

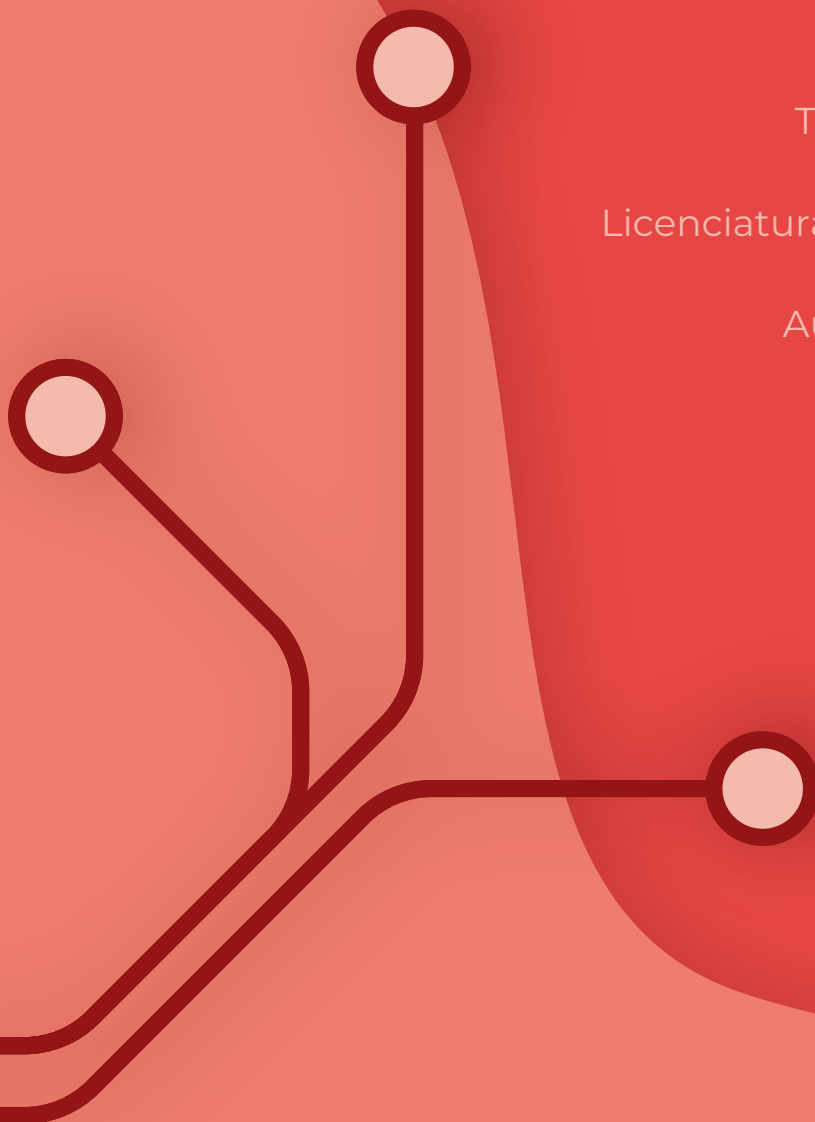
Inclusión de la electrónica en el diseño de productos y sistemas

Consideraciones en el proceso de
diseño en el ámbito local

Trabajo Final de Grado

Licenciatura en Diseño Industrial

Autor: Sebastián Varela





Tutor

Gonzalo Núñez Bonjour

Tribunal

Daniell Flain

Horacio Dardanelli

Montevideo, Uruguay - 2025

Resumen

Esta investigación, se centra en la inclusión de la electrónica en el diseño de productos y busca aportar herramientas para abordar proyectos que incorporen componentes electrónicos en su proceso de diseño y fabricación.

A través del análisis de casos, entrevistas en el ámbito local y la realización de un ensayo práctico, se identifican aspectos a considerar en las etapas de desarrollo, fabricación y testeo en proyectos cuyos dispositivos integren la electrónica. Estos elementos conforman las bases para su inclusión en una propuesta de diseño. Además, se analizan estrategias al incorporar programación y placas de desarrollo en la etapa de desarrollo de un proyecto.

La investigación, a su vez aborda la integración de conocimientos específicos según el tipo de dispositivo en cuestión, y la selección de estrategias adecuadas según la escala de producción. Asimismo, se examinan desafíos como el consumo energético y la comunicación entre dispositivos.

El estudio busca generar un aporte disciplinar para Diseñadores Industriales, sirviendo de referencia para la incorporación de la electrónica en proyectos de diseño, teniendo en cuenta tanto posibilidades como limitaciones en el diseño y fabricación de este tipo de dispositivos.

Abstract

This research focuses on the inclusion of electronics in product design and aims to provide tools for addressing projects that incorporate electronic components in their design and manufacturing processes.

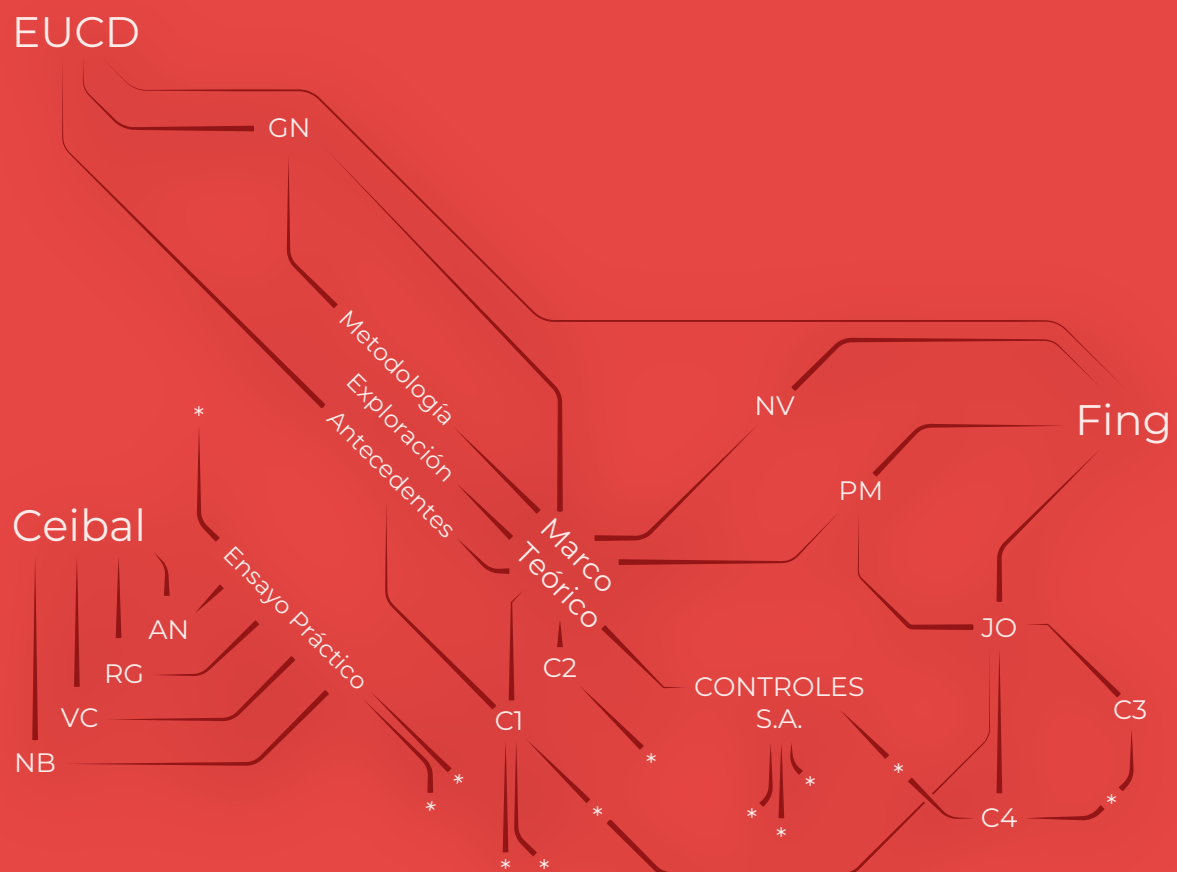
Through the analysis of case studies, interviews in the local context, and the completion of a practical essay, aspects to consider in the development, manufacturing, and testing stages of projects integrating electronics are identified. These elements form the fundamental considerations for their inclusion in a design proposal. Furthermore, strategies for incorporating programming and development boards in the development stage of a project are analyzed.

The research also addresses the integration of specific knowledge according to the type of device in question, and the selection of appropriate strategies based on the scale of production. Additionally, challenges such as energy consumption and device communication are examined.

The study aims to make a disciplinary contribution to Industrial Designers, serving as a reference for the inclusion of electronics in design projects, considering both the possibilities and limitations in the design and manufacturing of such devices.

El desarrollo de esta investigación no hubiese sido posible sin el aporte de los diversos actores que colaboraron desde su visión y experiencias profesionales, tanto de la Escuela Universitaria Centro de Diseño, como de la Facultad de Ingeniería y de Ceibal, a quienes quiero agradecer especialmente:

- Gonzálo Nuñez (GN)
- Nacho Valetutte (NV)
- Pablo Monzón (PM)
- Julián Oreggioni (JO)
- Victoria Colo (VC)
- Nicolás Barreto (NB)
- Ana Nóbile (AN)
- Rodrigo Gonzáles (RG)
- Santiago Lafón y Sebastián Fernandez (de CONTROLES S.A.)



Esquema anecdótico sobre el proceso de investigación

Introducción

Los dispositivos electrónicos han pasado a ser una parte significativa de nuestro entorno, al punto de que gran cantidad de actividades que realizamos en nuestro día a día se ve favorecido por alguna funcionalidad eléctrica, desde acciones básicas, como calentar agua o encender una luz, hasta herramientas digitales que optimizan tareas y sistemas virtuales que gestionan información, permiten la comunicación y posibilitan incluso el trabajo remoto.

Es por esto que hoy en día vivimos en un contexto cada vez más dinámico donde muchas tareas son asistidas o automatizadas mediante dispositivos electrónicos, que pasan a ser incluso extensiones del ser humano como diría Marchall Mc Luhan (1964), o un nuevo tipo de ser, un cyborg como diría Donna Haraway (1984).

En la actualidad interiorizarse en electrónica se ha vuelto relativamente accesible por diversos motivos.

En primer lugar, disminución de costos debido a la industrialización y miniaturización de los componentes electrónicos. Sumado a esto, el surgimiento los microcontroladores y las placas de desarrollo¹ facilitan el entendimiento de la tecnología. Esto se ve reflejado en su utilización en el movimiento Maker², ya que facilitan significativamente el aprendizaje de lógica y electrónica, entre su facilidad de uso y la cantidad de documentación disponible.

La facilidad de aprendizaje de las placas actuales también se ve reflejado en educación: desde 2018 Ceibal promueve el uso de placas Microbit para la educación, brindando placas a partir de 5° y 6° de primaria, con el objetivo de “acercar a estudiantes y

docentes a la programación de una manera rápida, sencilla e intuitiva” (Ceibal, 2023).

En segundo lugar, el surgimiento de plataformas abiertas y lenguajes de programación fáciles de entender y utilizar han optimizado el desarrollo y la experimentación en este campo, como es caso del lenguaje Arduino o la programación por bloques de Microbit, que permite al usuario programar sin necesidad de dominar el código escrito en texto, y le permite construir mediante bloques de funciones (Figura 02).

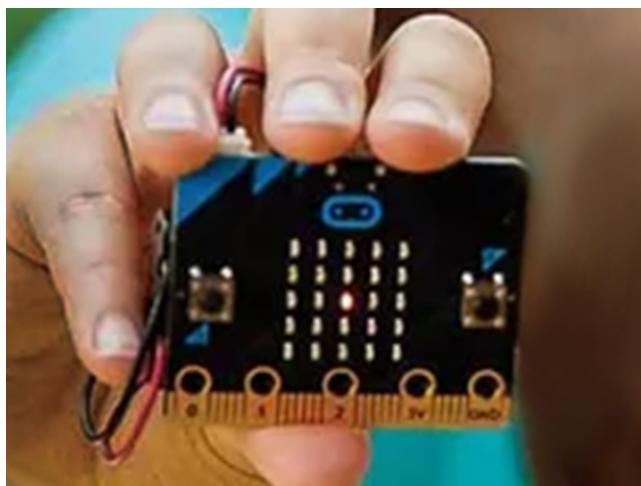


Figura 01: Imagen de placa Microbit³

1 Ver [glosario de términos](#).

2 (Ceibal, 2024)

3 (Durazno Digital, 2019)

Objetivos

Objetivo general

Facilitar el abordaje de proyectos de diseño en los que se incluya electrónica en sus soluciones.

Objetivos específicos

- Investigar y documentar los conocimientos fundamentales para la inclusión de electrónica en proyectos de diseño
- Explorar estrategias utilizadas en el ámbito local para abordar proyectos de diseño integrando la electrónica.
- Visibilizar y documentar posibilidades y limitaciones de la práctica en las etapas de desarrollo, fabricación y testeo, de un dispositivo con componentes electrónicos.

Metodología

La metodología de esta investigación es mixta (cualitativa y cuantitativa), y se estructura en etapas específicas: investigación teórica, exploración inicial, análisis de casos, visitas y entrevistas, y la realización de un ensayo práctico. Durante estas etapas se utiliza la recolección y análisis de datos para documentar la información necesaria para el entendimiento del trabajo con la electrónica, y aspectos pertinentes para atravesar el proceso de diseño de un dispositivo electrónico.

Investigación teórica

En esta etapa se desarrolla el marco teórico, incluyendo conceptos técnicos relacionados con la electrónica y el diseño de dispositivos electrónicos. La información recabada aquí es meramente cuantitativa y pretende brindar un marco de conceptos técnicos necesarios para el entendimiento de la temática.

Exploración inicial

Se utiliza como herramienta un mapa exploratorio realizado mediante la observación, con el objetivo de explorar el campo y realizar clasificaciones preliminares sobre temas pertinentes relacionados a los dispositivos electrónicos.

Análisis de casos

Se seleccionan dos casos de estudio para analizar cómo se abordan las etapas de desarrollo y fabricación, con el objetivo de revelar aspectos técnicos, posibilidades y limitaciones relacionadas a las etapas de diseño mencionadas.

Visitas y entrevistas

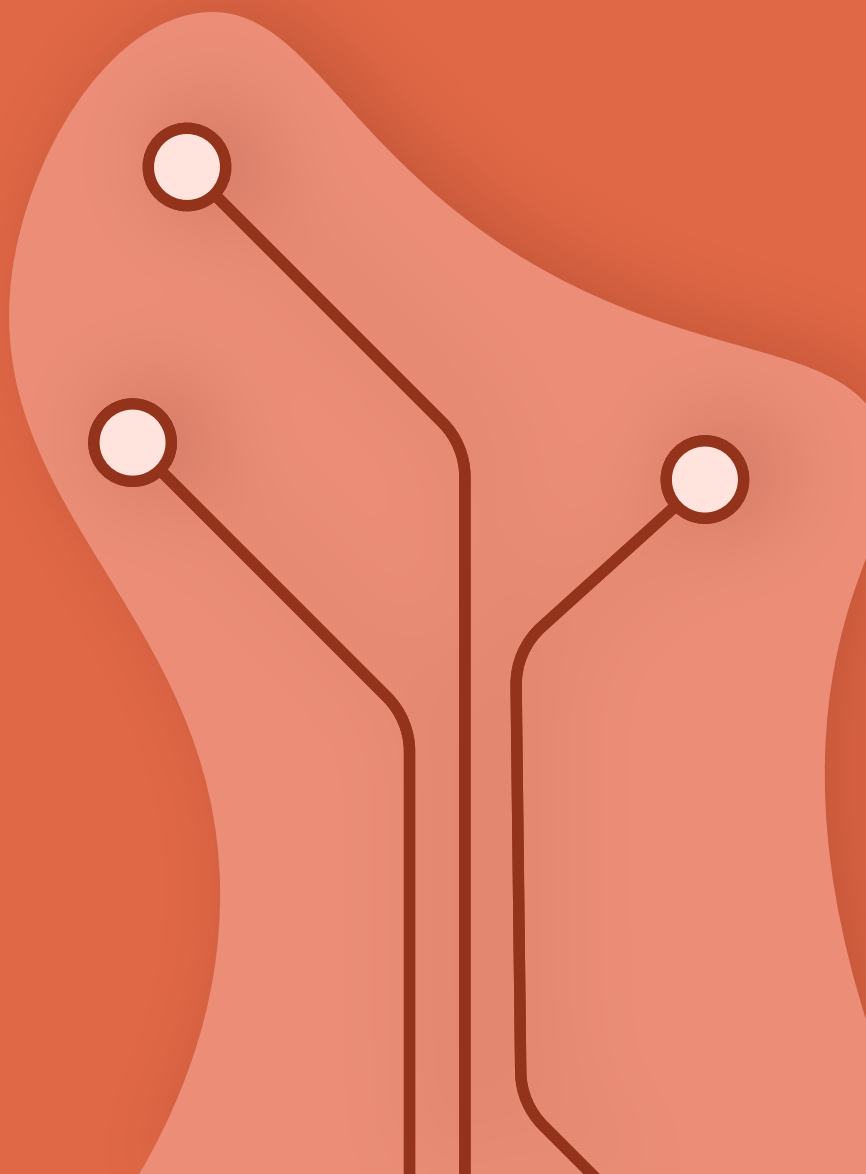
Se realizan entrevistas y visitas basadas en la escucha analítica, a expertos del sector, incluyendo la visita a la fábrica de CONTROLES SA, donde diseñan y realizan parte de la fabricación de sus productos, y una entrevista a Julián Oreggioni, grado 3 del instituto de ingeniería eléctrica de Facultad de ingeniería, a partir de la que se desarrollan el tercer y cuarto caso de estudio. Estas entrevistas permiten entender sobre métodos de fabricación y responder dudas específicas relacionadas al estudio de la electrónica, así como su integración en el ámbito local.

Ensayo práctico

A partir de la investigación realizada previamente, se realiza un ensayo práctico de desarrollo de un dispositivo, con el objetivo de observar aspectos que emergen de la práctica a la hora de desarrollar un dispositivo electrónico. Este ejercicio no pretende diseñar un producto final, sino aplicar los conocimientos adquiridos a partir de entrevistas y el estudio teórico, con el fin de complementar la formulación de consideraciones clave para el diseño.

Estas etapas en conjunto, buscan combinar la teoría, la exploración práctica y el diálogo con actores del sector, para generar conclusiones pertinentes para el diseño y fabricación de dispositivos electrónicos en el ámbito local.

Marco Teórico



Glosario de términos

Previo a la lectura de la tesis se sugiere el siguiente glosario de términos:

Dispositivo electrónico: Se considera a todo objeto que tenga al menos un circuito electrónico incluido, relacionado con sus funcionalidades.

Microcontrolador: Es un circuito integrado con un procesador, una memoria RAM¹ pequeña, una memoria flash y entradas y salidas para interactuar con el mundo real. Puede compararse con un ordenador en miniatura dentro de un encapsulado que se ha creado para que los desarrolladores puedan usarlo de forma sencilla a fin de controlar componentes externos como luces, motores pequeños, etc. (Convertronic, 2022).

Placa de desarrollo: La placa de desarrollo, es una placa de circuito impreso (PCB)² en la que se incorpora el microcontrolador, permitiendo conectar a este con componentes externos de forma sencilla. (Convertronic, 2022). Es común que los fabricantes creen una placa de desarrollo para desarrollar y aplicar firmware a un microcontrolador

Hardware: Son “los elementos físicos y tangibles, que se pueden tocar. Incluyen la tarjeta sobre la que se sueldan todos los componentes y los propios componentes ya sean activos, pasivos o circuitos integrados”(Electroagenda,2024).

Software: Es “el conjunto de instrucciones que se ejecutan en un dispositivo, Es, por tanto, un elemento completamente intangible. Programando a alto nivel se consigue el máximo nivel de abstracción con respecto a la lógica [...]” (Electroagenda, 2024).

Firmware: “Un software permanente, no cambiante, que se almacena en memoria no volátil de sólo lectura y que permite al software de aplicación de alto nivel utilizar el dispositivo” (Electroagenda, 2024).

1 Memoria de Acceso Aleatorio (por sus siglas en inglés)

2 PCB: por sus siglas en inglés, Placa de Circuito Impreso.

Conceptos sobre electrónica

Los siguientes conceptos son extraídos de The Art of Electronics (Horowitz, 2015):

El **Voltaje** (también llamado diferencia de potencial, o tensión) entre dos puntos, es el costo de energía requerido para mover una unidad de carga positiva desde un punto potencial más bajo a uno más alto. También puede definirse como la energía liberada cuando una unidad de carga se mueve desde el potencial más alto al más bajo. Su unidad de medida es el Voltio (V), y puede medirse en kilovoltios ($1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}$), millivoltios ($1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V}$), o microvoltios ($1 \text{ }\mu\text{V} = 10^{-6} \text{ V}$)

El **Joule (J)** refiere a la cantidad de trabajo, y puede decirse que se realiza 1 Joule de trabajo al mover un Culombio (C) de carga a través de una diferencia de potencial de 1V, siendo el Culombio la unidad de carga eléctrica equivalente a 6×10^{18} electrones.

La **Corriente (I)** es la tasa de flujo de carga eléctrica. Su unidad de medida es el Amperio (Amp o A), y puede medirse en miliamperes ($1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$), microamperes ($1 \text{ }\mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$), o nanoamperes ($1 \text{ nA} = 10^{-9} \text{ A}$). Puede decirse que una corriente de 1A equivale al flujo de un Culombio de carga por segundo

$$1\text{A} = 1 \text{ C/S}$$

La **Tierra** (también llamada Ground, Masa o GND) es el punto de referencia en un circuito eléctrico, utilizado para medir voltajes y establecer un potencial común. En los circuitos eléctricos, los componentes se conectan mediante conductores metálicos (cables) que mantienen el mismo voltaje en todos sus puntos con respecto a la tierra.

Es importante aclarar que la corriente fluye de un punto positivo (+) a un punto negativo (-), aunque el flujo real de electrones ocurre en dirección opuesta. Sumado a esto, el voltaje siempre se mide entre dos puntos específicos. Cuando se habla del voltaje en

un punto, debe existir otro punto de referencia, que generalmente es la tierra.

Reglas y Leyes pertinentes

1. La suma de las corrientes en un punto del circuito equivale a la suma de las corrientes de salida.

2. Ley de Kirchhoff: Objetos conectados en paralelo tienen el mismo voltaje a través de ellos, entonces, la suma de las caídas de voltaje entre A y B en un camino del circuito equivalen a la de cualquier otro. De otra forma, la suma de las caídas de voltaje en un circuito cerrado es 0.

3. La potencia (Vatios, Watts) equivale a la carga por tiempo, es decir, $P = V \cdot I$. Se mide en Watts siendo $1\text{W} = 1 \text{ J/S}$. Por ejemplo, una bombilla de 60w que funciona con 120V será de 0.5 A.

4. Ley de ohm: se utiliza para determinar si un componente se puede utilizar de forma segura en un circuito. Esta es la ley que determina el comportamiento de una resistencia y se utiliza para dimensionar la resistencia necesaria de un circuito. La ley de ohm puede usarse de la siguiente manera, donde V refiere voltios y R significa resistencia en ohmios e I refiere a los amperes:

$$V = I \times R$$

(Kilohms x miliamperios)

Componentes electrónicos

Para complementar lo extraído de The Art of Electronics, la siguiente información proviene del libro Make: Electronics (Pratt, 2009), el cual brinda conceptos clave y recomendaciones prácticas que resultan fundamentales en la comprensión y aplicación de componentes electrónicos, los cuales son los insumos utilizados en la construcción de circuitos:

Resistencias

Las resistencias reducen el flujo de corriente y la caída de voltaje que pasa en un punto del circuito (Figura 03). Pueden pensarse como un nudo o constricción en una manguera flexible. Estas se diferencian principalmente por su capacidad de resistencia en **ohms (Ω)**, lo cual está indicado por el código de color impreso en el componente. La relación entre la tensión, la corriente y la resistencia en un circuito se define mediante la **Ley de Ohm**.



Figura 03: Imagen de referencia de resistencias Through Hole (o de orificio pasante) y SMD (Montaje de superficie, por sus siglas en inglés)

Fusibles

Conductores extremadamente finos, se sitúan en un punto del circuito (Figura 04). Se funden para proteger el resto del circuito de forma que la rotura dentro del fusible hace que no pueda pasar más corriente. Se utilizan para casos de mucho voltaje, no se suelen ver en placas de desarrollo con voltajes de 12V, por ejemplo.



Figura 04. Imagen de referencia de fusibles

LEDs

Las luces LED, por sus siglas en inglés, son diodos emisores de luz (Figura 05). Son mucho más eficientes que una bombita convencional, convierten casi toda la energía en luz y son de larga duración, siempre y cuando se utilicen de la manera adecuada:

Los LEDs tienen dos conectores salientes (patas), de los cuales el más largo debe recibir mayor tensión positiva que la pata más corta. La corriente que atraviesa el LED y la diferencia de tensión entre la pata larga y la pata corta no debe exceder el límite indicado por el fabricante.



