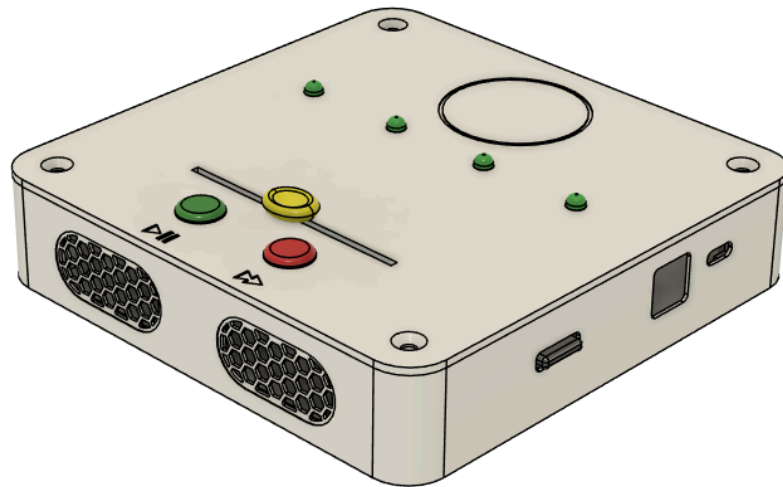


Cuentacuentos creativo, una experiencia compartida

PR | Proyecto 3
Manuel Bayonas Martínez
UOC | Mayo 2026



"After nourishment, shelter and companionship,
stories are the thing we need most in the world"
Phillip Pullman

Índice

| | |
|---|-----------|
| Índice | 3 |
| 1. Objetivo del proyecto | 5 |
| 2. Motivación del proyecto | 5 |
| 3. Investigación del problema a resolver | 6 |
| 3.1. Exposición temprana a pantallas y desarrollo infantil | 6 |
| 3.2. Mecanismos sociales de prevención | 7 |
| 3.3. Evidencia sobre los beneficios de la lectura compartida | 9 |
| Beneficios cognitivos y emocionales | 9 |
| Calidad de la interacción | 9 |
| Contexto socioeconómico y dimensión social | 10 |
| Memoria y refuerzo mnésico | 10 |
| Propuesta de público objetivo | 11 |
| 4. Formato del objeto digital a desarrollar | 12 |
| 5. Recursos, capacidad y viabilidad del proyecto | 13 |
| 6. Benchmarking | 14 |
| Toniebox | 14 |
| Yoto Player | 15 |
| FABA Raccontastorie | 16 |
| Grabadora y cassettes | 17 |
| Diferenciación del proyecto | 18 |
| 7. Síntesis de la propuesta | 19 |
| 8. Mapa conceptual | 19 |
| 9. Planificación | 20 |
| Mandato y acta de constitución | 20 |
| Definición de los work packages y planificación semanal del trabajo | 22 |
| 10. Wireframe | 22 |
| Diseño | 24 |
| Componentes | 25 |
| Diagrama de arquitectura | 25 |
| 11. Desarrollo final del prototipo | 26 |
| 11.1. Arquitectura del sistema | 26 |
| 11.2 Funcionamiento general del dispositivo | 27 |
| 11.3 Desarrollo del firmware | 29 |
| Modo de lectura de nuevos UUIDs | 31 |
| 11.4 Sistema de reproducción de audio | 34 |
| 11.5 Alimentación del sistema | 35 |
| 11.6 Diseño físico e integración | 35 |
| Diseño de la carcasa | 36 |

| | |
|---|-----------|
| 11.7 Testeo y depuración | 37 |
| 11.8 Funcionalidades implementadas y pendientes | 37 |
| 11.9 Conclusiones | 38 |
| 12. Recursos y enlaces del proyecto | 39 |
| Librerías utilizadas | 39 |
| Documentación de componentes | 39 |
| 13. Bibliografía | 41 |

1. Objetivo del proyecto

El presente proyecto propone el desarrollo de un **cuentacuentos infantil basado en Arduino y Comunicación de campo cercano** (NFC, por sus siglas en inglés). Pretende ser una alternativa tangible al consumo de contenidos narrativos a través de pantallas. El sistema permitirá que madres, padres o personas cuidadoras:

- Graben el cuento favorito del menor con su propia voz.
- Inventen historias personalizadas.
- Descarguen contenido creado por otras familias.
- Asignen cada historia a una etiqueta NFC concreta.

El niño o la niña interactuará manipulando objetos físicos (tarjetas, figuras o elementos asociados a un libro), mientras que la persona adulta conservará el control y la capacidad creativa sobre el contenido. Un aspecto crucial es que el sistema no dependerá de plataformas cerradas ni de catálogos propietarios.

2. Motivación del proyecto

El consumo de contenidos narrativos, los cuentos e historias, pertenece cada vez a más al ámbito de lo digital. En concreto, a los **dispositivos móviles unipersonales ('las pantallas', como nos referimos en términos coloquiales)**. La exposición temprana a estos dispositivos está haciendo saltar alarmas sociales y supone un punto de conflicto en los hogares, así como una lacra para el desarrollo de niños y niñas.

Por otra parte, aunque existen dispositivos infantiles sin pantalla, la mayoría funcionan bajo ecosistemas cerrados en los que son las comercializadoras de estos productos las que controlan los contenidos. Estos dispositivos, por lo tanto, acaban generando una dependencia del poder adquisitivo de las familias y generando más cultura del consumo. Al mismo tiempo, permiten una creatividad muy limitada, ya que ofrecen un producto cerrado.

Este proyecto introduce un modelo más abierto:

- Tecnología tangible.
- Creación de contenido doméstica y personalizada.
- Repositorio colaborativo controlado.

3. Investigación del problema a resolver

3.1. Exposición temprana a pantallas y desarrollo infantil

En España, la edad media a la que se adquiere un teléfono móvil son los 10 años. El estudio EMOChild Informe 2¹ afirma que **la plataforma más utilizada por niños y niñas de 9 a 11 años en nuestro país es YouTube (73,7%)**. A partir de los 13 años, el 86% usa las redes sociales a diario. El 4,6% de menores (de una muestra de 1.937) presenta indicios de adicción a las redes sociales.

Aunque en la mayoría de estudios consultados el tiempo frente a pantallas, incluye tanto redes sociales como televisión y streaming, algunos destacan que **las plataformas impulsadas por algoritmos (TikTok, Instagram, YouTube) producen resultados más severos** que el tiempo general frente a dispositivos audiovisuales o a Internet en general (Debasmita et al. 2025).

La optimización de los algoritmos de recomendación de estas plataformas genera bucles que maximizan el tiempo dentro de la aplicación, y construyen cámaras de eco de contenido que limitan la flexibilidad cognitiva (Gamboa et al., 2025). **Se consume sin procesar, lo cual alimenta el sistema de recompensas del cerebro con poco esfuerzo**, lo que a su vez lleva al usuario a querer mantener esa actividad.

El consumo pasivo y descontrolado de contenidos optimizados por algoritmos **produce psicopatologías graves y potencialmente irreversibles** que requieren una intervención clínica más allá de la simple modificación del comportamiento (Perrotta, 2021). La ansiedad y la depresión son rampantes en estos niños y adolescentes sobreexpuestos.

La literatura científica muestra que la relación problemática con la tecnología se manifiesta de manera diferente según la etapa evolutiva, y que **la gravedad de sus efectos depende del tiempo de exposición, el momento del desarrollo y el tipo de contenido consumido** (Dambros & Peron, 2024; Perrotta, 2021).

En bebés y niños y niñas de 0 a 8 años, la exposición temprana a pantallas —que en muchos casos comienza alrededor de los 2 años— se asocia con **retrasos en el desarrollo del lenguaje y en funciones cognitivas básicas** (Cerisola, 2017; Santos et al., 2024). Estos efectos parecen en gran medida reversibles cuando se reduce la exposición y se favorecen interacciones presenciales enriquecidas (Lissak, 2018).

¹ Para la localización de literatura académica de referencia se utilizó la herramienta de inteligencia artificial Elicit. A partir de tres preguntas de investigación (sobre los hábitos y patologías asociadas al uso de dispositivos e Internet, sobre los beneficios de la lectura compartida y sobre la dimensión emocional de la formación de la memoria en la infancia) analicé los informes generados y los artículos en acceso abierto señalados como más relevantes. El informe EmoChild lo consulté directamente porque se ha generado en mi entorno de trabajo y lo conocía previamente.

Es importante señalar que algunos estudios distinguen entre **efectos de desplazamiento**, donde el tiempo frente a pantallas reduce actividades protectoras como la lectura, el juego físico o la interacción cara a cara (Santos et al., 2024; Lissak, 2018); y **efectos neurobiológicos directos**, descritos en exposiciones extremas y sostenidas, especialmente en contextos de bajo control parental (Perrotta, 2021; Debasmita et al. 2025).

El debate sobre **el principal mecanismo de daño** -si surge de actividades beneficiosas que no se hacen o de efectos neurotóxicos directos del uso de pantallas- sugiere que ambos operan simultáneamente, pero que predominará uno u otro en diferentes niveles de exposición. En exposiciones moderadas (2–4 horas diarias), predominan los efectos de desplazamiento; en exposiciones elevadas (7–9 horas diarias), se describen alteraciones neurobiológicas más directas, incluyendo cambios estructurales en regiones como la corteza prefrontal y la amígdala (Lissak, 2018; Santos et al., 2024; Debasmita et al. 2025).

Lo que sí sabemos con certeza es que el uso problemático de las pantallas **afecta desproporcionadamente a los menores de entornos socioeconómicamente desfavorecidos**. Un informe de la Comisión Europea muestra que los estudiantes de familias con menor nivel socioeconómico tienen peor bienestar general, peores resultados académicos y emplean más tiempo de pantalla en entretenimiento no educativo en comparación con sus pares de mayor nivel socioeconómico, lo que incrementa sus vulnerabilidades de desarrollo cognitivo y socioemocional (Nett, 2025).

Estudios transversales y de cohorte también apoyan esta relación: los niños de hogares con menor capital cultural y educativo **tienen mayor probabilidad de pasar períodos prolongados frente a pantallas, especialmente en ausencia de mediación parental o actividades alternativas**, lo cual ha sido asociado a riesgos elevados de retrasos en habilidades comunicativas, problemas conductuales y menor desarrollo socioemocional en la primera infancia (Cartanyà, 2021).

3.2. Mecanismos sociales de prevención

Frente a los riesgos asociados a la exposición temprana y desregulada a dispositivos digitales, distintos organismos y estudios señalan que **los factores familiares y educativos actúan como mecanismos moderadores clave**. El Observatorio Español de la Salud Mental Infanto-Juvenil recomienda, para el entorno familiar y escolar:

- Conocer los hábitos digitales de los menores (tiempo de uso, plataformas utilizadas y personas con quienes interactúan).
- Enseñar a gestionar la información: verificar fuentes, comprender la privacidad y conocer los riesgos asociados a la divulgación de datos personales.
- Fomentar la comunicación abierta para generar un clima de confianza, respetando al mismo tiempo la intimidad progresiva del menor.
- Dar ejemplo en el uso de pantallas, evitando normas que los propios adultos no cumplen.
- Promover actividades de ocio alternativas fuera del entorno digital.

- Regular el uso de dispositivos en momentos específicos del día, combinándolo con otras actividades y garantizando el descanso.
- Negociar límites y normas de uso con los adolescentes, incluyendo horarios, duración y tipo de contenido.

La literatura científica confirma que **la alfabetización mediática y las relaciones familiares positivas** funcionan como factores protectores en exposiciones moderadas (hasta aproximadamente 4 horas diarias). En estos niveles, los efectos negativos parecen estar mediados principalmente por desplazamiento de actividades protectoras, por lo que la intervención educativa y familiar resulta eficaz (Santos et al., 2024; Cataldo et al., 2021).

