de la base33

Figura 49. Soldadura e instalación de la electrónica34

Figura 50. Maqueta final36

Figura 51. Anverso y reverso del díptico.....37

Figura 52. Parte interior con información del díptico.....37

Figura 53. Panel explicativo.....38

Figura 54. Marca gráfica ODS [38]41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales estudiados para impresión en 3D. La opción seleccionada finalmente se remarca en negrita.....14

Tabla 2. Materiales estudiados para la base. La opción seleccionada finalmente se remarca en negrita.15

Tabla 3. Materiales estudiados para la protección mientras se exponga. La opción seleccionada finalmente se remarca en negrita.....16

Tabla 4. Especificaciones de Impresión 3D18

Tabla 5. Especificaciones del Cliente18

Tabla 6. Presupuesto final19

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación del proyecto

Este Trabajo de Fin de Grado forma parte del Plan de Comunicación del proyecto de investigación DIS-HYCOME (PID2021-126164OB-I00), **“Decarbonization of Iron & Steel industry through green HYdrogen, CO₂ capture and Methanation”**, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación; por el Fondo europeo de desarrollo regional y por la Agencia Estatal de Investigación (Figura 1).



Figura 1. Logotipos de las entidades financiadoras [1]

El proyecto **DIS-HYCOME** tiene como objetivo diseñar y evaluar la eficiencia, la viabilidad económica y el impacto ambiental de la integración de las tecnologías de Power to Gas, de captura de CO₂ y de las energías renovables en la industria siderúrgica. Concretamente, el proyecto se centra en la metanización del gas de alto horno (BFG, con hasta un 50% de carbono) mediante hidrógeno verde generado por electrólisis. El metano sintético resultante sustituye en parte el uso del coque, reduciendo de esta forma las emisiones de CO₂.

Con el fin de hacer llegar a la sociedad los resultados del proyecto y de difundir el conocimiento, el proyecto DIS-HYCOME tiene planificada la construcción de una maqueta demostrativa de la integración de estas tecnologías. Este Trabajo Fin de Grado ha consistido en el diseño y construcción de dicha maqueta, junto con un panel explicativo y una infografía.

1.2 Objetivos

El objetivo principal de este TGF ha sido el diseño y desarrollo de varios elementos divulgativos en el marco del proyecto DIS-HYCOME ("Descarbonización de la industria siderúrgica a partir de e-hidrógeno renovable, captura de CO₂ y metanización", PID2021-126164OB-I00). Concretamente, se han diseñado y elaborado una maqueta, un panel explicativo y un díptico para difundir el proceso de la descarbonización de la industria a través de sistemas de captura de CO₂ y producción de metano sintético. Concretamente, los objetivos específicos han sido:

1. Recabar información de los requisitos del cliente y de los usuarios, incluyendo los diferentes niveles educativos, la información que se quería transmitir
2. Realizar el diseño del logotipo del proyecto DIS-HYCOME.
3. Diseñar la maqueta interactiva haciéndola atractiva para todos los públicos y difundiendo el proyecto DIS-HYCOME a través de figuras 3D de los procesos y elementos de la descarbonización, haciendo el vinilo de la base acorde a ello, junto al recorrido electrónico creado para mostrar los circuitos.

4. Realizar el diseño del panel explicativo con información del proyecto y la maqueta y la infografía con información básica para que estudiantes de menor nivel pudieran entenderlo. Ambas cosas realizadas también para concienciar acerca del cambio climático y de su impacto medioambiental.
5. Buscar los materiales para la creación de las diferentes partes de la maqueta y elaborar un presupuesto acorde a cada uno de ellos, para que el cliente pueda decidir el más conveniente
6. Validación del funcionamiento de la maqueta y del panel informativo mediante pruebas de funcionalidad y usabilidad.

1.3 Alcance

Para este Trabajo de Fin de Grado se estableció que el alcance sería el siguiente:

- Creación del modelado 3D de todas las piezas, junto con un renderizado que simulase cómo quedaría una vez impreso, junto con la propia impresión de las figuras. Las figuras debían ser representaciones simbólicas de las instalaciones físicas, pero manteniendo un nivel de detalle moderado, sin excesiva precisión.
- La base, junto con el vinilo, debían acompañar a las figuras, sin la inclusión de pedestales u otros elementos extra, buscando una solución de diseño sencilla y aplicable.
- Diseño del panel explicativo autocontenido, que cumpliera con los requisitos funcionales necesarios y que a nivel estético sea atractivo para los usuarios, evitando crear un panel excesivamente detallado y ornamentado.
- Creación de una infografía concisa dirigida a estudiantes, que proporcione información fundamental sobre el cambio climático y el proyecto DIS-HYCOME, evitando detalles y extensión excesivos.
- Diseño de la tecnología electrónica basada en LEDs e incorporación a la maqueta. Fácil de programar, pero suficientemente útil para transmitir la información que se requería.

1.4 Estructura del proyecto

Este proyecto se ha estructurado en función a las diferentes fases seguidas en el desarrollo del mismo. Tras esta **introducción** planteada en el capítulo 1, se presenta en el capítulo 2 la **metodología** seguida en el desarrollo del trabajo, donde se describen las fases del trabajo. En el capítulo 3, de **diseño**, se presenta la investigación realizada con los usuarios y clientes, además de la búsqueda de los materiales más idóneos y el diseño y desarrollo de las diferentes partes, como las figuras 3D o los diseños gráficos. Además, también se muestra la construcción y creación final de la maqueta, panel e infografía. En el capítulo de **resultados** (4) se muestran los diseños finales y fotos de la maqueta real. Finalmente en el capítulo 5, el de **conclusiones**, se han descrito las conclusiones finales del proyecto, la aportación propia, el contenido de la titulación aplicado al proyecto, la relación del trabajo con los ODS y el trabajo que se propone a futuro.

CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA

2.1 Proyecto coordinado

Este proyecto (DIS-HYCOME) tiene otro que le acompaña y con el que va de la mano, llamado DEC-I&S (Decarbonization of Iron&Steel industry through green hydrogen and CO₂ recirculation).

Jorge Villacampa Muñoz ha sido el encargado de realizar el TFG de la maqueta del DEC-I&S, con el que he estado en contacto durante todo el proceso de creación para que ambos proyectos y diseños tengan relación tanto en la parte formal como en la funcional. Este era uno de los requisitos iniciales e imprescindibles de cara a la creación de ambas maquetas y la presentación de su información.

Las partes que hemos tenido que consensuar son: la estética del logotipo; la estética general de la maqueta, del vinilo y del panel; dimensiones de la base y los materiales a utilizar y su compra.

Más allá de esto, el diseño y la elaboración de las maquetas se ha realizado de forma independiente.

2.2 Herramientas empleadas

La principal herramienta empleada para el desarrollo del trabajo ha sido *Solidworks* [2], con la que se ha modelado en 3D las diferentes piezas a imprimir; se han presentado todas en una base genérica donde apreciar completamente la maqueta montada como sería finalmente, previo a la impresión, de forma que se pudo cambiar las escalas, ubicación y formas de ciertas partes y donde se han obtenido diferentes imágenes renderizadas de los modelos.

Para comprobar la cantidad de material necesario para cada pieza a imprimir, se utilizó *UltiMaker Cura* [3], una aplicación que permite calcular la cantidad de materia, introduciendo los datos correspondientes como espesor de pared, soportes o cantidad de relleno. De esta forma se pudo obtener los gramos necesarios de cada color y material, para poder pedirlo al proveedor.

La configuración de la parte electrónica para los leds, se hizo con la aplicación *Arduino IDE* [4], su principal función es proporcionar un entorno de programación para escribir y cargar programas en la placa de desarrollo Arduino.

Para hacer la encuesta a los usuarios se utilizó la herramienta *Formularios de Google* [5]; para la creación del logotipo se utilizó *Adobe Illustrator* [6]; mientras que para el vinilo y el panel explicativo se usó *Adobe InDesign* [7] y para el cronograma se utilizó *GanttProject* [8].

2.3 Fases del trabajo

El trabajo se ha desarrollado en base a cinco fases.

La primera fase fue la de la **investigación**, donde se recababa información sobre el proceso y el público objetivo, para después plantear una serie de elementos para su presentación. El **presupuesto** también fue parte de la investigación, ya que debía ajustarse al que los clientes planteaban, además de mostrar diferentes opciones y elegir el que más conviniera según relación calidad/precio.

La segunda fase, la de **diseño y desarrollo**, se basaba en el planteamiento de figuras para los diferentes equipos y creación de los modelos en *Solidworks* [2], para su posterior impresión 3D, junto con un modelado virtual que fue utilizado para su testeo previo por parte del cliente. Se creó también el vinilo de la base, acorde al conjunto de la maqueta; el panel explicativo, explicando las diferentes instalaciones; el recorrido electrónico, al tener que programarlo y ajustarlo a los recorridos y la infografía, con información básica del proyecto junto a la importancia de los efectos del cambio climático.

La última fase fue la de **construcción** de la maqueta en sí misma, una vez pedidos todos los materiales y accesorios necesarios, se comenzó a imprimir en 3D las figuras y montarlas; a formar la base y programar el circuito led.

Por último, la fase de **validación**, donde se comprobó que todo funcionara correctamente previo al testeo que se realizó a algunos usuarios, para confirmar que su uso era adecuado e intuitivo.

2.4 Búsqueda de información

La información necesaria para desarrollar el proyecto se obtuvo por diferentes medios.

Por un lado se han tenido diferentes reuniones con el cliente para establecer las especificaciones. Se han realizado encuestas a usuarios potenciales y se ha recabado información distribuyendo las mismas a estudiantes, profesores, familiares y amigos. Por otro lado también se ha buscado en apuntes de la titulación, como en el caso de ergonomía, que nos facilitaron los percentiles y su estudio; en internet, donde se han consultado diversas páginas webs para obtener información fiable e investigada y a través de reuniones con docentes y profesionales, los cuales poseen experiencia y han aportado su punto de vista en diversas decisiones. La suma de todas estas fuentes hicieron posible que la información fuera lo más objetiva y coherente posible.

2.5 Cronograma

La distribución de tareas en el tiempo se puede ver reflejada en el cronograma (Figura 2). (Mayor tamaño en Anexo/Cronograma).

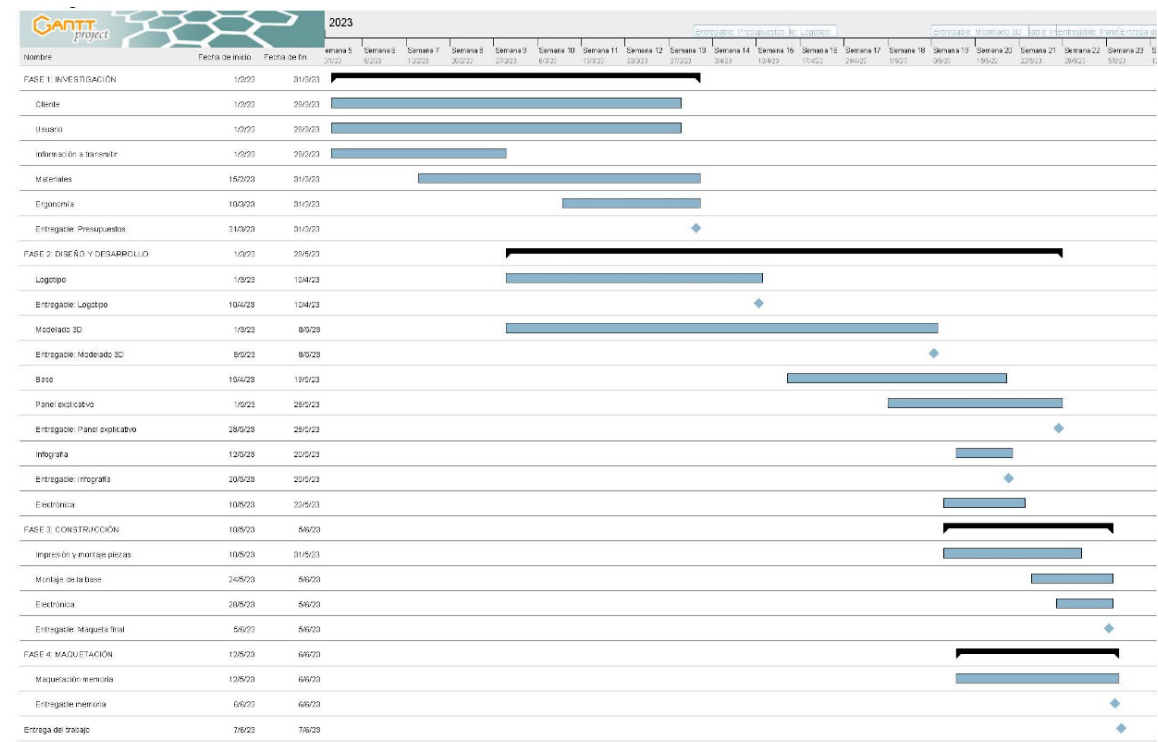


Figura 2. Cronograma

CAPÍTULO 3: DISEÑO

3.1 Fase de Investigación

La fase de investigación es crítica en el desarrollo de cualquier proyecto, permitiendo recopilar información relevante y objetiva para comprender el contexto y definir los problemas y oportunidades. El objetivo principal de la fase de investigación es identificar las necesidades de los usuarios y clientes, así como obtener datos que permitan resolver con éxito esas necesidades.