Figura 05: Imagen de referencia de LEDs comunes, LEDs RGB (cuatro patas), y LEDs SMD

Potenciómetros (o dimmers):

Estos componentes permiten variar la tensión y la corriente, variando la resistencia.



Figura 06. Imagen de referencia de un potenciómetro.

Transistores

Un transistor es un dispositivo semiconductor que regula el flujo de corriente en un circuito. Tiene tres conexiones que varían según el tipo de transistor, y se utiliza principalmente como interruptor o amplificador.

Transistores Bipolares: Sus conexiones son emisor, base, colector. Dependiendo de la **corriente** que fluye a través de su base, si hay corriente entre el emisor y el colector.

Transistores MOSFET: Sus conexiones son source, drain y gate. Dependiendo de la **tensión** aplicada a su gate, que controla el flujo de corriente entre el source y el drain.

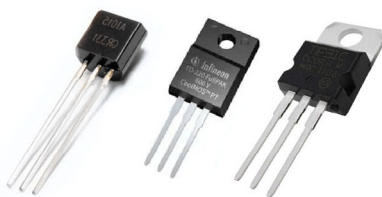


Figura 07: Imagen de referencia de transistores

Relés

Un relé, funciona de manera similar, aunque para mayor voltaje. Se activa por una señal eléctrica de baja potencia y funciona como interruptor de un circuito para controlar un dispositivo que requiere mayor potencia, como un motor o un sistema de iluminación. Esto es útil cuando es necesario controlar dispositivos de alta potencia sin tener que manejar directamente grandes corrientes o

voltajes a través del interruptor principal.



Figura 08: Imagen de referencia del relé

Capacitores

Un capacitor es un componente electrónico que actúa como una pequeña batería recargable. Su función principal es almacenar energía eléctrica y liberarla en un corto período de tiempo. Un capacitor se carga en un determinado tiempo, y luego puede proporcionar energía temporalmente a un circuito.

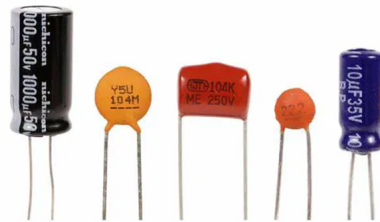


Figura 09. Imagen de referencia de diferentes capacitores.

Tipos de corriente

La corriente continua (DC) puede compararse con el flujo de agua de una canilla, donde el agua circula continuamente. Este tipo de corriente aparece en baterías, e implica que el flujo sucede en un solo sentido. En cuanto a la corriente alterna (CA) se parece más al flujo pulsátil que se obtiene de una hidrolavadora, ya que alterna el sentido del flujo eléctrico de positivo a negativo, una determinada cantidad de veces por segundo. Esta última es esencial para aumentar el voltaje para que la electricidad pueda distribuirse a largas distancias (Make electronics, 2009).

En los circuitos eléctricos, la configuración de los componentes determina cómo se distribuyen el voltaje y la corriente. En un **circuito en serie**, los componentes están conectados de manera consecutiva, por lo que el voltaje se divide entre ellos mientras que la corriente es la misma para todos. Por el contrario, en un **circuito en paralelo**, los componentes tienen un camino independiente para la corriente, lo que hace que el voltaje sea constante en todos los componentes, pero la corriente se divide entre ellos.

Hay dos observaciones clave relacionadas con la resistencia de estos circuitos: primero, al colocar dos resistencias iguales en paralelo, la resistencia total se reduce a la mitad, mientras que en un circuito en serie, duplicar las resistencias aumenta la resistencia total. Segundo, la resistencia total de un circuito en serie es la suma de todas las resistencias, mientras que en un circuito en paralelo, la resistencia total es siempre menor que la de cualquier componente individual. (Ambientech, s.f.).

Protocolos de comunicación

Los protocolos de comunicación son un conjunto de reglas y estándares que permiten el intercambio de información entre dispositivos o sistemas. Estos permiten la comunicación entre ordenadores heterogéneos, y adoptar estándares entre fabricantes y usuarios, asegurando que los dispositivos puedan entenderse entre sí (Gimeno Del Valle, M., 2013). Entre ellos están los protocolos inalámbricos (Bluetooth, Wi-Fi, Zigbee, LoRa), los de hardware (USB, HDMI), entre muchos otros⁴.

Placas de circuito impreso

Una placa de circuito impreso (PCB) es una placa de sustrato no conductora que se utiliza para el ensamblaje e interconexión de componentes electrónicos a través de rutas o pistas de un conductor de material grabado en el sustrato. Las PCB se componen de un sustrato o refuerzo, que actúa como soporte del recubrimiento conductor. Entre estos dos, se utiliza un adhesivo⁵.

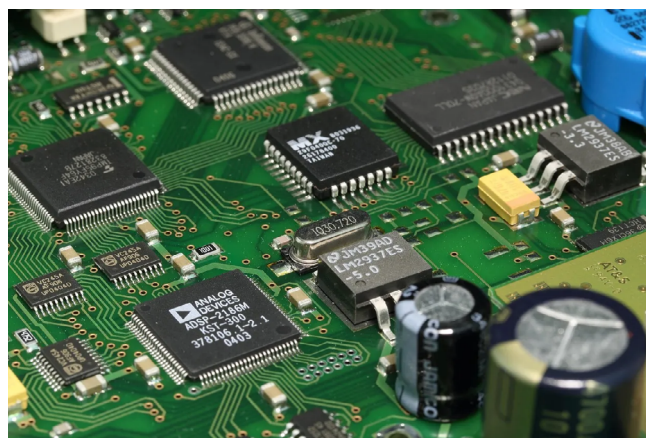


Figura 10: Imagen de referencia de una PCB.

La mayoría de las PCB en electrónica son simples y están compuestas de una sola capa. Sin embargo, los circuitos electrónicos más sofisticados, como las tarjetas gráficas de los ordenadores o las placas base, suelen tener múltiples capas, a veces hasta dieciséis o más, denominadas PCB “multicapa”. Comúnmente, los sustratos se realizan de fibra de vidrio, epoxi compuesto u otro material compuesto. Diferentes productos electrónicos tienen diferentes requisitos en el material base de PCB.

Los sustratos de PCB típicos están hechos de un compuesto de algún tipo de material de refuerzo o núcleo que proporciona el soporte “esquelético” para el laminado. Esta parte de la PCB da fuerza y estabilidad dimensional. Se realizan de fibra de vidrio,

4 Para profundizar en este tema, puede leerse el artículo de [RS Components, \(2016\)](#)

5 (Silvestre, Salazar y Marzo, 2020).

epoxi compuesto, fibras de teflón o telas de cuarzo. Otro buen ejemplo de material de núcleo para PCB es el FR-4: se compone de fibra de vidrio tejida con un aglutinante de resina epoxi que es resistente a las llamas. Sobre el recubrimiento conductivo o catalítico: esta es la base de material para crear el patrón de circuito.

Además del refuerzo y el recubrimiento, para fabricarlas se utiliza un “pegamento” que une el laminado con el refuerzo. Algunos ejemplos de este tipo de materiales aglutinantes son termoplásticos o resinas de uso general.

Una vez que se fabrica la PCB, los componentes ensamblados y la PCB verificada, generalmente se aplican dos tipos de productos a la misma: Primero, se aplica algún tipo de limpiador o solvente de flujo a la PCB; Luego se aplica un recubrimiento protector que cubre todo el circuito. Este recubrimiento protector final evita que el cobre se oxide y da una mayor durabilidad a las placas.

Etapas
Exploratorias



Análisis Diacrónico

Para profundizar el entendimiento de la electrónica, y los conceptos circuito y placa en la actualidad, se revisan los hitos que aportaron a la concepción de esta tecnología en los últimos años:

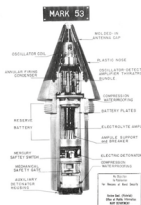
General Electric - 1930

Ejemplo de una radio de la época, que muestra la problemática que aparecía en la construcción de dispositivos electrónicos previo a las PCB



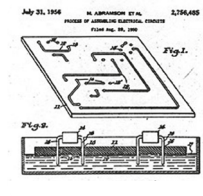
Estados Unidos - 1943

Estados Unidos utilizó esta tecnología para la construcción de fusiles de proximidad para la segunda guerra mundial.



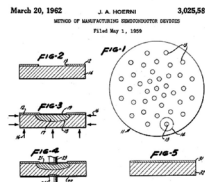
Moe Abramson y S. F. Danko - 1949

Desarrollaron el proceso de auto-ensamblaje: los terminales de los componentes eran insertados sobre una capa del circuito y los mismos servían como nodos de conexión para la segunda capa.



Jean Hoerni - 1959

Desarrolló el proceso planar, que permitió la fabricación de transistores y circuitos integrados con mayor eficiencia, precisión, y menor precio.

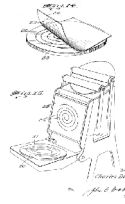


Montaje de superficie - 1980's

Esta tecnología comenzó a reemplazar la tecnología de montaje de orificio pasante, permitiendo piezas aún más pequeñas. Comenzó la era digital y se desarrolló el software CAD.



1925 - Charles Ducas



Creó un método de fabricación para reducir el costo de bobinas de cobre, lo cual da origen al desarrollo de las placas de circuito impreso.

1936 - Ing Paul Eisler



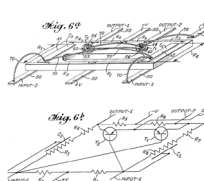
Inventó el circuito impreso como parte de un equipo de radio. Antes de estos, se utilizaba la construcción punto a punto, que implicaba diseños extremadamente voluminosos y poco confiables.

Empresa Bell Labs - 1947



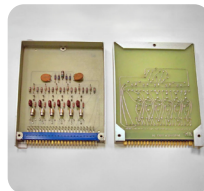
Se desarrolló el transistor, el cual permitió reducir el volumen y temperatura de los componentes. Se lanzó la invención de las PCB para uso comercial, lo que posibilitó la producción en masa y su desarrollo exponencial.

1958 - Jack Kilby y Robert Noyce



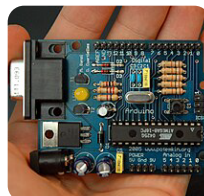
Por separado, crearon dos patentes de un "Circuito Electrónico Miniaturizado" y un "Dispositivo Semiconductor y Estructura de Conexión", que fueron claves para el posterior desarrollo del circuito integrado.

60's - Through hole de 4 capas



Se comenzaron a producir placas de circuito impreso (PCB) multicapa (de 4 o más capas). La PCB de doble cara metalizada con orificio pasante alcanzó la producción en masa.

2006 - Placas de desarrollo



Se lanzó la primera placa de desarrollo con microcontrolador que atrajo la atención de los ingenieros: Una placa de creación de prototipos.

Mapa exploratorio

Con el objetivo de explorar el campo y realizar clasificaciones preliminares sobre temas pertinentes relacionados a los dispositivos electrónicos, se realizó un mapa exploratorio,

detallando ítems en los siguientes niveles: Actividades de la vida diaria; dispositivos electrónicos; componentes; temas destacables.

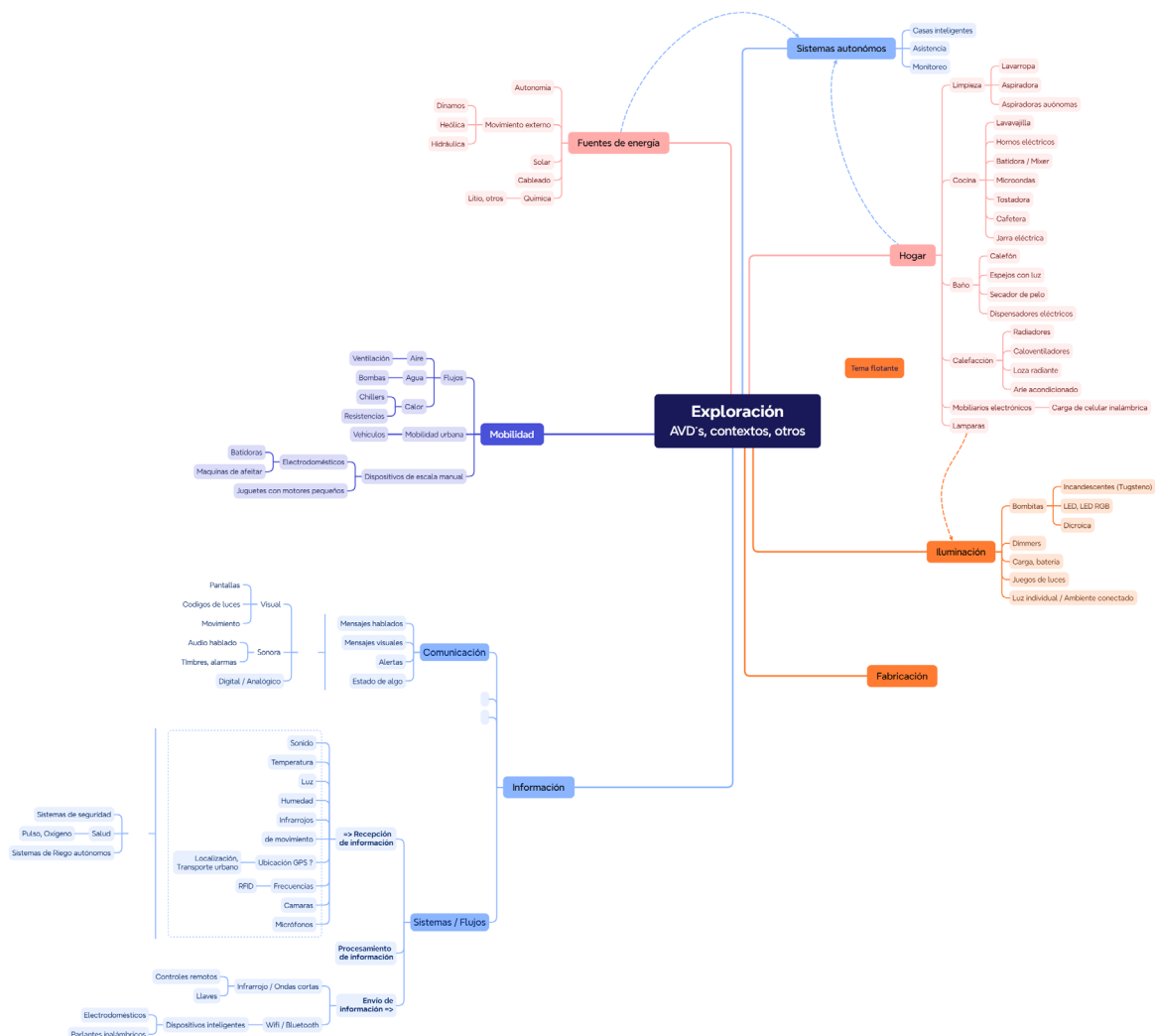


Figura 11: Referencia del mapa exploratorio. (Ver mapa ampliado en anexo)

En un primer nivel, se expandió en AVDs (actividades de la vida diaria) y las situaciones en las que participan dispositivos electrónicos. En un segundo nivel, se incluyeron los dispositivos electrónicos que aparecen en cada actividad y contexto, y en un tercer nivel, se incluyeron algunos de los componentes que requieren estos dispositivos para funcionar. Posteriormente las ramas se expanden a temas destacables que orbitan los dispositivos incluidos en el mapa.

De este mapa exploratorio, **se comienzan a diferenciar dispositivos electrónicos en cuanto a su complejidad**, tanto por la cantidad de componentes electrónicos que contienen como por la necesidad de procesar información, lo que complejiza a los dispositivos ya que los obliga a incluir microcontroladores y su respectiva programación. En este aspecto, se observa a partir del mapa la necesidad de profundizar en los microcontroladores y su programación.

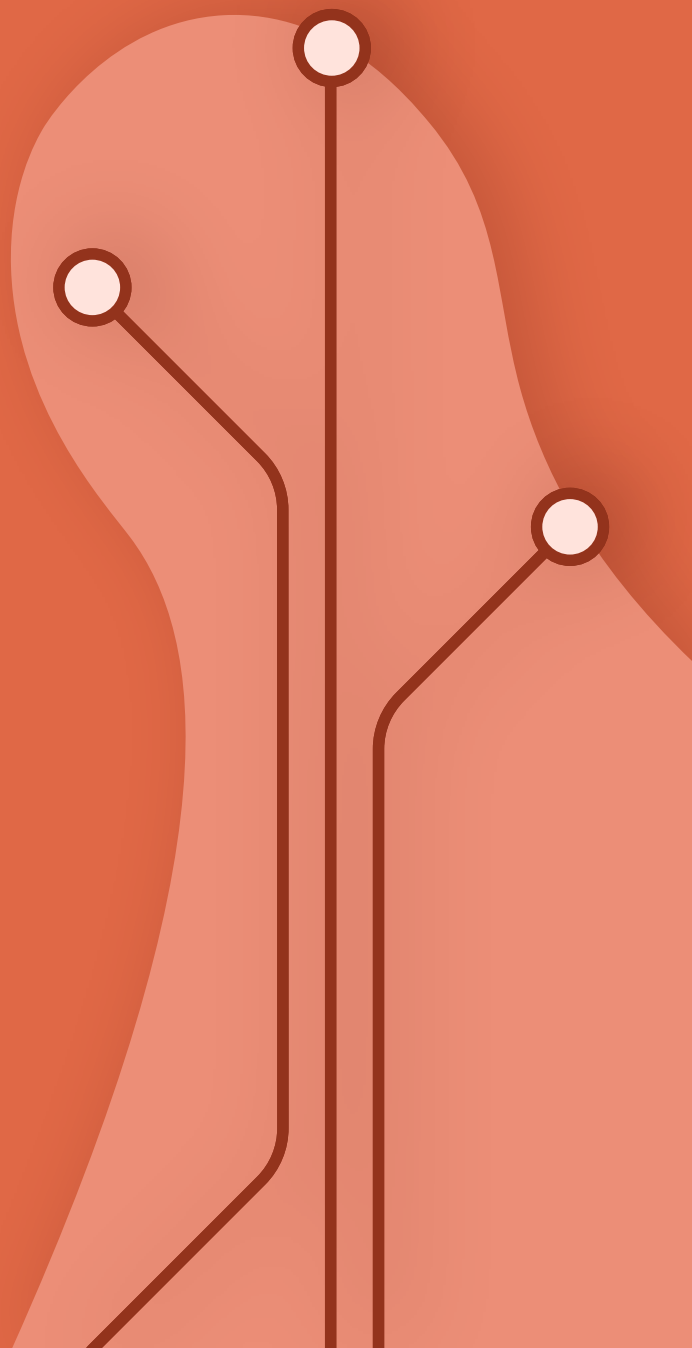
Por lo tanto, se identifican dos grupos de dispositivos, clasificados según su complejidad. En primer lugar, están los dispositivos más simples, que no procesan información a través de una PCB o que utilizan una muy básica. Estos dispositivos operan mediante relaciones directas entre una acción y un resultado, como un cambio de velocidad, un juego de luces, o la conexión de una pila a un motor. En segundo lugar, existen los dispositivos más complejos, en los que se observa el uso de una PCB y microcontroladores. Estos dispositivos cuentan con entradas de información que son procesadas mediante secuencias lógicas de programación para generar una respuesta.

En resumen, este mapa exploratorio permitió visualizar la diversidad y complejidad de los dispositivos electrónicos en función de su interacción con actividades cotidianas. En la búsqueda de criterios de clasificación, se identificaron áreas clave como los microcontroladores y la programación, que demandan una mayor complejidad tecnoló-

gica, así como la cantidad de componentes que implican.

Además, el **ciclo de procesamiento de información** se presenta como un eje central para entender el funcionamiento de los dispositivos electrónicos complejos, desde la entrada de datos hasta su procesamiento y respuesta.

Análisis de casos



Se analizan dos casos de estudio a partir de contenido teórico, se realiza una visita a una fábrica de producción local y, por último, una entrevista de la cual surgen dos casos de análisis adicionales. En total, se abordan **cuatro casos de estudio** con el objetivo de visibilizar las potencialidades y limitaciones de estos a través de las decisiones tomadas durante los procesos de diseño, así como su relación con el contexto local. Además se consideran otros aspectos emergentes del análisis que aportan al desarrollo de la tesis.

Caso 1 - Proyecto Chipeco

Proyecto desarrollado en el marco de Unidad de Proyecto IV, que integra electrónica en una propuesta de diseño en territorio. Aunque es un antecedente directo de esta tesis, se toma como caso de estudio para analizar la investigación de componentes y profundizar en otros conceptos clave surgidos durante su desarrollo.

Caso 2 - Tesis sobre el desarrollo de un huerto urbano

Trabajo de grado en ingeniería en telecomunicaciones que aplica la metodología DIY para diseñar un sistema inteligente y autónomo mediante el uso de electrónica.

Visita - Controles S.A.

Documentación del proceso de fabricación y testeo en esta empresa local, que desarrolla, produce y testea dispositivos electrónicos a gran escala.

Entrevista - Julián Oreggioni

Profesor grado 3 y director de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería. A partir de esta entrevista surgen el tercer y cuarto caso de estudio:

Caso 3 - Patente

Dispositivo electrónico para la venta de productos intangibles en máquinas expendedoras.

Caso 4 - Patente

Sistema Y Dispositivo Para El Monitoreo De La Actividad Reproductiva En Animales.

Caso 1 - Análisis del proyecto Chipego



Figura 12: Imagen de referencia del gimnasio de escalada Montevideo Boulder Club

Bajo la premisa de Unidad de Proyecto IV, sobre Diseño en Territorio, se trabajó con el gimnasio de escalada Montevideo Boulder Club.

El proyecto parte de la observación, de que muchos aspectos del gimnasio podrían ser información de utilidad. Sin embargo no está organizada, o documentada de manera efectiva, por lo tanto el proyecto busca cómo sistematizar la información obtenible de los socios para mejorar la experiencia de estos al momento de la actividad, además de atender de una manera más argumentada su progreso y su rendimiento en el deporte.

Para esto, se desarrolló un sistema de cuatro partes, en el que ocurría la recolección, el procesamiento y la aplicación de información. Entre estas partes, para la recolección de información, se desarrolla un dispositivo electrónico que se ubica en zonas de las paredes de escalada, y recolecta información de los deportistas mediante tecnología RFID⁶, con las acciones de los socios: el dispositivo incluye un receptor RFID, y cuando

un deportista se acerca con su TAG, se registra información.



Figura 13: Imagen de referencia del dispositivo

6 La tecnología **RFID** refiere a Identificación por Radio Frecuencia, y permite identificar un objeto por cercanía, mediante la utilización de un receptor y un tag identificador. Es la tecnología utilizada en llaves magnéticas y tarjetas de boletos de ómnibus.

Investigación de componentes

Este dispositivo, además de diseñarse para el contexto de la pared de escalada, implicó una investigación de componentes electrónicos, su funcionalidad y compatibilidad, en la cual se estudiaron las capacidades tecnológicas de cada uno.

En cuanto a decisiones sobre la tecnología a utilizar, se evaluaron cinco características principales para profundizar sobre los componentes:

- **Funcionalidades de los componentes**
- **Disponibilidad en el mercado local e internacional**
- **Compatibilidad en el conjunto de componentes**
- **Costos**
- **Tamaños**

Composición del dispositivo

Para definir qué componentes utilizar, se diseñaron las funcionalidades del dispositivo electrónico en relación al sistema planteado para el proyecto, mediante herramientas de análisis de información y secuencia de uso para entender qué información era posible registrar con las tecnologías disponibles. Los componentes finales propuestos fueron:

Placa de desarrollo⁷ ESP32-WROOM: Esta placa permite recibir información del receptor RFID, almacenarla durante el día, e intercambiar información con la computadora del gimnasio, utilizando WiFi como protocolo de comunicación⁸.



Figura 14: Imagen de referencia de ESP32-WROOM

Batería de Litio LP603449: batería de 3.7V y 1100mAh, que permite la autonomía suficiente del dispositivo, además de tener dimensiones deseables.



Figura 15: Imagen de referencia de la batería.

Módulo de carga USB-C: este módulo permite cargar baterías de litio.

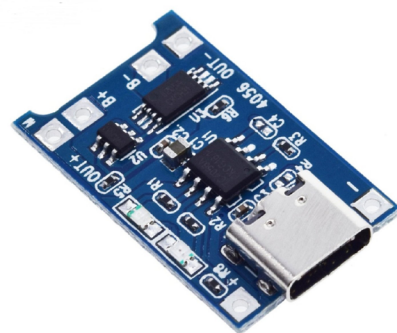


Figura 16: Imagen de referencia del módulo de carga.

⁷ Ver [glosario de términos](#).

⁸ Para saber más sobre protocolos de comunicación, ver [marco teórico](#) y [análisis de caso 4](#).

Receptor RFID: componente que recibe información de los “tags” RFID, por radio frecuencia.



Figura 17: Imagen de referencia del receptor RFID.

Luz LED: un LED común que brinda información a los usuarios.



Figura 18: Imagen de referencia de LEDs.

Sumado a esto, se propusieron **“tags pulsera”** como insumo, de forma que cada usuario tuviera su tag para registrar sus intentos en cada ruta.