La dinámica familiar y **la participación activa de madres y padres** actúan como variables moderadoras de los efectos indeseados de la conexión a Internet. La falta de supervisión y la ausencia de normas coherentes amplifican los resultados negativos, mientras que la vigilancia activa, el acompañamiento y la educación crítica reducen el riesgo de uso problemático (Perrotta, 2021; Dambros & Peron, 2024).

Además, diversos estudios subrayan que **los propios hábitos tecnológicos de los adultos** influyen significativamente en el comportamiento digital de los menores. La modelización parental —esto es, el ejemplo cotidiano— constituye un mecanismo social de aprendizaje tan relevante como las normas explícitas.

No obstante, conviene señalar que **estos factores protectores muestran un efecto umbral**: en exposiciones extremas y sostenidas (7 o más horas diarias), especialmente en ausencia de supervisión, la literatura describe alteraciones más profundas que pueden requerir intervenciones clínicas específicas (Perrotta, 2021; Debasmita et al. 2025). **Esto refuerza la necesidad de actuar de forma preventiva en etapas tempranas.**

En este contexto, resulta pertinente concretar qué prácticas cotidianas pueden materializar esos principios de forma sostenida. Aunque sea sin darnos cuenta, **el momento de sentarnos a compartir una historia leída es también una práctica de alfabetización mediática**. No se trata únicamente de ‘pasar tiempo juntos’. Sin darnos cuenta, en el momento de sentarnos a leer con nuestros hijos hacemos -individual o conjuntamente- una **selección crítica de contenidos** —escoger un libro implica analizar su extensión, complejidad narrativa, riqueza visual o estructura de voces— y que promueve una **comunicación expresiva rica en matices**.

Seguidamente, la lectura en voz alta trabaja la **prosodia** (entonación, ritmo, pausas), un elemento central para la comprensión y la transmisión emocional del lenguaje. A través de mecanismos de aprendizaje por imitación y resonancia social, esta práctica **mejora la capacidad de comunicarnos y de interpretar adecuadamente lo que otros expresan**. Por ello, frente a intervenciones genéricas sobre el uso de pantallas, este proyecto propone específicamente la lectura compartida como práctica preventiva con efectos cognitivos y socioemocionales medibles.

3.3. Evidencia sobre los beneficios de la lectura compartida

Diversos estudios subrayan que la supervisión parental, la alfabetización mediática y las relaciones familiares positivas actúan como factores protectores ante exposiciones moderadas (Perrotta, 2021; Cataldo et al., 2021). Frente a los riesgos asociados al uso intensivo de pantallas, la evidencia sobre experiencias offline compartidas —y en particular **la lectura compartida— muestra efectos protectores consistentes y medibles.**

Beneficios cognitivos y emocionales

Las intervenciones de lectura compartida producen efectos pequeños a moderados en el **desarrollo del lenguaje** (Dowdall et al., 2019). Además, la lectura frecuente —al menos seis veces por semana— se asocia con incrementos significativos en el **vocabulario expresivo** (Westerlund & Lagerberg, 2008).

En la primera infancia y hasta la edad escolar, la lectura diaria con los padres y cuidadores produce pequeños y moderados beneficios en el **desarrollo expresivo** del lenguaje, en el lenguaje receptivo y en la adquisición de vocabulario. En niños y niñas de 8 y 9 años, mejora las **habilidades académicas**.

En todos los grupos de edad, se observan **beneficios socioemocionales** significativos: reducción de problemas de comportamiento, mejora de la empatía y refuerzo del aprendizaje en contextos bilingües (Shahaeian et al., 2018).

La otra cara de la moneda es que los niños y niñas que rara vez participan en lectura compartida (0–1 vez por semana) presentan un 62% más de riesgo de problemas socioemocionales en comparación con quienes leen 5–7 días por semana (Martin et al., 2021).

Las intervenciones estructuradas que promueven lectura compartida y juego **reducen las conductas externalizantes** (Weisleder et al., 2019). A diferencia de las conductas internalizantes —como tristeza o ansiedad—, las conductas externalizantes incluyen agresividad, impulsividad, desobediencia o dificultad para controlar el comportamiento; son observables y generan conflicto interpersonal.

Calidad de la interacción

La magnitud de los efectos positivos depende tanto de la frecuencia como de la calidad de la interacción. **La lectura dialogada** —interactiva, con preguntas, comentarios y conexión con la experiencia del niño— se asocia con mayor activación en áreas cerebrales implicadas en el lenguaje complejo, la función ejecutiva y el procesamiento socioemocional (Hutton et al., 2017).

El mismo estudio encontró que la distracción materna por *smartphones* se correlacionaba negativamente con la calidad de la lectura. Es decir, **los beneficios de la lectura compartida pueden verse reducidos cuando el adulto divide su atención con el móvil**. Este dato resulta especialmente relevante en el contexto de una cultura de atención fragmentada.

Contexto socioeconómico y dimensión social

La dimensión social amplifica los beneficios de la lectura compartida: **las intervenciones grupales pueden ser más eficaces** que las individuales en la mejora del lenguaje (Dowdall et al., 2019), lo que sugiere que la co-construcción narrativa y el intercambio social potencian el impacto cognitivo.

Y, al mismo tiempo que hemos visto previamente que el uso problemático de pantallas es más perjudicial para los menores con menos recursos, la lectura compartida **muestra un efecto particularmente significativo en contextos socioeconómicos desfavorecidos**, donde puede cumplir una función compensatoria frente a una menor disponibilidad de otros estímulos culturales (Shahaeian et al., 2018).



Manolo y Matilda leen uno de sus cuentos favoritos antes de dormir.

Memoria y refuerzo mnésico

La literatura en psicología cognitiva y neurociencia permite fundamentar teóricamente la hipótesis de que la grabación de cuentos con una voz familiar puede favorecer la memoria.

La **repeticón frecuente** fortalece la consolidación del aprendizaje verbal (Karpicke & Roediger, 2008). La **activación emocional**, por su parte, modula la consolidación de la memoria a través de la interacción entre amígdala e hipocampo (McGaugh, 2004). Además, la **memoria episódica** se caracteriza por la codificación de eventos en un contexto espacial, temporal y

afectivo concreto (Tulving, 2002), lo que implica que el recuerdo del momento en que se grabó la historia puede integrarse como parte de la experiencia narrativa.

Los modelos de cognición encarnada señalan que la interacción sensoriomotora contribuye a una codificación más profunda y distribuida de la información (Barsalou, 2008; Glenberg, 2010), por lo que **la manipulación de un objeto físico asociado** al cuento podría reforzar la huella mnésica. Asimismo, la **voz materna** activa circuitos neuronales relacionados con el procesamiento social y la recompensa en el cerebro infantil (Abrams et al., 2016), lo que sugiere que la escucha de una voz familiar añade un componente afectivo diferencial frente a un audio neutro.

En conjunto, si el niño o niña recuerda el contexto emocional y físico en que se generó la grabación (voz familiar + interacción + objeto tangible), se incorpora un componente de memoria episódica que **puede reforzar la consolidación frente a una exposición pasiva frente a una pantalla**. Quisiera señalar que esta es una inferencia teórica fundamentada en modelos consolidados de memoria, y no un resultado empírico directo de los estudios sobre lectura compartida².

Podrían añadirse muchos más argumentos en favor de las experiencias compartidas presenciales, especialmente en lo relativo a la interacción cara a cara, el juego simbólico y el desarrollo de la creatividad. La literatura sobre estos ámbitos es extensa y documenta beneficios en regulación emocional, construcción de significado, pensamiento abstracto y flexibilidad cognitiva. Sin embargo, el volumen de investigación disponible es tan amplio que excede el alcance de este trabajo, por lo que he optado por centrar el análisis en la evidencia específicamente relacionada con lectura compartida y sus efectos cognitivos y socioemocionales más directamente vinculados al proyecto.

Propuesta de público objetivo

Por los motivos expuestos, el presente proyecto propone una solución interactiva que se apoye principalmente en **la literatura como elemento de desplazamiento de los dispositivos conectados que dañan el desarrollo cognitivo, social y emocional de los menores**. La propuesta hará particular énfasis en **la lectura compartida y la interacción compleja** para favorecer que niños y adultos mantengan la atención en la experiencia. Asimismo, debe ser un dispositivo asequible en todos los sentidos, particularmente, para aquellas familias con menos recursos económicos.

² No pude encontrar literatura académica específica sobre cuentos grabados y su relación con la formación de la memoria en la infancia, por lo que el enfoque es más general.

4. Formato del objeto digital a desarrollar

El objeto se concibe como una interfaz tangible **multimodal**, que combina interacción **táctil** y salida **auditiva** como canales principales, complementada por retroalimentación visual mediante iluminación ambiental. La activación de las historias se produce mediante manipulación directa de objetos físicos (tarjetas NFC), lo que sitúa el dispositivo dentro del paradigma de las **Tangible User Interfaces (TUI)**.

El estilo de interacción se basa en la **manipulación directa y la activación deliberada**: el usuario aproxima una tarjeta al lector NFC para reproducir una historia concreta, pudiendo pausar, ajustar volumen o modificar la iluminación mediante controles físicos. No existe navegación por menús ni recomendación algorítmica; cada acción es intencional y explícita.

Desde el punto de vista técnico, los principales **sensores de entrada** son el lector NFC y los controles físicos (botones o potenciómetros). El **procesamiento** se realiza mediante un microcontrolador Arduino, que gestiona el módulo reproductor de audio y el sistema de almacenamiento. Los dispositivos de **salida** son el altavoz y el sistema de iluminación LED, que actúan como actuadores transformando señales eléctricas en sonido y luz.

El diseño adopta la **metáfora de una biblioteca o audioteca** doméstica tangible, en la que cada objeto físico representa una historia. El contexto de uso previsto es el entorno familiar, en espacios reducidos y compartidos, favoreciendo una experiencia narrativa pausada, presencial y no fragmentada.

Las decisiones formales y técnicas descritas responden directamente al problema analizado en los apartados anteriores. Sintetizo a continuación la relación entre cada problema identificado y la respuesta concreta que adopta el diseño del objeto.

5. Recursos, capacidad y viabilidad del proyecto

He elegido este proyecto entre otras ideas porque se sustenta en mis aprendizajes derivados de mi formación académica actual y mi experiencia profesional técnica.

En el ámbito del grado, asignaturas como **Diseño de Interfaces, Interacción Tangible y Gráficos 3D** han proporcionado competencias clave para abordar el proyecto desde una perspectiva integral. Estas materias me han permitido desarrollar:

- Capacidad de análisis y diseño centrado en la experiencia de usuario.
- Comprensión de modelos de interacción multimodal.
- Integración de dimensiones físicas y digitales en objetos interactivos.
- Competencias en modelado tridimensional y prototipado visual.

En el ámbito técnico, mi formación como **técnico especialista en electrónica** y mi trayectoria profesional en el diseño, fabricación y reparación de equipos de investigación aportan un conocimiento aplicado en:

- Programación de microcontroladores.
- Electrónica analógica y digital.
- Integración de sensores y actuadores.
- Resolución de problemas técnicos en fases de prototipado.

Esta experiencia resulta especialmente relevante en un proyecto que requiere integrar hardware, software y diseño físico en un único sistema funcional.

Asimismo, tengo experiencia consolidada en modelado y fabricación digital. Trabajo habitualmente con herramientas como:

- **Blender**, para modelado orgánico y conceptual.
- **Fusion 360**, orientado a diseño industrial y ensamblajes técnicos.

La experiencia acumulada durante más de trece años en impresión 3D me permite optimizar procesos de diseño para fabricación aditiva, anticipar limitaciones técnicas y reducir iteraciones innecesarias durante el prototipado. Además, dispongo de todos los materiales y herramientas necesarios para llevar a cabo la construcción de un prototipo.