3.1.1 Cliente

Conocer al cliente es clave para desarrollar productos o servicios que cumplan con sus necesidades y expectativas, permite desarrollar un plan de acción claro y preciso que ahorra tiempo y recursos. El desconocimiento de las necesidades del cliente puede tener consecuencias negativas para la empresa, como la pérdida de clientes y la mala reputación de la marca.

Por todo ello, se ha mantenido un contacto continuado con el cliente, actualizándole constantemente con lo avanzado, preguntando todas las dudas y acordando los pasos a dar en cada tarea, evitando posibles desacuerdos o sorpresas con el resultado final.

El cliente en este caso ha sido **el grupo de investigación ENERGÍA y CO₂** (DGA T46_17R), representado por mi tutora, Begoña Peña, con ella es con la que se ha mantenido el contacto durante todo el desarrollo del Trabajo de Fin de Grado (TFG), para validar todas las opiniones.

3.1.2 Usuarios

Los usuarios potenciales a los que esta maqueta va dirigida se pueden clasificar en tres grupos.

El primero, son los **estudiantes de educación primaria y secundaria**, los cuales poseen poco o nulo conocimiento sobre este tipo de procesos. A estos usuarios se le explicará la maqueta a través de un profesional del departamento, la información y explicación vendrán directamente de este profesional, y no será necesario que la maqueta sea auto explicativa. Por lo que a este TFG solo implica que las máquinas y partes del proceso sean diseñadas de forma simple y con diseños atractivos. A este tipo de usuario se le entregará una infografía básica de la problemática que existe actualmente del cambio climático y los diferentes pasos de descarbonización que realiza el proyecto DIS-HYCOME.

El siguiente grupo lo componen los **estudiantes universitarios** o de grado superior. Este usuario tiene mayor conocimiento que el anterior y está más concienciado en la necesidad de hacer las industrias menos contaminantes. Se deberá hacer una explicación básica y entendible por estos estudiantes de manera que les atraiga. Interactuarán con la maqueta y el panel de manera independiente (en los pasillos de la EINA), sin apoyos externos, por lo que debe ser auto explicativa.

El último grupo está compuesto por los **licenciados** y los **profesionales** del sector. Estos consumidores tienen un vocabulario y un conocimiento más amplios que los dos anteriores, si ven la maqueta será por interés propio. Los profesionales querrán conocer en mayor profundidad el funcionamiento de los diferentes procesos para descarbonizar la industria y producir el metano sintético. Se les deberá proporcionar mayor información extra (para lo que se les proporcionará en el panel un QR a la web con información adicional), aunque este tipo de individuos se relacionarán con la maqueta en congresos o ferias, donde los creadores estarán cerca y les podrán preguntar dudas más específicas que no queden resueltas.

Se llevó a cabo una **encuesta** para conocer la información de la que partían los diferentes tipos de usuario; las preferencias de cada uno para saber más sobre el proceso que se explica y qué uso le suelen dar a las maquetas que ven expuestas. Además de específicamente de cada tipo de usuario, también se quiso saber de forma generalizada las respuestas, ya que al final había partes que iban a ser comunes para todos. (*Detalles en Anexo/Información maqueta/Encuesta*).

Las preguntas de esta encuesta [9] fueron las siguientes:

- ¿En qué nivel de estudios te encuentras?
- Cuando te encuentras frente a una maqueta explicativa, ¿te sueles parar a contemplarla?
- ¿Qué grado de interés te genera una maqueta que no es interactiva? (Del 1 al 5, siendo 0 nulo y 5 gran interés).
- ¿Qué grado de interés te genera una maqueta interactiva? (Del 1 al 5, siendo 0 nulo y 5 gran interés).
- Cuando las maquetas expuestas van acompañadas de un panel explicativo, ¿te sueles parar a leerlo, o solo contemplas la maqueta, y la manipulas si es posible?
- ¿Cómo debería ser el panel, para que fuese más atractivo y te parases a leerlo?
- ¿Qué grado de conocimiento acerca de la descarbonización de la industria tienes? (Del 1 al 5, siendo 0 nulo y 5 amplio conocimiento).
- ¿Cómo de interesantes te parecen las opciones que te describimos a continuación? (Siendo 1, poco interesante, y 5 muy interesante)

Se pudo comprobar que el grado de interés aumenta en gran medida si el modelo es interactivo, respecto a cuando no lo es (Figura 3), la media de las maquetas no interactivas fue de 2,75/5 y la de las interactivas de un 4,19/5, lo que es más de 1,5 veces la de la primera. Estos resultados reflejaban y remarcaban la necesidad de que la maqueta debía ser interactiva para poder llamar la atención de los usuarios y que les parezca atractiva e interesante.

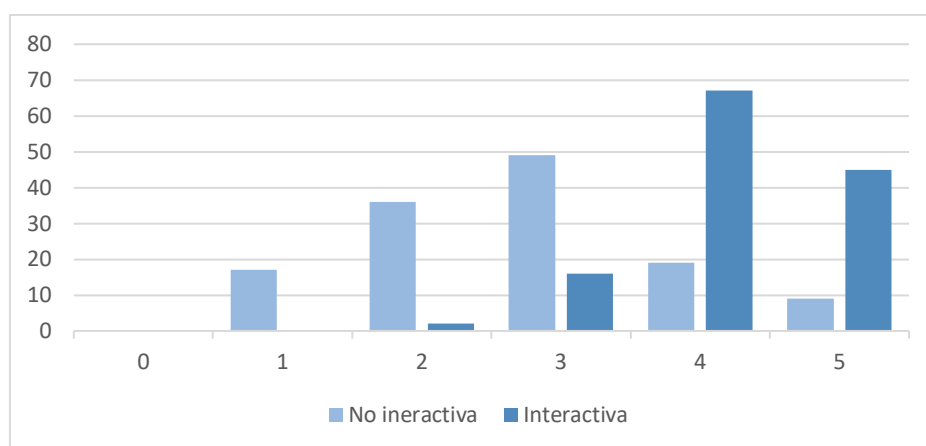


Figura 3. Grado de interés que genera una maqueta no interactiva y una interactiva

Como a la maqueta, también le acompaña un panel explicativo, se preguntó a los encuestados si hacían caso a esta clase de aclaraciones, se limitaban a contemplar la maqueta o en su caso, a manipularla si es posible, aprovechando para preguntar también qué porcentaje solo la contemplaba aun pudiendo manipularla (Figura 4). Casi el 50% de la gente se para a leer las explicaciones, además de manipularla y contemplarla, y apenas un 7% solo la contempla, aun teniendo la posibilidad de emplearla.

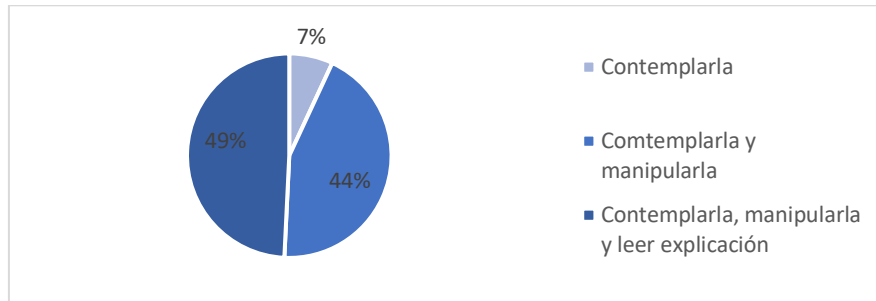


Figura 4. Gráfico sobre el uso de la maqueta y el panel acompañante

3.1.3 Información a transmitir

Se quiere mostrar el potencial de la tecnología *Power To Gas*, para conseguir esa **descarbonización de la industria, mediante la producción y uso de metano sintético e hidrógeno verde**.

El ciclo (Figura 5) comienza con la **emisión del CO₂** (grandes cantidades de CO₂), que son las industrias o las plantas de generación eléctrica. Ese CO₂ es capturado mediante un proceso de **postcombustion calcium looping** o por aminas. Tras esto, el CO₂ puro se almacena y se usa en la metanización. La **metanización** es un proceso químico en el que se convierte dióxido de carbono e hidrógeno en metano, componente mayoritario del gas natural. Este proceso se basa en la reacción de Sabatier, en la cual el CO₂ y el H₂ reaccionan en presencia de un catalizador, formando metano y agua. El **metano sintético** resultante se inyecta en la red de gas natural y se vuelve a usar en la industria. Por otro lado, el agua resultante, junto con la energía obtenida de fuentes de energía renovables, se utiliza para la electrólisis. La **electrólisis** es un proceso electroquímico que utiliza electricidad para descomponer una sustancia en sus componentes mediante reacciones de oxidación y reducción, se aplica una corriente eléctrica a través de un electrolito, dividiéndolo en iones o moléculas individuales en el ánodo y cátodo. De la hidrólisis del agua se obtiene el **hidrógeno** necesario para la metanación y **oxígeno**, el cual se almacena y se le pueden dar distintos usos, entre ellos utilizarlo en la propia industria.

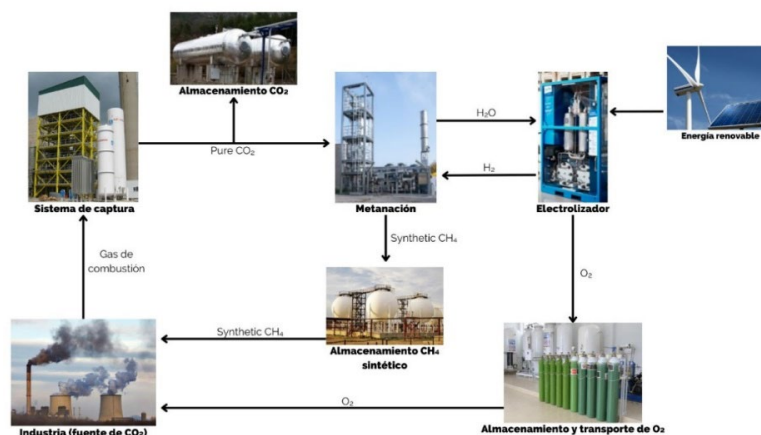


Figura 5. Esquema del flujo de la descarbonización [10]–[17]

Esta información se transmitirá a través de diversos canales (además de las figuras 3D de la maqueta en sí, que visualmente aportan gran valor y es la base para entender todo). Por un lado la maqueta lleva varios **botones** que, al pulsarlos, **muestran los diferentes circuitos**, iluminando los carteles. La información de qué es cada elemento se podrá leer en el panel informativo que acompaña a la maqueta y si se quiere profundizar en mayor medida sobre cómo funciona y de qué trata el proyecto DIS-HYCOME, se podrá acceder a la página web, mediante un QR que también estará disponible y visible, que tendrán destinada para ello. Por último, también se transmitirá a los estudiantes de primaria y secundaria a través de una infografía enfocada a un nivel más básico.

3.1.4 Selección de materiales

Una de las investigaciones más importantes fue la de los materiales con los que se iban a fabricar cada una de las partes que componían la maqueta física y sus complementos (*Detalles en Anexo/Materiales*).

En primer lugar, se llevó a cabo un proceso de generación y búsqueda de ideas, planteando distintas opciones al cliente. Posteriormente en base a los requisitos establecidos durante la fase de investigación (usuario y cliente) se procedió a elegir aquellas alternativas que resultaban más atractivas y apropiadas. Paralelamente, se realizaron investigaciones de presupuestos para las opciones seleccionadas, con el objetivo de evaluar su viabilidad financiera. Finalmente, tras el análisis de los presupuestos junto al cliente, se tomó la decisión final, optando por la opción que mejor se ajustaba a los recursos disponibles.