Figura 19: Imagen de referencia de las pulseras.

Selección de la placa de desarrollo

Para seleccionar la placa adecuada durante el proyecto, se evaluaron diferentes modelos disponibles en el mercado. Principalmente, se tuvo en cuenta el costo, el tamaño y la capacidad de conectarse a una red. En adición, a la hora de seleccionar una placa de desarrollo, pueden tenerse en cuenta otros aspectos:

Microcontrolador⁹:

Existen microcontroladores con diferentes características, estos pueden variar en velocidad de procesamiento, capacidad y tipo de almacenamiento, funciones, y conexiones externas. Algunos microcontroladores como el ESP 32 incluyen una antena de conectividad bluetooth/wifi.

Cantidad de conexiones de la placa:

Cada placa de desarrollo dispone de distinta cantidad de conexiones, dependiendo de las que permita su microcontrolador, y la forma de conectarse varía según los requerimientos de cada componente. Las placas de desarrollo disponen de conexiones analógicas y digitales, GPIO, de tierra (GND), entre otras. Las analógicas permiten conexiones de entrada o salida con voltaje variable, mientras que las digitales son para recibir o emitir información booleana: 0-1, HIGH-LOW, o encendido-apagado (UNIVAC Tecnología, 2023).

Entorno de programación o sistema operativo:

Cada microcontrolador tiene su forma de ser programado. Algunos como Arduino o ESP 32 WROOM se programan en C o C++, aunque pueden programarse mediante el

entorno de desarrollo de Arduino (Arduino IDE), el cual es un entorno de programación accesible, en cuanto a entendimiento. Otras, como la placa RASPBERRY requieren un sistema operativo propio, lo cual hace que su programación sea más compleja.

Para profundizar lo observado en el caso, se realizó un relevamiento de placas de desarrollo, sus características y principales diferencias, con lo cual se realizó la tabla comparativa que sirve de guía a la hora de seleccionar una placa de desarrollo¹⁰.

Realización de PCBs a medida.

Durante el desarrollo del proyecto, también se consideraron los costos de cada componente, concluyendo que cada dispositivo tendría un costo de 11 dólares al comprar los componentes al por mayor, o 15 dólares si se adquirirían individualmente.

En este sentido, las placas de desarrollo relevadas en la tabla 1, son placas genéricas, las cuales son ideales para el aprendizaje o la realización de proyectos que requieran una pequeña cantidad de placas. Sin embargo, aunque algunas de estas placas cumplen con las funciones deseadas para el caso 1, su costo es significativo, incluyen funcionalidades innecesarias y requieren de componentes externos para su funcionamiento. Debido a estas limitaciones, se investigó la posibilidad de diseñar una PCB¹¹ a medida con el fin de reducir costos:

Idealmente, una placa realizada a medida para el dispositivo utilizaría menos material de base y menos componentes, además de poder incluir algunos componentes externos y ser significativamente más pequeña, lo cual serviría para incluir el dispositivo en las paredes de escalada. Debido a esto se evaluaron las posibilidades de fabricar la

9 Ver [glosario de términos](#)

10 La misma se encuentra disponible en anexo o en [este enlace](#).

11 PCB: por sus siglas en inglés, [Placa de Circuito Impreso](#).

PCB a medida sólo con los componentes necesarios para el circuito. Para esto, sería necesario diseñar o tercerizar el diseño de la placa, y fabricarla mediante proveedores.

Para realizar una placa a medida, se requiere crear un archivo CAD con las especificaciones de fabricación. Existen diversos programas CAD diseñados para diagramar PCBs con sus conexiones, espesores de la conexión, tales como [EasyEDA](#), el cual además permite ordenar automáticamente las conexiones en la placa.

Otros programas posibles son [Autodesk EAGLE](#), [KiCAD](#), o [CircuitMaker](#).

Una vez realizado el archivo CAD, se debe contactar con proveedores que fabrican placas a medida, tales como [PCB way](#) o [iPCB](#). La Figura 20 muestra la página de PCB Way, donde se ve un ejemplo, en que se solicitan 10 PCB de doble capa de dimensiones 40x50mm, y cada una tendría un costo de US\$2,66¹².

Cotización en línea

Subir archivo Gerber

Pago

Fabricación

Envío

Confirmar y Revisar

PCB estándar

PCB Avanzado

FPC/Rígido-Flex

Montaje

Plantilla SMD

CNC | 3D

Reiniciar

Calcular

Selección de las especificaciones de la PCB

Cómo funciona (3 pasos)

PCB de pedido rápido

Tipo de placa:

Piezas sueltas

Panel del cliente

Panel creado por PCBWay

Diseños diferentes en el panel:

1

2

3

4

5

6

p.e.

* Dimensiones (único):

40

X

50

mm

inch↔mm

Único Tamaño

Panel Tamaño

* Cantidad (único):

10

piezas

Capas:

1 Capa

2 Capas

4 Capas

6 Capas

8 Capas

10 Capas

12 Capas

14 Capas

Material:

FR-4

Aluminio

Rogers

HDI(Vías enterradas / ligadas)

Base de Cobre

*El modelo de material se puede observar a continuación. HDI está disponible para 4 capas o más.

FR4-TG:

TG 130-140

TG 150-160

TG 170-180

S1000H TG150

S1000-2M TG170

*The base material of 2-layer PCBs(>=1m2 area order) is automatically upgraded to S1000H TG150 for FREE with more stable and higher quality.

Grosor:

0.2

0.3

0.4

0.6

0.8

1.0

1.2

1.6

2.0

2.4

2.6

2.8

3.0

3.2

Precio y tiempo de producción

Precio de la PCB

Matriz de comparación de precios

Tiempo de preparación	Cantidad	Total
24 horas	10	\$5.00
Extra Urgente	10	\$99.04

Precio final pendiente de nuestra comprobación.

Gastos de envío:

\$21.63

SPAIN

FedEx IP

FedEx-IP 4-6 días laborales, wt:0.05kg

Fecha de envío 2024/9/3 AM

Fecha de entrega 2024/9/8

Precio PCB:

\$5.00

Envío:

\$21.63

Total:

\$26.63

Añadir a la cesta

Figura 20: Imagen de referencia de la página web PCBWay.

12 El costo de esta cotización es estimado, y no incluye envío ni el proceso de montaje de los componentes en la placa.

Observaciones del Caso 1

Este **primer caso de estudio** destaca la **investigación de componentes** electrónicos, priorizando la funcionalidad y compatibilidad entre ellos para lograr los objetivos planteados en el proyecto. También destaca por el diseño de un sistema que considera además del dispositivo, el **flujo de la información** y el análisis de la misma.

Asimismo, en el caso se realizaron testeos del circuito, lo cual es imprescindible para entender aspectos de la situación de uso al registrar en el dispositivo, y concluir en un circuito posible, lo que permitió estimar los **costos** en caso de fabricarlo. También se mencionan decisiones sobre la selección de ciertos componentes, principalmente en las placas de desarrollo, para las cuales se elabora una tabla comparativa de los diferentes modelos.

Por último, el caso evalúa la posibilidad de realización de PCBs¹³ a medida e introduce las posibilidades y limitaciones de esta alternativa, las cuales se desarrollarán más adelante¹⁴.

13 PCB: por sus siglas en inglés, [Placa de Circuito Impreso](#).

14 En el análisis de la [visita a Controles S.A.](#)

Caso 2 - Análisis del proyecto: Diseño de un huerto urbano inteligente y autónomo

Los dispositivos electrónicos son capaces de atender automatizaciones de tareas o facilitar el monitoreo. El siguiente caso de estudio es **Diseño de un Huerto Urbano Inteligente y Autónomo**, escrita por **Oqueber Navarro** para su trabajo de tesis de grado en Ingeniería en Electrónica de Comunicaciones, en la cual se utiliza la metodología DIY para realizar el diseño de un huerto urbano inteligente y autónomo para el ambiente doméstico, atendiendo las problemáticas de riego excesivo, falta de iluminación, y falta de información del usuario sobre el estado del huerto.

Si bien existen diversos casos de diseños de automatización de huerta con placas de desarrollo, esta tesis se destaca por realizar una investigación previa de los factores necesarios a tener en cuenta para el correcto mantenimiento de las plantas (humedad, nutrientes, iluminación, entre otros), y plantea opciones de cómo medir y responder frente a cada uno de ellos.

En la tesis se detallan sensores capaces de detectar el nivel de humedad en el sustrato, otros capaces de medir la cantidad de luz en el ambiente, para medir temperatura y también sensores híbridos, como por ejemplo el BME280, el cual combina termómetro, barómetro e hidrómetro en una misma placa.

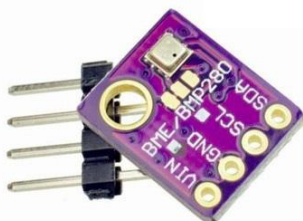


Figura 21: Imagen de referencia del sensor híbrido BME280

También se realiza una tabla comparativa de microcontroladores ESP y muestra opciones para resolver el almacenamiento de información, una comparación de tiras de luz led, bombas de agua, y sistemas de riego automático disponibles en el mercado.

Durante la investigación, se enfatiza en la elección y justificación de los parámetros a medir, (humedad, luminosidad, pH, presencia de nutrientes), y de qué formas puede medirse – detallando diferentes tipos de sensores posibles – para definir qué datos se obtienen, y diseñar cómo responder frente a estos datos, considerando las posibilidades y limitaciones de la tecnología.

Este procedimiento podría utilizarse para cualquier proyecto en el que se pretenda realizar una automatización o monitoreo: es imperativo investigar el contexto para entender qué información obtener, cómo es posible operar con ella para responder frente a lo obtenido (Figura 22).

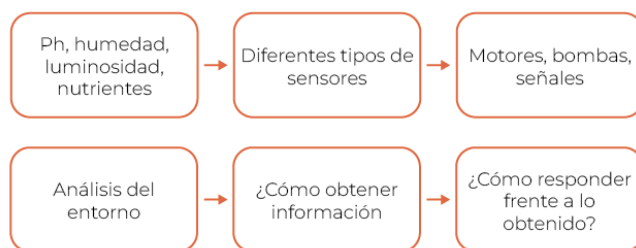


Figura 22: Explicación esquemática del procedimiento.

La investigación describe **tres subsistemas que conviven para el cumplimiento de los objetivos**: El huerto urbano, donde se extrae información y se realizan acciones; un servidor central, donde se procesa la información; y una plataforma web donde el usuario tiene posibilidad de monitorear y realizar acciones en el huerto. Este punto es crucial, ya que en el diseño no solo se utilizan componentes para lograr la automatización, sino también un sistema en el que el usuario, los dispositi-

vos, el entorno, la información y la actividad de monitoreo, son parte.

Para ello, fue necesaria la **creación de softwares** instalados en los microcontroladores y en el servidor local, que se utilizarían para manipular la información obtenida por los sensores, así como el sistema de riego y la comunicación con el servidor central y la página web.

En la tesis, Navarro realiza una descripción de las funcionalidades del software, y posteriormente muestra los diagramas de flujo de cada código programado. Esta herramienta es útil antes de la construcción de código, para describir y descomponer procesos, sistemas o algoritmos informáticos. La figura 23 muestra el diagrama de la rutina utilizada para conectar el microcontrolador¹⁵ a wifi, y la figura 21 muestra la función de cada pictograma en esta herramienta.

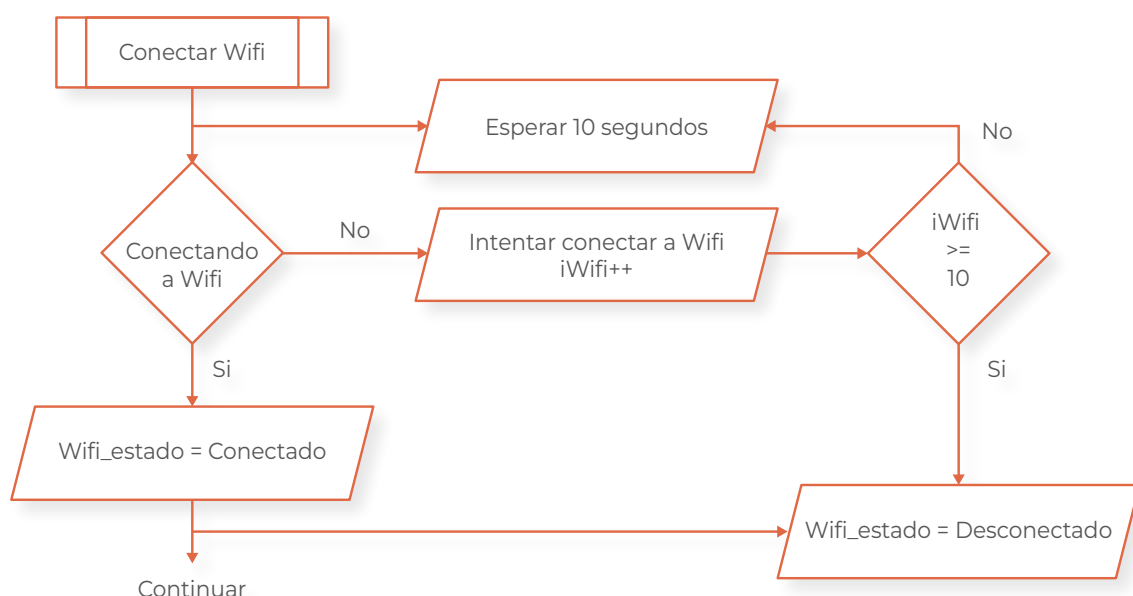


Figura 23: Esquema de referencia de un diagrama de flujo

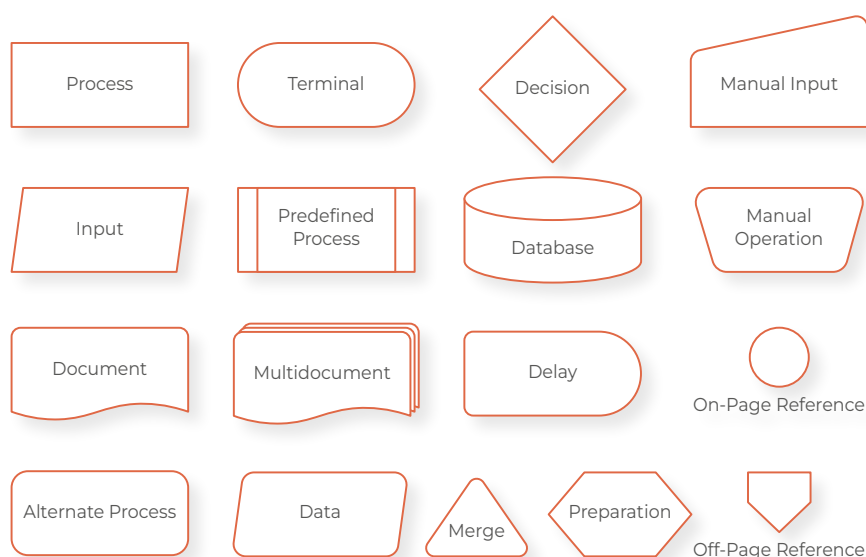


Figura 24: Referencia del significado de los pictogramas en un diagrama de flujo¹⁶

¹⁵ Ver [glosario de términos](#).

¹⁶ Zen Flowchart (s.f.)

Observaciones del Caso 2

El **segundo caso de estudio**, ejemplifica la automatización de tareas mediante dispositivos electrónicos. Se destaca por el proceso investigativo previo, en el que se estudian el entorno y las tecnologías disponibles para monitorearlo, considerando todas las partes del sistema: el usuario, la actividad de monitoreo, el dispositivo, el entorno, y la información.

Además, es importante destacar el uso de software como herramienta para procesar y monitorear la información obtenida, así como la realización de **diagramas de flujo** como herramienta para el diseño del sistema.

Tanto el primer caso de estudio mencionado previamente, como este segundo, enfatizan la investigación previa de cara a la integración de componentes electrónicos en sus productos o sistemas.

Visita a Controles S.A.

La empresa Controles S.A. realiza servicios de ingeniería en el ámbito industrial. Si bien no fabrica PCBs¹⁷ de forma completamente autónoma, tercerizan la fabricación de la placa sin ensamblar, y realizan el ensamblaje y testeo de las mismas. La visita a la empresa, incluyó una conversación con el director de la empresa **Santiago Lafón**, y con el ingeniero **Sebastián Fernández**, quienes presentaron tres dispositivos, de los cuales dos se relacionan a centrales eléctricas y se fabrican en el lugar, y el tercero trata de un dispositivo de carga de vehículos doméstico, que se encuentra actualmente en desarrollo.

El primer dispositivo se denomina UIT115, y se trata de una Unidad Interfaz de Telecontrol. Se fabrica actualmente para UTE y para parques eólicos de terceros. Para diseñarlo, se llevaron a cabo tareas de diseño de software y firmware, desde la perspectiva de la electrónica, sumado al diseño de una cabina que protege y sostiene el dispositivo.

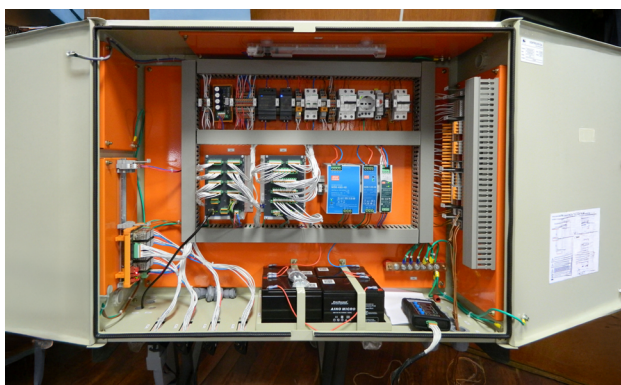


Figura 25: Imagen de referencia del dispositivo UIT115

El segundo dispositivo presentado es el RTU194, un equipo diseñado para la función de controlador de una estación de transformación de energía. De este dispositivo, se destaca la interfaz y la pantalla, la cual trata de una PCB de 8 capas, entre ellas una PCB flex y una jaula de faraday para evitar interferencias, la pantalla y la interfaz de botones

del tablero, entre otras. La fabricación de este componente es tercerizada.



Figura 26: Imagen de referencia del dispositivo RTU194

Los entrevistados comentan sobre su proceso de desarrollo de las PCB, el cual puede dividirse en **siete etapas**, que se describen a continuación. Entre ellas el diseño del funcional eléctrico, placement & route (la diagramación), selección de componentes, fabricación de prototipos, fabricación de placas, armado de las placas, y por último los testeos.



Figura 27: Esquema etapas del proceso de desarrollo de las PCB en Controles S.A.

17 PCB: por sus siglas en inglés, Placa de Circuito Impreso.

Diseño del funcional eléctrico:

Refiere a un diseño esquemático que implica los componentes y conexiones necesarias para que el dispositivo funcione.

Placement & route (Diagramación):

Partiendo del funcional eléctrico, en esta etapa se define la diagramación de la placa, es decir, la ubicación de cada componente, los espacios necesarios entre ellos, la ubicación de las conexiones y los orificios necesarios. Para esto utilizan Altium¹⁸, del que se exportan los archivos Gerber, los cuales incluyen toda la información geométrica necesaria para fabricar una placa. Junto a estos, se incluye también el archivo con las coordenadas de las perforaciones que sea necesario realizar en la placa. Esta etapa, culmina con el envío de los archivos Gerber y de perforaciones para mandar a producir las placas de los prototipos.

Durante esta etapa es importante respetar los márgenes adecuados entre los componentes, que se obtienen de las hojas de datos de cada uno, así como la separación entre las pistas¹⁹, lo cual es calculable según el voltaje y el amperaje.

También es prudente incluir puntos de testeo del funcionamiento de partes del circuito, lo cual se explicará más adelante.

Selección y testeo de componentes:

En el caso de esta empresa, ya tienen proveedores para la mayoría de los componentes, los cuales están certificados bajo normas de calidad, por lo que no requieren realizar una búsqueda en el mercado en cada proyecto.

Lo ideal de esta etapa es realizarla en paralelo al diseño funcional eléctrico y a la diagramación ya que en estas etapas se define qué componentes utilizar. Sin embargo, en

el caso de Controles S.A. como ya poseen proveedores de componentes estándar, esto se realiza en casos puntuales, en la etapa de diagramación. Sobre la selección de componentes, los entrevistados mencionan que es importante buscar componentes lo más estandarizados posible, para garantizar su existencia a largo plazo en el mercado, y que estén certificados, para garantizar su calidad.

Los componentes poseen una hoja de datos, de la cual puede extraerse información sobre su comportamiento en un circuito y los márgenes necesarios respecto a otros componentes. Al comprar un lote de componentes se evalúa el funcionamiento de uno de ellos bajo diferentes condiciones de temperatura, corriente y voltaje hasta alcanzar su punto de fallo.

Fabricación y testeo de prototipos:

Previo a la obtención de un prototipo final, se diseñan de 3 a 5 prototipos de PCB. Para esto se terceriza la fabricación de las placas sin ensamblar, que luego son ensambladas y testeadas in situ. De los prototipos se realizan testeos de fallas, evaluando la eficiencia de las conexiones, si existen interferencias entre las pistas, o si alguna pieza quedó mal soldada. En base a lo evaluado se resuelve cuál prototipo utilizar para la producción en serie.

Fabricación in situ: La empresa terceriza la fabricación de las placas sin ensamblar y también las plantillas de soldadura, pero se realiza el soldado, el ensamblado y el testeo in situ, ya que estas son las etapas determinantes de la calidad del producto final. Los entrevistados mencionan que al fabricar PCBs se tiene esta opción, o estar presente en la fábrica donde se realiza el producto, ya que al tercerizar el ensamblado es difícil garantizar la correcta selección y soldado de

¹⁸ Ejemplo de un programa que realiza archivos CAD para diseño y producción.

¹⁹ Líneas de cobre en una PCB que conectan componentes.

componentes o que se esté testeando de manera adecuada.

Una vez recibidas las placas, se les aplica una **pasta de soldadura** una a una, utilizando una máquina sublimadora y una plantilla de soldadura que envía el mismo fabricante junto con las placas.

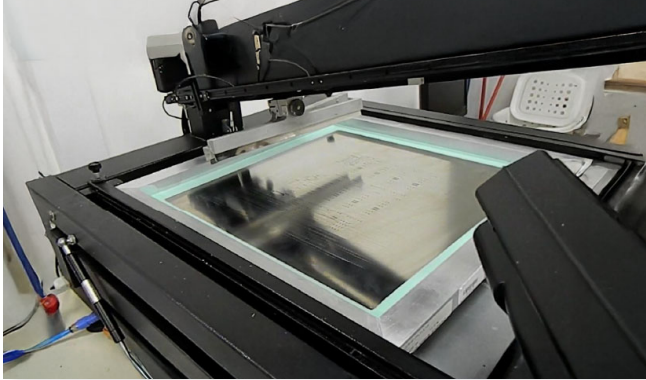


Figura 28: Imagen de la máquina sublimadora, con la plantilla de pasta de soldadura colocada

Luego se colocan en la **"Pick & Place"**, un equipo con CNC en donde se cargan componentes electrónicos en formato de rollo, un cabezal toma los componentes por medio de succión y los deposita en su lugar en la placa, sobre la pasta de soldadura. El equipo también incluye cámaras para verificar que componentes hayan sido tomados adecuadamente, como los microcontroladores²⁰, los cuales tienen muchas conexiones.



Figura 29: Imagen del equipo "Pick & Place" realizando el proceso de colocación de componentes en una placa.

Posteriormente se sueldan los componentes, colocando las placas en un horno, el cual tiene varias zonas de temperatura a lo largo de una cinta: **158 °C**, **199 °C**, **231 °C** y **264 °C**. Si bien es poco común, en caso de que se requieran componentes de orificio pasante (through hole), estos no son colocados por la pick & place, sino que se sueldan manualmente luego del horneado.



Figura 30: Imagen de interfaz para controlar el horno, mostrando las etapas del horneado



Figura 31: Imagen mostrando una placa salida del horno en cinta

Testeo final:

Por último, se realiza el testeo final a cada placa mediante dos procedimientos: En primer lugar se colocan en un equipo de testeo por imagen, que reconoce errores en el soldado o colocado de los componentes.

Por último, se colocan las placas en los bancos de testeo, los cuales son dispositivos para optimizar tiempos y reducir el error

20 Ver [glosario de términos](#).

humano al verificar que las conexiones funcionen correctamente.

En Controles S.A. han construido bancos de ensayos para algunos testeos como el análisis del voltaje en entradas y salidas de algunas placas, de forma que al conectar la placa a un banco de ensayos, se obtiene el valor que devuelve cada uno de los pines. Una buena práctica, es prevenir los lugares de la placa donde será necesario testear, e incluir puntos de testeo en la etapa de diagramación, facilitando el acceso a testear.



Figura 32: Imagen mostrando el banco de ensayos de una PCB

La empresa tiene un enfoque claro en diseñar y fabricar sus propios productos, lo cual abarca desde el desarrollo de PCBs hasta el ensamblaje y testeo. Mencionan que, para fabricar dispositivos electrónicos en Uruguay, no conocen empresas que realicen placas a pedido, por lo que recurren a proveedores internacionales.