Creo que estos recursos y capacidades apoyan **la viabilidad del proyecto en los plazos establecidos en la asignatura** con un resultado funcional y bien documentado.

6. Benchmarking

En este apartado de análisis de productos similares ya existentes incluyo **aquellos que se comercializan con una declaración de intenciones parecida a la que planteo en este proyecto**³: dispositivos narrativos sin pantalla orientados a la infancia. Sin embargo, considero que, en la práctica, ninguno resulta verdaderamente accesible para familias con menos recursos económicos. El **modelo de negocio dominante** —basado en la venta recurrente de figuras, tarjetas o contenidos a precios elevados dentro de ecosistemas cerrados— introduce una **barrera económica** que, a mi juicio, refuerza desigualdades en el acceso a experiencias culturales y educativas de calidad.

Toniebox



Propone una interacción tangible muy intuitiva basada en figuras físicas asociadas a contenidos, con un diseño resistente y atractivo para la infancia. Sin embargo, depende de un ecosistema cerrado y de la compra recurrente de figuras relativamente costosas, lo que limita la autonomía creativa y eleva la barrera económica de acceso.

Imagen: [Walmart](#).

| | | |
|---------------|--|---|
| Análisis DAFO | Producto: | Toniebox 2 (110€ dispositivo + 17-13€ figura) |
| | Positivo (+) | Negativo (-) |
| Interno | Fortalezas: Juegos interactivos Modo sueño Temporizador Luz Despertador luminoso Diseño resistente a los golpes. Sin pantalla integrada. Con figuras atractivas. Interactividad tangible. | Debilidades: Conexión Wifi (los problemas de conexión no los puede resolver un niño muy pequeño). Se gestiona con una aplicación, lo que hace que la reproducción y usabilidad también dependa de los padres (o de darle el móvil al niño). Conectividad con cascos? Aislamiento? Precio elevado. |
| Externo | Oportunidades: Franquicias disponibles de productos y marcas que gustan. Locución profesional. | Amenazas: Falsificaciones e imitadores. Imagen de marca asociada a las franquicias. |

³ Descarto otros productos muy similares, porque apenas aportan variaciones relevantes. En cambio, incorporo el formato más tradicional: los reproductores de audio offline (grabadoras, mp3 o cassette). Aunque estos dispositivos sí ofrecen independencia y menor coste, no integran el componente creativo, interactivo y simbólico que hoy caracteriza a los productos diseñados específicamente para la infancia.

Yoto Player



Utiliza tarjetas físicas programables y ofrece un catálogo amplio y diverso, combinando diseño cuidado con funcionalidades adicionales (reloj, luz, modo sueño). No obstante, mantiene una fuerte dependencia de su plataforma propietaria y de conectividad, y su modelo comercial basado en tarjetas de pago refuerza una lógica de consumo continuado.

Imagen: [Amazon](#).

| | | |
|---------------|--|--|
| Análisis DAFO | Producto: | Yoto Player 3rd Gen. (100€ + 30€ protector + 35€ cargador + 30 a 4€ tarjetas) |
| | Positivo (+) | Negativo (-) |
| Interno | Fortalezas: Diseño simple Cargador Wireless Pantalla atractiva Modo sueño Luz Termómetro Despertador luminoso Catálogo diverso (audiolibros, aprendizaje, noticias, música). Parece que la app, mayormente, gestiona funcionalidades de sueño, despertador, etc. | Debilidades: Conexión Wifi (los problemas de conexión no los puede resolver un niño muy pequeño). Se gestiona con una aplicación, lo que hace que la reproducción y usabilidad también dependa de los padres (o de darle el móvil al niño). Aunque se puedan almacenar hasta 600 horas de audio, los niños son caprichosos también y pueden querer cosas no almacenadas, por lo que pedirán explorar el catálogo online. Conectividad con CarPlay / Android auto. Es un puente hacia las pantallas? Conectividad con cascos? Aislamiento? Precio elevado. |
| Externo | Oportunidades: Franquicias disponibles de productos y marcas que gustan. Locución profesional. Medios, plataformas y editoriales interesados en el formato. | Amenazas: Falsificaciones e imitadores. Imagen de marca asociada a las franquicias. Muy similar a una plataforma de audiolibros o de streaming de música. |

FABA Raccontastorie



Incorpora figuras físicas asociadas a contenidos y permite cierto grado de personalización mediante una figura grabable, lo que amplía la participación familiar. Aun así, continúa operando dentro de un sistema propietario con contenidos de precio elevado, lo que reduce su accesibilidad y autonomía real.

Imagen: myfaba.es

| | | |
|---------------|--|---|
| Análisis DAFO | Producto: | FABA+ (70€ + 15€ funda + 13-55€ figuras y sets) |
| | Positivo (+) | Negativo (-) |
| Interno | Fortalezas: Diseño simple y atractivo Modo rutinas? Pista favorita? Luz Despertador luminoso Catálogo orientado a la crianza Parece más independiente del móvil. Interactividad tangible | Debilidades: Conexión Wifi (los problemas de conexión no los puede resolver un niño muy pequeño). Precio elevado. Complejidad de aplicación de los productos orientados a la educación y crianza. Menos autonomía didáctica de la que aparenta. |
| Externo | Oportunidades: Franquicias disponibles de productos y marcas que gustan. Locución profesional. Exportar el sistema de fichas a otros productos (peluches, libros físicos, juegos de mesa) | Amenazas: Falsificaciones e imitadores. Imagen de marca asociada a las franquicias. |

Grabadora y cassettes



Representan la opción más abierta y económicamente accesible, completamente independiente de plataformas digitales y ecosistemas cerrados. Sin embargo, carecen de un diseño específicamente pensado para la infancia y no integran un componente simbólico, interactivo o creativo comparable al de los dispositivos narrativos actuales.
Imágenes: totaldigitalstores.co.uk, Amazon.

| | | |
|---------------|--|--|
| Análisis DAFO | Producto: | Cualquier grabadora y reproductor (mp3, cassette) (8-40€) |
| | Positivo (+) | Negativo (-) |
| Interno | Fortalezas: Completamente independiente de dispositivos inteligentes. Conectividad analógica. Bajo precio del soporte (casete) sin soporte (mp3). Facilidad de uso. Diseño poco atractivo (sin figuras) | Debilidades: Cassette no distingue pistas. MP3, requiere saber leer para distinguir pistas. No hay un mercado de contenidos extendido o fácilmente accesible. |
| Externo | Oportunidades: Archivo digital o analógico propio del usuario. | Amenazas: Tecnologías aceptadas como superiores. Disponibilidad de soportes. |

Diferenciación del proyecto

Mi propuesta se diferencia de los dispositivos analizados en tres aspectos fundamentales: **arquitectura abierta, accesibilidad económica y centralidad de la creatividad doméstica.** Frente a los ecosistemas cerrados basados en la compra recurrente de contenidos, planteo un sistema que permite grabar, reutilizar y compartir historias sin dependencia de plataformas comerciales.

Además, reduzco significativamente el coste del dispositivo y elimino la necesidad de suscripciones o catálogos propietarios, con el objetivo explícito de no reforzar desigualdades en el acceso a experiencias narrativas de calidad. Finalmente, sitúo la interacción compartida y la creación familiar en el centro del diseño como principio estructural del objeto.

| | | |
|---------------|--|---|
| Análisis DAFO | Producto: | Proyecto propio (coste estimado del prototipo: 44€ + 20€ de batería) |
| | Positivo (+) | Negativo (-) |
| Interno | Fortalezas: Diseño atractivo Independiente de aplicaciones Independiente de conectividad wifi. Interactividad tangible con el producto. Luz nocturna. Reproducción en cola limitada. Personalización temática y estética del dispositivo. | Debilidades: Diseño frágil? Sin posibilidad de comercializar los productos resultantes (por ejemplo, si alguien graba la versión leída de un libro con derechos de autoría). Falta de funcionalidades accesorias (despertador, etc.) No se puede grabar audio con el dispositivo, requiere dispositivos auxiliares con capacidad para grabar en SD. |
| Externo | Oportunidades: Libertad creativa fuera del mundo digital (fomenta el contacto con libros físicos para generar audios, así como decorar y personalizar el dispositivo). Atractivo para repositorios y comunidades de diseño 3D. | Amenazas: Falsificaciones e imitadores. Mala adaptación a la diversidad funcional (autismo, tdah, ceguera, etc.) Creadores de contenido pernicioso. Mal uso del dispositivo, interpretarlo como de uso plenamente autónomo, cuando está pensado para la colaboración intergeneracional. |

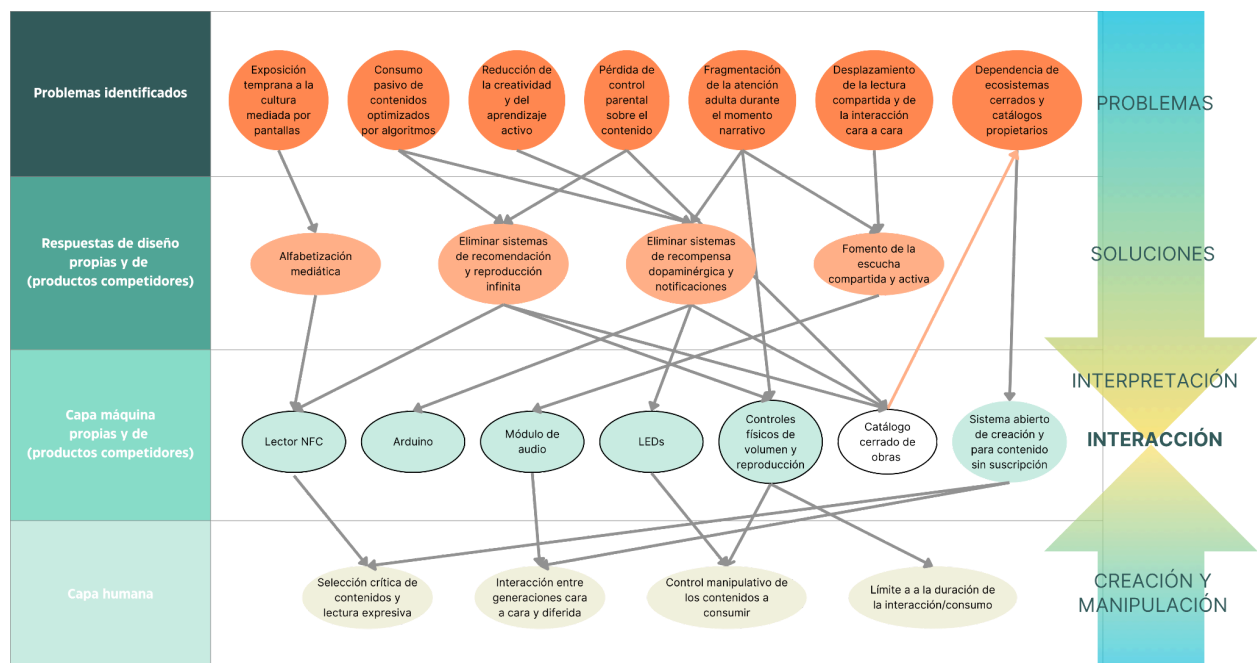
7. Síntesis de la propuesta

En respuesta a la corrección de la PEC1, se plantea una síntesis más precisa de la propuesta final del proyecto, articulada a partir de la idea inicial, las preguntas de investigación y el análisis de benchmarking.

La propuesta consiste en un dispositivo reproductor de audio basado en interacción tangible, capaz de generar listas de reproducción de cuentos previamente grabados por la persona usuaria. El sistema se controla mediante elementos físicos de uso sencillo e intuitivo, adecuados para el entorno infantil.

Está concebido para un uso familiar, con el objetivo de complementar la lectura compartida y fomentar la alfabetización mediática. El proyecto combina tecnología, narración y juego simbólico en una interfaz sin pantallas, que permite mantener el control del contenido con un alto grado de personalización, favoreciendo experiencias compartidas de calidad a bajo coste.