Figuras 3D

Al imprimir en 3D las diferentes piezas, se buscó un material con posibilidad de impresión en una **impresora FDM** (*Fused Deposition Modeling*), una impresora de Modelado por Deposición Fundida (Figura 7), disponible en el área de Expresión Gráfica. Se requería un plástico suficientemente resistente y rígido, que no se estropeará con el tiempo y que no fuera demasiado caro. Tras analizar diferentes materiales, se analizó en detalle los dos con más posibilidades para este caso, que fueron el ABS y el PLA, aunque se muestran también en la Tabla 1 el nailon y el TPU. (Información obtenida en las páginas web [18]–[21]).

Tabla 1. Materiales estudiados para impresión en 3D. La opción seleccionada finalmente se remarca en negrita.

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COSTE
ABS	Buena resistencia al impacto y a la temperatura. Fácil de imprimir.	Requiere una plataforma caliente para imprimirse. Tiende a curvarse.	Moderado
PLA	Biodegradable y ecológico. Muy fácil de imprimir. Buena calidad superficial y buena precisión dimensional. Baja deformación térmica.	Menor resistencia a impactos. Poco flexible, más quebradizo y peor lijado que el ABS.	Bajo
NAILON	Resistente, duradero y ligero.	Difícil de imprimir con impresoras FDM. Peor calidad superficial.	Moderado a elevado
TPU	Resistente al impacto.	Flexible. Difícil de imprimir.	Moderado a elevado

Al no necesitar de gran resistencia a los golpes y a la abrasión, pero sí evitar posibles deformaciones a la hora de la impresión y un buen acabado superficial, además de tener en cuenta la sostenibilidad del material, la elección final fue el **PLA** (Figura 6).



Figura 6. Rollo impresión PLA [22]



Figura 7. Impresora 3D, FDM [23]

Base

Tabla 2. Materiales estudiados para la base. La opción seleccionada finalmente se remarca en negrita.

COMPOSICIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COSTE
Metacrilato a capas	Se tapan todos los cables de manera estética. El vinilo queda protegido.	Muy pesado. Dificultad de mecanizado. Difícil de desmontar maqueta.	Muy alto, excedía el presupuesto total
Polycarbonato con tetones	Menor material necesario. Mayor facilidad de mecanizado. Vinilo protegido.	Muy pesado. Demasiado material y caro. Dificultad media al desmontar maqueta.	Muy alto
Tablero de melamina + tetones	Fácil de mecanizar. Variedad de grosores.	Vinilo sin protección. Dificultad media al desmontar maqueta.	Bajo
Tablero contrachapado + plancha acero	Muy fácil de montar y desmontar la maqueta. Ligero. Poco volumen.	Vinilo sin protección.	Moderado

Para evitar que el peso de la base apoyara sobre los cables que pasaban por debajo, se utilizaron **listones de madera** (Figura 9) **para levantar la base.**



Figura 8. Tablero contrachapado [24]



Figura 9. Listones de madera [25]



Figura 10. Plancha de acero [26]

Panel explicativo

El soporte elegido para el panel es el **cartón pluma** (Figura 11), ya que es un material con el que se ha trabajado en diversas ocasiones y ofrece muy buenos resultados para este tipo de necesidad. Es muy ligero, lo que facilita en gran medida su transporte, uno de los requisitos del proyecto al estar previsto su traslado a colegios y congresos. Además, se puede hacer en el tamaño deseado y la impresión resultante posee muy buena calidad. Por último, cabe destacar su precio, por ser muy asequible y su facilidad para encontrar una tienda donde puedan imprimirlo.

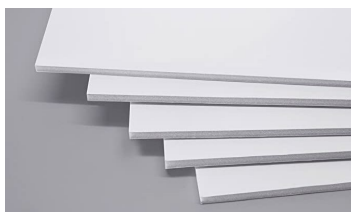


Figura 11. Planchas cartón pluma [27]

Protección exposición

Aunque no es la razón principal por la que se ha creado la maqueta, sí que se ha de tener en cuenta que va a estar expuesta en los pasillos de la EINA (como otras maquetas que ya hay). Para proteger del polvo y de posibles interacciones maliciosas, es necesario que se encuentre tapada cuando se exponga. Como se debe poder ver a través de esta cubierta, el material elegido tenía que ser transparente, los materiales estudiados se comparan en la Tabla 3. (Información obtenida en las páginas web [28], [29]).

Tabla 3. Materiales estudiados para la protección mientras se exponga. La opción seleccionada finalmente se remarca en negrita.

MATERIAL	TRANSPARENCIA	RIGIDEZ	LIGEREZA	DURABILIDAD	RESISTENCIA	COSTE
PVC	Sí, media-alta	Muy baja	Muy ligero	Media, se descolora con el sol	Muy poco resistente a golpes	Muy bajo
Metacrilato	Sí, muy alta	Alta	Más ligero	Media, se descolora con el sol	Poco resistente	Bajo (25% menos que el policarbonato)
Policarbonato	Sí, alta	Alta	Más pesado	Resistente a químicos y radiación UV	Alta, a golpes y arañazos	Medio

Aunque ambas opciones serían buenas, el **policarbonato** (Figura 12) fue la elección final al necesitarse un material rígido y al estar expuesto a posibles golpes o roces. Además, la gran resistencia a productos químicos y la no descoloración, hace que sea idóneo por si cae algún líquido en el material, se limpia con productos abrasivos o se encuentra en alguna zona expuesto al sol.



Figura 12. Planchas policarbonato [30]

3.1.5 Ergonomía

Realizar un análisis ergonómico para un proyecto de una maqueta expuesta al público es esencial para garantizar la comodidad, la accesibilidad y la experiencia positiva de los visitantes, al mismo tiempo que se promueve una presentación atractiva y efectiva del contenido de la maqueta.

La **altura de la mesa para la maqueta** es importante y se debe tener en cuenta el percentil 95 de hombres y el percentil 5 de mujeres, considerando las dimensiones promedio del cuerpo humano. Estos percentiles se utilizan como referencia para establecer dimensiones estándar representativas de la mayoría de las personas, incluyendo aquellos por encima o debajo de la media en altura. Con ayuda de maniquíes 2D con esos percentiles (Figura 13) obtuve la medida adecuada para la altura de la mesa, siendo **110 cm**, en caso de ser fija, ya que si puede ser regulable sería la opción a escoger al ser lo más cómodo para todo tipo de usuarios. (*Detalles en Anexo/Ergonomía*).

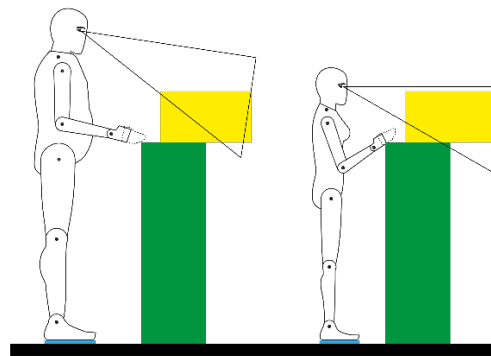


Figura 13. Maniquíes 2D p5M y p95H y altura de 110 cm de la mesa

En cuanto a la **iluminación**, se deberá ubicar en un espacio con una iluminación plana y sin focos fijos que creen contrastes excesivos de luces y sombras. Asimismo, se le otorga gran importancia a la **legibilidad de los textos**, tanto en la propia maqueta como en el panel explicativo, asegurándose de que sean legibles para todas las personas mediante el uso de tamaños y colores apropiados. Se ha prestado especial atención a las dimensiones de los pulsadores presentes en la maqueta, asegurándose de que su tamaño sea adecuado para permitir que cualquier persona pueda activarlos cómodamente.

3.1.6 Conclusiones y especificaciones

En base a toda esta investigación, las conclusiones y especificaciones a tener en cuenta durante todo el proyecto son:

Impresión 3D

Tabla 4. Especificaciones de Impresión 3D

ESPECIFICACIÓN	EXPLICACIÓN
Espesor mínimo: 1-2 mm	Los detalles de menos de 1 mm no se imprimen. Para asegurar que se imprime correctamente el espesor mínimo es de 2 mm.
Dimensiones máximas: 450x450x450 mm	Dimensiones máximas a las que las impresoras 3D pueden imprimir, si las figuras eran mayores se debían partir.
Partición de piezas	Para facilitar la impresión y no gastar material en soportes evitables .

Cliente

Tabla 5. Especificaciones del Cliente

ESPECIFICACIÓN	EXPLICACIÓN
Medidas maqueta: 500x800 mm	La maqueta no debía superar esas medidas, así como la altura no debía pasar los 22 cm , superándolos solo al elevar la base y por alguna figura que sí tuviera una altura elevada y se quisiera mostrar así.
Transportabilidad de la maqueta	La maqueta se tiene que poder transportar a congresos o escuelas.
Adaptación de explicaciones	Adaptación de las explicaciones según el público objetivo en cada momento.
Ajuste de maqueta a la realidad	La maqueta debía quedar replicada y ajustada perfectamente a la realidad, generando constantes cambios en el modelado y añadiendo componentes extras hasta el último momento para que así fuera.
Estética similar al proyecto DEC-I&S	Este proyecto junto con el de mi compañero Jorge Villacampa (DEC-I&S), debían tener la estética similar. Además de presentar la información de la misma manera.
Presupuesto máximo de 300€	Para las opciones de presupuestos mostradas al cliente, se tuvo que tener en cuenta esta limitación. Además de la necesidad de que las empresas hicieran facturas electrónicas , para poder presentar esas facturas a la universidad.
Plazo entrega: junio 2023	Si un material o producto tardaba demasiado en llegar, se desechaba como opción por no entrar en el tiempo requerido.

Presupuesto

El presupuesto es una parte clave de este proyecto, al tener que ser aprobado previo a la compra del material. Las opciones planteadas se pueden ver en *Anexo/Presupuesto*. A continuación, se resume la selección final:

Tabla 6. Presupuesto final

DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	PRECIO	CANTIDAD	IMPORTE
Filamentos impresión 3D	LEON3D	76	-	76
Chapa acero galvanizado - base	Hierros Alfonso	15	1	15
Tablero madera contrachapada - base	Leroy Merlin	13	1	13
Listón madera - base	Leroy Merlin	6,30	2	12,60
Clavos	Leroy Merlin	1,80	1	1,80
Pegamento de contacto - Contactceys	Leroy Merlin	9	1	9
Impresión en vinilo y pegado - base	ArteVIVO	26,5	1	26,5
Impresión panel en cartón pluma	ArteVIVO	20€	1	20€
Boquilla impresión	Amazon	30	1	30
Conjunto básico Arduino	Amazon	23,80	1	23,8
Pulsadores Arduino	Amazon	12	1	12
Diodos LEDs	Amazon	4	1	4
Cable	Amazon	11	1	11
Batería	Amazon	10,60	1	10,60
Adaptador batería	Amazon	7	1	7
Imanes neodimio	Amazon	10,10	1	10,10
Cola blanca - Rayt	Amazon	4,70	1	4,70
Adhesivo instantáneo - Sprint	Amazon	8,30	1	8,30
TOTAL				295,40€

3.2 Fase de Diseño y Desarrollo

La fase de diseño y desarrollo es la más importante, ya que es donde verdaderamente se genera la idea definitiva y se mejora hasta llegar al resultado final. En ella han surgido problemas que se han solucionado de manera efectiva.

3.2.1 Logotipo

El TFG incluía entre sus objetivos realizar una marca gráfica que represente al proyecto DIS-HYCOME. Se quería transmitir la **reutilización y reincorporación de los diferentes gases a la industria**. Esto se hizo con unas **flechas** que rodeaban la parte del “HYCOME” y partían del “DIS”, que representaba la industria. La primera flecha que salía era de color negro, al ser las emisiones de CO₂, la siguiente era de color azul, identificándolo con la metanación y, por último, la flecha verde que volvía al “DIS”, haciendo referencia al hidrógeno. Como es un proyecto de la EINA, se quiso hacer una ligera referencia a esta en los **colores**, utilizando el **azul de UNIZAR (Pantone 653)** tanto en la industria como en la flecha azul, y el **amarillo de la EINA (Pantone 124 C)** en el “HYCOME”, para el color **verde (Pantone 2272 C)** se buscó uno que recordara a la **ecología**, para el negro se usó el puro.