Como se observa en su proceso, la mayoría de las etapas del proceso de fabricación se realizan de manera local, aunque también recurren a proveedores externos. Es importante destacar que aunque es posible tercerizar todas las etapas, Controles S.A. opta por realizar el ensamblado y el testeo de los componentes in situ, para garantizar la calidad de sus productos ya que esto asegura que se utilizan los componentes seleccionados y permite verificar el correcto funcionamiento.

Consideraciones al diseñar una placa a partir de lo observado

Los entrevistados mencionan diversos softwares que se pueden utilizar para la diagramación de la placa, entre ellos Altium y Kicad. En caso de diseñar una, se deben realizar los archivos Gerber, los cuales son los archivos que es necesario enviar a un proveedor para poder fabricarla.

Para la diagramación de los componentes en la placa, pueden utilizarse las hoja de datos de los componentes, la cual es proporcionada por su proveedor e indican los espaciamientos a respetar con los demás componentes además de la información descriptiva que es pertinente incluir en la placa para, para indicar su posición y otras indicaciones.²¹

Sobre la diagramación, también es importante respetar el espaciado entre las pistas (líneas de cobre), para evitar interferencias entre ellas.

Respecto a los puntos de testeo: Es prudente identificar los lugares donde se deberá testear valores del circuito, e incluir puntos de testeo que se encuentre accesibles. En caso de que se realice una producción en masa, es necesario planificar el testeo y construir **bancos de ensayo**, los cuales son dispositivos diseñados estratégicamente para optimizar las acciones del testeo y reducir la probabilidad de error humano en la etapa.

Por último, es importante verificar que los productos comprados en el mercado cumplan con estándares de calidad, para asegurar la calidad del producto. A su vez, optar por componentes lo más estandarizados posible es una buena práctica para asegurar su continuidad en el mercado, y poder fabricar y realizar reparaciones por un tiempo prolongado.

21 Como ejemplo se puede ver la hoja de datos del procesador [ATmega328P](#).

Entrevista a Julián Oreggioni

Julián Oreggioni es profesor grado 3 y director de la carrera de Ingeniería Eléctrica de Facultad de Ingeniería, y autor en varios diseños de sistemas y dispositivos electrónicos patentados, que incluyen innovación tecnológica.

Se realizó una entrevista con el objetivo de hablar de su experiencia en proyectos de electrónica, en la cual se extraen consideraciones pertinentes al atravesar un proceso de diseño de dispositivos electrónicos, a través de dos patentes, tomadas como los casos de estudio 3 y 4.

Caso 3: Dispositivo electrónico para la venta de productos intangibles en máquinas expendedoras

Este caso se trata de un dispositivo electrónico para máquinas expendedoras de productos de celulares²², realizado para Pranasys, una empresa de comercio móvil. Fue un trabajo realizado en 2014 en conjunto con Fernán Luna (Diseñador industrial), y Ariel Lipsenstein (ingeniero mecánico), ambos de la empresa Robtec.

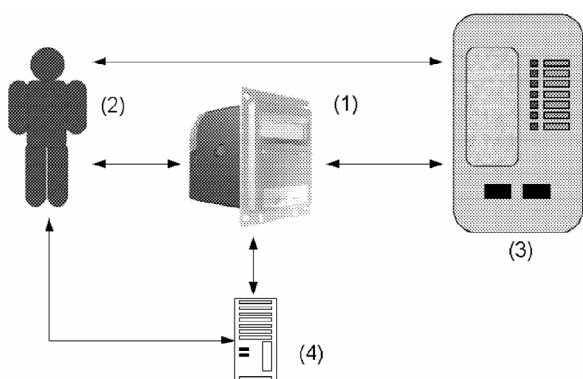


Figura 33: Esquema ilustrativo del sistema²²

Según Julián Oreggioni, los requerimientos estaban relacionados a los tiempos de respuesta: que el usuario pudiera interactuar con la máquina de manera transparente. A su vez requerían realizar un diseño que tuviera autonomía en cuanto a conexión, interfaz y tiempo de respuesta. Sumado a esto debía ser antivandálico y posibilitar la realización de tareas de mantenimiento como conexión y desconexión de cableado, y cambio de papel.

A su vez, menciona que fue desafiante en cuanto a las soluciones tecnológicas necesarias y el alto consumo energético que requería, al incluir un lector de banda magnética para tarjetas de crédito y una impresora térmica: *“Las impresoras térmicas consumen 2-3 A, es bastante ingenioso como resolvimos eso. Los modem de aquella época también consumen 2 A. Entonces, el sistema en esa época consumía 5 A, y es un montón. El problema ahí fue resolverlo sin necesidad de ventiladores, ahí entonces empiezas a precisar piezas mecánicas, mantenimiento, aceite...”*

Este proyecto representó un desafío tanto en diseño como en ingeniería, integrando múltiples disciplinas para garantizar una solución final que equilibra usabilidad, autonomía y resistencia al vandalismo, resolviendo problemas clave como el consumo energético y la durabilidad.

22 Extraído de la patente [US8396589B2](#) (International Business Machines Corporation, 2013)

Caso 4: Sistema Y Dispositivo Para El Monitoreo De La Actividad Reproductiva En Animales

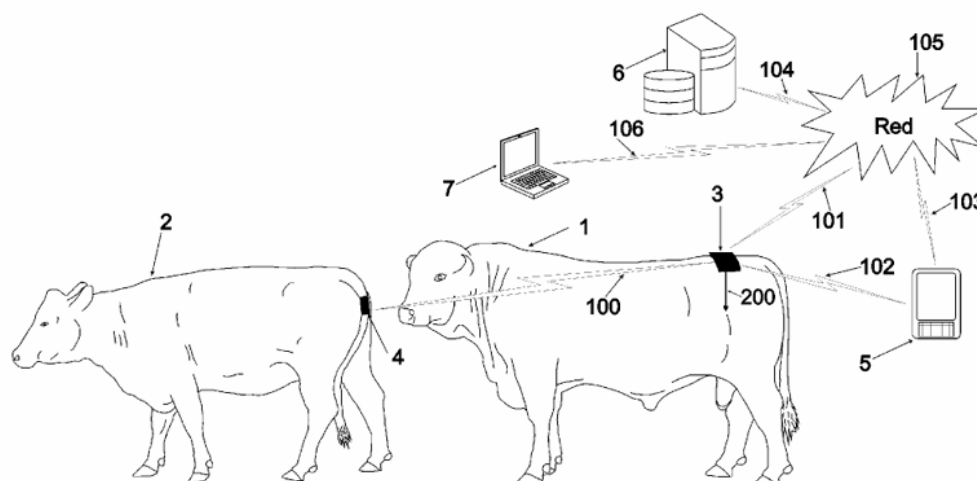


Figura 34: Esquema ilustrativo del sistema, extraído de la patente

El cuarto caso se trata de un sistema de monitoreo de reproducción en ganadería extensiva, que involucra un dispositivo diseñado para colocarse en el lomo de los toros, y un sistema embebido capaz de detectar patrones específicos de movimiento en los animales²³.

En el sistema, se identifican tres dispositivos, como se muestra en la figura 35. El primero es un tag de identificación por radiofrecuencia (4), colocado en las hembras. El segundo, un sensor electrónico (3) colocado en los machos, recopila información de proximidad y la comunica a un sistema central (6) a través de un sistema de comunicaciones (105). El tercer dispositivo (5) se emplea para recolectar información y configurar los equipos

Durante el desarrollo, se evaluaron diversas alternativas hasta llegar a la solución con acelerómetro, con el que se monitorea la actividad de los toros dentro de un rebaño grande, permitiendo obtener información precisa sobre la actividad de los animales sin necesidad de intervención constante.

Según Julián Oreggioni la mayor dificultad de este sistema era la autonomía energética: El sistema tenía que ser autónomo durante meses, no se puede cargar batería, hacer mantenimiento, ni resetear y tenía que funcionar por varios periodos de tiempo, ya que llevar el animal al tubo para tareas de mantenimiento implica una tarea tediosa y aumentar significativamente los costos.

Además, el dispositivo debía ser de poco peso para poder colocarlo sobre el animal, por lo que fue un desafío en cuanto a el peso y tamaño de la batería.

Frente a esto, la solución que comenta es que el dispositivo entre en modo suspensión: *“La regla de oro ahí es irte a dormir cuando no hay nada para hacer [...] hoy en día los dispositivos modernos son capaces de casi apagarse”* (J Oreggioni, 2024). La situación es, que al apagarse completamente se pierde la memoria volátil²⁴, y tanto mantener la memoria como transmitir información, son costosos en términos energéticos.

23 Patente **WO2016103079A1** (ETH Zurich, 2016)

24. Memorias que almacenan datos temporales en dispositivos en funcionamiento, entre ellas la memoria **RAM** (Por sus siglas en inglés, Memoria de acceso aleatorio)

Vida útil y mantenimiento de los dispositivos electrónicos.

Según J. Oreggioni, la electrónica persé no requiere mantenimiento, más allá de limpieza general o cambiar baterías, aunque esto cambia cuando aparecen partes mecánicas, como motores o engranajes, que requieren lubricación. En caso de precisar reemplazar un componente electrónico, lo considera más una reparación, lo que de todas formas es poco común en los componentes pasivos²⁵ (como un capacitor o una resistencia): *“...tienen vida útil, es una gaussiana. Y algunas cosas no sabemos cuánto van a durar, pueden durar 100 años [...] pero te puede pasar que falle un chip a los 2 años”*

Por otro lado, las memorias no volátiles pueden ser significativas para la vida útil, ya que estos componentes tienen ciclos de lectura y escritura que son finitos. Esta información se encuentra en la hoja de datos del componente con memoria. Por ejemplo: el microcontrolador²⁶ de la placa de desarrollo Arduino UNO R3 tiene en su memoria no volátil 100.000 ciclos²⁷, lo que si bien no implica un problema para reescribir el código que se utiliza, puede serlo para guardar información.

Por último, comenta sobre la vida útil:

*“Hoy en día no hacemos nada para que dure 40 años, lamentablemente. Para mí **cualquier tecnología electrónica se va a volver obsoleta antes de que deje de ser funcional**, salvo que estemos hablando de cosas de mala calidad [...] una resistencia no se te va a romper, salvo le pases más de lo que resista, o un condensador, un*

transistor no se te va a romper. Mucho antes se te rompe la batería”.

Protocolos de comunicación

El entrevistado comenta sobre los protocolos de comunicación entre dispositivos²⁸, tomando como ejemplo el primer caso de estudio, sobre el Dispositivo Chipeco (Caso de estudio 1), y sugiere la elección de otro protocolo más adecuado para el contexto del dispositivo:

Se debe tener en cuenta la cantidad de datos que se envían y la forma en que se transmiten. WiFi, por ejemplo, ofrece facilidad y rapidez de implementación gracias a la disponibilidad de módulos Wifi, aunque tiene un alto consumo de energía lo hace menos adecuado para dispositivos con batería limitada.

Siendo necesario para el dispositivo Chipeco, abarcar distancias de hasta 30 metros, el entrevistado sugiere alternativas como **Bluetooth de bajo consumo o redes Zigbee**. Estas últimas, basadas en la norma 802154, funcionan en malla, de modo que la información realiza el recorrido más eficiente entre todos los nodos (siendo en este caso, todos los dispositivos), hasta alcanzar su destino de manera eficiente.

25 **Componentes pasivos:** aquellos que no requieren una fuente de energía externa para operar (IC Components, 2018).

26 Ver [glosario de términos](#).

27 Microchip Technology Inc., (2015)

28 Ver [marco teórico](#).

Observaciones de la entrevista

La entrevista muestra la complejidad y revela nuevos requerimientos en el diseño de dispositivos electrónicos, tomando como ejemplo dos casos de estudio. El caso visibiliza consideraciones sobre la experiencia de usuario, la conectividad y los tiempos de respuesta y autonomía, sumado a los desafíos del consumo y autonomía energética de los dispositivos.

También surgen aspectos sobre la vida útil de los componentes, en cuanto al uso de componentes mecánicos y decisiones sobre la memoria no volátil, la cual es finita. Por último, surgieron nuevos temas pertinentes, entre ellos el modo suspensión como respuesta al consumo energético, y a raíz de la discusión del caso 1, los protocolos de comunicación: existen diversos protocolos que pueden aportar al proyecto en cuanto a consumo energético y la correcta comunicación entre dispositivos, como es el caso de las redes en malla.

Observaciones de los casos analizados

Tipos de proyecto

A lo largo de los casos puede observarse que la electrónica forma parte de los proyectos de maneras muy diversas, donde muchos factores actúan como condicionantes o como respuesta a las condicionantes en un proyecto: escala, grado de conocimiento (disponible o requerido), presupuesto, tiempos y tecnologías disponibles, y equipo de trabajo.

Es por esto que si bien en algunos de los casos de estudio se detallan etapas de fabricación o de los proyectos, carece de sentido buscar una metodología única para abordar el diseño de dispositivos electrónicos. En cambio, a lo largo del estudio de casos fue posible detallar consideraciones pertinentes a la hora de adentrarse en la temática, y observaciones que aparecen en la práctica, en las etapas de los proyectos mencionados.

¿Qué consideraciones tomar según la elección de la tecnología a utilizar?

Tras las entrevistas y visitas realizadas, se presentan grandes diferencias al optar por la utilización de placas genéricas o desarrollar una placa personalizada, en cuanto a los conocimientos necesarios en cada caso, el aspecto económico, las posibilidades de optimización de la tecnología y los desechos electrónicos generados.

En primer lugar, sobre los **conocimientos necesarios**, las placas de desarrollo son una opción práctica para proyectos pequeños o de un único dispositivo. Su uso no requiere un conocimiento profundo en diseño de hardware, ya que son soluciones preconfiguradas que, ensambladas con los componentes adecuados, cumplen con los requerimientos funcionales sin necesidad de involucrarse en el proceso de fabricación. Por otro lado, las placas personalizadas exigen un conocimiento avanzado en inge-

niería y diseño electrónico, ya que requieren un proceso detallado que incluye la creación de prototipos y la realización de pruebas antes de la producción en serie.

Por otro lado, en cuanto al **aspecto económico**, lo más determinante es la escala del proyecto: Las placas genéricas son una opción económica para proyectos pequeños o para la creación de un único dispositivo. Su uso reduce significativamente los costos y acelera el tiempo de producción, ya que no requieren un proceso adicional de diseño o fabricación.

En adición a este punto J. Oreggioni, tomando como ejemplo el caso 1, menciona: *“Esa escala de 100 es muy compleja, porque no es masa crítica para nada. [...] he tratado de armar líneas de montaje para 30, y lo que termina pasando es que la gente trabaja a pérdida, porque las cosas se complican”*. Esto sugiere que en proyectos de pequeña escala, es recomendable optar por un desarrollo simplificado para minimizar tiempos de investigación, la complejidad y evitar problemas en la fabricación manual.

Sin embargo, en proyectos de mayor escala, las placas genéricas pueden resultar un costo innecesario ya que al estar prediseñadas, incluyen muchos componentes que no son necesarios para las funciones del dispositivo, lo que incrementa el tamaño del dispositivo y el costo.

Por otro lado, si bien las placas personalizadas requieren una inversión inicial más alta debido al proceso de diseño y fabricación, estas ofrecen ventajas significativas en términos de **posibilidades de optimización** del diseño: Además de permitir una selección precisa de componentes y una mayor eficiencia en el tamaño, en un diseño de placa personalizado la tecnología se adaptará específicamente a la función del producto, lo que puede mejorar la calidad del

producto final. A largo plazo, especialmente en producción en masa, esta opción puede generar un ahorro significativo, ya que los costos de material se reducen al mínimo posible.

En cuanto a los **desechos electrónicos**, la escala del proyecto también es un factor determinante: En el caso de las placas genéricas, el uso de componentes innecesarios para el producto final implica la generación de un mayor volumen de desechos electrónicos una vez que el ciclo de vida útil del dispositivo ha terminado. Además, al ser placas más grandes, se utiliza más material base en su fabricación, como el FR-4²⁹, lo que incrementa la cantidad de sustrato desperdiciado.

Por otro lado, aunque las placas personalizadas permiten una mejor optimización en términos de diseño y cantidad de componentes, su proceso de fabricación también genera **desechos específicos**:

Según lo observado en el proceso de fabricación de Controles SA, durante las etapas previas a la producción, se realizan maquetas de prueba, utilizando placas de desarrollo y módulos que sirven para la creación de prototipos y para la fabricación final. Además, se construyen marcos con placas para el tratamiento fotosensible, los cuales solo tienen utilidad para la fabricación de un diseño de placa determinado, generando residuos adicionales. También se generan otros desechos, como las cintas de los rollos utilizados en la máquina Pick & Place y las plantillas de soldadura, que se descartan una vez cumplido su propósito en la fabricación.

Es por estos puntos, que la elección sobre la tecnología a utilizar no debe basarse únicamente en el costo, sino en un análisis que contemple la escala del proyecto, el nivel de conocimiento necesario, la eficiencia del diseño requerida, y los desechos electrónicos

que se generarán.

Las placas genéricas resultan más accesibles y rápidas de implementar en proyectos pequeños, mientras que las personalizadas ofrecen mayor optimización y escalabilidad a largo plazo, aunque con un mayor costo inicial. Además, se debe tener en cuenta el impacto ambiental de cada alternativa, ya que tanto las placas genéricas como las personalizadas generan residuos en diferentes etapas del proceso.

Placas genéricas como opción para alargar la vida útil

A partir de la observación del proceso de fabricación y sus implicancias, **surge la hipótesis de que la elección entre placas genéricas o personalizadas puede influir en la vida útil de un dispositivo**: Utilizando placas de desarrollo es posible extender la vida útil, incorporando funciones adicionales al dispositivo, o bien, permitiendo una vez finalizada su vida útil, facilitar la recuperación de componentes mediante el desensamblado para su reutilización en nuevos dispositivos.

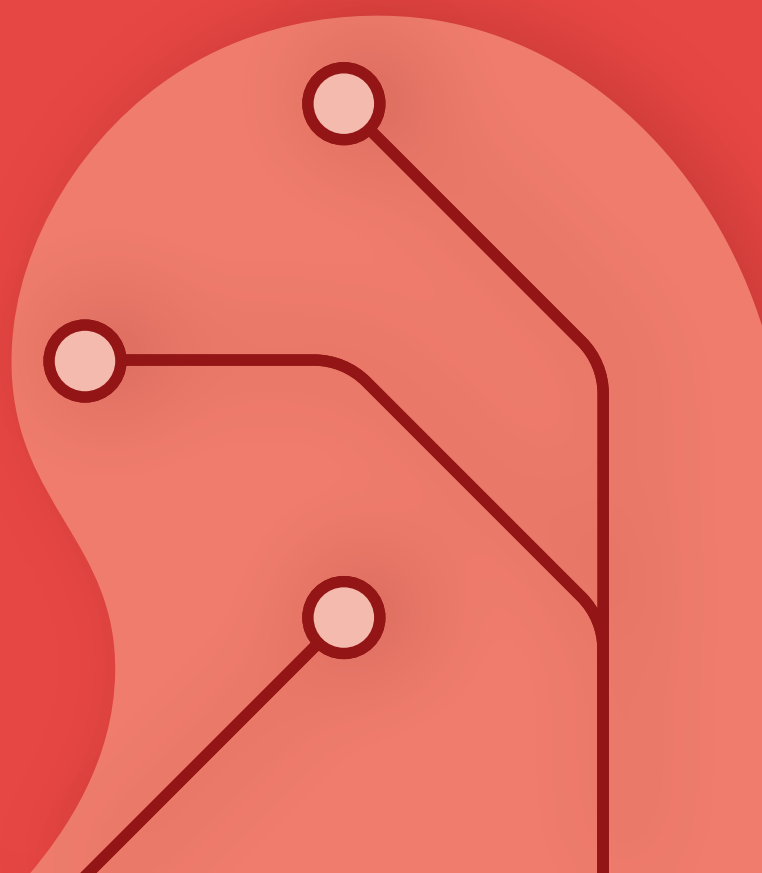
Por otro lado, aunque el desarrollo de una placa específica puede ofrecer ventajas en términos de optimización y desempeño, su función final es única, lo que dificulta la reutilización de sus componentes sin un proceso de análisis detallado del caso y desmantelado completo.

Con respecto a esto último, el entrevistado Julián Oreggioni, comenta que **la obsolescencia sucede antes de que un dispositivo deje de ser funcional**, y añade como ejemplo: *"las placas de desarrollo que utilizamos hace 10 años están en un estante y utilizamos las modernas, porque tienen mejores capacidades. Las que usábamos hace 10 años eran de 4 mhz, y las de ahora son de 40, igualmente eso ya está más estacionado..."*

29 Ver [marco teórico](#).

Considerando estos puntos, es posible extender la vida útil de un dispositivo electrónico permitiendo usos alternativos del mismo o de sus componentes, dependiendo del estado en que se encuentre la tecnología a utilizar: Si esta se encuentra en desarrollo, aunque existan nuevas aplicaciones, podrían volverse irrelevantes frente a dispositivos más avanzados en el futuro.

Ensayo práctico



Objetivos y alcance

El objetivo de este apartado es explorar y documentar aspectos que surgen en la práctica durante las etapas de desarrollo y materialización de un dispositivo electrónico, centrándose en la experimentación con la tecnología utilizada. También se comparan alternativas posibles en función de la tecnología aplicada.

El ensayo tiene un alcance exploratorio y experimental, enfocado exclusivamente en la exploración con la tecnología. No implica el diseño de un producto final, por lo que la pertinencia o usabilidad del objeto resultante no se encuentran dentro del alcance.

Punto de partida

Tras la investigación realizada, se observan beneficios clave al incorporar dispositivos electrónicos en un producto de diseño.

En primer lugar, esta integración permite potenciar las experiencias de interacción, ya que los dispositivos se vuelven más responsivos a las acciones del usuario. Esto aporta intuitividad y dinamismo a la interacción entre el usuario y el producto, adaptándose de manera eficiente a las necesidades y expectativas del contexto actual, donde los dispositivos electrónicos están profundamente integrados en la vida cotidiana.

Por otro lado, la inclusión de componentes electrónicos abre la posibilidad de automatizar funciones, utilizando estímulos provenientes del entorno para accionar. Esto permite que un dispositivo realice tareas de manera autónoma, anticipándose a las necesidades del usuario, y reduciendo la intervención manual.

En línea con estos aspectos, se propone realizar como ensayo práctico, un **dispositivo automatizado que responda frente a cambios en el ambiente**, mediante el uso de sensores (receptores del ambiente) y actuadores (realizadores de alguna acción en particular), generando una experiencia responsiva para el usuario.

Metodología

En primer lugar, se construyeron hipótesis empleando procesos similares a los del primer caso de estudio, y tomando como base en una investigación preliminar de posibilidades, a través de los componentes disponibles en el mercado, también valorando la existencia de procedimientos documentados, posibles de ser realizados con los conocimientos recabados en el marco teórico.

Posteriormente se pone en práctica lo investigado, utilizando la placa Arduino UNO R3 para testear los componentes y los circuitos necesarios. Para esta placa se utiliza el entorno de desarrollo IDE Arduino, el cual permite verificar el código y compilarlo³⁰, para exportarlo a la placa. En adición a esto, se utilizó la inteligencia artificial Chat GPT³¹ como herramienta de construcción de código, para obtener los códigos iniciales que luego fueron modificados.

Esto último es debido a que la herramienta se basa en la información disponible en internet para sugerir un código, que puede utilizarse como base para programar.

Por último, se investigan alternativas para pasar de una maqueta realizada con módulos predeterminados y la placa de desarrollo, a – como se describe en el Caso 2, en las etapas de Controles S.A. – un funcional eléctrico de un posible circuito optimizado para la función mencionada.



Figura 36: Referencia de las aplicaciones utilizadas

30 **Compilar:** es una acción que se realiza en el entorno de programación empleado, para preparar un programa en el lenguaje máquina a partir de otro programa de ordenador escrito en otro lenguaje.

31 **Chat GPT:** Inteligencia artificial controlada por modelos de lenguaje humano (Transformador Generativo Preentrenado, por sus siglas en inglés)

1.a Investigación preliminar

Se exploraron distintos estímulos del entorno que pueden ser detectados mediante sensores, en base a las opciones disponibles en el mercado. Para la selección de actuadores, se priorizaron aquellos encontrados en proyectos de robótica, asegurando en ambos casos la compatibilidad con la placa de desarrollo seleccionada.

De la búsqueda, se observó que existen diversos tipos de sensores, y que existen tanto en su formato individual, como en módulos prediseñados, que incluyen más componentes electrónicos además del sensor, para sacar el mayor provecho del mismo. En base a lo explorado se realizó una tabla de relevamiento de posibles sensores y actuadores³², con la cual se seleccionó para el desarrollo del ensayo, el sonido como estímulo a recibir del ambiente, trabajable con módulos de micrófono, y las bombas de agua como actuadores, para responder a los cambios.

1.b Planificación del circuito

En primer lugar, se definieron como base, las partes necesarias para que el circuito cumpla la función (Figura 37).