8. Mapa conceptual



Se han combinado los resultados de la investigación (problemas derivados de la exposición temprana a las pantallas combinadas con el desplazamiento de la lectura compartida), a partir de las cuales se han identificado necesidades del diseño. Después, se ha aplicado la estrategia de ‘empezar por el final’ para definir los resultados deseados, contenidos en la capa humana de creación y manipulación. La combinación de necesidades y funciones finales han dado lugar a una serie de componentes y características de la capa máquina.

Además, aplicando la técnica *premortem*, se ha identificado uno de los puntos más limitantes de los productos competidores: el catálogo cerrado de obras disponibles, que conlleva más gasto para las familias y limita la capacidad creativa y el alcance de las narraciones que pueden utilizarse. Ya que esta es una característica que puede llevar a la disfunción del producto, se ha enfatizado en esta fase de conceptualización.

9. Planificación

Mandato y acta de constitución

El mandato del proyecto se define como el marco que autoriza su desarrollo y delimita sus condiciones iniciales. En este caso, surge como respuesta a una necesidad identificada en la fase de investigación: ofrecer una alternativa al consumo pasivo de contenidos digitales en la infancia, recuperando la lectura compartida y el control familiar sobre los contenidos narrativos.

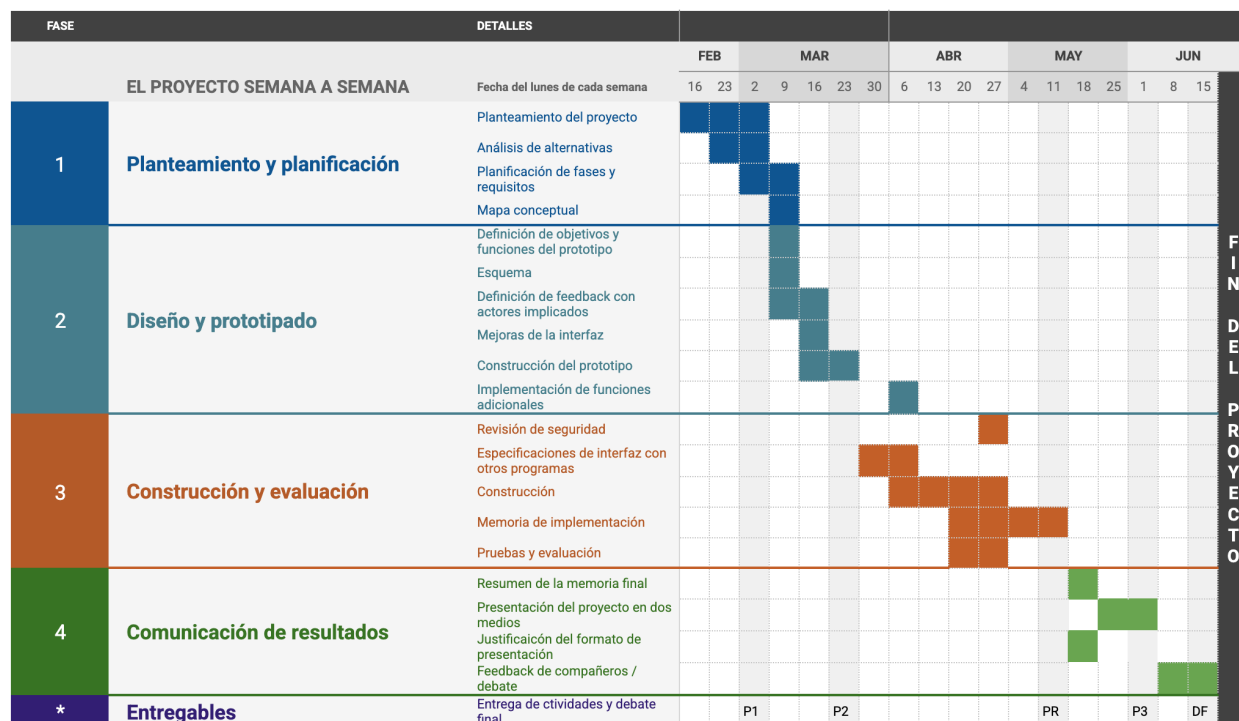
Desde esta fase inicial se establecen los elementos clave que orientan el desarrollo:

| | | |
|---|---|----------------------------|
| | Cuentacuentos creativo | |
| | Acta de constitución del proyecto | |
| | Versión 1 | 12 de marzo de 2026 |
| Propósito del proyecto | Descripción del proyecto | |
| Y/o justificación de negocio | Qué incluye | |
| <p>Diseño y prototipado de un cuentacuentos basado en Arduino y tecnología NFC, que permite reproducir historias asociadas a objetos físicos. A diferencia de las soluciones comerciales existentes, el sistema plantea una arquitectura abierta que posibilita la creación, grabación y gestión de contenido por parte de las personas usuarias.</p> <p>La propuesta responde a dos problemáticas principales: la exposición temprana a pantallas y la dependencia de ecosistemas cerrados de contenido. Frente a ello, se plantea un dispositivo accesible, personalizable y orientado al uso familiar.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Diseño conceptual del sistema • Desarrollo del prototipo funcional (hardware + lógica básica) • Implementación de lectura NFC y reproducción de audio • Diseño de la carcasa mediante impresión 3D • Definición de la interacción usuario-sistema • Documentación del proyecto | |
| | Qué no incluye | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de plataforma web o repositorio online de contenidos • Producción profesional de contenido narrativo • Industrialización o comercialización del producto • Adaptaciones específicas para diversidad funcional (más allá del diseño base) | |
| Objetivos del proyecto | Riesgos del proyecto | |
| Qué se pretende con la implantación | Riesgos conocidos importantes | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de plataforma web o repositorio online de contenidos • Producción profesional de contenido narrativo | <ul style="list-style-type: none"> • Limitaciones técnicas en la integración de hardware • Dificultad en la usabilidad real para usuarios | |

| | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Industrialización o comercialización del producto • Adaptaciones específicas para diversidad funcional (más allá del diseño base) | <ul style="list-style-type: none"> • infantiles • Fragilidad del prototipo físico • Dependencia de dispositivos externos para la gestión de contenidos • Posible complejidad en la configuración inicial por parte de personas usuarias |
| Factores críticos de éxito | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Limitaciones técnicas en la integración de hardware • Dificultad en la usabilidad real para usuarios infantiles • Fragilidad del prototipo físico • Dependencia de dispositivos externos para la gestión de contenidos • Posible complejidad en la configuración inicial por parte de personas usuarias | |
| Hitos significativos | |
| Resumen del cronograma de hitos y actividades | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Simplicidad e intuitividad de uso • Fiabilidad del sistema (lectura NFC y reproducción de audio) • Claridad en la interacción tangible • Capacidad de personalización del contenido • Coherencia entre diseño técnico y objetivos educativos | |
| Resumen del presupuesto | |
| Evaluación inicial de costes del proyecto /presupuesto asignado | |
| <p>El proyecto se plantea como un desarrollo de bajo coste, utilizando componentes accesibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arduino: 10–20 € • Módulo NFC: 5–10 € • DFPlayer Mini: 3–5 € • Amplificador + altavoces: 10–20 € • Materiales impresión 3D: 5–10 € • Otros componentes (botones, LEDs, cables): 5–10 € <p>Coste estimado total: 40–75 €</p> | |
| Plantilla adaptada de Mariné y Rodríguez, 2021. | |

No se han incluido herramientas formales como la matriz de trazabilidad de requisitos ni un desarrollo detallado del alcance operativo, al tratarse de un proyecto académico de carácter práctico y escala reducida. En su lugar, se ha optado por una definición sintética de requisitos y entregables, suficiente para guiar el desarrollo y mantener la coherencia con los objetivos del proyecto.

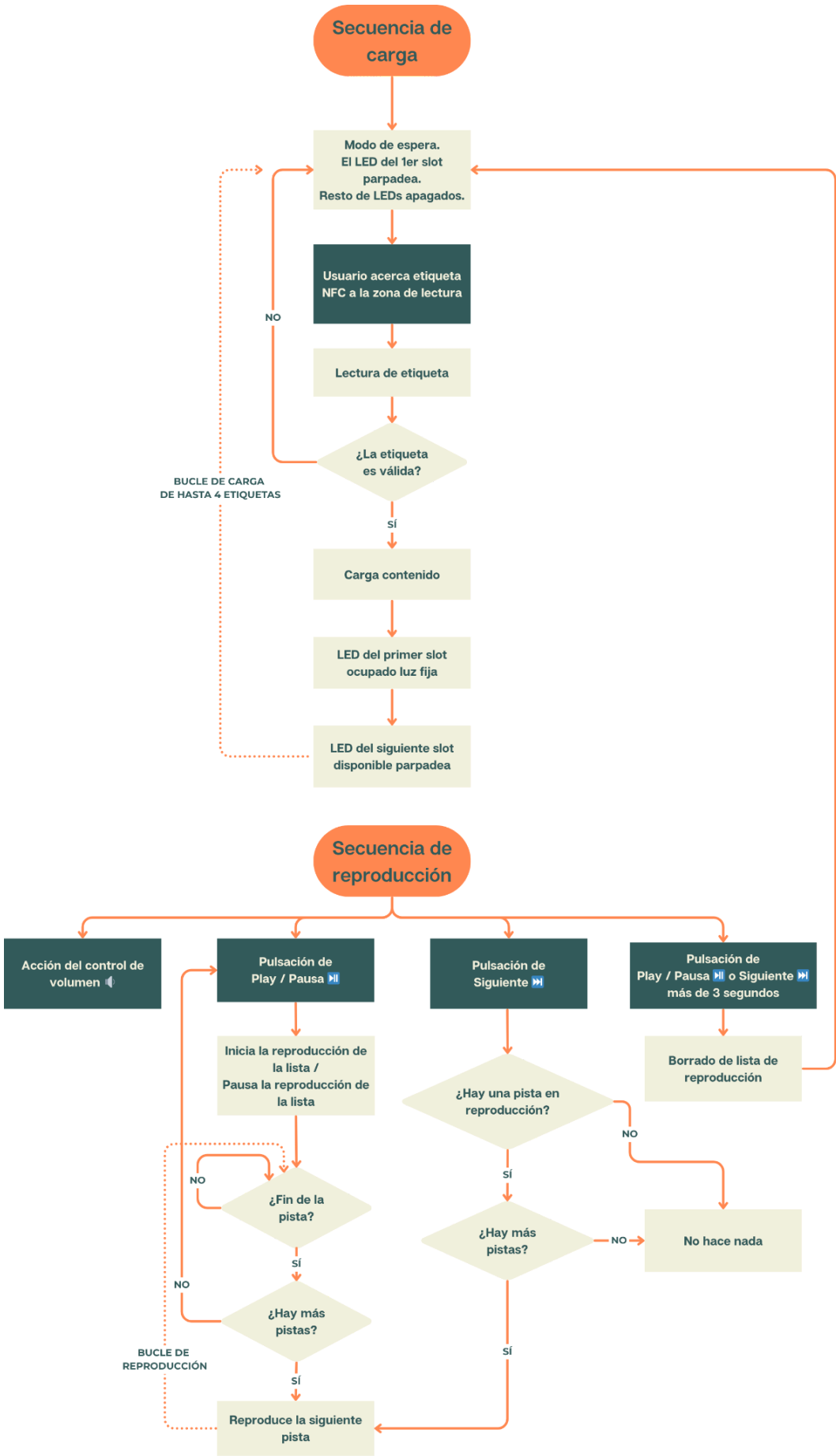
Definición de los *work packages* y planificación semanal del trabajo



Un diagrama de Gantt recoge los paquetes de trabajo necesarios para la realización del proyecto en el tiempo estipulado. Para los objetivos y alcance del proyecto, es prudente hacer una descomposición no demasiado minuciosa, por lo que se combinan los dos enfoques más y menos detallados propuestos por Mariné y Rodríguez (2021). También, se incluyen los hitos ligados al criterio de comprobación de entregables (en este caso, las PEC). La construcción y la memoria de implementación son las tareas centrales para alcanzar los objetivos de la asignatura, por lo que se les ha asignado más tiempo.