La **D inicial** se modificó para que se pareciera e hiciera alusión al **Blast Furnance** (alto horno), un elemento esencial en la industria siderúrgica. (*Detalles y evolución en Anexo/Logotipo*).

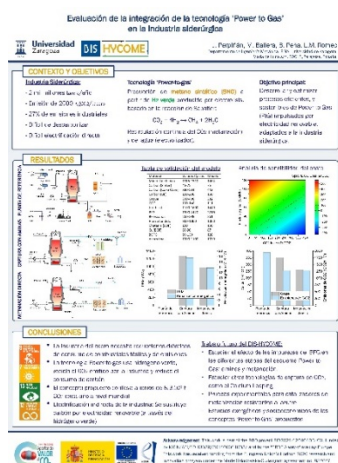


Figura 14. Logotipo proyecto DIS-HYCOME

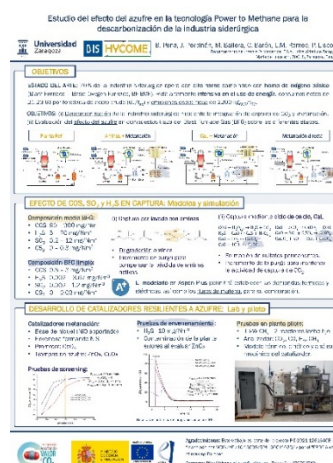
Este logotipo (Figura 14) ya ha sido utilizado en diversos pósteres de congresos. (Figura 15, más detalle en Anexo/Logotipo/Usos):

- J. Perpiñán et al. (2023). "Evaluación de la integración de la tecnología Power to Gas en la industria siderúrgica". Aportando Valor al CO₂. Bilbao 10-11 mayo.
- B. Peña et al. (2023) "Estudio del efecto del azufre en la tecnología Power to Methane para la descarbonización de la industria siderúrgica". Aportando Valor al CO₂. Bilbao 10-11 mayo.
- J. Perpiñán et al. (2023) "Metano sintético para reducir las emisiones de CO₂ de la industria siderúrgica". En: Iberus Connect, Zaragoza 28 de abril de 2023.

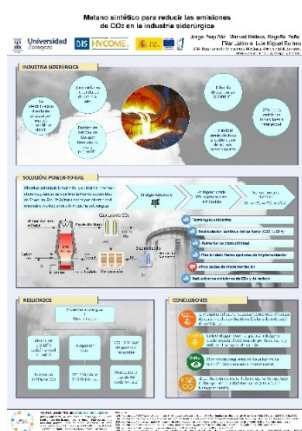
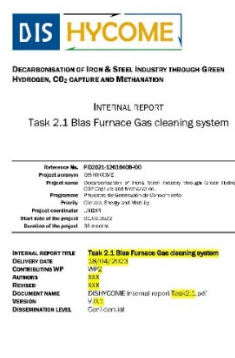
También se ha utilizado en PowerPoints de reuniones internas del proyecto y en plantillas de informes y pósteres (Figura 15) y se incluirá en los elementos diseñados en el TFG: maqueta, panel e infografía.



Evaluación de la integración de la tecnología Power to Gas en la industria siderúrgica



Estudio del efecto del azufre en la tecnología Power to Methane para la descarbonización de la industria siderúrgica

Metano sintético para reducir las emisiones de CO₂ de la industria siderúrgica

Plantilla de informes y pósteres

Figura 15. Usos del logotipo en pósteres e informes

Además de esto, se espera **presentar la maqueta en el congreso 13CNIT**, con la ponencia:

Lina Menchero, Jorge Villacampa, Manuel Bailera, David Ranz, Begoña Peña (2023). "**Taking advantage of synergies between teaching and research: scale models for education and dissemination of knowledge.**" En: El 13º Congreso Nacional y 4º Congreso Internacional de Termodinámica en Ingeniería que se llevará a cabo en Castellón de la Plana del 29 de noviembre al 1 de diciembre de 2023.

3.2.2 Modelado 3D

El modelado 3D como se ha comentado previamente, ha sido realizado con la herramienta *Solidworks* [2]. Todos los elementos han sido diseñados por la autora de este TFG, en base a instalaciones reales de cada uno de ellos, como, por ejemplo:

- El **sistema de captura** de CO₂ ha sido basado en la instalación de **La Pereda** (Figura 16).
- El sistema de **metanación** se ha basado en la planta de **Falkenhagen**, Alemania (Figura 18).
- Los **electrolizadores** se basan en los de la empresa **Nel**, en concreto en el "Atmospheric Alkaline Electrolyser" (Figura 20).

Los criterios de diseño eran que tenían que ser representativas, pero sobre todo imprimibles, por lo que se tuvieron que adaptar a las medidas mínimas que las máquinas de impresión 3D son capaces de imprimir sin defectos. Además de no poder incluir cada pequeña parte de las instalaciones por sobrecargarse en exceso de información la maqueta y no entenderse lo principal.

A continuación, se muestran las instalaciones reales comentadas previamente, junto a su modelado final:



Figura 16. Sistema de captura de CO₂ - La Pereda [11]



Figura 17. Sistema de captura de CO₂ - Modelado 3D



Figura 18. Planta de metanación de STORE&GO (Falkenhagen, Alemania) [10]



Figura 19. Sistema de metanación - Modelado 3D

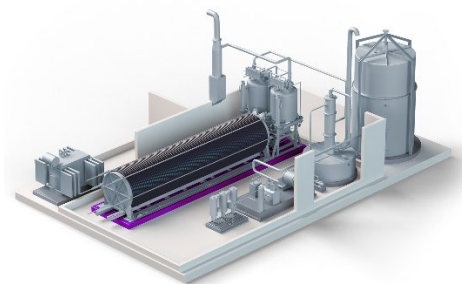


Figura 20. Electrolizador – Nel [31]



Figura 21. Electrolizador - Modelado 3D

Estas tres instalaciones han sido dibujadas a una escala de 1:150, mientras que el resto se han adaptado a esa escala o al tamaño de la maqueta (como es el caso de la industria, que realmente sería mucho mayor, pero al tener solo una función simbólica sin representar a ningún proceso concreto, se decidió disminuirla).

Además de las réplicas anteriores que son los elementos principales, también hay otros diseños de elementos más comunes como los siguientes:



Figura 22. Recuperación de CO₂ de Carbónco en Aliaga [12]

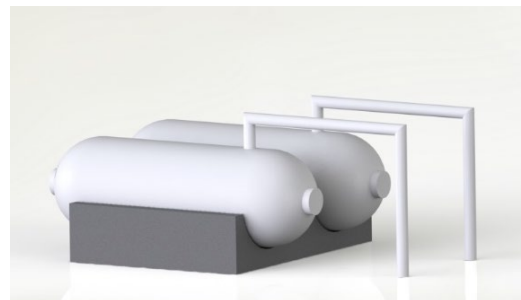


Figura 23. Almacenamiento de CO₂ – Modelado 3D



Figura 24. Transformador de potencia de la Almozara



Figura 25. Transformador de potencia - Modelado 3D



Figura 26. Almacenamiento de CH₄ [32]

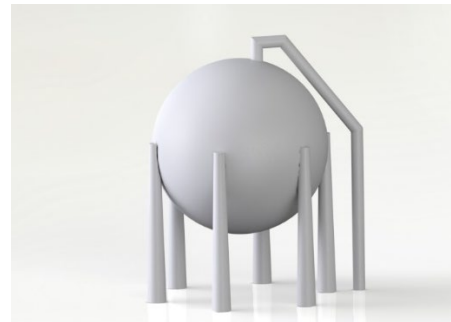


Figura 27. Almacenamiento CH₄ - Modelado 3D

Todas las figuras han sufrido **evoluciones**, algunas más importantes que otras, al tener que entenderse a qué instalación real representa y qué proceso tiene lugar. Por ejemplo, es el caso del electrolizador que cambió de manera bastante drástica. Tras presentarlo al cliente (Figura 28), se determinó que no se identificaba claramente al equipo y se decidió cambiar de modelo (Figura 29).



Figura 28. Electrolizador versión 1



Figura 29. Electrolizador versión 2

Algunos de los elementos no se podían imprimir en una única pieza. Por ello se dividieron en varias partes ensambladas mediante enganches diseñados a tal efecto (Figura 30, Figura 31 y Figura 32).



Figura 30. Barandilla con agujero



Figura 31. Barandilla con tetones



Figura 32. Barandillas unidas

Las imágenes del diseño final de cada elemento modelado se han recogido en *Anexo/Diseño 3D*. La maqueta, modelada en 3D, se muestra en la Figura 33.

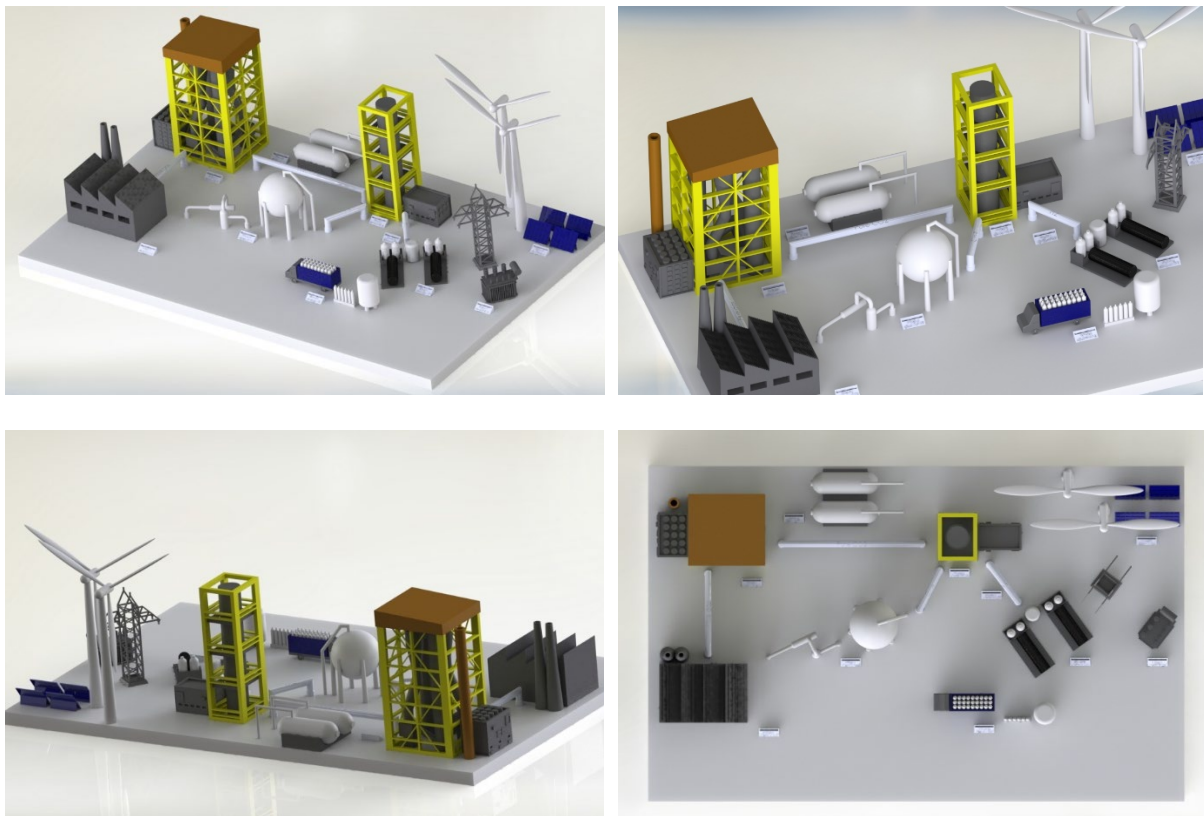


Figura 33. Diferentes vistas de la maqueta final con todos los elementos modelados

3.2.3 Base

La base, formada por las capas: vinilo, chapa metálica, tablero de madera y listones de apoyo (ver apartado 3.1.4 Selección de materiales), posee unas dimensiones de 500 x 800 mm.

Vinilo

El vinilo (Figura 34) que se ubicará en la parte superior, se ha diseñado con *InDesign* [7] tomando como fondo una imagen obtenida en *Google Earth*. En la esquina inferior izquierda se han plasmado: el nombre del proyecto y su logotipo; los logos de las entidades financieras; el nombre de los creadores de la maqueta y un pequeño título de cada uno de los recorridos. (*Detalles y evolución en Anexo/Vinilo base*).