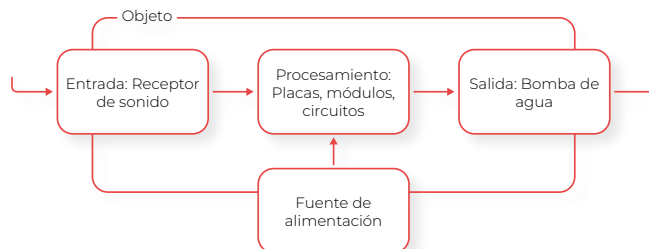


Figura 37: Diagrama de las partes del objeto

En segundo lugar, se investigó sobre aquellos componentes que fueran compatibles con la placa de desarrollo³³, a través de proyectos existentes. Se encontraron diversos proyectos maker en línea utilizando las bombas de agua con Arduino, y sensores de sonido utilizados para encender luces a través de aplausos, por lo cual se dedujo que es posible la creación del circuito utilizando una placa de desarrollo.

Posteriormente, se investigó la posibilidad de realizar un circuito sin la utilización de una placa de desarrollo, a través de proyectos existentes, con el objetivo de lograr un circuito específico para la función, optimizado, y más económico en determinadas circunstancias. En esta búsqueda, se encontró a través de proyectos, la posibilidad de crear un circuito de micrófono sin utilización de un módulo prediseñado³⁴, y la forma de controlar un micrófono a través de un módulo temporizador³⁵, por lo que en esta etapa, se deduce como hipótesis que es posible la creación de dicho circuito.

32 Ver anexo, tabla 2, (o tabla ampliada en [este enlace](#))

33 Ver [glosario de términos](#).

34 Androbot TECH, (2020) Recuperado de [este enlace](#).

35 Kriss Electronics, (2022) Recuperado de [este enlace](#).

2.a - Sensores

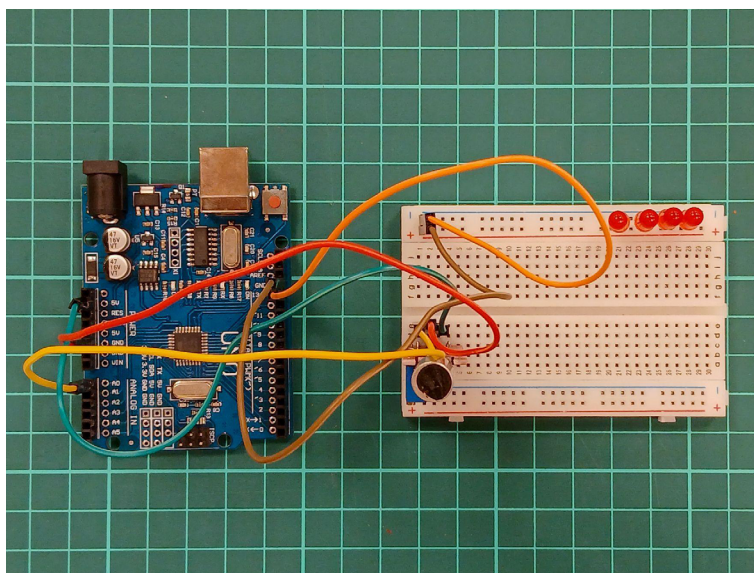
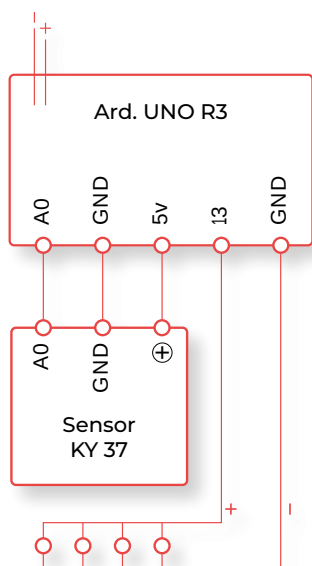
En esta etapa se investigó sobre sensores disponibles en el mercado, que fueran compatibles con la placa arduino, y a su vez existiera información disponible sobre cómo realizar las conexiones con la placa de desarrollo.

En primer lugar, se encontraron dos módulos de sensores de sonido: KY 37, y KY 38, los cuales, es posible conectarlos siguiendo las instrucciones del blog de Uelectronics (2024)³⁶. Sumado a esto, se encontraron otros dos sensores: MAX4466, y ADMP401, los cuales pueden observarse en funcionamiento el video de Arduinoob (2018)³⁷.

Posteriormente se investigó su disponibilidad en el mercado local, a través de los sitios web de tiendas de componentes electrónicos como Eneka, Fablet y Bertoni, Robotec, y también en el mercado internacional.

Prueba del sensor KY 37

Se optó por testear el sensor KY 37 utilizando la placa de desarrollo y LEDs, con un código simple que enciende la luz (ver anexo, código 1), cuando el sensor indique valores en un determinado rango. Se procedió a conectar los componentes utilizando la protoboard³⁸, como se muestra en la imagen.



Figuras 38 y 39: Imagen de diagrama simplificado e imagen de la maqueta.

Una vez realizado el circuito, se compiló³⁹ y exportó el código a través del cable USB-B de la placa, y se testeó con sonidos. Sumado a esto, se reguló el potenciómetro incluido en el módulo del sensor, y se registraron los valores que este devuelve, utilizando la IDE de Arduino. A través de estos valores y la respuesta al sonido del sensor, se observó

que este es de mala calidad: si bien logra identificar un cambio abrupto, no distingue diferencias en la intensidad del sonido (Ver anexo, gráfica 1). Por lo tanto se decidió investigar los demás sensores a través de demostraciones en video, y se optó por conseguir otro modelo de sensor.

36 Recuperable en [este enlace](#).

37 Recuperable en [este enlace](#).

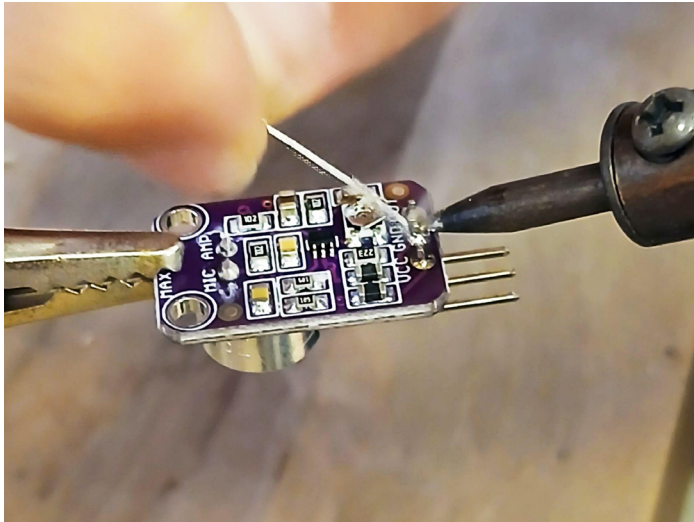
38 **Protoboard:** placa electrónica con orificios que se conectan eléctricamente entre sí, y que permite construir circuitos eléctricos sin soldar.

39 **Compilar:** es una acción que se realiza en el entorno de programación empleado, para preparar un programa en el lenguaje máquina a partir de otro programa de ordenador escrito en otro lenguaje.

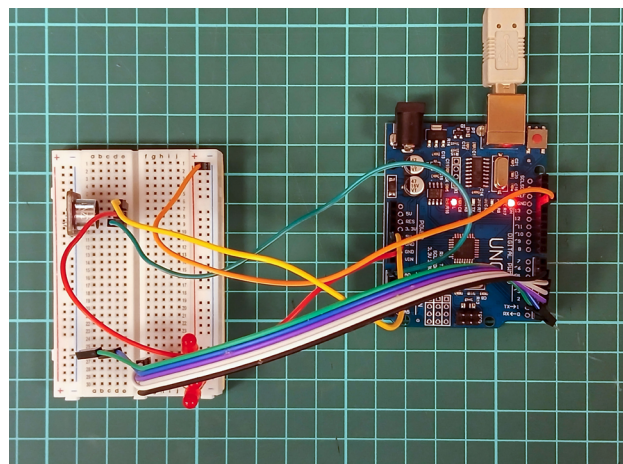
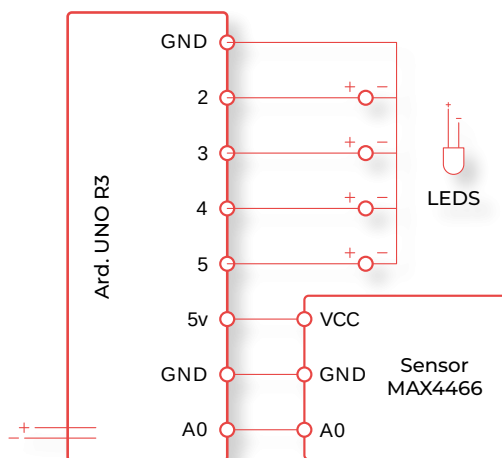
Prueba del sensor MAX4466

Se obtuvo el MAX4466 en plaza, el cual es un módulo de sensor sin pines soldados, por lo que fue necesario soldar pines al mismo para asegurar la correcta conexión en el circuito en la protoboard⁴⁰.

Posteriormente se armó el circuito y se testeó de forma similar al anterior, concluyendo que los valores devueltos significaban una calidad suficiente para las funcionalidades del circuito.



Figuras 40 y 41: Imágenes del proceso de soldado de pines en el sensor MAX4466



Figuras 42 y 43: Diagrama e imagen del circuito con sensor MAX4466

40 **Protoboard:** placa electrónica con orificios que se conectan eléctricamente entre sí, y que permite construir circuitos eléctricos sin soldar.

Construcción del software para el sensor

Durante el testeo de ambos sensores, se comenzó utilizando un código básico que tomaba los valores del sensor y devolvía una respuesta en los LEDs del circuito, así como también en la consola de la IDE de Arduino, la cual fué imprescindible para el entendimiento de la calidad de los sensores. (Ver anexo, código 2)

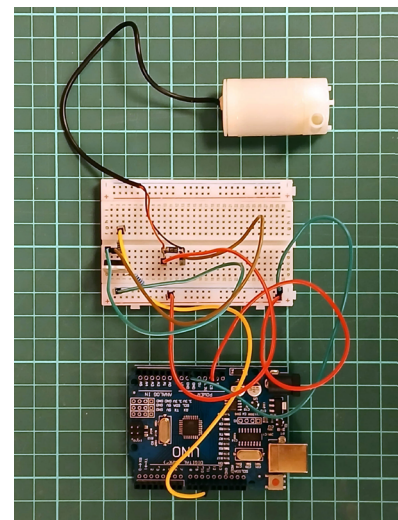
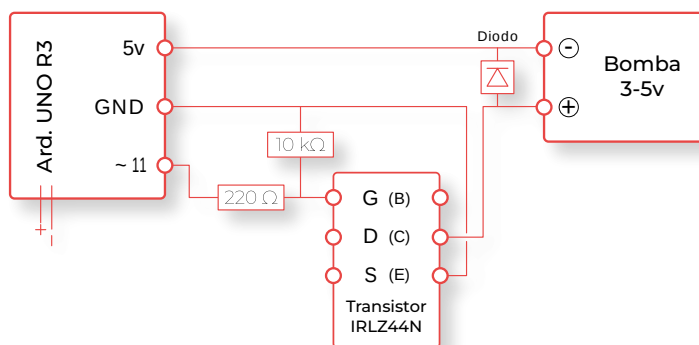
Posteriormente, se incluyeron funciones para traducir los valores en la intensidad del sonido, lo cual no estaba siendo totalmente visible en los gráficos (Ver anexo, gráfica 2): se incorporaron funciones de valor absoluto, y promedio de muestras. Esta última, toma una gran cantidad de muestras en un periodo corto de tiempo para promediarlas y obtener un mejor resultado.

Por último, se programó basándose en documentación encontrada en el sitio [Arduino-kitproect \(2024\)](#) el cual describe el sensor y cómo utilizarlo, con lo que se obtuvo un mejor resultado. (Ver anexo, código 3 y gráficas 3 y 4).

2.b - Bomba de agua

Existen muchos modelos de bomba de agua disponibles en el mercado, sin embargo en cuanto a este componente, se optó por utilizar una micro bomba de agua sumergible de DC 3V-5V, la cual es un modelo económico y muy común en proyectos de robótica, por lo que existe mucha información disponible sobre la misma.

Para controlar la bomba de agua, se programó de forma que el arduino que emite un voltaje variable, a través de un pin PWM, que permite controlar la cantidad de energía que se emite. Para asegurarse del correcto funcionamiento de la misma, fue necesaria la inclusión de un transistor⁴¹ y un diodo⁴² en el circuito, y resistencias, como se muestra en las figuras 44 y 45.



Figuras 44 y 45: Diagrama e imagen del circuito de la bomba

41 **Transistor:** componente que regula el flujo de corriente en un circuito (ver [marco teórico](#))

42 **Diodo:** componente que permite el paso de corriente en una sola dirección

Funcionamiento de la bomba

Se investigaron diferentes combinaciones de componentes posibles (encontrables en la tabla comparativa), de las cuales se concluyó en un transistor IRLZ44N y un diodo 1N5819 (Schottky) la cual se consideró la alternativa

más adecuada, debido a la eficiencia en el sistema y disponibilidad en plaza.

Por último, se testeó el funcionamiento aislado del circuito entre la bomba y el procesador, (Ver anexo, código 4).

Transistor	Diodo	Deducción
IRLZ34N	1N4007 / 1N4001	Recomendable, pero no encontrado en plaza
2N222 NPN	1N4007 / 1N4001	No recomendable: Este transistor es de otro tipo, es controlado por corriente, no por voltaje
IRFZ44N	1N4007 / 1N4001	No recomendable: el transistor requiere más de 5V en la compuerta para activarse bien
IRLZ44N	1N4007 / 1N4001	Recomendable y encontrado en plaza
IRLZ44N	1N5819 DIS Schottky	Mejor elección, ya que este diodo tiene menor caída de voltaje que el anterior

Figura 46: Tabla comparativa de opciones encontradas.

2.c - Testeo total del circuito sin alimentación

Una vez conseguido el funcionamiento del circuito por módulos, se procedió a unir estos, creando el circuito completo, (como se muestra en la figura 47). Posteriormente se

unificaron ambos códigos en el código 5 (ver anexo), el cual además de unificar, incluye una forma pausada de hacer responder la bomba según la lectura del sensor.

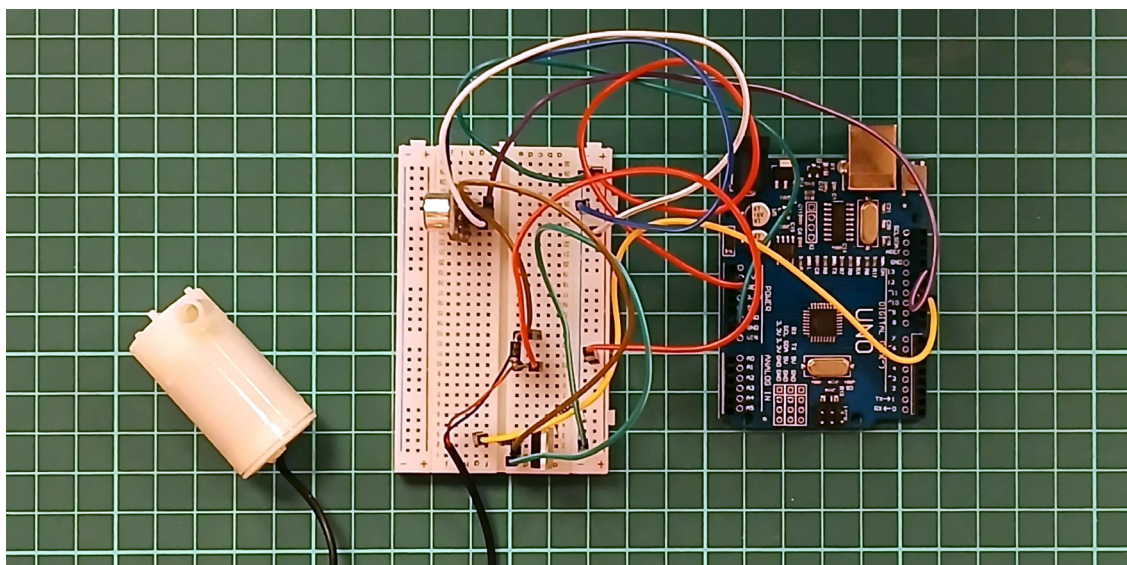


Figura 47: Imagen del circuito sin alimentación, incluyendo la placa de desarrollo Arduino UNO R3

2.d - Alimentación

Una vez definido el circuito es posible resolver la alimentación, la cual es definida por el circuito resultante: según lo investigado, el sensor MAX4466 funciona entre 2.4 y 5V, con 0,10 mAh, y la bomba entre 3 y 5V con 100-200 mAh, y la placa de desarrollo Arduino UNO R3 con 5V y 50mAh. Por lo tanto. En teoría una alimentación de 5V y 260mAh sería suficiente (Ya que los demás componentes no consumen, o tienen una pérdida de voltaje insignificante).

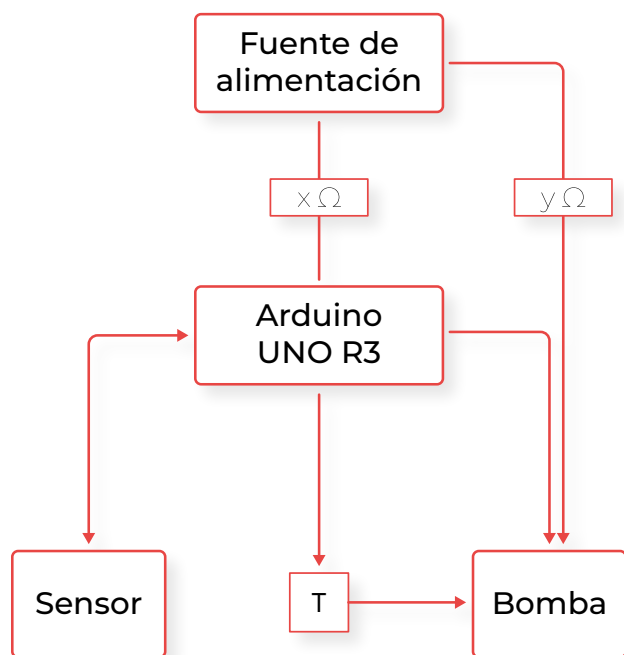


Figura 48 Diagrama del circuito completo (simplificado)

Se procedió a testear utilizando una fuente de 5V, sin embargo se presentaron errores en el funcionamiento, ya que el voltaje emitido a la bomba oscilaba entre 4.5V y 5V, en vez de entre 0V y 5V. Tras observar la situación, se realizaron tres modificaciones:

Se cambió de placa de desarrollo ya que esta es una réplica de la original, y presentaba errores en algunas conexiones. Luego, se cambió la alimentación del sensor, de 5V a 3.3 a través de la placa, ya que 5V es el límite de lo recomendado. Por último se testeó el

voltaje necesario utilizando una fuente de alimentación regulada, y se encontró que con 6.5V el circuito es más eficiente, lo cual puede deberse a caídas de voltaje en partes del circuito.



Figura 49: Imagen fuente de alimentación regulada

Tras investigar opciones disponibles en el mercado, se optó por utilizar dos baterías de 3.7 V conectadas en paralelo, para obtener 7.4 V. A estas se les incorporó un regulador de voltaje, para obtener los 6.5V necesarios para el circuito. De esta forma, se logró un prototipo funcional, utilizando la placa de Arduino UNO R3, una protoboard⁴³ y los componentes mencionados, (figura 49).

43 **Protoboard:** placa electrónica con orificios que se conectan eléctricamente entre sí, y que permite construir circuitos eléctricos sin soldar.

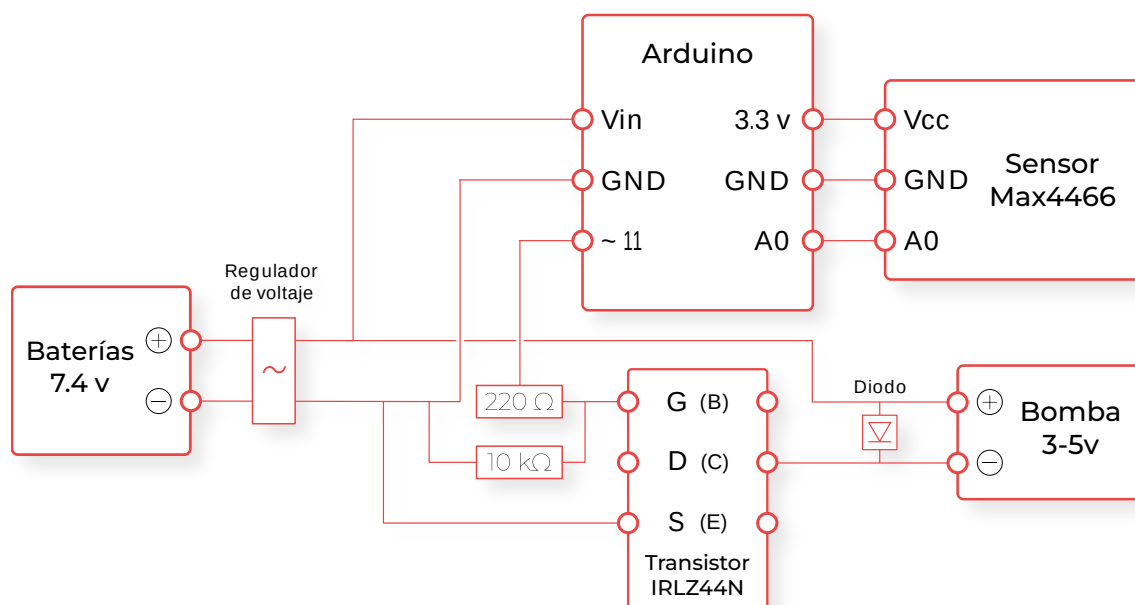


Figura 50: Diagrama final del circuito

3. Alternativas de desarrollo y prototipado

Mantener la placa de desarrollo utilizada

Es viable lograr un producto final con la placa Arduino UNO R3, dependiendo el objetivo del producto: esta placa presenta componentes innecesarios para la función del dispositivo, lo que también implica un tamaño mayor. Sumado a esto, presenta un costo elevado dependiendo de la escala de fabricación. Por lo tanto, se investigaron posibilidades para salir de la placa de desarrollo y los módulos prefabricados, de forma de disminuir los costos y el tamaño del dispositivo.

Alternativa de la hipótesis: temporizador 555

Durante la investigación preliminar, se encontró que es posible realizar un circuito similar, utilizando principalmente un módulo temporizador 555. Esto permite suponer que es posible crear un circuito con componentes que realice su funcionamiento de forma analógica, sin la utilización de microcontroladores.

El circuito encontrado implica la utilización de una gran cantidad de componentes individuales, (entre ellos potenciómetros, resistencias, capacitores, etc) que conectándolos, permiten transformar la intensidad de sonido en voltaje, a través del módulo temporizador.

Sin embargo, durante el testeo de los sensores, se encontró que el microcontrolador⁴⁴ no solo se encarga de transformar los valores recibidos en voltaje para la bomba, sino que tiene un gran papel imprescindible en la limpieza y traducción de lo recibido por el sensor, a través del software.

Por lo tanto, si bien se supone que es posible la creación de un circuito sin utilización de un microcontrolador, se descarta como una alternativa más óptima, frente a las ventajas que brinda un microcontrolador para procesar la información.

44 Ver [glosario de términos](#).

Utilización de la placa Arduino Pro Mini

Como alternativa, se optó por un camino intermedio: utilizar la placa Arduino Pro Mini, la cual presenta menor tamaño y aún cumple con las funciones requeridas, evitando la incorporación de una gran cantidad de componentes innecesarios que incluye la placa Arduino UNO R3, disminuyendo de esta forma el costo y el tamaño del dispositivo final (Figura 51).

Creación de una placa específica

En adhesión a lo anterior, este circuito, en conjunto con las hojas de datos de los módulos y la placa utilizada, así como los proyectos maker mencionados, proporcionan una base sólida para diseñar una placa

específica, donde se incluya el micrófono y procesador, que traduzca la intensidad del sonido en la velocidad de una bomba de agua.

Cabe destacar que el diseño de un circuito específico implica un mayor nivel de conocimiento técnico y una investigación más extensa en comparación con la requerida para construir un prototipo mediante módulos prediseñados y placas de desarrollo. Este aspecto impactaría directamente en los tiempos del proyecto. Por lo tanto se optó por unificar los componentes en una placa perforada, la cual es adecuada para la construcción de prototipos funcionales, ya que proporciona solidez y permite organizar todos los elementos en un único dispositivo.