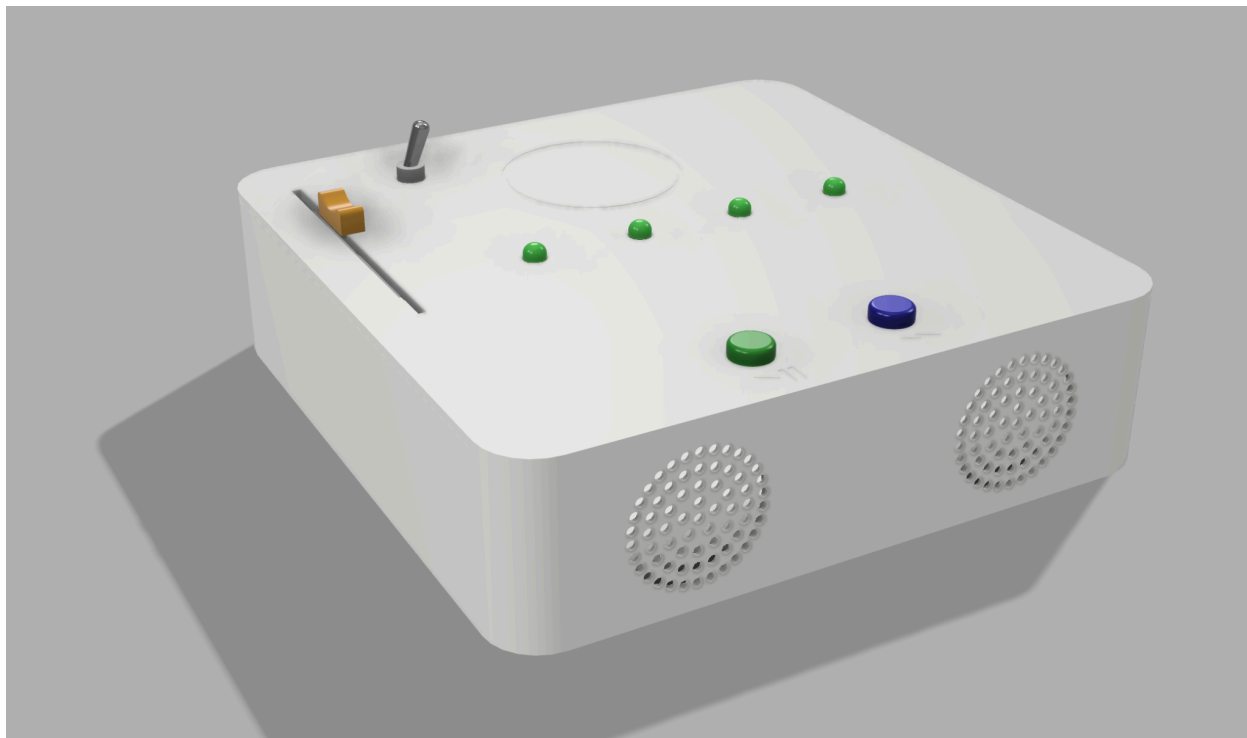
10. Wireframe

El diagrama de flujo representa la interacción entre el usuario y el sistema, con el objetivo de priorizar la experiencia de uso frente a la lógica interna. Se ha diseñado para facilitar una interacción intuitiva basada en acciones físicas simples y minimizar la carga cognitiva.



Diseño

El diseño del dispositivo responde a una doble perspectiva: viabilidad técnica y flexibilidad de uso. Desde el inicio se contempla su fabricación mediante tecnologías accesibles como la impresión 3D por deposición de filamento (FDM). La carcasa actúa como un módulo base que integra la electrónica y permite un funcionamiento autónomo, a la vez que mantiene un carácter modular que facilita la creación de envoltentes personalizadas por parte de las personas usuarias.



Propuesta de diseño para el prototipo. Presenta una estética minimalista orientada a evitar la sobrecarga de estímulos. Se prioriza la usabilidad frente a la información visual, con una disposición clara de los controles físicos que favorece una interacción basada en acciones simples y reconocibles, adecuadas para edades tempranas y etapas prelectoras. Elaboración propia.

Este planteamiento permite integrar el dispositivo en estructuras físicas como casas de cartón o madera, libros interactivos tipo diorama o escenarios temáticos que refuercen el contenido narrativo. El objeto deja así de ser un simple reproductor de audio y pasa a funcionar como un detonante de experiencias creativas y simbólicas, que implican tanto a personas adultas como a niños y niñas.

Las decisiones de diseño se centran en el uso de controles físicos frente a interfaces digitales, la eliminación de pantallas, el carácter modular del sistema y la priorización de la robustez y la simplicidad, en coherencia con el uso infantil previsto.

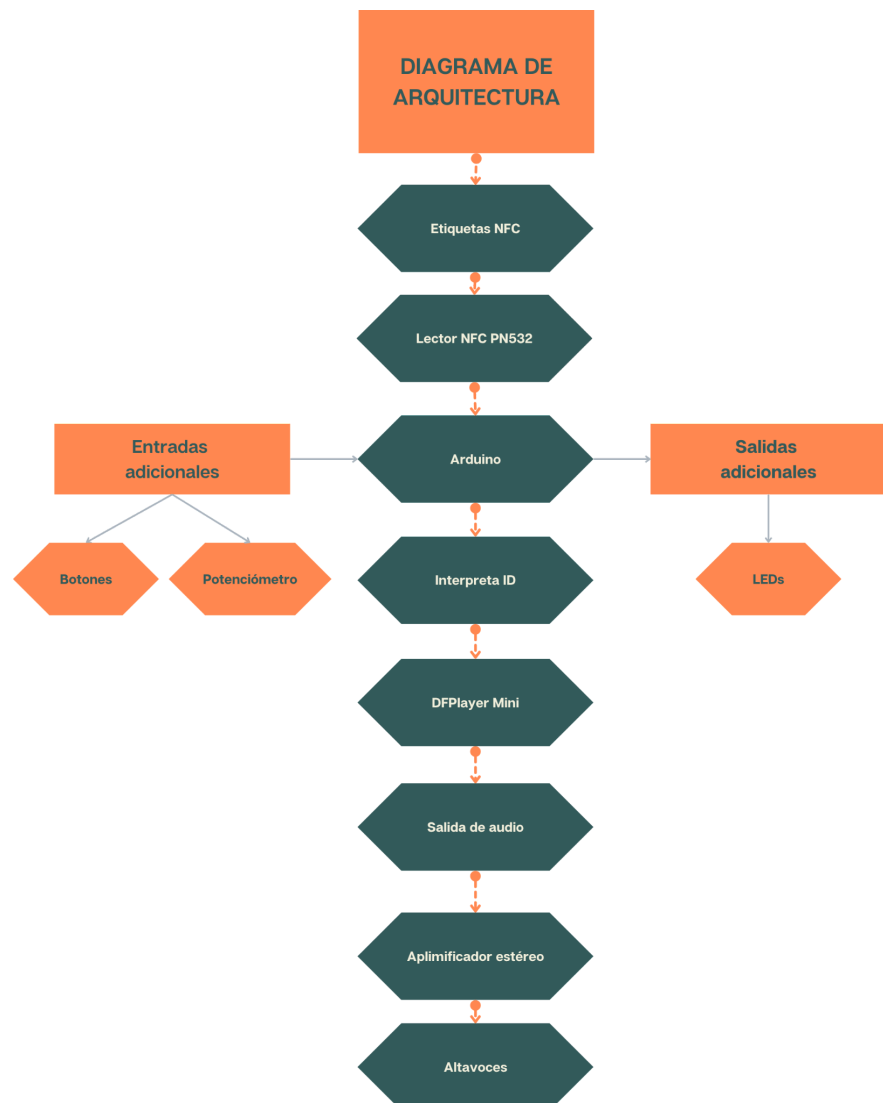
Componentes

El dispositivo se estructura en torno a una interfaz física simple que permite una interacción directa e intuitiva. Incorpora una zona de lectura NFC señalizada en la superficie superior, un interruptor de encendido/apagado, un control de volumen mediante potenciómetro deslizante y dos botones para las funciones de reproducción (play/pausa y salto de pista). El sistema se completa con un conjunto de indicadores luminosos que informan sobre el estado de reproducción y la navegación entre contenidos, así como con dos altavoces que permiten una salida de audio estéreo. Este sistema de retroalimentación visual y sonora comunica el estado del dispositivo sin necesidad de pantallas, en coherencia con los objetivos del proyecto.

A nivel técnico, el sistema se basa en un microcontrolador Arduino que gestiona la lectura de etiquetas NFC mediante un módulo PN532 y la reproducción de audio a través de un DFPlayer Mini con almacenamiento en tarjeta microSD. La señal de audio se amplifica mediante un amplificador estéreo antes de su salida a los altavoces. El conjunto se completa con los elementos de control (potenciómetro y pulsadores), indicadores LED y un sistema de alimentación mediante cargador USB, batería o powerbank.

Diagrama de arquitectura

La representación del sistema electrónico se ha realizado a nivel de arquitectura funcional para priorizar la comprensión del flujo de información sobre el detalle técnico de implementación, dado que el enfoque del proyecto es la interacción tangible.



11. Desarrollo final del prototipo

En esta fase del proyecto se ha desarrollado el prototipo funcional definitivo del cuentacuentos interactivo basado en tecnología NFC. El objetivo principal ha sido integrar en un único dispositivo todos los elementos hardware y software planteados durante las fases previas, prestando especial atención a la experiencia de uso, la estabilidad del sistema y la interacción tangible con el objeto físico.

El resultado es un dispositivo autónomo capaz de leer etiquetas NFC asociadas a cuentos, generar pequeñas listas de reproducción y reproducir contenidos sonoros de forma secuencial mediante una interfaz simplificada. El prototipo está especialmente orientado a público infantil prelector, por lo que se ha buscado una interacción clara, física y sin dependencia de pantallas.

11.1. Arquitectura del sistema

El sistema se basa en un microcontrolador Arduino Pro Micro, equipado con un ATmega32U4. Se ha elegido esta placa por su tamaño reducido, bajo coste y disponibilidad durante el desarrollo del prototipo.