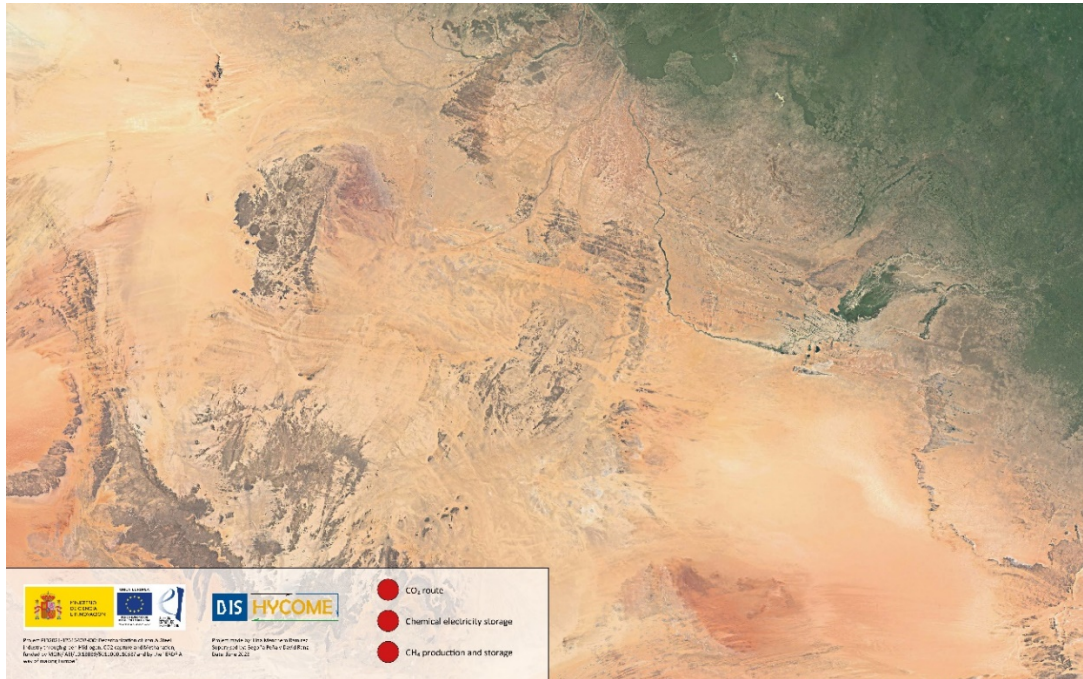


Figura 34. Vinilo para la base

Interacción

Antes de imprimir el vinilo, se hizo una breve prueba de usabilidad para ver si era intuitivo o no. Se preguntó a diversos usuarios potenciales lo siguiente:

- ¿Qué crees que es lo que estás viendo?
- ¿Crees que se interacciona con la maqueta? Si es así, ¿Cómo?
- Al darle a los botones situados en la base, ¿Qué crees que sucederá?
- Si ha contestado que realizan un recorrido, ¿Cuál crees que será el orden que seguirán?
- ¿Del 0 al 5 cuánto de intuitivo te parece el diseño?

Las conclusiones obtenidas fueron que era una maqueta interactiva que se apreciaba por la mayor parte de los usuarios, siendo fácil o hasta muy fácil de utilizar para todos ellos. La información escrita ayudaba a entender más sencilla y rápidamente que al darle a los botones comenzarían los sucesos y que acontecerían varias operaciones en un mismo botón, ya que si se les tapaba había un 30% de personas que pensaban que sucedería una única acción (Figura 35). (*Detalles en Anexo/Vinilo base/Interacción*).

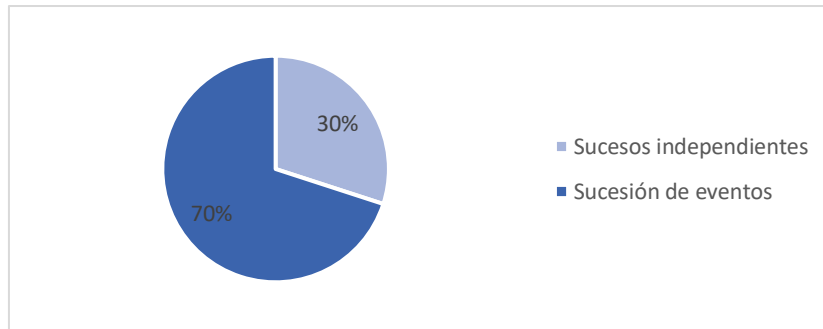


Figura 35. Gráfico de si pensaban que sucedían acontecimientos independientes o continuados

Las imágenes mostradas fueron la imagen del vinilo (Figura 34) para que pudieran leer con claridad los textos, ya que en la realidad lo tendrían delante y a mayor tamaño. Y la Figura 36, donde se aprecia cómo quedaba una vez puesto el vinilo en la base.



Figura 36. Vinilo montado en maqueta 3D

Posicionamiento de las figuras a la base

Dado que la **maqueta tiene que poder desmontarse para facilitar el transporte** hasta los posibles congresos, colegios y charlas que tengan. Esto implicaba no poder dejar fijos los edificios impresos a la base.

Se evaluaron varias ideas, incluyendo la opción de crear agujeros en la base para un ajuste directo de las piezas. Sin embargo, la complejidad de algunas formas de las piezas y la necesidad de alta precisión para evitar espacios vacíos significativos llevaron a descartar esta propuesta. Otra alternativa fue hacer agujeros rectangulares en una base separada para cada pieza (Figura 37), pero se consideró inadecuada debido al exceso de material necesario y a su impacto estético negativo en ciertas piezas.

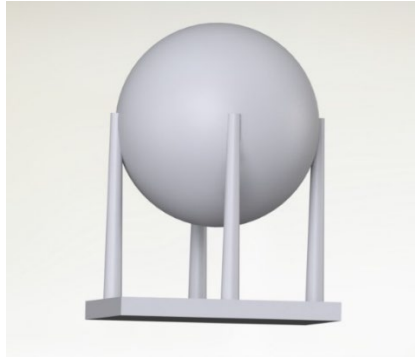


Figura 37. Base rectangular para ajuste en base

Con el fin de solucionar el problema del exceso de material y evitar la apariencia de una base pegada, se planteó la idea de incorporar **tetones** cilíndricos en las piezas (Figura 38). De esta manera, solo sería necesario realizar perforaciones con un taladro en las posiciones adecuadas. Este enfoque simplificaría significativamente el proceso de corte y permitiría dejar un margen ligeramente mayor, ya que los agujeros quedarían ocultos por la propia figura debido a su mayor volumen y superficie.

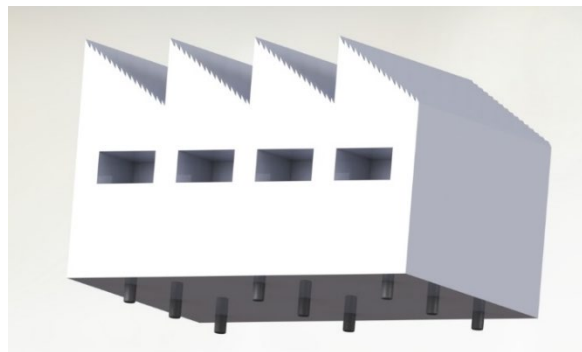


Figura 38. Tetones para ajuste en base

Se llegó a la conclusión de que la implementación de un sistema de imanes (Figura 39) podría resultar altamente beneficioso. Esta solución implicaría la inserción de pequeños imanes en las piezas impresas, mientras que en la base se colocaría una plancha de metal ferromagnético. De este modo, se evitaría la necesidad de realizar agujeros para los tetones mencionados anteriormente, además de reducir el riesgo de rotura al manipular las piezas. Asimismo, al plantearse la posibilidad de futuras evoluciones o conexiones en esta maqueta, el hecho de no contar con agujeros fijos añade un valor significativo a esta solución.



Pieza con agujeros para imanes



Imanes de neodimio [33]

Figura 39. Imanes para posicionamiento en base

3.2.4 Panel explicativo

El panel (Figura 40) ha sido diseñado en un tamaño de 800x500 mm, de forma horizontal, para que pueda contener gran cantidad de información, repartida para evitar sobrecarga de texto en él y que no se viera con suficiente claridad el texto por tener que hacerlo demasiado pequeño. La medida de 800 mm coincide con la medida de la maqueta.

Los colores usados para las flechas se corresponden con los del logotipo, aunque con mayor transparencia. Se han buscado imágenes representativas y se ha reducido la información a la más importante para facilitar su lectura y visualización. Incorpora el QR a su página web y tanto el logotipo del proyecto como los de la financiación.

Este panel, así como el resto del trabajo, ha sufrido una gran evolución, iniciando con mucha información y la información distribuida en columnas, hasta terminar en mostrar los recorridos, ayudando a entender de este modo aún más la maqueta y el circuito. *(Detalles y evolución en Anexo/Panel Explicativo)*.

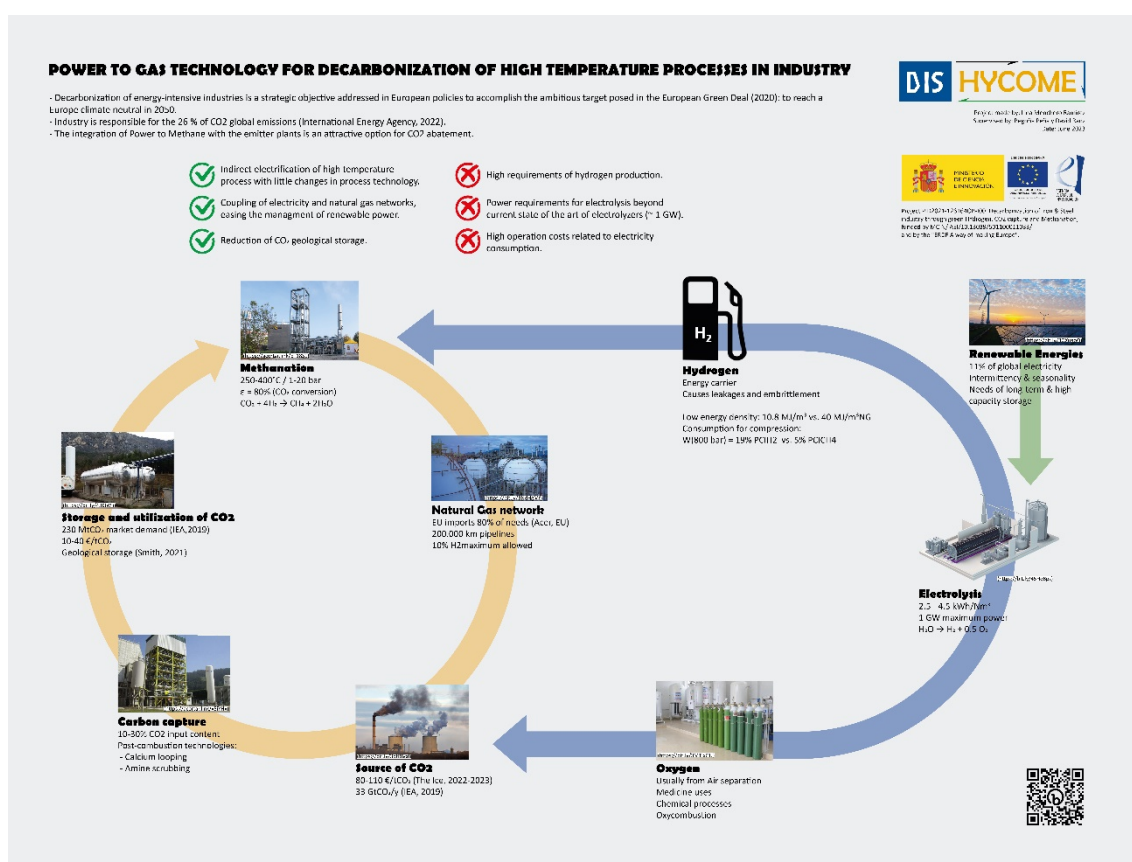


Figura 40. Diseño del panel explicativo

3.2.5 Infografía

Para los **estudiantes de secundaria y primaria**, se ha elaborado una infografía con la información más general.

Esta infografía se ha enfocado en darle importancia al **cambio climático**, ya que es un tema que conocen y aprenden en clase. Se les explica la solución propuesta en el proyecto DIS-HYCOME con iconos simples y fáciles de entender, sin profundizar en ellos ni cómo funcionan. Los **datos** que se muestran fueron obtenidos de **páginas web oficiales** [34]–[37].