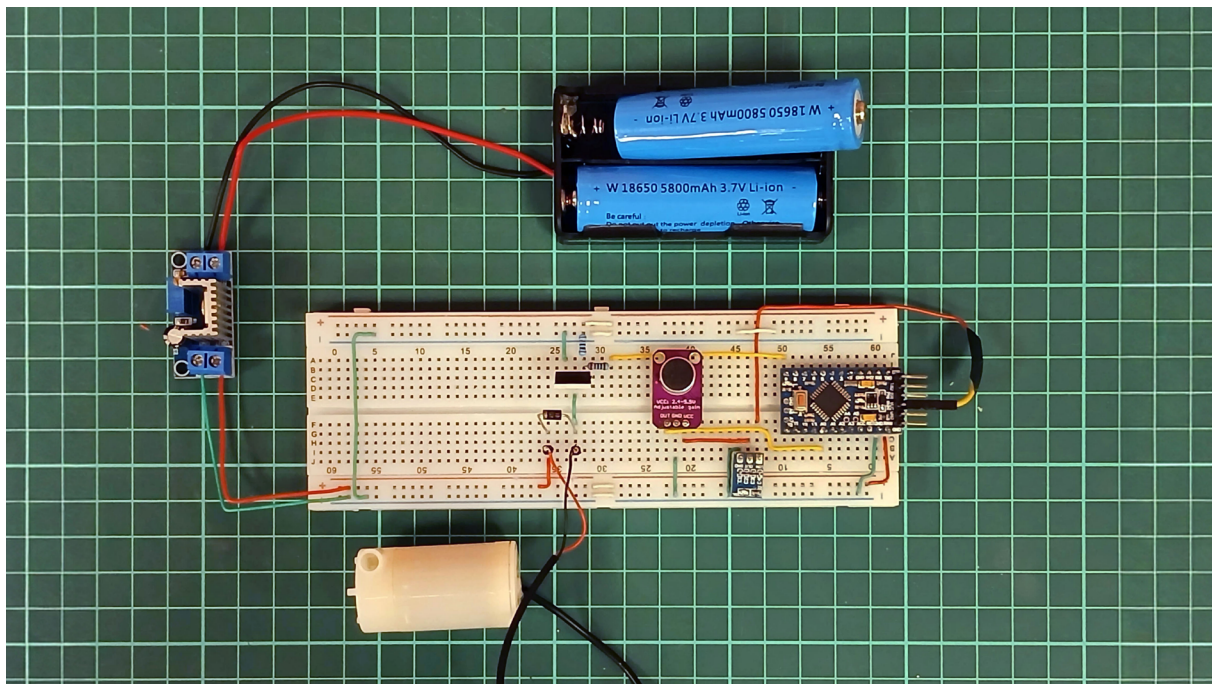


Figura 51: Circuito final diagramado en la protoboard

Dispositivo final

Para esta etapa se diagramaron los componentes y el cableado utilizando ambos lados de la placa, simplificando las conexiones

externas del circuito a pines positivos y GND para la entrada de voltaje, y para la salida hacia la bomba de agua.

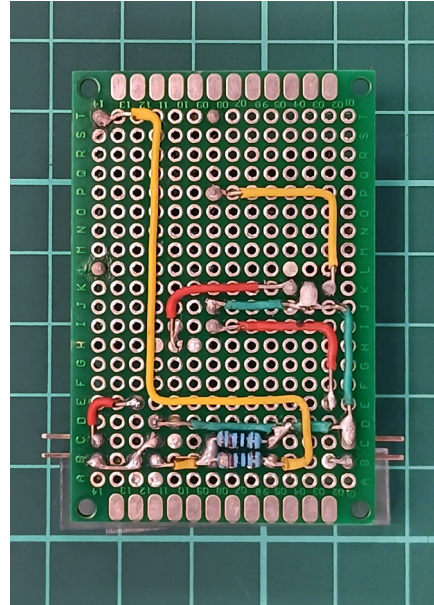
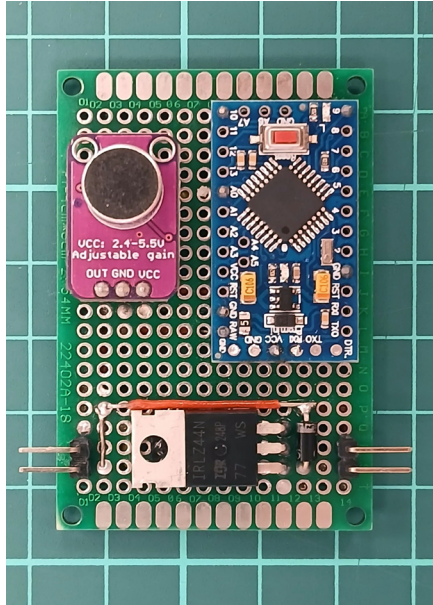


Figura 52 y 53: Imagen de anverso y reverso del circuito soldado en una placa perforada

Por último, se realizó una base para unificar las baterías junto con el módulo regulador de voltaje generando un conjunto entre estos. También se soldó un cable de mayor

extensión a la bomba sumergible, para alejarla de los demás componentes. De esta forma, se obtuvo un dispositivo funcional, como se muestra en la figura 54.

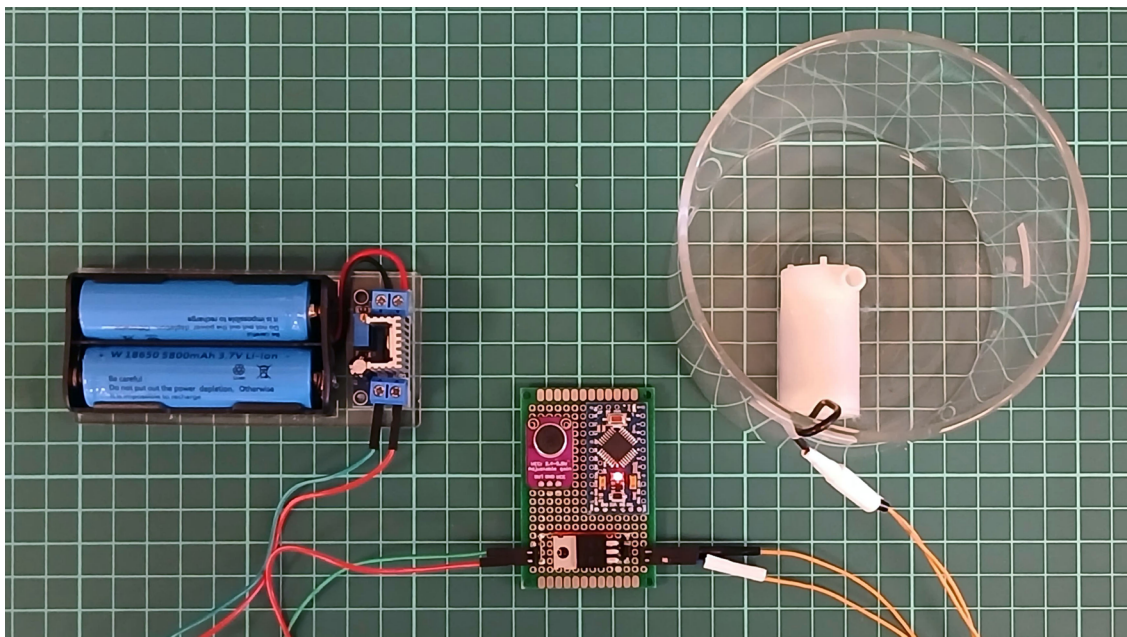


Figura 54: Diagrama e imagen del circuito soldado

Observaciones del ensayo

El ensayo permitió atravesar las etapas necesarias para desarrollar un prototipo funcional de circuito, tomando decisiones para utilizar los componentes adecuados para el caso, y analizando posibilidades alrededor de las funcionalidades en cuestión.

Sobre la investigación preliminar

En la primera instancia de investigación, fue pertinente la utilización de tutoriales, hojas de datos y sobre todo videos demostrativos, como recursos para decidir cuáles componentes son adecuados para el circuito y de qué forma deben ser utilizados, para luego proceder al testeo de los sensores.

Etapas de testeo

Se observa durante el testeo de los componentes, que el uso de la protoboard⁴⁵ facilita la construcción de la maqueta de circuitos, sumado al uso de la placa de desarrollo, con la que se resuelven el testeo de código y la alimentación durante el testeo de componentes.

Se observa que la calidad de las conexiones es importante para el correcto funcionamiento del circuito, donde los cables sueltos no funcionan adecuadamente con la protoboard, por lo que realizaron soldaduras con estaño para facilitar las conexiones utilizando pines. Con respecto al procedimiento utilizado para soldar, fue útil el uso de pinzas para sostener adecuadamente, y la utilización de flux (o fundente), un compuesto que facilita el soldado.

Fue imprescindible la construcción de maquetas de circuitos, para encontrar los componentes adecuados y la forma en que estos funcionan en conjunto, ya que durante el maquetado surgieron situaciones que era necesario resolver para lograr el funciona-

miento del circuito. Esto puede verse en la resolución de la alimentación del dispositivo, como en el control de la bomba utilizando un transistor, y en el cambio de voltaje en el sensor.

Construcción de códigos

Por otro lado, se observan ventajas significativas en la utilización de software para la automatización de tareas, y en la interpretación lógica de los datos obtenidos por los sensores. En este sentido, destaca la estrategia de construcción de códigos preliminares para testear, sirviéndose de códigos ya existentes para la interpretación de los sensores.

La construcción de circuitos y software en simultáneo, sigue una **lógica modular**. Esto permitió realizar pruebas individuales de sensores, bomba y alimentación, para luego combinarlas a través de lógica y otros componentes. Esta misma lógica modular, además de ser útil para el testeo del circuito, se aplica también en la construcción de código, donde se desarrollan funciones de manera independiente que luego se integran en el código final (ver anexo, código 5).

Además, se destaca el uso de herramientas de inteligencia artificial en la construcción de código y circuitos, las cuales fueron valiosas para identificar errores y proponer alternativas a los problemas que surgieron durante la programación y el diseño.

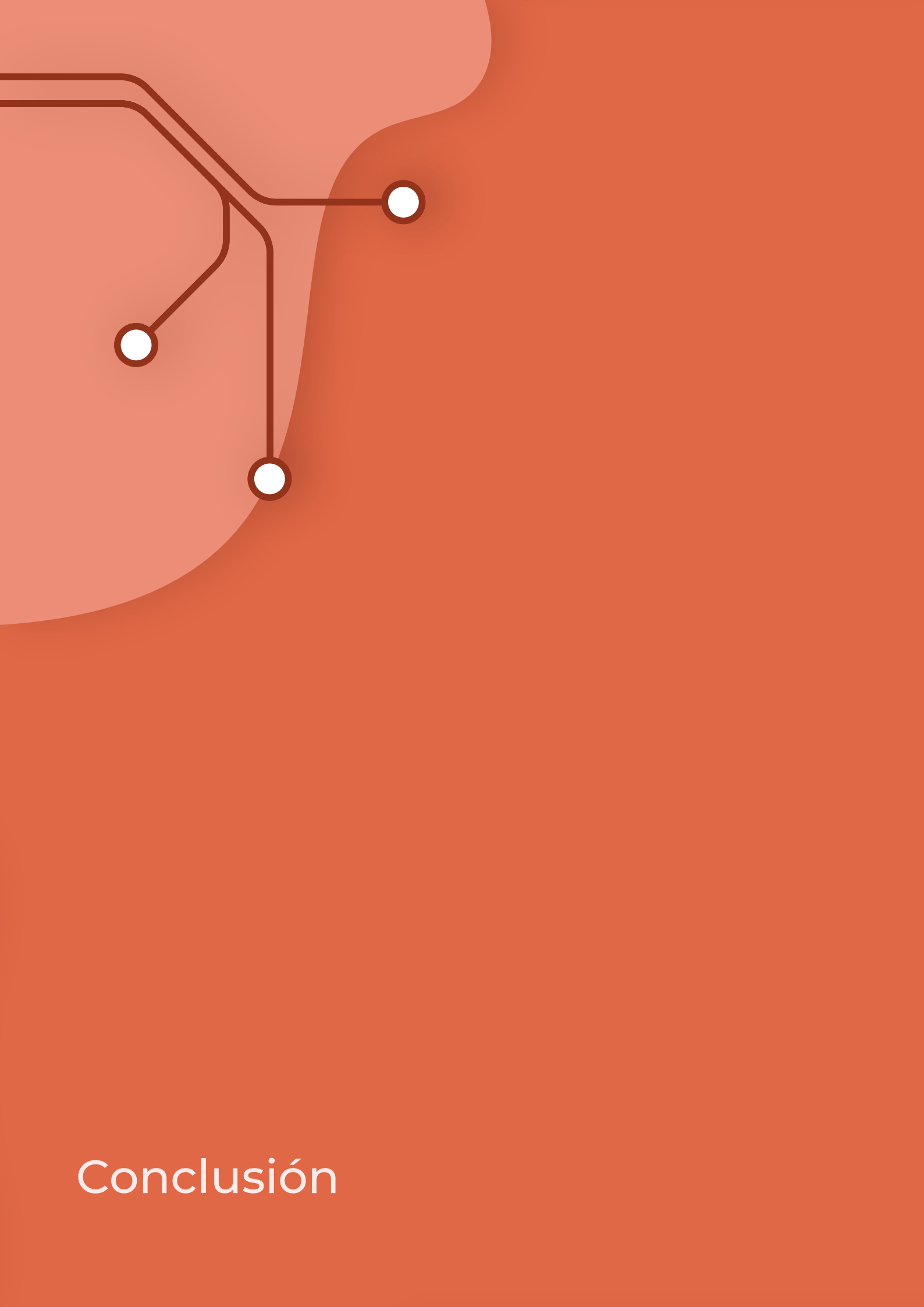
Prototipado

Por último, se analizaron alternativas para la realización de un prototipo a raíz de la maqueta realizada con la placa de desarrollo. Se identificaron tanto posibilidades como limitaciones al utilizar una placa específica para el ensayo. Aunque esta opción sería más óptima en cuanto a tamaño, costos y

⁴⁵ **Protoboard:** placa electrónica con orificios que se conectan eléctricamente entre sí, y que permite construir circuitos eléctricos sin soldar.

funcionalidades, requeriría tiempos en profundización en la temática y en la construcción de la placa utilizando programas CAD. Por esta razón, se optó por utilizar la placa Arduino Micro, como una alternativa que ofrece una solución más eficiente en términos de tamaño y costo, sin necesidad de profundizar en el diseño del circuito.

Durante la investigación se encontraron diversos caminos posibles, los cuales varían en los conocimientos necesarios para abordar cada uno de ellos. Si bien algunos parecían más eficientes que otros, es importante tener en cuenta los tiempos que requiere la profundización en cada solución, como parte del tiempo de investigación.



Conclusión

Atravesar esta tesis es un primer paso para comprender el inmenso mundo de la electrónica desde el punto de vista del diseño, y las formas adecuadas de incluir estas tecnologías en el desarrollo de proyectos, en relación a este campo que está en constante evolución y avanza hacia mayores velocidades, menores tamaños y nuevas posibilidades que eran impensables décadas atrás.

Diseñar un dispositivo electrónico implica sumergirse en este universo, donde **la electrónica no solo actúa como complemento del objeto físico**, inanimado, sino que es una parte esencial que lo involucra en un sistema dinámico y responsivo, en el que pueden tomarse decisiones de diseño que trascienden al objeto. Por lo tanto, comprender este mundo permite diseñar con pleno conocimiento de las capacidades y limitaciones de la tecnología, además de considerar el sistema completo que da sentido a las funciones de un dispositivo.

Dada la amplitud de este campo, es clave partir de las bases sólidas, para lo que la investigación teórica inicial, enriquecida luego con observaciones realizadas en los casos de estudio, permitieron construir un marco teórico fundamental para el entendimiento de la temática.

Sobre los casos de estudio

El análisis de casos permite comprender la aplicación práctica de los conceptos. El **caso del Dispositivo Chipeco** sirve como punto de partida, explorando el uso de componentes con placas de desarrollo y la posibilidad de diseñar una placa específica. La tesis sobre el **Diseño de un Huerto Urbano** amplía esta perspectiva al evidenciar las posibilidades de automatización y revela métodos de investigación para el diseño de circuitos y herramientas de software.

La **visita a Controles S.A.** aporta una visión sobre los procesos de producción y las consideraciones al diseñar para la etapa de fabricación, sumado al entendimiento de

las posibilidades locales. Finalmente, los **casos surgidos en la entrevista a J. Oreggioni** destacan estrategias para el diseño de dispositivos electrónicos, entre estas para la optimización de vida útil, la autonomía energética y la conectividad en dispositivos electrónicos.

Metodología y conocimientos necesarios

Para diseñar un dispositivo electrónico pueden utilizarse las etapas analizadas en la visita a Controles SA, de la cual se destacan los métodos de testeo que aseguran la calidad de sus productos, o los procesos mencionados por J. Oreggioni sobre la definición de requerimientos y evaluación de alternativas. Sin embargo, es importante mencionar que el diseño de este tipo de dispositivos varía dependiendo de la aplicación, tanto en requerimientos de diseño como en los conocimientos necesarios para realizarlo:

“Si es un dispositivo médico es una historia, si es un dispositivo para producción en masa es otra historia, si es un dispositivo [...] para humanos, para animales, es otra. Cambia radicalmente como se concibe el producto del punto de vista electrónico, la confiabilidad, la robustez, la autonomía...” (J. Oreggioni, comunicación personal, 2024).

Los conocimientos necesarios para desarrollar un dispositivo son un factor determinante en el proceso de diseño dentro de esta temática, y como evidencia el ensayo práctico, algunas soluciones resultan más eficientes que otras frente a las funcionalidades requeridas, pero cada alternativa exige diferentes niveles de profundización, y esto implica tiempos y recursos que deben considerarse en la etapa de investigación. Incluso, esto puede requerir la conformación de un equipo de trabajo para complementar con los conocimientos necesarios.

¿Cómo pueden ser los equipos de trabajo según cada caso?

Cuando el desarrollo de un dispositivo requiere una mayor profundización en la parte electrónica, es evidente la necesidad de un equipo interdisciplinar, donde se combinen conocimientos de diseño industrial e ingeniería eléctrica, así como otros actores pertinentes según el proyecto, para lograr soluciones eficientes frente a las situaciones planteadas.

En adición a lo anterior, J. Oreggioni comenta que es importante distribuir los roles de forma que ningún miembro del equipo se encuentre sobrevaluado o subvaluado. Como alternativa, existe la posibilidad de tercerizar ciertas tareas, ya sea en la fabricación o en el diseño de la parte electrónica, a través de servicios de ingeniería especializados.

Escala del proyecto

En relación con la visita a Controles SA y la entrevista con J. Oreggioni, también es crucial entender la escala del proyecto, en términos de la cantidad de producción, para determinar las tecnologías que son viables y las estrategias de desarrollo y fabricación más adecuadas.

Enfoque modular

Por otro lado, de lo observado en los casos y el ensayo, se destaca la estrategia de adoptar un **enfoque modular** al investigar, desarrollar y prototipar con componentes electrónicos. Esto es facilitado por las placas de desarrollo, que presentan atajos para resolver la alimentación, la programación y la comunicación con otros componentes durante el testeo.

Estas placas, son herramientas valiosas para la creación de prototipos previos a la fabricación de un dispositivo único, aunque también pueden integrarse en produc-

tos finales, posibilitando la producción en pequeñas cantidades sin necesidad de invertir recursos en una mayor profundización en la temática en el diseño de placas específicas.

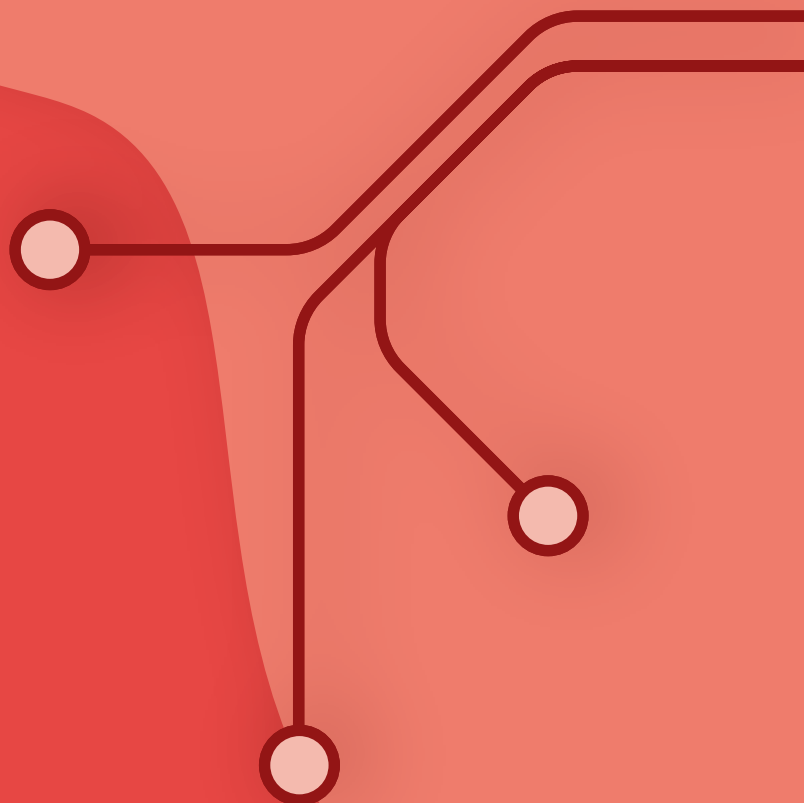
En conclusión, la investigación aborda la inclusión de la electrónica en el diseño a partir de un marco teórico que establece una base sólida de conocimientos técnicos, sumado a los casos estudiados y el ensayo práctico, los cuales revelan aspectos clave para el desarrollo de productos o sistemas que integran dispositivos electrónicos: consideraciones en cada etapa de diseño, conocimientos técnicos requeridos, posibilidades y limitaciones tecnológicas, y estrategias para abordar proyectos de esta índole.

De este modo, la investigación constituye un aporte disciplinar para la integración de dispositivos electrónicos en proyectos de diseño, considerando también el contexto local. A su vez, abre camino a la exploración desde la perspectiva del diseño, hacia la sustentabilidad en el uso de estas tecnologías, analizando la cantidad de materiales empleados en su fabricación y los procesos involucrados, considerando un análisis formal de la composición de los dispositivos electrónicos. Asimismo, invita a profundizar en el estudio de productos de distintas tipologías, donde sin duda aparecerán nuevos requerimientos y desafíos de diseño con respecto a la tecnología.