Al microcontrolador se le han añadido los siguientes módulos y componentes:

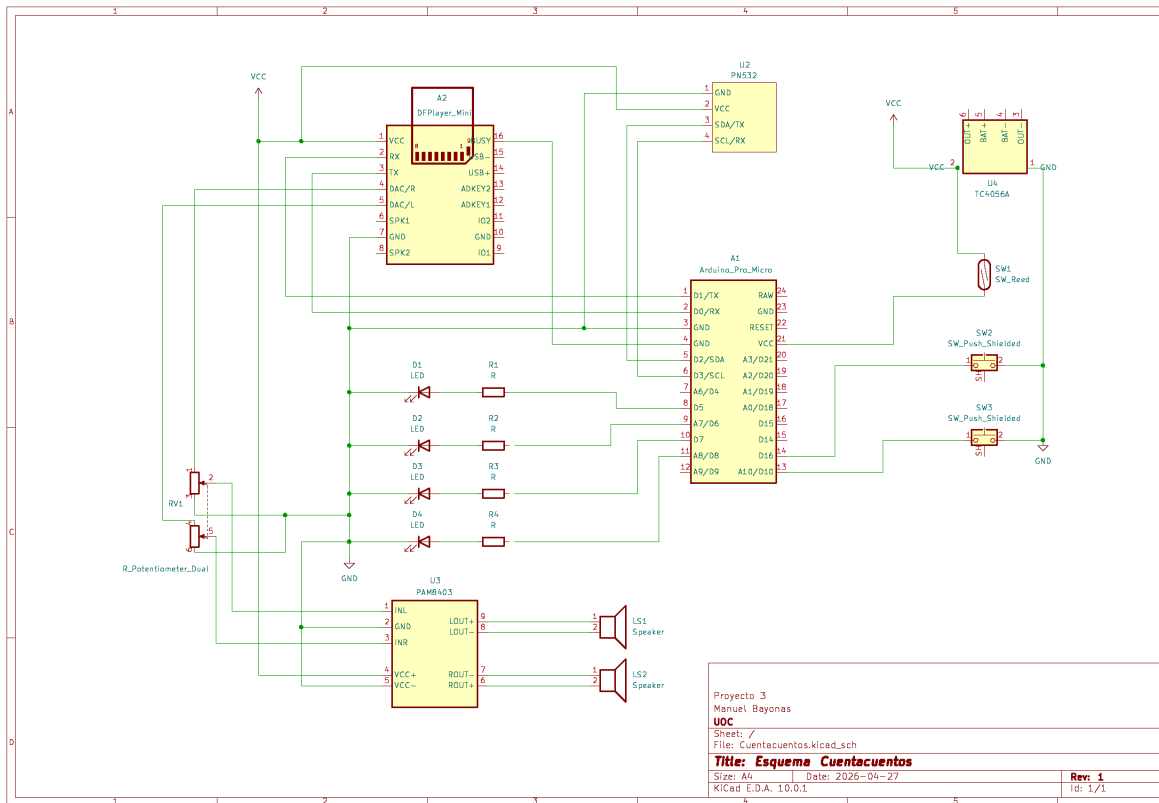
- Módulo NFC PN532.
- Reproductor de audio DFPlayer Mini.
- Amplificador estéreo PAM8403.
- Módulo TC4056A, utilizado principalmente por su conector USB-C.
- Switch reed normalmente cerrado.
- Dos pulsadores momentáneos.
- Cuatro LEDs indicadores.
- Cuatro resistencias para los LEDs.
- Potenciómetro deslizante dual.
- Dos altavoces.

La comunicación entre los módulos se realiza mediante protocolos estándar I²C, para la comunicación con el lector NFC, y UART para el control del módulo de audio.

El estado de reproducción se supervisa mediante el pin BUSY del DFPlayer, lo que permite detectar de forma fiable cuándo una pista está sonando y cuándo ha terminado.

El sistema se organiza en distintos bloques funcionales:

- lectura NFC;
- gestión de playlist;
- reproducción de audio;
- control de botones;
- señalización visual;
- modo de lectura de nuevos identificadores.



Esquema eléctrico del sistema.

11.2 Funcionamiento general del dispositivo

Cuando el dispositivo se enciende, entra automáticamente en modo de espera de lectura de etiquetas NFC. El primer LED parpadea para indicar que el primer *slot* está disponible. Al acercar una tarjeta válida al lector, el sistema lee su UID, comprueba si está registrado en la lista interna de etiquetas y, si es correcto, lo incorpora a la playlist.

Una vez leída la primera tarjeta:

- el LED correspondiente queda encendido;
- el siguiente *slot* comienza a parpadear;
- el sistema espera la lectura de una nueva etiqueta.

El proceso continúa hasta completar un máximo de cuatro etiquetas o hasta que el usuario decide iniciar la reproducción pulsando el botón *Play/Pause*. Cuando ya hay alguna pista y se pulsa el *Play/Pause* o, cuando se han completado los cuatro slots disponibles el sistema de estados para a READY, es decir que está listo para iniciar la reproducción de audios.

El orden de reproducción queda definido por el orden en el que se han leído las etiquetas. De este modo, el sistema permite construir una playlist mediante fichas NFC.

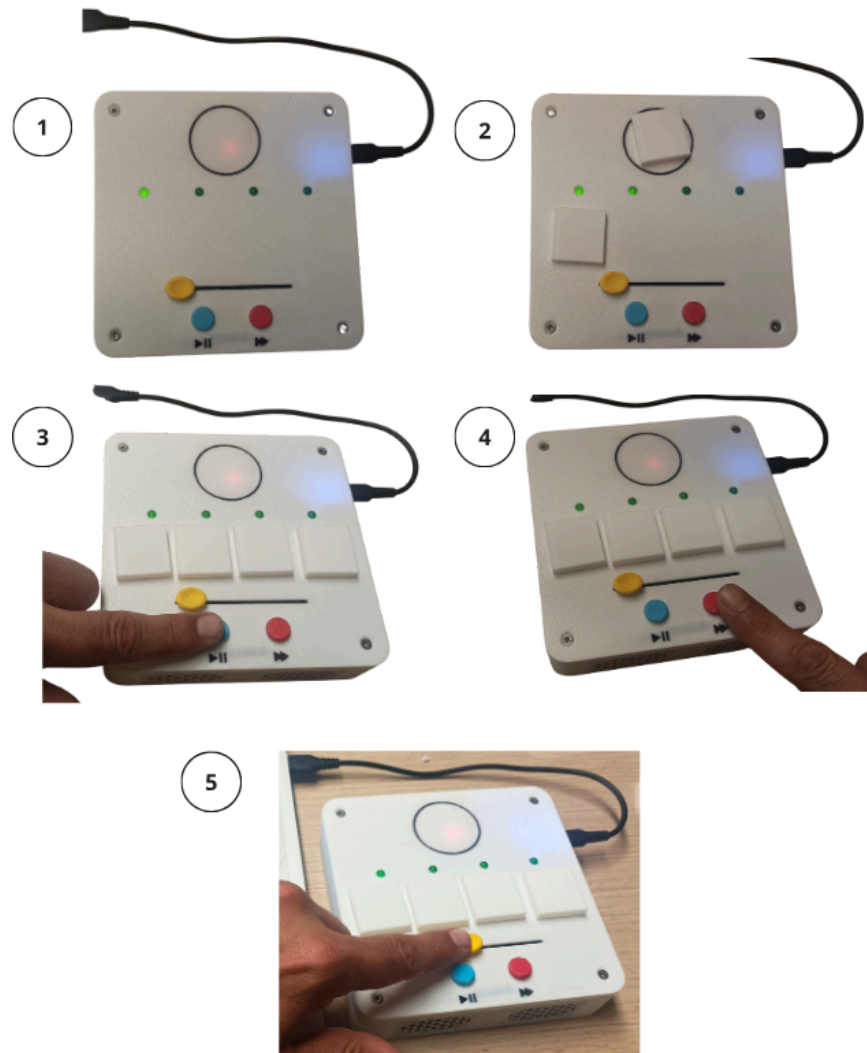
Durante la reproducción:

- sólo permanece encendido el LED correspondiente a la pista activa;
- el botón *Play/Pause* permite pausar y reanudar el audio;
- el botón *Next* permite avanzar manualmente a la siguiente pista.

Cuando finaliza la última pista:

- el sistema vuelve al estado READY, dejando fijos los leds de los slots que se hubieran cargado en la fase de lectura;
- las pistas permanecen cargadas;
- una nueva pulsación de *Play* reinicia la reproducción desde la primera pista.

Manteniendo pulsado cualquiera de los dos botones durante al menos tres segundos, la lista de reproducción se borra y el sistema vuelve al modo inicial de lectura de etiquetas, lo que se indica de forma visual porque se apagan todos los leds y comienza a parpadear el led correspondiente al primer slot vacío.



Secuencia de uso del dispositivo. (1) Modo de lectura de etiquetas NFC. Esperando etiqueta. (2) Libro con etiqueta sobre el lector. Los LED fijos indican que el slot está cargado. (3) El botón Play/Pause permite pausar y reanudar el audio. (4) el botón Next permite avanzar manualmente a la siguiente pista. (5) Uso del potenciómetro deslizable dual para el control de volumen.

11.3 Desarrollo del firmware

El firmware del dispositivo se ha desarrollado en el entorno Arduino IDE y se basa en una máquina de estados que organiza las distintas fases de funcionamiento del sistema.

Se han utilizado las siguientes librerías:

- **Wire.h** para la comunicación I²C.
- **Adafruit_PN532.h** para el control del lector NFC.
- **DFPlayerMini_Fast.h** para la gestión del módulo de audio.

Los estados implementados son:

- **CAPTURE_SLOT**: espera la lectura de una nueva tarjeta NFC.
- **WAIT_REMOVE**: espera a que se retire la tarjeta ya leída antes de permitir una nueva lectura.
- **READY**: la playlist está cargada y preparada para reproducirse.
- **PLAYING**: el sistema reproduce audio y gestiona el avance automático de pistas.
- **UID_READER**: modo especial para lectura de nuevas etiquetas NFC.

Durante el desarrollo se han implementado distintos mecanismos de robustez para evitar errores habituales derivados de la interacción infantil:

- cooldown global de botones, el sistema aplica un retardo de 600 ms después de cada pulsación de botón con el propósito de evitar dobles disparos o pulsaciones rápidas para evitar acciones indeseadas y reducir el fallo humano;
- control de pulsaciones largas, para el control de funciones como vaciar la lista de reproducción o entrar en el modo de lectura de nuevas etiquetas;
- prevención de lecturas NFC repetidas. Las identificaciones de cada etiqueta quedan almacenadas en un array. Cada vez que se hace una lectura de NFC, tanto en el modo de creación de lista de reproducción como en el modo de programación de nuevas etiquetas, se hace una comprobación del id para evitar duplicidades;
- espera obligatoria de retirada de tarjeta. Cuando se ha leído una tarjeta el sistema queda en espera de que se retire para hacer una nueva lectura;
- detección automática de final de pista mediante el pin BUSY del DFPlayer. De esta manera el control de los saltos automáticos de pista se simplifica mucho porque es el propio reproductor el que indica que ha terminado de reproducir la pista.

La lógica basada en estados ha permitido simplificar la depuración del sistema y facilitar futuras ampliaciones.

```

61 |
62 | /* ===== ESTADOS AUDIO ===== */
63 |
64 | bool isPlaying = false; /*Indica si el sistema está reproduciendo*/
65 | bool isPaused = false; /*Indica si la reproducción está pausada*/
66 | bool listEnded = false; /*Indica si la playlist ha llegado al final*/
67 | bool trackStarted = false; /*Control junto con pin BUSY de estado de reproducción*/
68 |
69 | /* ===== CONTROL USUARIO ===== */
70 |
71 | bool userAction = false; /*Indica que acaba de producirse una acción del usuario*/
72 | unsigned long userActionAt = 0; /*Momento en el que se produjo la acción*/
73 | const unsigned long USER_ACTION_GUARD = 300; /*Añadimos una guarda para evitar saltos
74 | de pista erróneos u otros cambios de estado*/
75 |
76 | /* --- Cooldown de botones --- */
77 | /*Evitamos pulsaciones repetidas*/
78 | unsigned long lastButtonAction = 0;
79 | const unsigned long BUTTON_COOLDOWN = 600;
80 |
81 | const unsigned long UID_READER_HOLD_TIME = 4000; /*Tiempo necesario para entrar en modo lector de UIDs*/
82 | bool uidReaderEntryTriggered = false; /*Evita acciones residuales al soltar los botones*/
83 |
84 | /* ===== ESTADO NFC ===== */
85 |
86 | /*Control de lectura de tarjetas para evitar lecturas repetidas*/
87 | bool cardPresent = false;
88 |
89 | /* ===== ESTADOS GENERALES ===== */
90 |
91 | enum State {
92 |     CAPTURE_SLOT, /*El sistema espera una tarjeta nueva*/
93 |     WAIT_REMOVE, /*El sistema espera que se retire la tarjeta ya leída*/
94 |     READY, /*La playlist está lista para reproducirse*/
95 |     PLAYING, /*Sistema en reproducción*/
96 |     UID_READER /*Modo especial para leer tarjetas y generar código*/
97 | };
98 |
99 | State state = CAPTURE_SLOT;

```

Fragmento del código comentado.