La imagen de la portada representa tanto el lado positivo de la energía renovable, como el negativo con la contaminación de las industrias, este equilibrio dado la edad de las personas a las que va dirigida. Además, la frase de la contraportada, *Join the change!* (¡Únete al cambio!), invita a hacer una reflexión en el lector sobre cómo puede contribuir.

Aunque empezó siendo una hoja simple, se acabó haciendo un **díptico** (Figura 41 y Figura 42). (*Detalles y evolución en Anexo/Infografía*).

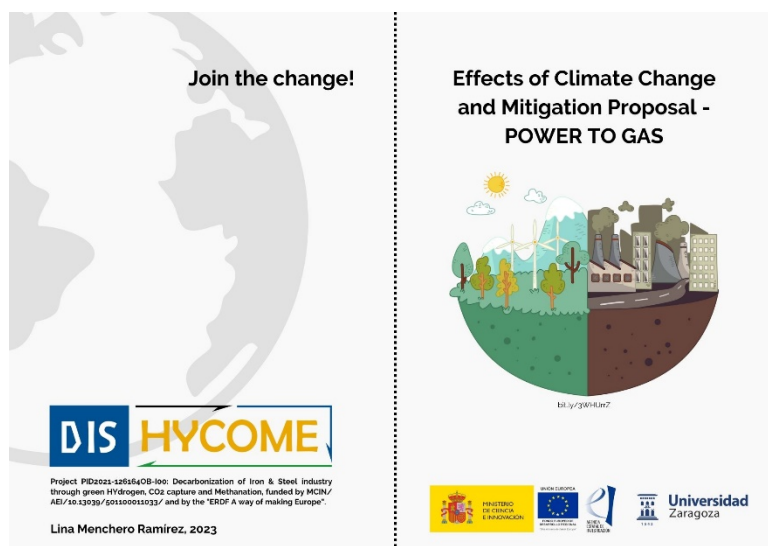


Figura 41. Contraportada y portada díptico

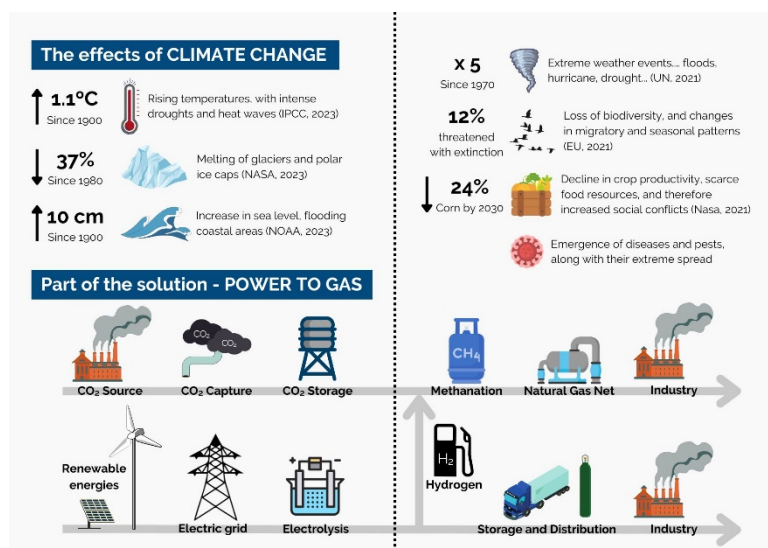


Figura 42. Información interior díptico

3.2.6 Electrónica

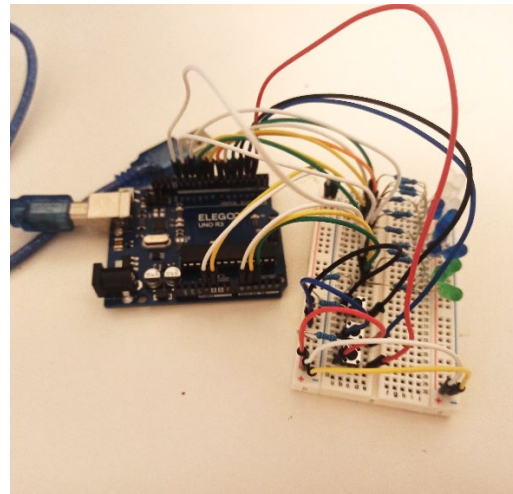
La electrónica se ha hecho mediante **Arduino**. Primeramente haciendo uso de los elementos que vienen en el propio pack para crear el código necesario para hacer funcionar los LEDs y botones como se quería (Figura 43).

El total de LEDs que se necesitaron eran 10, ya que aunque si se contasen los necesarios en cada circuito por separado serían 12, dos de ellos se repiten dos veces, por lo que se programó para evitar tener que usar dos de más.

Las dificultades encontradas fueron la mala conexión de algunos elementos, como los botones, o el no saber qué estaba fallando cuando había veces que funcionaba y otras que no (aunque posiblemente era por fallos de conexiones). Se generó un código, pero al fallar y no saber exactamente por qué, se decidió cambiar, aunque aparentemente el código estuviera correcto.



Kit Arduino de partida



Montaje según código inicial

Figura 43. Primer montaje en Arduino

El código utilizado puede verse en *Anexo/Electrónica*.

3.3 Fase de Construcción

En la fase de construcción de la maqueta se transforman los diseños en una realidad tangible. A través del ensamblaje de piezas impresas en 3D, el montaje de la base, la aplicación de vinilo, la colocación de los imanes, la programación del Arduino y la ubicación estratégica de los LEDs y cables, se logra un prototipo funcional que muestra fielmente las capacidades del proyecto.

3.3.1 Impresión y montaje de las piezas

Todas las piezas han sido impresas en el **Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación**. Al imprimirse las piezas, determinadas zonas de estas, que bien por su espesor, por la dirección de impresión o por si era una zona de apoyo, poseían irregularidades, por lo que se tuvieron que lijar para dejar un aspecto más pulcro y detallado. Las piezas que estaban divididas se pegaron con ayuda de un adhesivo instantáneo para asegurar la unión entre ellas.

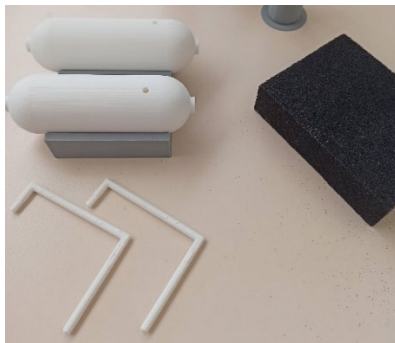
Se muestra este proceso de la figura “almacenamiento de CO₂” en la Figura 44.



Impresión efectuándose



Impresión finalizada a la espera de su retirada



Partes separadas previo al montaje

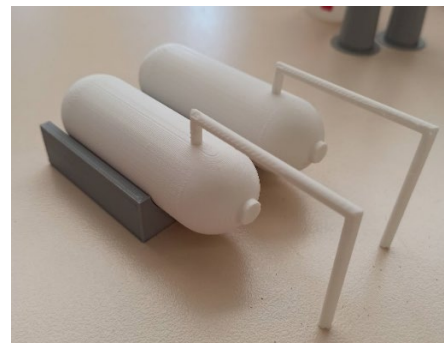


Figura montada completamente

Figura 44. Creación y montaje del almacenamiento de CO_2

Se tomaron también imágenes de las partes separadas y una vez montadas de otras piezas (Figura 45), así como del antes y después del lijado de las piezas y pegado de **imanes** (Figura 46).



Almacenamiento CH_4 piezas separadas



Almacenamiento CH_4 terminado



Botellas electrolizadores sin pintar



Electrolizadores terminados

Figura 45. Imágenes del montaje generales



Antes y después de las chimeneas



Pegado de imanes

Figura 46. Lijado y pegado de imanes

Hubo piezas que sufrieron **roturas**, pero que se pudieron subsanar perfectamente (Figura 47).



Parte trasera rota



Aerogenerador terminado

Figura 47. Pieza rota y subsanada

3.3.2 Montaje de la base

Tanto el tablero de madera como la chapa metálica se compraron a la medida exacta (500x800 mm), pero los listones se tuvieron que cortar de forma manual.

Lo primero que se hizo fue pegar el tablero contrachapado a la chapa metálica con ayuda del pegamento de contacto, para poder llevarlo a la tienda donde se imprimió y pegó el vinilo, ya que tardaban una semana. Con ayuda de los elementos ya impresos, se marcaron los puntos donde perforar la base para pasar los componentes electrónicos y se taladró. Se creó el cuadro con los listones y se pegó a la zona inferior para conseguir levantar la base y poder generar una zona donde dejar posicionada la placa del Arduino. (Figura 48).



Compra del material



Corte y pegado de los listones



Pegado de la chapa metálica, el tablero de madera y posicionamiento del vinilo



Taladrado de agujeros para botones y LEDs

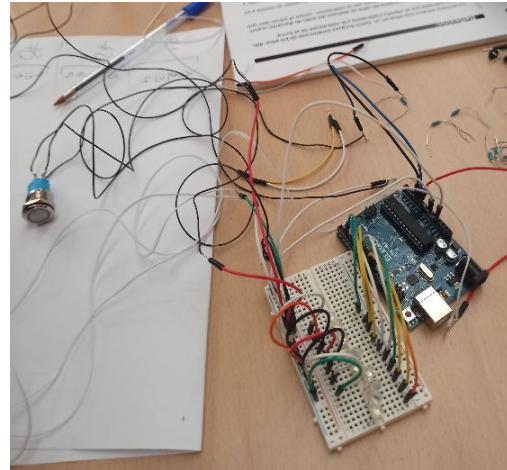
Figura 48. Preparación y creación de la base

3.3.3 Instalación de la electrónica

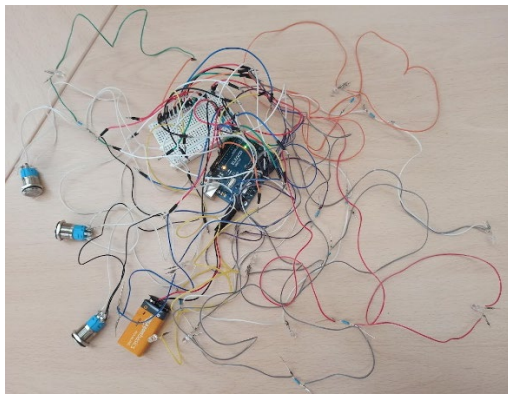
Como los diferentes elementos estaban a grandes distancias en la maqueta, se tuvieron que soldar cables a estos para permitir que se posicionaran en el lugar adecuado cada uno de ellos. Además, se compraron otros pulsadores más grandes para hacer más cómodo su uso, ya que los que venían en el pack inicial eran demasiado pequeños e incómodos. (Figura 49).



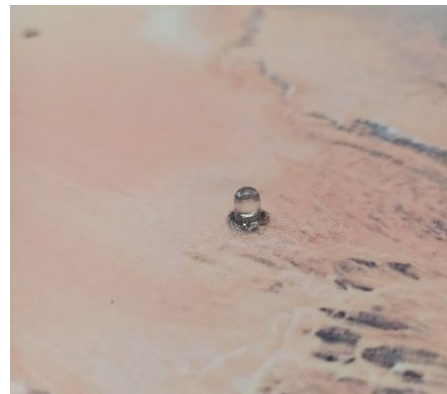
Soldadura de los elementos con estaño



Comprobación del funcionamiento de los pulsadores



Comprobación del funcionamiento completo



Taladrado y colocación de los componentes

Figura 49. Soldadura e instalación de la electrónica

3.4 Fase de validación

En esta fase se llevaron a cabo una serie de actividades para evaluar y confirmar que el proyecto cumple con los objetivos establecidos y los requisitos del cliente. Esta fase fue crucial para garantizar que la maqueta interactiva funcionara correctamente y cumpliera con las expectativas de los usuarios.

3.4.4 Validación técnica de la maqueta

Se realizaron **pruebas de funcionalidad** para verificar que todas las interacciones y funcionalidades de la maqueta estuvieran operativas y de forma correcta. Se comprobó que los botones funcionasen como se esperaba y no presentaran errores, así como el desmontaje de la maqueta.

Todas las pruebas que se realizaron arrojaron como resultado el correcto funcionamiento de la maqueta.

3.4.5 Pruebas de usuario

Se hicieron **pruebas de usabilidad** con usuarios reales, personas representativas del público objetivo, para evaluar la facilidad de uso de la maqueta. Los usuarios se enfrentaron a diferentes escenarios y se observó su interacción con la maqueta y el panel, para identificar posibles confusiones o dificultades en el uso. Además, se recopilaban comentarios y retroalimentación de estos consumidores para saber cómo se sentían al interactuar con la maqueta y el panel. Se buscaba conocer su percepción, facilidad de uso, atractivo visual y si cumplía con sus expectativas.