Bibliografía

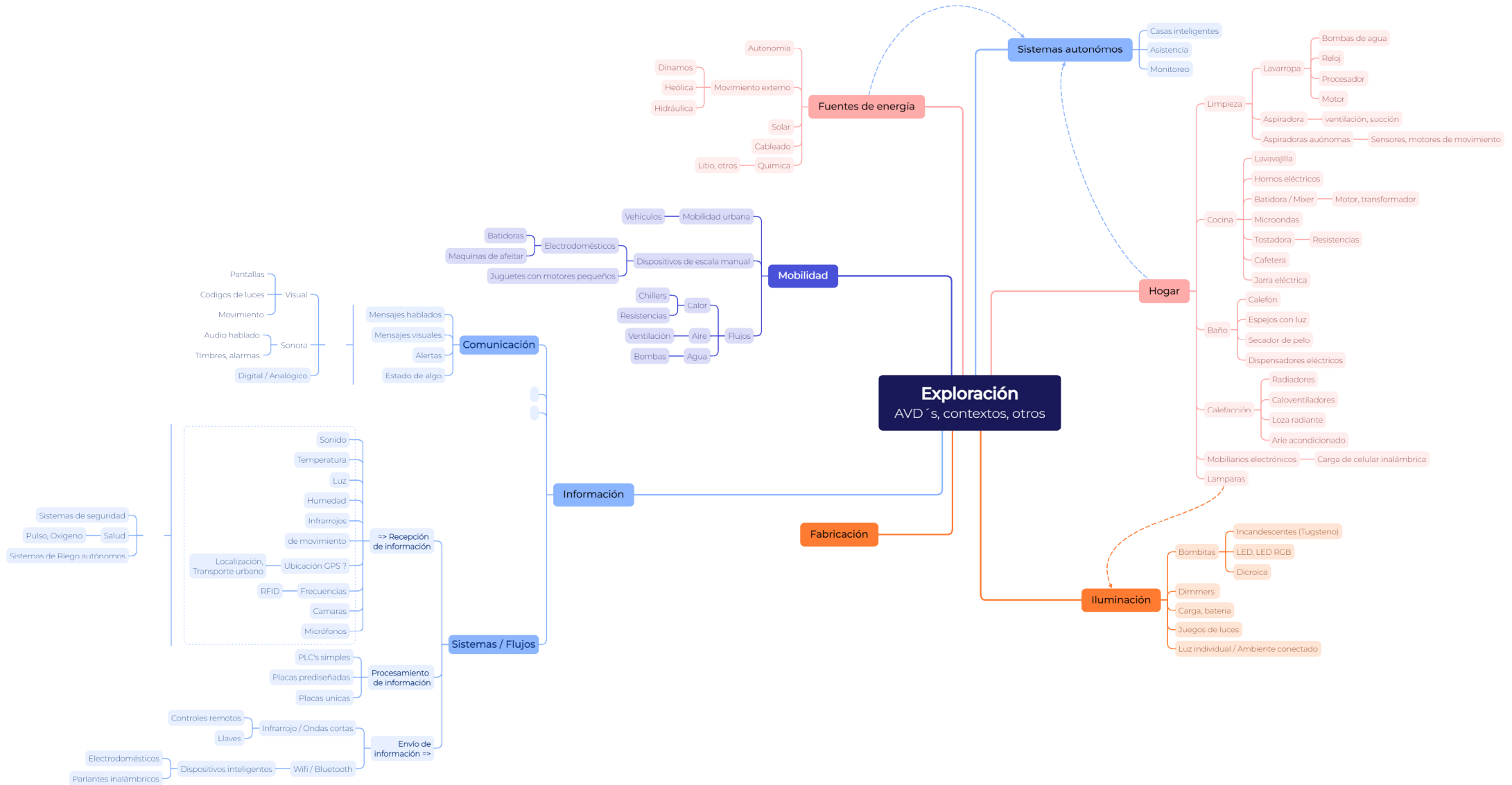
- McLuhan, H. (1964). La comprensión de los medios: Las extensiones del cuerpo humano. Open Media Lab. Recuperado de [este enlace](#).
- Donna Haraway(1984). Manifiesto Cyborg. Recuperado de [este enlace](#).
- Ceibal. (2023). ¡Solicitá tu placa micro:bit!. Recuperado de [este enlace](#).
- Ceibal. (2024). Cuaderno Maker: Guía para el trabajo por proyectos. Biblioteca País. Recuperado de [este enlace](#).
- Electrónica Convertronic. (2022). Placas de desarrollo: pasado, presente y futuro. Revista Electrónica Convertronic - Noticias y Actualidad Electrónica. Recuperado de [este enlace](#).
- Hardware, firmware, software - Electroagenda. (2024). Electroagenda. Recuperado de [este enlace](#).
- Ambientech. (s.f.). Circuitos en serie y paralelo. Recuperado de [este enlace](#)
- Horowitz, P. (2015). The Art of Electronics (3ra ed.). Cambridge University Press.
- Pratt, C. (2009). Make: Electronics. O'Reilly Media
- Salazar Soler, J., Silvestre Bergés, S., & Marzo, J. (2020). Proceso de diseño y fabricación de una placa de circuito impreso (PCB). Universitat Politècnica de Catalunya. Recuperado de [este enlace](#)
- StarSistor. (2021). PCBs: De su Historia a la Fabricación. YouTube. Recuperado de [este enlace](#)
- UNIVAC Tecnología. (2023, 8 de noviembre). Planta de UNIVAC - ¿Cómo se fabrican nuestros productos? [Video]. YouTube. Recuperado de [este enlace](#)
- Oqueber Daizar Navarro Pérez. (2021). Desarrollo de un sistema de monitorización remota para instalaciones fotovoltaicas [Trabajo de Fin de Grado, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio E-Prints Complutense. Recuperado de [este enlace](#)
- Zen Flowchart. (s.f.). Diagrama de flujo: Simbología. Recuperado de [este enlace](#).
- Gimeno Del Valle, M. (2013). Creación de un portal web para la gestión de una compañía de transporte interurbano de pasajeros y reserva online de billetes (Tomo III, punto 3) [Proyecto de fin de carrera]. Universidad de Sevilla. Recuperado de [este enlace](#)
- RS Components. (2016). 11 redes inalámbricas fundamentales para Internet de las Cosas. Revista Española de Electrónica. Recuperado de [este enlace](#)
- Microchip Technology Inc. (2015). ATmega328P automotive microcontrollers [Hoja de datos]. Microchip Technology. Recuperado de [este enlace](#)
- Androbot TECH. (2020). El Mejor OP-AMP para Micrófono Electrónico [Video]. YouTube. Recuperado de [este enlace](#)

- Kriss Electronics. (2022). Módulo MICRÓFONO DIY con 555 + Electret [Video]. YouTube. Recuperado de [este enlace](#)
- Uelectronics. (2024). Uso de los sensores de sonido KY-038, KY-037 para controlar el encendido de un foco. Uelectronics Blog. Recuperado de [este enlace](#)
- Arduinoob. (2018). GY MAX4466 vs ADMP401: Comparison of microphones for Arduino (sound detectors) [Video]. YouTube. Recuperado de [este enlace](#)
- IC Components. (s.f.). Componentes activos y pasivos en electrónica. Recuperado de [este enlace](#).
- International Business Machines Corporation. (2013). Adaptive phase-shedding and voltage adjustment based on load requirements. (US8396589B2). United States Patent and Trademark Office. Recuperado de [este enlace](#).
- ETH Zurich. (2016). A power supply with a dual-path architecture. (WO2016103079A1). World Intellectual Property Organization. Recuperado de [este enlace](#).



Anexo

Etapa exploratoria - Mapa



Caso 1 - Investigación de insumos



<https://www.youtube.com/watch?v=NOGOL34>

CONTROL DE ACCESO CON RFID y ARDUINO
PN532 NFC RFID module V4 ELECHOU

List.nfc.phones.fvwm.com



***** 126

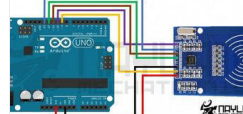
<https://www.amazon.com/Hilego-Communication>
Hilego PN532 NFC NXP RFID Module V3 Kit Near Field Communication Reader Module Kit I2C SPI HSUWSSO White Card Key Card for Arduino Raspberry Pi DIY Smart Phone Android Phone

<https://www.eneka.com/guia/eneka.html>
Bienvenido a Eneka SA



<https://www.eneka.com/guia/eneka.html>
Bienvenido a Eneka SA

ENEKA es una organización dedicada a la electrónica siendo la empresa líder en el Uruguay. Cubre las necesidades de desarrollo tecnológico privado, industrias, institutos de enseñanza, automatización industrial, computadores pasivos, equipamiento técnico, instrumentos y robótica.



https://taylorianmechanics.com/blog/22_tutorial
Tutorial módulo lector RFID RC522

Los lectores RFID (Radio Frequency Identification) en la actualidad están siendo bastante acogidos en los sistemas de identificación, no solo para dar seguridad, acceso de personal, identificación y logística de productos, como de puertas eléctricas, entre otras aplicaciones.

Componentes

Amazon.com: HiLetgo ESP-WROOM-32 ESP32 852S Development Board 2.4GHz Dual Mode WiFi + Bluetooth Dual Core Microcontroller Process Integrated with Antenna RF MP Filter AP STA for Arduino IDE - Electronics



***** 72

<https://www.amazon.com/keeyees-development-board>
Keeyees Development Board 2.4 GHz Dual Core WLAN WiFi + Bluetooth 2-in-1 Microcontroller ESP-WROOM-32 Chip CP2102 for ESP32 for Arduino

Keeyees Development Board 2.4 GHz Dual Core WLAN WiFi + Bluetooth 2-in-1 Microcontroller ESP-WROOM-32 Chip CP2102 for ESP32 for Arduino - Amazon.es - Electronics



<https://www.eemb.com/battery/rechargeable>
EEMB - Battery Manufacturer Worldwide Tech Support

EEMB - Professional lithium battery manufacturer and solar power solution provide. Main product covers primary lithium battery and rechargeable battery.



<https://articulo.mercadolibre.com.uy/MLU-481>
Imán De Neodimio 5 X 1 Mm (58 Unidades) - \$ 406

EN NUESTRA TIENDA FÍSICA SE PUEDE COMPRAR POR UNIDADES O EN COMPRA DE FORMA DIRECTA A TRAVÉS DE REDES SOCIALES. CAPOTodo tipo de imanes para la industria y el hogar, más de 500 medidas de imanes. ESPECIALIZADOS EN IMANES, EL MEJOR ASesoramiento de 10 años en el rubro. IMANES DE neodimio IMANES CERAMICOS IMANES DE

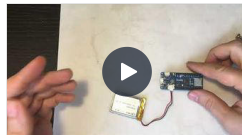


<https://articulo.mercadolibre.com.uy/MLU-603>

Modulo De Carga Usb-c - Baterías Celdas Li Ion 18650 - \$ 199
Modulo Carga y Descarga Usb-C 18650 V. VER FOTO PARA MAS OBLIVS DE CONEXION. Chip LP503450 de carga 4.2V Corriente de carga 1A.

<https://www.amazon.com/eyiten-Robot-ESP>

Amazon - ref=err_1_1_spa?crid=3U9A9VKP29WF&keywords=ESP32%2BWROOM&qid=166759300&sr=es32%2BWROOM%2Caps%2C199&sr=8-1-spons&th=1



<https://www.youtube.com/watch?v=EC93Z2D>
Connecting Li-Po battery to Arduino board, check correct polarity!

<https://www.lipobattery.com/LiPo-Battery-Dat>
LiPo battery - LiPo_Battery_LP503450_3.7V_850mAh.pdf

<https://www.lipobattery.com/LiPo-Battery-Dat>
LiPo battery - LiPo_Battery_LP503450_3.7V_850mAh.pdf



<https://www.alibaba.com/product-detail/Cust>
Customized Led Modules High Power Rgb Rgbw Smd Led 3535 5050 5054 6064 Led Smd Chip For Led Stage Light - Buy High Power Rgb Rgbw Smd Led 3535 5050 5054 6064 Led Smd Chip, Smd 5630 Led Chip, Customized Led Modules High Power Rgb Rgbw Smd Led 3535 5050 5054 6064 Led Smd Chip Product on Alibaba.com

Customized Led Modules High Power Rgb Rgbw Smd Led 3535 5050 5054 6064 Led Smd Chip For Led Stage Light - Buy High Power Rgb Rgbw Smd Led 3535 5050 5054 6064 Led Smd Chip, Smd 5630 Led Chip, Customized Led Modules High Power Rgb Rgbw Smd Led 3535 5050 5054 6064 Led Smd Chip Product on Alibaba.com



<https://www.alibaba.com/product-detail/2835>

2835 4014 5730 5054 5050 3535 5630 3014 Downlight 3 Module Chip White Rgb Pixel Dome 12 4000K 1w 1v Lights Smd Led - Buy Smd 3014 3020 3528 5050 2835 5050 6028 3535 4020 Red 5050 2835 5050 6028 3535 4020 Red Green Blue Yellow Orange Pink Ice Blue Warm Natural Cool White Rgb Smd Led, Smd 5050 5m Orange 300 Led Rgb 5v 1921 Pcb 2835 3v 1w 9v Chip 1808 5030 3020 395 120 Red 0.2w 70ma 20 Lumens 6v Full Spectrum For Tv Car Module Bulb Flood Light Cob Watt Aluminum 7w 9w 3528 Board 1206 3 Hot Plate 4014 0.5w Product on Alibaba.com

2835 4014 5730 5054 5050 3535 5630 301 Downlight 3 Module Chip White Rgb Pixel Dome 2 4000K 1w 1v Lights Smd Led - Buy Smd 3014 3020 3528 5050 2835 5050 6028 3535 4020 Red Green Blue Yellow Orange Pink Ice Blue Warm Natural Cool White Rgb Smd Led, Smd 5050 5 Orange 300 Led Rgb 5v 1921 Pcb 2835 3v 1w 9v Chip 1808 5030 3020 395 120 Red 0.2w 70ma 20 Lumens 6v Full Spectrum For Tv Car Module Bulb Flood Light Cob Watt Aluminum 7w 9w 3528 Board 1206 3 Hot Plate 4014 0.5w Product on Alibaba.com

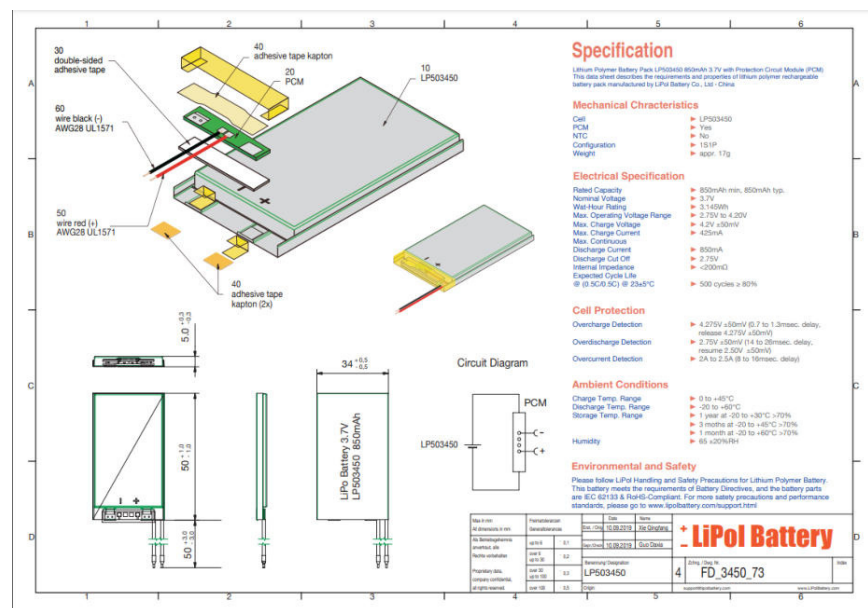
<https://www.amazon.com/Quincy-SensModu>
Amazon - 145-8274691-81032082 pd_rd_w=VrKy&content-id=amzn1.sym.e13de93e-5518-4644-9e6b-4ee5f2e0b062&pf_rd_p=e13de93e-5518-4644-9e6b-4ee5f2e0b062&pf_rd_r=872DWN068NJGA0EPF5GB&pd_rd_wg=1xMZ&pd_rd_r=bfb6b797a-5f71-49f1-b4c7-0c007a9718bc&pd_rd_j=B07QBPGVBF&psc=1

<https://www.lipobattery.com/LiPo-Battery-Dat>
LiPo battery - LiPo_Battery_LP503450_3.7V_850mAh.pdf

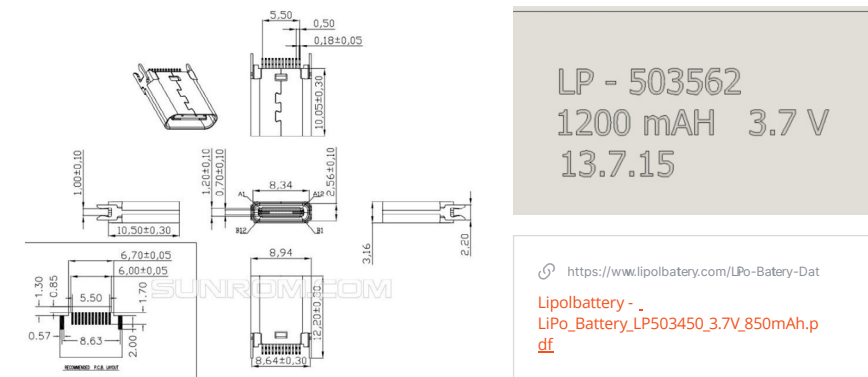


<https://www.alibaba.com/product-detail/Adjust>
Adjustable Fabric Rfid Wristband / Reusable Bracelet Nfc Tag Smart Rfid Band For Festival Events - Buy Tag Wristband, Smart Rfid Band, Adjustable Rfid Wristband Product on Alibaba.com

Adjustable Fabric Rfid Wristband / Reusable Bracelet Nfc Tag Smart Rfid Band For Festival Events - Buy Tag Wristband, Smart Rfid Band, Adjustable Rfid Wristband Product on Alibaba.com

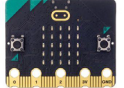
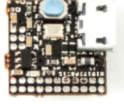


#LP503450	3.7	1000	900	5.3	34.5	51	20
-----------	-----	------	-----	-----	------	----	----



KTR-Q3535UVC-270-02	270-280	3-7	5.0-8.0	40	60
KTR-Q3535UVC-270-05	270-280	10-12	5.0-8.0	100-150	60
KTR-Q3535UVC-270-1	270-280	30-50	5.0-8.0	200	60
KTR-Q3535UVA-365-3	360-370	600-1000	3.4-3.8	400-450	60
KTR-Q3535UVA-395-3	390-410	800-1200	3.2-3.6	400-450	60
KTR-Q3535UVB-310-02	290-320	5-10	5.0-8.0	40	60
KTR-Q3535UVB-310-05	290-320	15-25	5.0-8.0	100-150	60

Caso 1 - Tabla 1 - Comparación de placas de desarrollo

Placa de desarrollo	Tr Descripción	Imagen de referencia	Dimensiones (mm)	Lenguajes / Entorno de programación	Microcontrolador	Pines de conexión analógicos	Pines de conexión digitales	Otras conexiones externas	Forma de conexión de cables	Memoria RAM	Memoria flash	Referencia de costo
Arduino UNO R3	Placa de desarrollo. Fácil de usar para principiantes, ideal para proyectos básicos.		68.5 x 53.3 x 10.1	Arduino IDE, C, C++, Phyton	ATMega328	6	14	USB-B	Pines o orificio pasante	2 KB	32 KB	US\$7
Arduino NANO	Placa de desarrollo. Versión compacta del UNO, adecuada para proyectos con espacio reducido.		44.9 x 17.8 x 1.6	Arduino IDE, C, C++, Phyton	ATMega328	8	14	microUSB	Pines o orificio pasante	2 KB	32 KB	US\$19
Arduino micro	Placa de desarrollo. Compacta, con USB integrado, ideal para proyectos portátiles.		33.0 x 18.0 x 0.8	Arduino IDE, C, C++, Phyton	No especificado	12	20	microUSB	Soldadura o contacto	2 KB	32 KB	US\$10
Arduino Mega	Placa de desarrollo. Con más capacidades de expansión, ideal para proyectos complejos. (hasta 8GB RAM dependiendo del modelo)		68.6 x 53.3 x 10.1	Arduino IDE, C, C++, Phyton	ATMega328	16	54	USB-B	Pines o orificio pasante	8 KB	256 KB	US\$20
Raspberry PI 4	Microordenador. Computadora de placa única con múltiples puertos y gran capacidad de procesamiento. (Requiere instalación de un sistema operativo)		85.6 x 56.5 x 21	Python, C/C++, Java, JavaScript, Shell scripting, Ruby, Go, Scratch, Rust PHP	ARM Cortex-A72	0	40	HDMI, USB-A, Ethernet	Pines o orificio pasante	2 GB	-	US\$53
ESP 32-WROOM	Placa de desarrollo. Incluye Wi-Fi y Bluetooth, adecuado para proyectos IoT (Internet of Things) y comunicaciones inalámbricas.		25.5 x 18.0 x 3.1	Arduino IDE compatible, C/C++, MicroPython, ESP-IDF, Lua, JavaScript, Rust, CircuitPython	Xtensa Dual Core LX6	18	34	USB-C	Pines o orificio pasante	520 KB	4 MB	US\$19
Microbit V2	Placa de desarrollo. Placa educativa con sensores, microfono, pantalla LED, botones y conectividad Bluetooth, ideal para aprender y prototipar.		52 x 42 x 5	MakeCode, JavaScript, MicroPython, C/C++, Scratch, Rust	ARM Cortex-M4 nRF52833	4	20	MicroUSB	Pines o orificio pasante	128 KB	512 KB	US\$20
Adafruit Trinket MO	Placa de desarrollo. ultra compacta con microcontrolador SAMD21, ideal para proyectos pequeños y portátiles.		27.0 x 15.3	Arduino IDE, CircuitPython, C/C++	ATSAMD21E18	5	5	MicroUSB	Soldadura o pines	32 KB	256 KB	US\$14
uduino	Placa de desarrollo. ultra compacta basada en el microcontrolador ATMega328P, compatible con el entorno Arduino IDE, ideal para proyectos pequeños.		18.0 x 12.0 x 5.0	Arduino IDE, C/C++	ATMega328P	6	8	Pines o soldadura	Soldadura o pines	2 KB	32 KB	US\$20.5

Ensayo práctico - Tabla 2 - Relevamiento de sensores y actuadores

Tr	Tipo	Referencia	Nombre	Descripción
	Sensor		Módulo sensor Hit	Detecta impactos o golpes en una superficie
	Sensor		Módulo interruptor de vibración	Actúa como un interruptor al detectar vibraciones
	Sensor		Módulo de fotoresistencia	Sensor de luz basado en una fotoresistencia
	Sensor		Módulo interruptor de inclinación	Detecta cambios en la inclinación mediante un contacto interno
	Sensor		Módulo sensor de emisión infrarroja	Emite señales infrarrojas para comunicación o detección
	Sensor		Módulo óptico abierto Mercury	Detecta cambios en la luz mediante un sensor óptico
	Sensor		Sensores Hall magnéticos lineales	Detecta campos magnéticos y genera una señal de salida analógica
	Sensor		Módulo receptor sensor infrarrojo	Recibe señales infrarrojas para control remoto o detección
	Sensor		Sensor magnético de clase Bijor	Sensor magnético de alta sensibilidad para detección de campos
	Sensor		Módulo de copa de luz mágica	Sensor óptico que cambia su respuesta según la luz recibida
	Sensor		Módulo óptico roto	Detecta interrupciones en un haz de luz para conteo o posicionamiento
	Sensor		Módulo detector de latidos	Sensor óptico para medir la frecuencia cardíaca
	Sensor		Módulo Reed	Interruptor magnético que se activa con un imán
	Sensor		Módulo sensor de evitación de obstáculos	Usa infrarrojos para detectar objetos cercanos y evitarlos
	Sensor		Módulo sensor de caza	Detecta variaciones de luz para aplicaciones de rastreo
	Sensor		Módulo sensor de sonido micrófono	Captura sonidos y los convierte en señales eléctricas
	Sensor		Módulo sensor láser	Emite un haz láser para detección o medición
	Sensor		Módulo sensor de temperatura	Mide la temperatura ambiente y entrega una señal analógica o digital
	Sensor		Módulo sensor de llama	Detecta la presencia de llamas mediante un sensor infrarrojo
	Sensor		Módulo sensor de micrófono sensible	Captura sonidos de baja intensidad con alta sensibilidad
	Sensor		Módulo sensor de humedad y temperatura	Mide temperatura y humedad relativa en el ambiente
	Sensor		Módulo sensor táctil de metal	Detecta el contacto con una superficie metálica conductiva
	Sensor		Sensor RFID	Sensor de radiofrecuencia utilizado para aproximación de tags RFID
	Sensor		Sensor híbrido BME280	Mide temperatura, presión atmosférica y humedad relativa.