Modo de lectura de nuevos UIDs

Una de las principales mejoras incorporadas en la versión final del software ha sido la integración de un modo específico para la lectura de nuevas etiquetas NFC. Inicialmente existían dos programas independientes: un firmware principal para el funcionamiento del cuentacuentos; y un programa auxiliar destinado únicamente a leer UIDs desde el monitor serie. En la versión final, ambas funcionalidades se han integrado en un único firmware.

Manteniendo pulsados simultáneamente los botones *Play/Pause* y *Next* durante más de seis segundos, el sistema entra en el estado **UID_READER**. En este modo:

- los cuatro LEDs parpadean simultáneamente;
- el sistema permite leer nuevas etiquetas NFC;
- se evita registrar etiquetas duplicadas;

- los nuevos UUIDs se almacenan temporalmente en memoria RAM.

Al pulsar el botón *Play/Pause*, el sistema genera automáticamente por el monitor serie las líneas de código necesarias para ampliar el array **UUID_LIST**, así como la actualización de la variable **uuidStartIndex**.

El botón *Next* permite salir del modo lector y volver al funcionamiento normal.

Aunque actualmente sigue siendo necesario copiar las líneas generadas y volver a cargar el firmware, esta solución reduce significativamente errores de transcripción y simplifica la ampliación del catálogo de contenidos.

```

1  /*Cargamos las tres librerías básicas que vamos a emplear*/
2  #include <Wire.h> /*Librería de comunicación I2C*/
3  #include <Adafruit_PN532.h> /*Librería de uso del módulo NFC*/
4  #include <DFPlayerMini_Fast.h> /*Librería de uso del reproductor de MP3*/
5
6  /* ===== CONFIGURACION ===== */
7
8  #define MAX_SLOTS 4 /*Número máximo de pistas posibles en la playlist*/
9  #define UID_LEN 7 /*Tamaño en bytes de las tarjetas NFC*/
10
11 /*Definimos los pines que se van a utilizar*/
12 const uint8_t ledPins[MAX_SLOTS] = {5, 6, 7, 8}; /*LEDs indicadores de cada slot*/
13 const uint8_t playButtonPin = 10; /*Botón de reproducción y pausa*/
14 const uint8_t nextButtonPin = 16; /*Botón de salto a la siguiente pista*/
15 const uint8_t MP3_BUSY_PIN = 4; /*Pin BUSY del DFPlayer. LOW indica reproducción*/
16
17 /* ===== LECTOR DE UIDS ===== */
18
19 #define MAX_READ_UIDS 20
20
21 uint8_t readUIDs[MAX_READ_UIDS][UID_LEN]; /*UIDs leídos en modo generador*/
22 uint8_t readUIDCount = 0; /*Número de UIDs almacenados*/
23 bool uidReaderCardPresent = false; /*Evita lecturas repetidas en modo generador*/

```

Output Serial Monitor ×

Message (Enter to send message to 'SparkFun Pro Micro' on '/dev/cu.usbmodem14201')

```

=== MODO LECTOR DE UIDS ===
Acerca tarjetas NFC.
Pulsa PLAY para generar el código.
Pulsa NEXT para salir.

```

No hay UIDs nuevos para generar.

```

=== MODO LECTOR DE UIDS ===
Acerca tarjetas NFC.
Pulsa PLAY para generar el código.
Pulsa NEXT para salir.

```

No hay UIDs nuevos para generar.

```

Tarjeta ya existe en UID_LIST
Tarjeta 1 guardada
Tarjeta 2 guardada
Tarjeta 3 guardada

```

```

/* ===== NUEVAS LINEAS PARA PEGAR DENTRO DE UID_LIST ===== */

{0x53,0x39,0x74,0x68,0x42,0x00,0x01}, /*Pista 13*/
{0x53,0x30,0x74,0x68,0x42,0x00,0x01}, /*Pista 14*/
{0x53,0x32,0x74,0x68,0x42,0x00,0x01}, /*Pista 15*/

/* ===== SUSTITUIR TAMBIEN ESTA LINEA ===== */

uint8_t uidStartIndex = 16; /*Siguiendo número de pista libre*/

```

Captura del monitor serie mostrando generación automática de UIDs.

11.4 Sistema de reproducción de audio

La reproducción de contenidos sonoros se realiza mediante un módulo DFPlayer Mini conectado a una tarjeta microSD. Los archivos de audio se almacenan utilizando nomenclatura numérica secuencial:

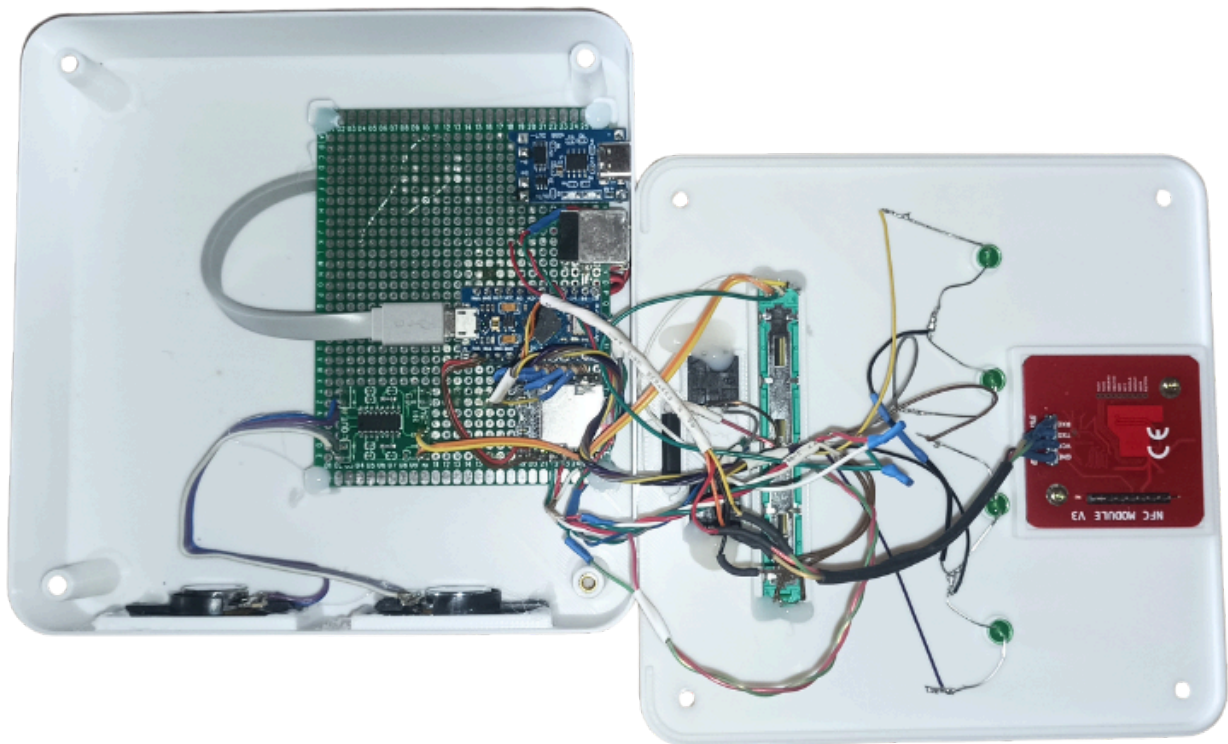
- 001.mp3
- 002.mp3
- etc.

Cada UID NFC válido queda asociado internamente a un número de pista concreto.

La salida analógica del DFPlayer se conecta a un amplificador estéreo PAM8403 encargado de alimentar dos altavoces externos.

El volumen se controla mediante un potenciómetro deslizable dual colocado sobre los botones principales para facilitar una interacción intuitiva.

Se optó por un potenciómetro deslizable frente a uno rotativo porque su funcionamiento resulta más visual y comprensible para usuarios infantiles.



Interior del dispositivo mostrando electrónica y cableado.

11.5 Alimentación del sistema

Durante las primeras fases del desarrollo se planteó alimentar el dispositivo mediante una batería recargable 18650, un módulo de carga y un convertidor elevador a 5 V. Sin embargo, durante las pruebas de integración se detectó que esta arquitectura introducía ruido eléctrico en la etapa de audio.

Debido al tiempo disponible y a la complejidad adicional que suponía optimizar adecuadamente el filtrado y la distribución de masas, se decidió sustituir el sistema por alimentación externa mediante power bank USB.

Esta decisión aporta varias ventajas. Por una parte, simplifica el circuito, reduce el ruido eléctrico y aporta estabilidad al sistema de audio. Además, la batería externa es fácilmente recargable y -siempre que cuente con los certificados adecuados-, será segura.

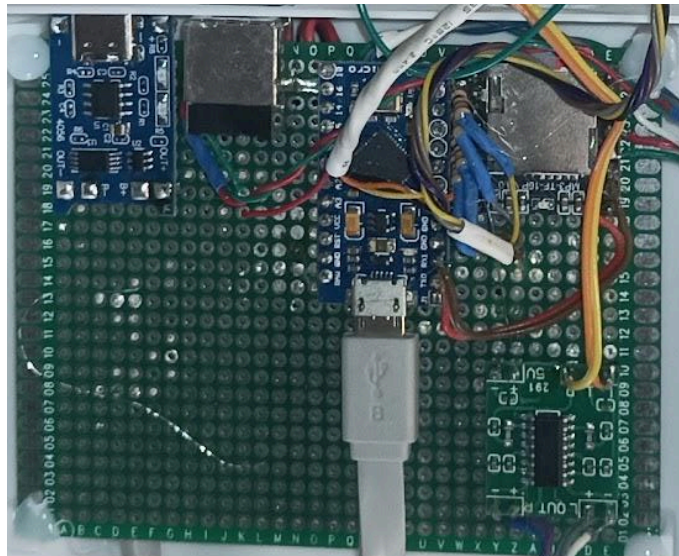
No obstante, se ha mantenido el módulo TC4056A para aprovechar físicamente el conector USB-C integrado.

11.6 Diseño físico e integración

El montaje electrónico se ha realizado sobre una placa perforada (*perfboard*), siguiendo un esquema diseñado específicamente para el proyecto.

Los componentes se han distribuido con la intención de generar las mínimas interferencias, facilitar el mantenimiento del dispositivo, simplificar el acceso a los conectores externos y - al mismo tiempo- mejorar la integración en una carcasa sencilla.

Los LEDs, el lector NFC y el potenciómetro se conectan mediante cableado independiente para facilitar su colocación en la carcasa.



Vista de la *perfboard* montada.

Diseño de la carcasa

El proyecto incorpora dos niveles físicos: una **carcasa base funcional** que recoge toda la electrónica y los elementos de interacción. Sobre ella se pueden colocar distintas **cubiertas temáticas** que amplían el componente narrativo del dispositivo.

En el prototipo desarrollado, la sobrecarcasa tiene forma de libro y representa una pequeña biblioteca mágica. En ella se guardan minilibros que contienen las etiquetas NFC asociadas a los cuentos. Además, se han añadido pequeños elementos decorativos para reforzar la dimensión simbólica y fantástica del objeto.



Vista exterior de la carcasa base.



Vistas interior y exterior de la biblioteca con fichas NFC.

El encendido del sistema se realiza mediante un *switch reed* normalmente cerrado activado por un imán integrado en la cubierta. De este modo, la acción física de abrir el libro activa automáticamente el dispositivo.

La carcasa está diseñada para fabricarse mediante impresión 3D FDM. Paralelamente, se ha explorado la posibilidad de fabricar sobrecarcasas alternativas utilizando materiales reciclados como cartón o plástico reutilizado.