Los resultados de estas pruebas fueron muy buenos, ya que se pudo comprobar que los usuarios comprendían perfectamente qué debían hacer y cómo funcionaba.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

4.1 Maqueta general

En la Figura 50 se muestra el resultado final de la maqueta creada, en la que se puede apreciar de forma material todo el trabajo dedicado a este proyecto.

Se observa la base con sus diferentes capas y el vinilo, donde está también el logotipo del proyecto; la electrónica, que se encuentra en los pulsadores y en los LEDs incorporados en las placas de texto y las figuras impresas que muestran todas las instalaciones y plantas que se necesitan para llevar a cabo la descarbonización y recirculación del CO₂.



Figura 50. Maqueta final

En la Figura 51 y en la Figura 52 se pueden observar todas las caras que posee la infografía final, la cual se entregará a los estudiantes de primaria e instituto. Cuenta con una introducción sobre los efectos que tiene el cambio climático en el medioambiente y el planteamiento del proyecto DIS-HYCOME sobre cómo solucionar la problemática de la emisión de CO₂.

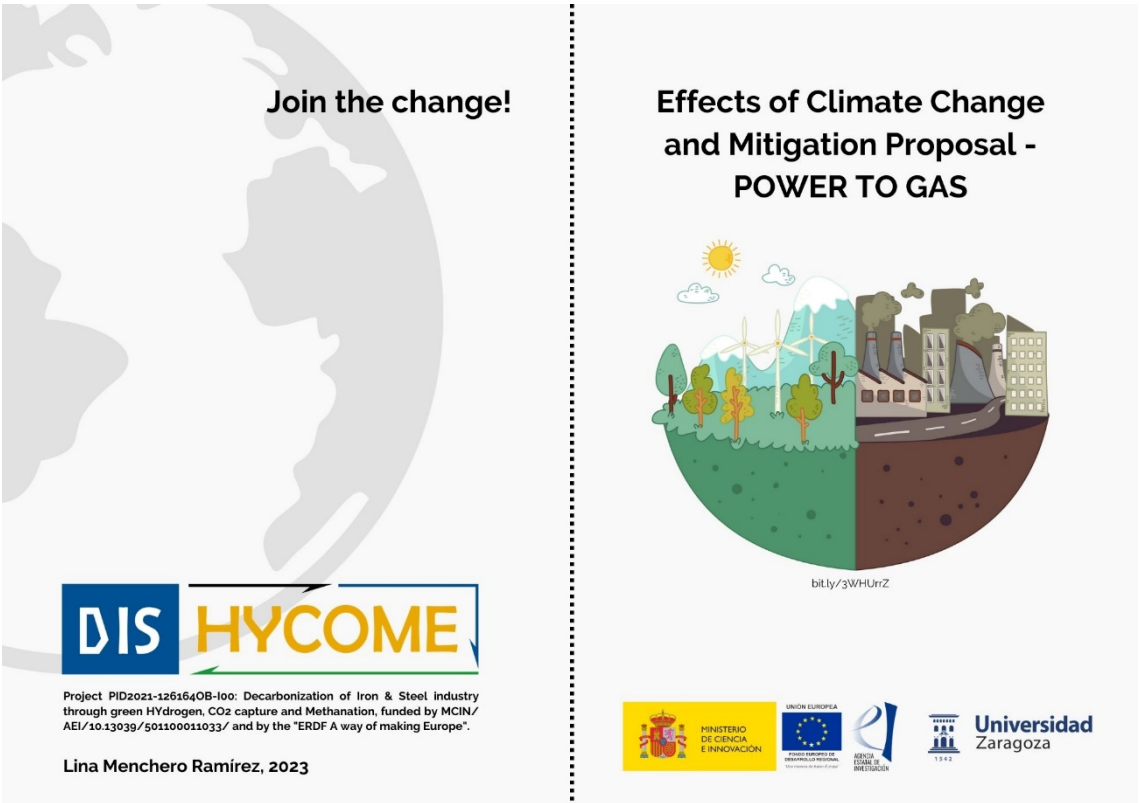


Figura 51. Anverso y reverso del díptico

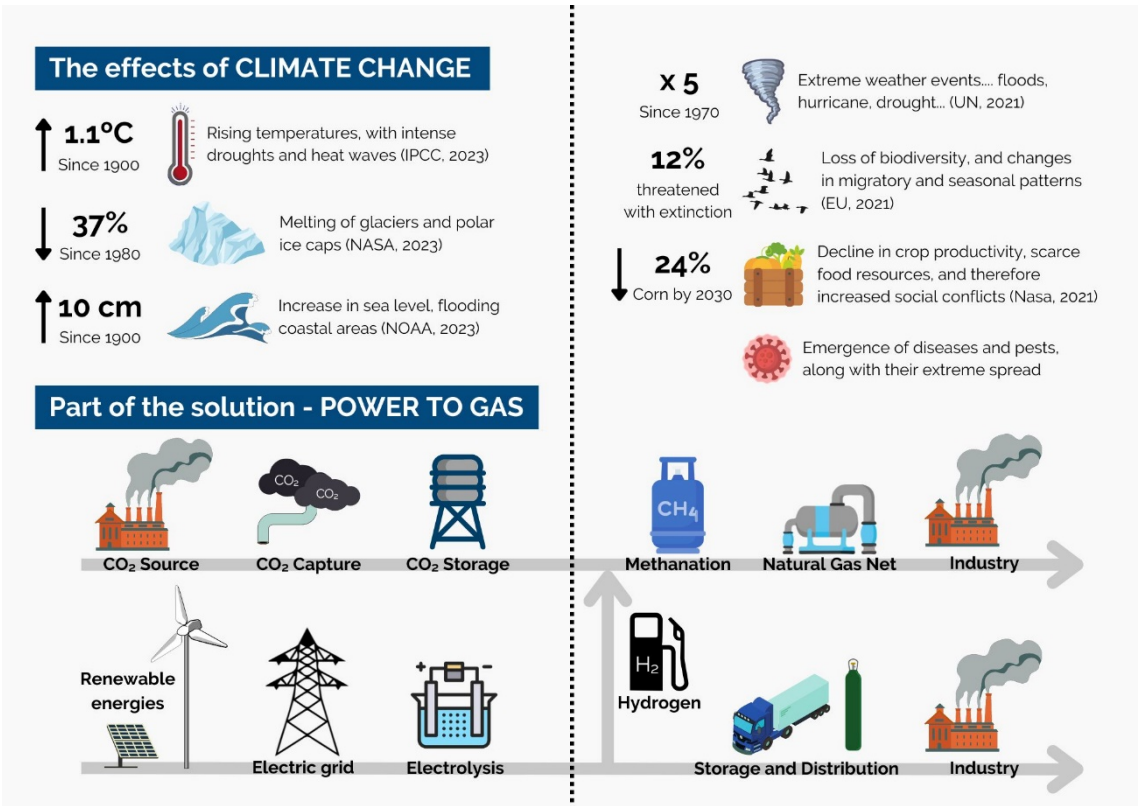


Figura 52. Parte interior con información del díptico

El panel explicativo de la Figura 53 es el que se usará para exponerlo junto a la maqueta tanto en la escuela como en congresos y charlas. Contiene la información más importante y característica de cada proceso, además de un QR que direcciona a la página web del cliente (Grupo de investigadores de la EINA).

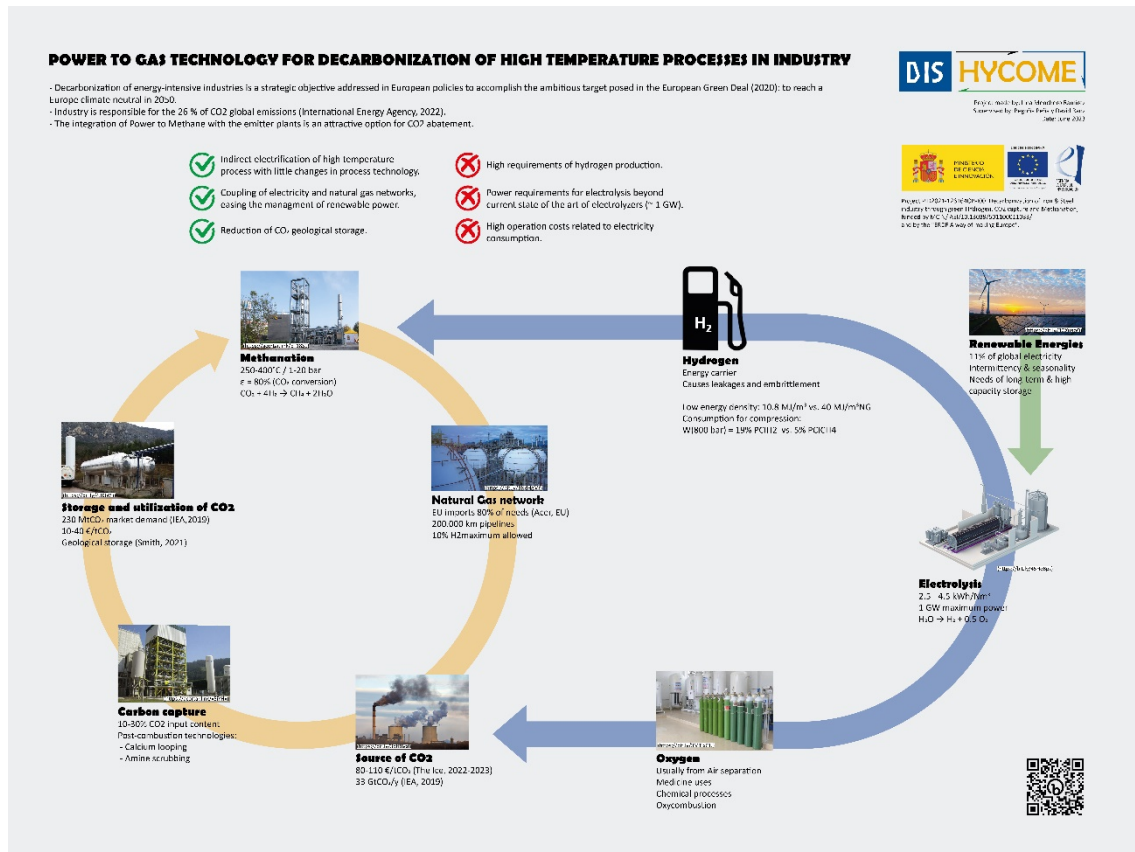


Figura 53. Panel explicativo

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones finales

El objetivo principal del presente trabajo ha consistido en la creación de una **maqueta interactiva que difunda el proceso de descarbonización de la industria** mediante la producción de metano sintético e hidrógeno verde, que permite la transformación del CO₂, junto con energía obtenida de fuentes renovables, en metano que se introducirá en las redes de gas natural y en oxígeno puro que también se usará para diferentes sectores, entre ellos el sanitario. Todo ello para la posible renovación de las instalaciones de los sectores más contaminantes, destacable la industria siderúrgica que posee hornos que emiten grandes cantidades de CO₂, haciendo un entorno más sostenible medioambientalmente.

Adicionalmente, se han creado otros elementos complementarios a la maqueta como el **logotipo, el panel o la infografía**, para dar un contenido más atractivo y visual de cara a difundir el proyecto a través de más medios y de forma más eficiente.

Durante el desarrollo del proyecto, se han **aplicado conocimientos** e información obtenidos de distintas disciplinas dentro del **ámbito de la Ingeniería**, como son: la construcción de modelos 3D; organización y estructuración de proyectos; creación de marcas gráficas y paneles atractivos y funcionales; investigación de usuarios; programación y montaje de la electrónica; entre otros, los cuales han dado una visión técnica muy global y completa al proyecto.

Además, debido a la amplitud y exigencia del trabajo, ha sido necesario lidiar con distintas **limitaciones** y desafíos asociados a la creación de detalles en las figuras, diseño del panel e infografía para que fueran autocontenidos y atractivos, elaboración de los circuitos electrónicos y la búsqueda de materiales y productos que se ajustasen al presupuesto, todo ello bajo un **marco de trabajo realista y riguroso**, al haber estado en contacto directo con el **cliente** para el que se ha realizado el proyecto.