11.7 Testeo y depuración

A lo largo del desarrollo se han realizado pruebas continuas de funcionamiento tanto a nivel software como hardware. Las pruebas se han centrado especialmente en:

- estabilidad de lectura NFC;
- comportamiento de los botones;
- transición entre estados;
- reproducción secuencial;
- detección de final de pista;
- robustez frente a dobles pulsaciones;
- prevención de lecturas repetidas.

También se han realizado pruebas de interacción observando el uso del dispositivo por terceros para detectar posibles errores de comprensión o comportamientos inesperados.

Durante esta fase se detectaron y corrigieron distintos problemas relacionados con:

- saltos involuntarios de pista;
- rebotes de botones;
- reinicios incorrectos de playlist;
- lecturas NFC repetidas;
- sincronización con el pin BUSY del DFPlayer.

El sistema actual presenta un comportamiento estable en sus funciones principales.

11.8 Funcionalidades implementadas y pendientes

El prototipo desarrollado demuestra la viabilidad técnica de combinar interacción tangible, reproducción sonora y electrónica embebida en un dispositivo autónomo orientado a la infancia.

Actualmente, el sistema permite leer etiquetas NFC, construir playlists físicas, reproducir audio de forma autónoma, gestionar nuevas etiquetas e interactuar sin necesidad de pantallas. Por lo tanto, considero que cumple con los objetivos funcionales principales planteados al inicio de la asignatura.

En concreto, el prototipo incorpora las siguientes funcionalidades:

- lectura NFC estable;
- gestión de playlist de hasta cuatro pistas;
- reproducción secuencial automática;
- pausa y reanudación;
- avance manual de pista;
- reinicio de playlist;
- control mediante LEDs;
- control analógico de volumen;
- detección automática de final de pista;
- prevención de lecturas duplicadas;
- modo lector de nuevos UUIDs;
- generación automática de código para ampliar **UUID_LIST**;
- integración física en carcasa narrativa.

Algunas funcionalidades consideradas durante el desarrollo no se han implementado en esta fase, como el almacenamiento dinámico de asociaciones UUID–pista sin recompilar el firmware, una interfaz web de configuración, la actualización remota del sistema, la gestión automática de contenidos, una alimentación interna estable mediante batería integrada o el diseño de una PCB definitiva optimizada. Estas características se han planteado como posibles ampliaciones futuras y no como elementos imprescindibles para el correcto funcionamiento del prototipo actual. La decisión de posponerlas responde a la necesidad de priorizar la estabilidad funcional del sistema y garantizar la finalización completa del núcleo principal del proyecto dentro del tiempo disponible.

No obstante, durante el desarrollo se han identificado diversas **líneas de evolución futura**. Entre ellas destaca la posibilidad de implementar una gestión dinámica de contenidos mediante EEPROM o tarjeta SD, evitando así modificar el código cada vez que se añadan nuevas etiquetas NFC. También se contempla la migración desde Arduino Pro Micro a un microcontrolador ESP32, lo que permitiría incorporar conectividad WiFi y Bluetooth, mayor capacidad de procesamiento y configuración desde dispositivos móviles o navegador web.

Además, futuras versiones podrían incluir una **interfaz web** para registrar nuevas etiquetas, asociar pistas y gestionar contenidos de forma más accesible. A nivel técnico, también podría estudiarse la **reproducción directa de audio** desde ESP32 mediante I²S y microSD, eliminando la necesidad de utilizar un DFPlayer externo. Finalmente, aunque el proyecto se ha desarrollado principalmente como cuentacuentos infantil, la arquitectura propuesta podría **adaptarse fácilmente a otros contextos**, como audioguías, aprendizaje de idiomas, comunicación aumentativa, educación especial o experiencias narrativas interactivas en entornos culturales y museísticos.

11.9 Conclusiones

El proyecto ha permitido desarrollar un sistema interactivo funcional combinando electrónica embebida, interacción física y reproducción sonora.

A lo largo del desarrollo se han abordado tanto problemas de programación como de integración electrónica y diseño físico. Uno de los principales aprendizajes obtenidos ha sido la importancia de simplificar ciertas decisiones técnicas para garantizar la estabilidad global del sistema y ajustarse al tiempo disponible.

La implementación mediante máquina de estados ha facilitado enormemente la depuración del firmware y la incorporación de nuevas funcionalidades, especialmente el modo de lectura de nuevos UIDs.

El proyecto demuestra que es posible construir una interfaz narrativa basada en objetos físicos y sin pantallas utilizando tecnologías accesibles y de bajo coste. Además, la modularidad del sistema permite futuras ampliaciones y su adaptación a distintos contextos educativos o culturales.

En conjunto, el prototipo desarrollado cumple satisfactoriamente los objetivos planteados inicialmente y constituye una base sólida para futuras evoluciones del proyecto.

12. Recursos y enlaces del proyecto

- [Código fuente](#)
- [Esquema de conexiones del proyecto](#)
- [Modelos 3D](#)
- [Vídeo de funcionamiento](#)

Librerías utilizadas

- Adafruit. *Adafruit PN532 NFC/RFID Controller Shield Library*. GitHub.
https://github.com/PowerBroker2/DFPlayerMini_Fast
- PowerBroker2. *DFPlayerMini_Fast Library*. GitHub.
https://github.com/PowerBroker2/DFPlayerMini_Fast
- Arduino. *Wire Library Documentation*.
<https://docs.arduino.cc/language-reference/en/functions/communication/wire>

Documentación de componentes

- Elechouse. *PN532 NFC Module Documentation*.
https://www.elechouse.com/elechouse/images/product/PN532_module_V3/PN532_%20Manual_V3.pdf
- DFRobot. *DFPlayer Mini Documentation*.
https://wiki.dfrobot.com/DFPlayer_Mini_SKU_DFR0299
- Diodes Incorporated. *PAM8403 Datasheet*.
https://www.mouser.com/datasheet/2/115/PAM8403-247318.pdf?srltid=AfmBOorpZ1lezhPo4F_fa5ke-JILTNyTwXqVpiQrN33QgefBsq0MqP-K

- SparkFun. *Pro Micro Documentation*.
<https://learn.sparkfun.com/tutorials/pro-micro--fio-v3-hookup-guide>

13. Bibliografía

- Abrams, D. A., Chen, T., Odriozola, P., Cheng, K. M., Baker, A. E., Padmanabhan, A., & Menon, V. (2016). Neural circuits underlying mother's voice perception predict social communication abilities in children. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(22), 6295–6300. <https://doi.org/10.1073/pnas.1602948113>
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 617–645. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093639>
- A. Cerisola (2017). Impacto negativo de los medios tecnológicos en el neurodesarrollo infantil <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2017/08/848347/126-131.pdf>
- Cartanyà Hueso, Á. (2021). Uso de pantallas y su relación con la salud de la población infantil española. <https://www.tdx.cat/handle/10803/672167#page=1>
- Cataldo, B. Lepri, M. Neoh, G. Esposito (2021). Social Media Usage and Development of Psychiatric Disorders in Childhood and Adolescence: A Review. *Frontiers in Psychiatry* <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2020.508595>
- Mariné Jové, P., & Rodríguez, J. R. (2021). Desarrollo de un proyecto TI (2.ª ed.). Fundació Universitat Oberta de Catalunya (FUOC).
- Marlei Dambros, Lucélia Peron (2024). Uma geração verdadeiramente única: esperta, ágil e independente ou solitária, frágil e ansiosa?. #Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia <https://doi.org/10.35819/tear.v13.n2.a7236>
- Debasmita De, Mazen El Jamal, Eda Aydemir, Anika Khara (2025). Social Media Algorithms and Teen Addiction: Neurophysiological Impact and Ethical Considerations. *Cureus* <https://doi.org/10.7759/cureus.77145>
- Nicholas Dowdall, G. Melendez-Torres, L. Murray, F. Gardner, L. Hartford, and 1 more (2019). Shared Picture Book Reading Interventions for Child Language Development: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Child Development* <https://doi.org/10.1111/cdev.13225>
- Espada, J. P., Morales, A., Piqueras, J. A., Marzo, J. C., y Orgilés, M. (2024). Infancia, adolescencia y pantallas. Centro de Investigación de la Infancia y la Adolescencia. Universidad Miguel Hernández <https://observainfancia.es/informes/>
- Gamboa Yrone Henrich N, Jaboli Niña Nimfa A, Pica Niña Angel L, Rosales Lyka Janelle D, Dr. Bryan Louis G Lazaro (2025). Long-Term Effects of Algorithm-Driven Content Consumption on Youth Development and Psychological Perceptions. *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies* <https://doi.org/10.62225/2583049x.2025.5.3.4217>
- Glenberg, A. M. (2010). Embodiment as a unifying perspective for psychology. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1(4), 586–596. <https://doi.org/10.1002/wcs.55>
- John S. Hutton, Kieran Phelan, T. Horowitz-Kraus, J. Dudley, M. Altaye, and 2 more (2017). Shared Reading Quality and Brain Activation during Story Listening in Preschool-Age Children. *Jornal de Pediatria* <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.08.037>
- Gadi Lissak (2018). Adverse physiological and psychological effects of screen time on children and adolescents: Literature review and case study. *Environmental Research* <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.015>
- Karpicke, J. D., & Roediger, H. L., III. (2008). The critical importance of retrieval for learning. *Science*, 319(5865), 966–968. <https://doi.org/10.1126/science.1152408>
- Keith J. Martin, A. Beck, Yingying Xu, Gregory A. Szumlas, John S. Hutton, and 2 more (2021). Shared Reading and Risk of Social-Emotional Problems. *Pediatrics* <https://doi.org/10.1542/peds.2020-034876>
- McGaugh, J. L. (2004). The amygdala modulates the consolidation of memories of emotionally arousing experiences. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 1–28. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144157>

- Nett, K. (2025). 'Screen Time and Educational Outcomes of Children and Adolescents: A complex, multifaceted relationship', NESET ad hoc report, Luxembourg: Publications Office of the European Union.
https://education-socioeconomic-experts.ec.europa.eu/document/download/4836f176-33dc-4d6b-b9c9-05fd2d1a384e_en?filename=NESET-AHQ-Screen-Time.pdf
- G. Perrotta (2021). The learning of specific dysfunctional behavioural patterns through social-network and telematics platforms in preadolescents and adolescents. Psychopathological clinical evidence. Open Journal of Pediatrics and Child Health
<https://doi.org/10.17352/OJPCH.000034>
- V. Santos, Jessica Pereira de Oliveira Diniz, Mayara Maria de Jesus Almeida, S. Souza, Angela Gilda Alves, and 1 more (2024). Uso de telas e os perigos a saúde mental de crianças e adolescentes: revisão integrativa. Revista Recien - Revista Científica de Enfermagem <https://doi.org/10.24276/recien2024.14.42.169184>
- A. Shahaian, Cen Wang, E. Tucker-Drob, V. Geiger, A. Bus, and 1 more (2018). Early Shared Reading, Socioeconomic Status, and Children's Cognitive and School Competencies: Six Years of Longitudinal Evidence. Scientific Studies of Reading
<https://doi.org/10.1080/10888438.2018.1482901>
- Tulving, E. (2002). Episodic memory: From mind to brain. Annual Review of Psychology, 53, 1–25.
<https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135114>
- A. Weisleder, C. B. Cates, Jessica F. Harding, S. B. Johnson, C. Canfield, and 5 more (2019). Links between Shared Reading and Play, Parent Psychosocial Functioning, and Child Behavior: Evidence from a Randomized Controlled Trial. Jornal de Pediatria
<https://doi.org/10.1016/j.jped.2019.06.037>
- Monica Westerlund, Dagmar Lagerberg (2008). Expressive vocabulary in 18-month-old children in relation to demographic factors, mother and child characteristics, communication style and shared reading. Child: Care, Health and Development
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2214.2007.00801.x>