En cuanto a las conclusiones técnicas obtenidas del trabajo, el proyecto muestra una visión de que realmente es posible la descarbonización y recirculación del CO₂ mediante este proceso de **captura de CO₂, metanización y electrólisis**.

En definitiva, el proyecto me ha permitido tener una visión mucho más especializada del sector de la innovación técnica para la mejora de las emisiones de grandes industrias, tratando un tema de tanta relevancia en la actualidad, el medioambiente, y poder aplicar los conocimientos que he ido adquiriendo a lo largo del Grado de Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto de forma práctica, en un entorno de trabajo real, exigente y dinámico, donde he podido desarrollar **habilidades profesionales**, retroalimentación constructiva y aplicación práctica a desafíos y problemas reales, lo que ha **enriquece la formación académica** y mejora la perspectiva laboral.

5.2 Aportación propia

Mis aportaciones al proyecto han sido las siguientes:

- En cuanto al **logotipo**: el boceto inicial, la selección de los colores corporativos, la realización de cambios y el diseño final.
- En lo referente a las **figuras**: diseño, desarrollo y modelado de todas las piezas 3D, así como su adaptación para imprimir, y posterior unión. Búsqueda de imágenes de referencia, aportaciones de cambios y adecuaciones para que se ajustara a la realidad, sin alejarse del requerimiento de impresión.
- En relación a la **base** y el **vinilo**: búsqueda de materiales, junto con la propuesta de diferentes formas de creación, y sus respectivos presupuestos. Compra, corte y montaje de todas las partes que la componían. Diseño y evolución del vinilo, desde el inicio hasta el vinilo implementado finalmente.
- Con respecto al **panel explicativo** y la **infografía**: diseño de los bocetos iniciales, propuesta de organización de los elementos e información de la que hablar. Búsqueda de las imágenes e iconos que más se adaptaban y uso de los colores corporativos (los utilizados en el logotipo también). Propuesta de difusión de las ideas a los diferentes públicos.
- En términos de la parte **electrónica**: elaboración del código, colocación de los elementos y búsqueda de los componentes necesarios para implementarlo en la maqueta de manera cómoda y visible.

5.3 Contenido de la titulación aplicado

Para la realización de este TFG ha sido necesario aplicar los conocimientos adquiridos durante toda la titulación relativa a áreas de conocimiento distintas.

Para la creación del logotipo, el panel, el vinilo y la infografía, se ha hecho uso de lo aprendido en **Diseño gráfico aplicado a producto**, **Expresión artística I** y en **Imagen corporativa**.

Para el diseño y desarrollo de todas las figuras 3D las asignaturas características fueron **Diseño asistido por ordenador I y II**.

En la programación del Arduino y montaje de la electrónica se implementó lo aprendido en **Tecnología eléctrica y electrónica**.

La planificación y adaptación de plazos y presupuestos, se aplicó lo aprendido en **Gestión de proyectos de diseño** y en **Oficina técnica**.

Todas las asignaturas de **Taller** (desde **I hasta VI**), han conseguido que sepa unir todas las partes en un único proyecto, sabiendo por dónde empezar, qué tipo de fuentes consultar y como cuadrar todo para que tenga unidad. Además, en Taller VI se enseñaron nociones básicas de impresión.

Por último, también he aplicado lo estudiado en **Ergonomía** e **Interacción usuario producto** para procurar hacer cómoda la visualización e interacción con la maqueta por parte de los usuarios y para comprobar que esa interacción es intuitiva.

5.4 Relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Figura 54) son una serie de metas globales establecidas por las Naciones Unidas para abordar los desafíos sociales, económicos y ambientales más urgentes que enfrenta el mundo. Son un total de 17 objetivos interconectados entre ellos y se pretenden alcanzar para 2030 (son parte de la Agenda 2030).



Figura 54. Marca gráfica ODS [38]

Los ODS relacionados con este proyecto son:

- El **4**: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover las oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
- El **7**: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.
- El **9**: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.
- El **11**: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.
- El **12**: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- El **13**: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

5.5 Trabajo a futuro

Como la maqueta ha sido diseñada para poder hacer cambios en cuanto a las figuras, estos cambios se realizarán en el futuro cuando sean requeridos.

La compra y puesta del **panel protector** también se hará en el futuro, así como la creación del **envase** donde se transportarán las diferentes piezas de la maqueta. No se han realizado por falta de presupuesto para ello.

Otros aspectos que mejorarían la inclusión, pero no se han podido llevar a cabo por falta de recursos son los siguientes: panel y vinilo con **braille**; voz en off con las explicaciones; iluminación del entorno controlada y una mesa regulable en altura para ajustarla a la medida del usuario en cada momento.

BIBLIOGRAFÍA (último acceso de las webs 05/06/2023)

- [1] Logotipo entidades financieras: https://www.imb-cnm.csic.es/sites/default/files/content/image/2022/09/08/28/logo_micin-uefeder-aei.jpg (accessed May 16, 2023).
- [2] "SOLIDWORKS." <https://www.solidworks.com/es> (accessed Apr. 30, 2023).
- [3] "UltiMaker Cura: software de impresión 3D potente y fácil de usar." <https://ultimaker.com/es/software/ultimaker-cura> (accessed May 01, 2023).
- [4] "Software | Arduino." <https://www.arduino.cc/en/software> (accessed May 03, 2023).
- [5] "Formularios de Google." <https://docs.google.com/forms/u/0/> (accessed May 10, 2023).
- [6] "Adobe Illustrator | Software de ilustración digital y vectores gráficos." <https://www.adobe.com/es/products/illustrator.html> (accessed May 10, 2023).
- [7] "Software de maquetación y diseño | Adobe InDesign." <https://www.adobe.com/es/products/indesign/landpb.html> (accessed May 10, 2023).
- [8] "GanttProject - Free Project Management Application." <https://www.ganttproject.biz/> (accessed Jun. 03, 2023).
- [9] L. Menchero Ramírez, "Presentación información - Formularios de Google." https://docs.google.com/forms/d/10RjH0z1_p-wzzdww8I5-jMujnJ-sTw5bmsw7Z40Rluo/edit (accessed May 01, 2023).
- [10] "Hybridkraftwerk_Zuchwil_Schweiz_c_RegioEnergie-241x300.jpg (241x300)." https://renewable-carbon.eu/news/media/2020/01/Hybridkraftwerk_Zuchwil_Schweiz_c_RegioEnergie-241x300.jpg (accessed May 16, 2023).
- [11] A. Sánchez-Biezma *et al.*, "CaOling Project-Scope and Overview CaOling Project-First experiences on the 1,7MWt calcium looping pilot in La Pereda 2 9 | 0 6 | 1 2 endesa Subdirección de Ingeniería e I+D Subdirección de ingeniería e I+D".
- [12] "Un sistema de economía circular convierte emisiones de CO2 engas para uso alimentario." <https://www.europapress.es/epagro/noticia-sistema-economia-circular-convierte-emisiones-co2-engas-uso-alimentario-20210510134237.html> (accessed May 16, 2023).
- [13] "Uso del Acero Galvanizado en Petroquímica | Petroquímex." <https://petroquimex.com/uso-del-acero-galvanizado-en-petroquimica/> (accessed Jun. 01, 2023).
- [14] "Electrolizador para producción de hidrógeno - McLyzer 100-30 - McPhy Energy Deutschland GmbH." <https://www.directindustry.es/prod/mcphy-energy-deutschland-gmbh/product-245683-2526751.html> (accessed Jun. 01, 2023).
- [15] "La industria de los combustibles fósiles" <https://act.wemove.eu/campaigns/cortar-lazos-con-lobbys> (accessed Jun. 01, 2023).

- [16] “El salto de Chile a las energías renovables.” <https://www.elmostrador.cl/agenda-pais/2022/08/04/el-salto-de-chile-a-las-energias-renovables/> (accessed Jun. 01, 2023).
- [17] “Perú cubre la demanda de oxígeno, pero aún hay plantas que no funcionan - Salud con lupa.” <https://saludconlupa.com/noticias/peru-cubre-la-demanda-de-oxigeno-pero-aun-hay-plantas-que-no-funcionan/> (accessed Jun. 01, 2023).
- [18] “Guía de materiales de impresión 3D: Tipos, aplicaciones y propiedades” <https://formlabs.com/es/blog/materiales-impresion-3d/> (accessed May 18, 2023).
- [19] “Guía definitiva sobre tipos de filamentos 3D - impresoras3d.com.” <https://www.impresoras3d.com/la-guia-definitiva-sobre-los-distintos-filamentos-para-impresoras-3d/> (accessed May 18, 2023).
- [20] “PLA vs PETG: ¿Qué material de impresión 3D elegir? - 3Dnatives.” <https://www.3dnatives.com/es/pla-vs-petg-material-elegir-110520212/#!> (accessed May 18, 2023).
- [21] “PLA vs ABS vs PETG: para que uso Yo cada uno **【COMPARATIVA】** .” <https://of3lia.com/pla-vs-abs-vs-petg-comparativa/> (accessed May 18, 2023).
- [22] “PLA+ - LEON3D.” <https://www.leon-3d.es/product/pla-plus/> (accessed May 16, 2023).
- [23] Imagen impresora 3D <https://www.impresoras3d.com/producto/impresora-3d-creality-ender-3/> (accessed May 18, 2023).
- [24] Imagen tablero contrachapado: <https://www.leroymerlin.es/productos/madera/tablas-y-tableros/tableros-de-contrachapado/tablero-de-contrachapado-crudo-60x120x0-5-cm-anchoxaltoxgrosor-11034254.html> (accessed May 16, 2023).
- [25] Imagen listones madera: <https://www.leroymerlin.es/productos/madera/molduras-listones-y-rodapiés/listones/liston-de-abeto-cepillado-18x56mm-x-2-4m-anch-x-espesor-x-largo-14123235.html> (accessed May 16, 2023).
- [26] Imagen chapa metálica: <https://www.schmiedekult.de/Chapa-metalica-a-medida-05-Chapa-de-acero-Chapa-de-hierro-Chapa-metalica-a-medida> (accessed Jun. 05, 2023).
- [27] Imagen cartón pluma: <https://www.amazon.es/Cathedral-Cart%C3%B3n-unidades-tama%C3%B1o-blanco/dp/B00BYT1KN2?th=1> (accessed May 16, 2023).
- [28] “Metacrilato o policarbonato: ¿Cuál es la mejor opción? – Blog de Hispaprint.com.” <https://hispaprint.com/blog/materiales/metacrilato-o-policarbonato-cual-es-la-mejor-opcion/> (accessed Jun. 04, 2023).
- [29] “Qué es el PVC - Propiedades y para que sirve - REHAU.” <https://www.rehau.com/es-es/que-es-el-pvc> (accessed Jun. 04, 2023).
- [30] Imagen policarbonato: <https://www.muchoplastico.com/es/policarbonato-compacto/plancha-de-policarbonato-compacto-transparente> (accessed May 16, 2023).
- [31] “Atmospheric Alkaline Electrolyser | Nel Hydrogen.” <https://nelhydrogen.com/product/atmospheric-alkaline-electrolyser-a-series/> (accessed May 16, 2023).

- [32] “Introducción y código ASME VIII (Autodirigido).”
<https://arvengtraining.com/cursos/introduccion-y-codigo-asme-viii-autodirigido/>
(accessed May 17, 2023).
- [33] Imagen imanes: https://www.amazon.es/extrafuerte-cil%C3%ADndricos-manualidades-magn%C3%A9tico-BTLIN/dp/B07RT9MY52/ref=sr_1_18_sspa?keywords=imanes%2Bneodimio&qid=1682001503&srefix=iamnes%2Bn%2Caps%2C511&sr=8-18-spons&sp_csd=d2lkZ2V0TmFtZT1zcF9tdGY&th=1 (accessed Jun. 02, 2023).
- [34] “Climate Change: Global Temperature | NOAA Climate.gov.”
<https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature> (accessed May 26, 2023).
- [35] “World of Change: Global Temperatures.” <https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/global-temperatures> (accessed May 26, 2023).
- [36] “Climate Change: Mountain glaciers | NOAA Climate.gov.”
<https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-mountain-glaciers> (accessed May 26, 2023).
- [37] “Laboratory for Satellite Altimetry / Sea Level Rise.”
<https://www.star.nesdis.noaa.gov/socd/lisa/SeaLevelRise/> (accessed May 26, 2023).
- [38] “SDG_website_banner_S_100px.png (841×100).”
https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/sites/3/2020/05/SDG_website_banner_S_100px.png (accessed May 16, 2023).