Tr	Tipo	Referencia	Nombre	Descripción
	Actuador		Zumbador activo	Emite sonidos de frecuencia fija cuando recibe una señal eléctrica
	Actuador		Zumbador pasivo	Genera sonidos de diferentes frecuencias según la señal PWM aplicada
	Actuador		Módulo de vibración	Motor vibrador utilizado en notificaciones táctiles o alertas
	Actuador		LED	Emite luz en diferentes colores según la configuración
	Actuador		Relé 5V	Actúa como interruptor controlado eléctricamente para manejar cargas externas de mayor voltaje
	Actuador		Motor DC	Convierte energía eléctrica en movimiento giratorio continuo
	Actuador		Motor paso a paso	Motor que gira en pasos precisos según señales eléctricas
	Actuador		Servo motor	Motor con control preciso de posición, ideal para movimientos angulares
	Actuador		Bomba peristáltica	Bomba que transporta líquidos sin contacto con componentes internos
	Actuador		Minibomba sumergible	Bomba sumergible que transporta líquidos en contacto con componentes internos
	Actuador		Pantalla OLED/LCD	Muestra información gráfica o alfanumérica en proyectos interactivos

Ensayo práctico - Código 1 - Testeo de sensor Ky-37

```
//Código para testeo del sensor KY 37

int led = 13; //Colocaremos un Led en el Pin 13 del Arduino para saber cuando sea activado el Sensor de
Sonido

int KY037 = A0; //Pin 4 para la salida digital del KY

int umbral = 512; // Umbral de sensibilidad (ajustable por medio del potenciómetro)

int margen = 3;

void setup()

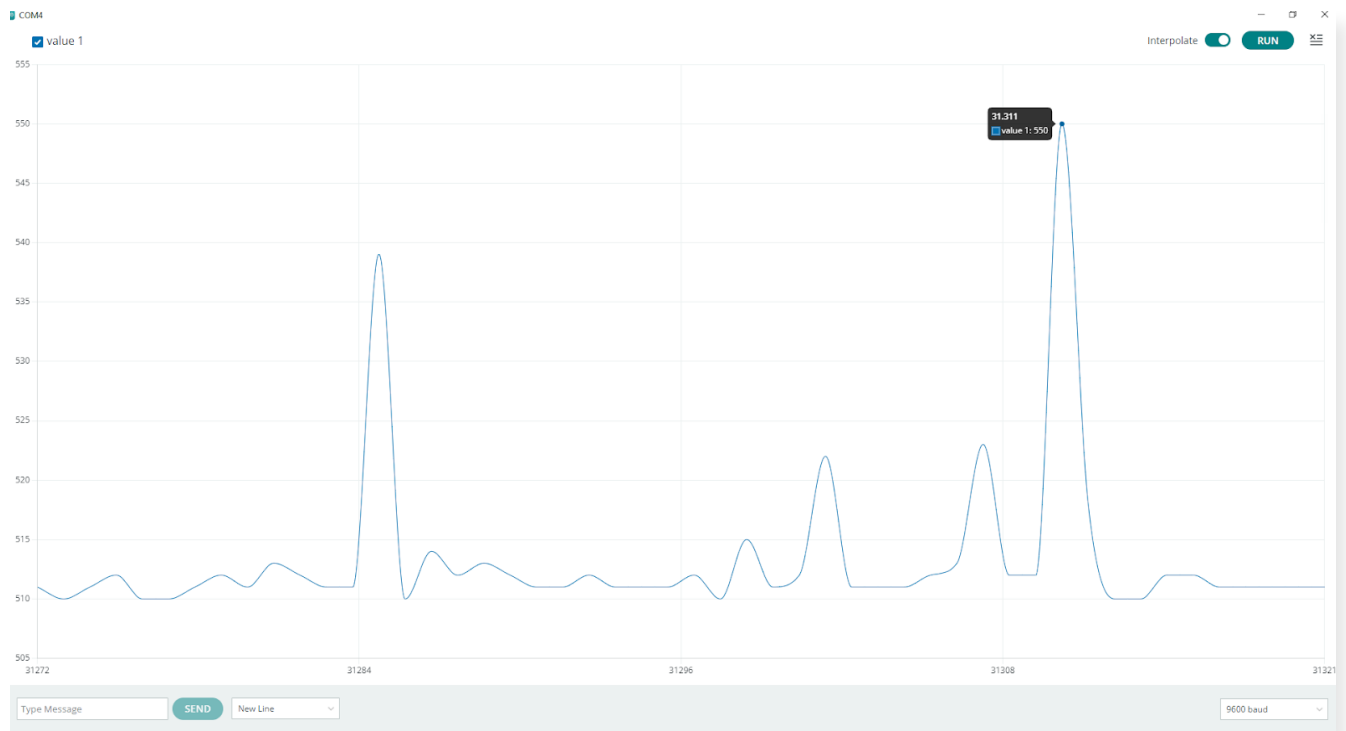
{
  Serial.begin(9600); //Inicialización del puerto serial a 9600 baudios
  pinMode(led, OUTPUT); //pin 13/led como pin de salida
  pinMode(KY037, INPUT); //pin del KY como entrada de datos
}

void loop()
{
  int valor = analogRead(KY037); // Leer el valor analógico del sensor
  Serial.print("Valor de umbral: ");
  Serial.println(valor); // Devuelve el valor de umbral de sensibilidad en la consola

  if (valor>800){
    digitalWrite(led, HIGH); //...enciende el led
    delay(50);
    digitalWrite(led, LOW); //...enciende el led
  }

  delay(200); // Ajusta este valor según sea necesario para evitar lecturas erróneas
}
```

Ensayo práctico - Gráfica 1 - Testeo de sensor KY 37 - Código 1:



Ensayo práctico - Código 2 - Testeo de sensor MAX4466

Utilizado para el testeo de ambos sensores, MAX4466 y KY 37 utilizando funciones matemáticas para la limpieza de los valores devueltos por el sensor:

```
//Sensores
const int Sensor = A0; // Pin analógico del Sensor
const int Max4466 = 510; //Valor devuelto cuando hay silencio
const int KY37 = 851; //Valor devuelto cuando hay silencio

// Pines de los LEDs
const int LED1 = 2;
const int LED2 = 3;
const int LED3 = 4;
const int LED4 = 5;

// Sensor actual y umbrales
const int Base = Max4466; //Cambiar el sensor definido previamente
const int Um1 = 20; //Umbrales = diferencia con el valor de silencio
const int Um2 = 50;
const int Um3 = 100;
```

```

const int Um4 = 200;

//Código al encender Arduino
void setup() {
  pinMode(LED1, OUTPUT);
  pinMode(LED2, OUTPUT);
  pinMode(LED3, OUTPUT);
  pinMode(LED4, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

//Código en Loop
void loop() {

  int final = 0;
  int lectura = clean(analogRead(Sensor)); //Clean = Función definida fuera del loop

  //Valor absoluto
  if(lectura < Base){ final = (Base + (Base - lectura)); }else{ final = lectura; }

  Serial.println(final); // Muestra el valor máximo en el monitor serial

  // Evaluar cada umbral y encender su respectivo LED
  light(LED1, Um1, final);
  light(LED2, Um2, final);
  light(LED3, Um3, final);
  light(LED4, Um4, final);
  delay(100);
}

// Función para encender el LED si se supera el umbral
void light(int LED, int umbral, int v) {

  if (v < Base - umbral || v > Base + umbral) {
    digitalWrite(LED, HIGH);
    delay(100);
    digitalWrite(LED, LOW);
  }
}

```

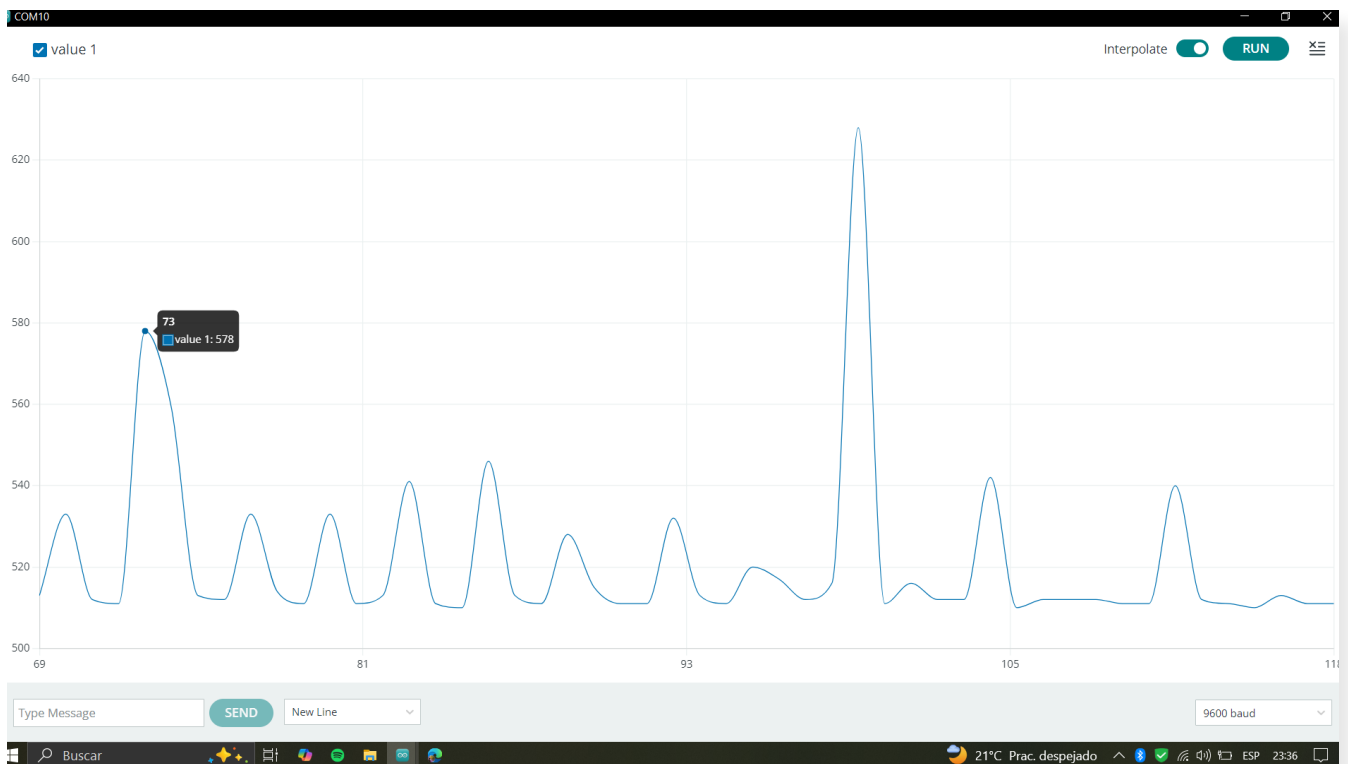
```
//Función de limpieza de la lectura
int clean(int lecture) {

    int suma = 0;
    int promedio = 0;

    // Tomar 50 muestras rápidas y sumarlas
    for (int i = 0; i < 50; i++) {
        suma+=lecture;
        delay(5);
    }
    promedio = suma/50;
    return promedio;
}
}
```

Ensayo práctico - Gráfica 2 - Testeo de sensor MAX4466 código 2

Observaciones en consola del código 2. Palmas constantes, registran un pico, cada dos silencios:



Ensayo práctico - Código 3 - Testeo de sensor MAX4466

Utilizado para el testeo del sensor MAX4466 incluyendo funciones matemáticas basadas en documentación, para el correcto registro de la información del sensor, y el remapeo en valores entre 3 y 5 para la posterior utilización en el voltaje de la bomba:

```
const int sampleWindow = 50; // Duración de la ventana de muestreo en milisegundos (50
ms = 20 Hz máx.)
const int AMP_PIN = A0;    // Pin analógico donde está conectado el sensor de audio
unsigned int sample;        // Variable para almacenar la lectura del sensor

void setup() {
    Serial.begin(9600); // Inicia la comunicación serie a 9600 baudios
}

void loop() {
    unsigned int peakToPeak = Amplitud(); // Llama a la función que calcula la amplitud pico
a pico
    double volts = reMap(peakToPeak);    // Convierte la amplitud a voltaje para la bomba

    // Serial.println(peakToPeak);
    Serial.println(volts);
}

int Amplitud() {
    unsigned long startMillis = millis(); // Guarda el tiempo de inicio de la ventana de mues-
treo
    unsigned int signalMax = 0; // Inicialmente en 0 para buscar el valor más alto
    unsigned int signalMin = 1024; // Inicialmente en 1024 para buscar el valor más bajo

    // Captura datos durante 50 ms
    while (millis() - startMillis < sampleWindow) {
        sample = analogRead(AMP_PIN); // Lee el valor del sensor de audio

        if (sample < 1024) { // Descarta posibles lecturas erróneas (en teoría, innecesario)
            if (sample > signalMax) {
                signalMax = sample;
            }
        }
    }
}
```



```

    }
    else if (sample < signalMin) {
        signalMin = sample;
    }
}

// Calcula la amplitud pico a pico (diferencia entre el valor máximo y el mínimo)
return signalMax - signalMin;
}

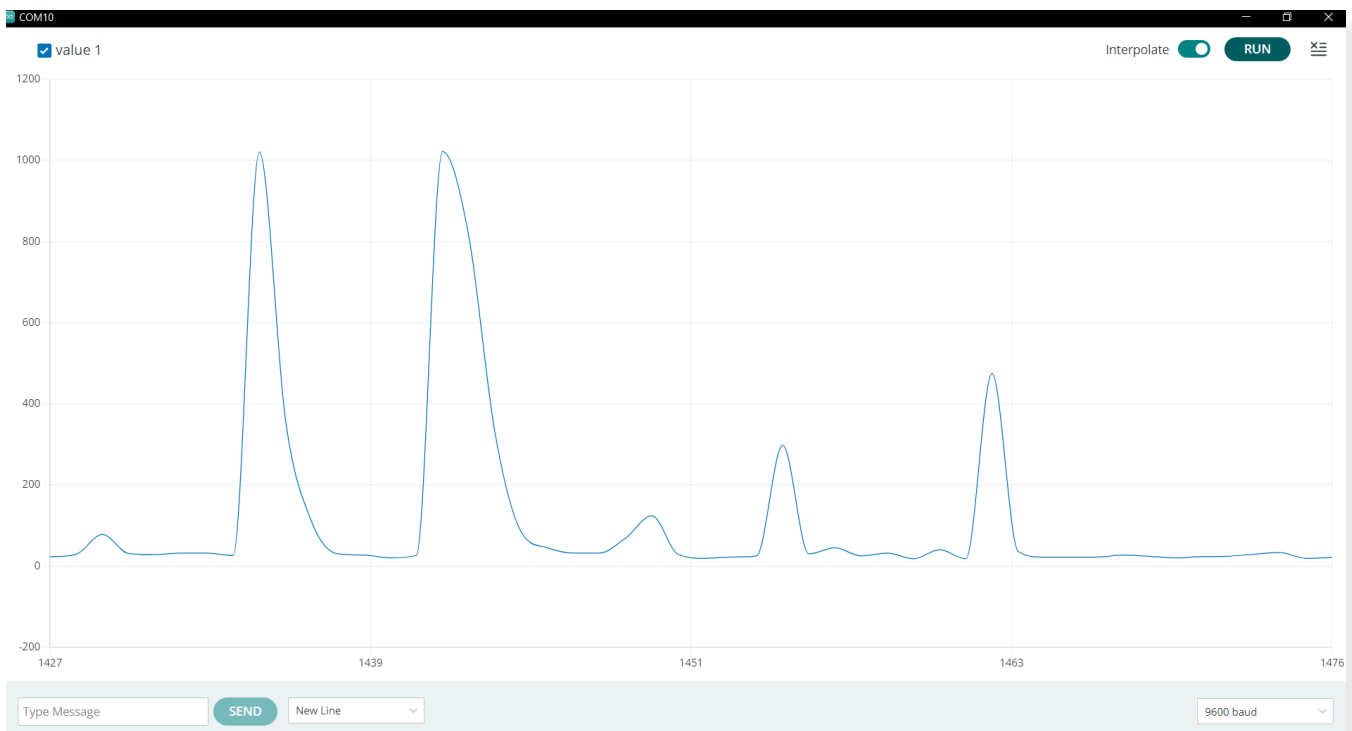
double reMap(int amplitud) {

    const double minVolt = 3.0; // Voltaje mínimo
    const double maxVolt = 5.0; // Voltaje máximo
    double volts = minVolt + (amplitud * (maxVolt - minVolt) / 1024.0);
    return volts;
}

```

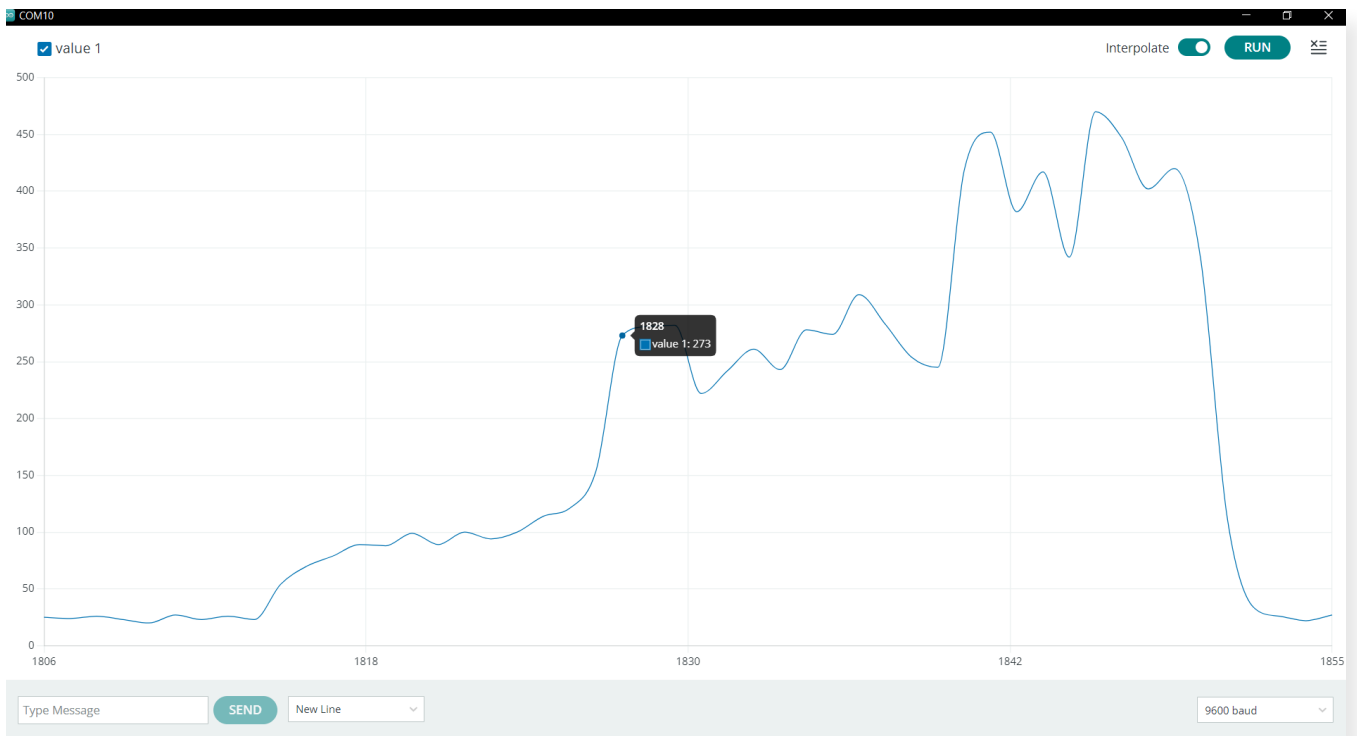
Ensayo práctico - Gráfica 3 - Testeo de sensor MAX4466

Observaciones en consola del código 3, probado con palmas y chasquidos:



Ensayo práctico - Gráfica 4 - Testeo de sensor MAX4466

Observaciones en consola del código 3, probado con tres diferentes volúmenes de voz constantes:



Ensayo práctico - Código 4 - Testeo de bomba

Utilizado para testeo del funcionamiento de la bomba, en diferentes niveles de voltaje controlados a través del circuito con el transistor:

```
const int bombaPin = 11; // Pin PWM conectado al Gate del MOSFET
const int tiempo = 5000; // Duración total del ciclo en milisegundos
const int pasos = 50; // Número de pasos para la transición

const int voltajeMin = 0; // Voltaje mínimo (0V)
const int voltajeMax = 5; // Voltaje máximo (5V)

// Conversión de voltaje a valores de PWM (0-255)
const int pwmMin = map(voltajeMin, 0, 5, 0, 255);
const int pwmMax = map(voltajeMax, 0, 5, 0, 255);

void setup() {
  pinMode(bombaPin, OUTPUT);
  Serial.begin(9600); // Inicia comunicación serie para depuración
}
```

```

void loop() {
    // Aumenta de voltajeMin a voltajeMax en 2.5 segundos
    for (int i = pwmMin; i <= pwmMax; i += (pwmMax - pwmMin) / pasos) {
        analogWrite(bombaPin, i);
        delay(tiempo / (2 * pasos));
        Serial.println(map(i, 0, 255, 0, 5)); //Imprime en consola el voltaje
    }

    // Disminuye de voltajeMax a voltajeMin en 2.5 segundos
    for (int i = pwmMax; i >= pwmMin; i -= (pwmMax - pwmMin) / pasos) {
        analogWrite(bombaPin, i);
        delay(tiempo / (2 * pasos));
        Serial.println(map(i, 0, 255, 0, 5)); //Imprime en consola el voltaje
    }
}

```

Ensayo práctico - Código 5 - Testeo de bomba con sensor

Combinación de los códigos construidos para el sensor y la bomba, vinculando los valores obtenidos del sensor, con el voltaje con el que se activa la bomba constantemente:

```

//SENSOR
const int sampleWindow = 50; // Duración de la ventana de muestreo en milisegundos (50
ms = 20 Hz máx.)
const int AMP_PIN = A0;    // Pin analógico donde está conectado el sensor de audio
unsigned int sample;        // Variable para almacenar la lectura del sensor

//BOMBA
const int bombaPin = 11; // Pin PWM conectado al Gate del MOSFET
const int tiempo = 5000; // Duración total del ciclo en milisegundos
const int pasos = 50;    // Número de pasos para la transición

const int voltajeMin = 0; // Voltaje mínimo (0V)
const int voltajeMax = 5; // Voltaje máximo (5V)

void setup() {

```

```

pinMode(bombaPin, OUTPUT);
Serial.begin(9600); // Inicia comunicación serie para depuración
}

void loop() {
    unsigned int peakToPeak = Amplitud(); // Llama a la función que calcula la amplitud pico
    a pico
    double Volts = reMap(peakToPeak); // Convierte la amplitud a voltaje para la bomba

    Serial.println(peakToPeak);
    // Serial.println(Volts);

    AccionarBomba(Volts);
}

int Amplitud() {
    unsigned long startMillis = millis(); // Guarda el tiempo de inicio de la ventana de mues-
    treo
    unsigned int signalMax = 0; // Inicialmente en 0 para buscar el valor más alto
    unsigned int signalMin = 1024; // Inicialmente en 1024 para buscar el valor más bajo

    // Captura datos durante 50 ms
    while (millis() - startMillis < sampleWindow) {
        sample = analogRead(AMP_PIN); // Lee el valor del sensor de audio

        if (sample < 1024) { // Descarta posibles lecturas erróneas (en teoría, innecesario)
            if (sample > signalMax) {
                signalMax = sample;
            }
            else if (sample < signalMin) {
                signalMin = sample;
            }
        }
    }

    // Calcula la amplitud pico a pico (diferencia entre el valor máximo y el mínimo)
    return signalMax - signalMin;
}

```

```

}

double reMap(float amplitud) {
    double volts = voltajeMin + ((amplitud * (voltajeMax - voltajeMin)) / 1024.0);
    return constrain(volts, voltajeMin, voltajeMax);
}

void AccionarBomba(float Voltaje){

    // Conversión de voltaje a valores de PWM (0-255)
    int PWM = map(Voltaje * 100, voltajeMin * 100, voltajeMax * 100, 0, 255);
    analogWrite(bombaPin, PWM);
}

```

Visita a Controles S.A. - Transcripción de entrevista

Audio 1

Entrevistado 1: Alguna de las placas de esas tienen entradas o salidas pongamosle, las entradas digitales. Tienen 16 entradas digitales. ¿Vos qué pruebas vas a hacerle a todos en producción? Vas a tener que probar que cada una de las 16 entradas funciona. Que funcione quiere decir que le pongo una tensión y me da uno, y le pongo otra tensión y me da dos, pero lo tengo que ir haciendo una por una las entradas.

Entonces yo podría poner una persona que le ponga una señal acá, mide con un tester en algún lugar y diga “ah sí llegó” y la saque ponga acá “ah sí llegó”, y repita eso con las 16 o puedo tener un banco de ensayo ya preparado que lo que haga es que haya un software que le vaya mandando una señal. ¿Existe la primera entrada?, le pregunte a la tarjeta: ¿viste la primera entrada?

La tarjeta le contesta que sí y dice perfecto, Entonces ahora debe de visitar la segunda entrada. El sitio de la segunda entrada. Vos conectas a un banco y que va haciendo toda una serie de pasos que se los hace a todas las tarjetas iguales a todas en el mismo orden y te garantizas de que no pueda pasar que durante el ensayo porque la persona se distrajo porque le vinieron a hablar.

Si iba por la entrada siete se pasó a la nueve y se saltó la ocho y no la probó. Eso no puede pasar, pero lo automatizás. Entonces esta parte del diseño del producto es diseñar cómo lo vas a probar y diseñar una placa de probar una placa de 16 entradas y vas a probar una. ¿No pasa nada porque las pruebas una por una las entradas, pero si vos vas a poner una partida que son 500, imaginate el tiempo que te puede llevar a probar 500 placas de esas iguales, sumado a la cantidad de errores que podés tener, ¿no?

Porque se olvidó de probar una, porque enchufan una y pide la de al lado y por lo

que sea, incluso porque no sé, vos tenés 16 entradas y vos tenés que ver que si le metes a la ocho, se prende la ocho pero no se prende a las siete, por ejemplo. ¿No solamente tendrías que mirar que se prende la ocho, tendría que mirar que no se prende las otras, porque si hubiera un cortocircuito adentro entre la señal de las siete y la ocho, cuando vos le pinchás la ocho, se va a prender también la siete y eso no tiene que pasar, ¿no?

Entonces, en el de automatización vos te aseguras que cuando la hiciste la ocho se fije que te la ocho y se fije que no esté en ninguna de las otras.

Entrevistador: ¿Y eso te podría pasar justo por una interferencia entre dos entre las líneas o porque sería?

Entrevistado 1: Por ejemplo, porque te quedó una pastita de estaño soldado de los componentes que están al lado de las otras o dos patas de microprocesador está al lado de la otra.

Entrevistado 2: Depende de en qué test te salte, es lo que va a pasar, en un ensayo de equipo probablemente es un problema de diseño, que te quedaron muy juntas las pistas y se hace interferencia una de la otra, lo que decías, eso es lo que vos detectas en esos equipos. Después si eso funciona bien y no pasa nada,

pero después sacaste una unidad de 100 que produce una falla que es por un problema de ensamblado, no de estaño o lo que sea.

Entrevistador: Claro, si, y me imagino que al diseñar estas cosas, tienen limitaciones de distancias, ponele. Y si tienen dos resistencias los relés tienen que tener cierta separación por calentamiento, ¿o algo de este estilo?

Entrevistado 2: Puede suceder ese tipo de

cosas sí.

Entrevistador: ¿Vendrá con los componentes o como[...]?

Entrevistado 2: el componente te dice [...], el funcionamiento o a veces el fabricante te da una recomendación de cómo hacer el enrutado,

Entrevistado 1: te dice “no lo pongas más lejos que tanto”, eso te dice la hoja del fabricante te dice “bueno mirá, mi circuito sugerido para esto es...” te dice un chip y la resistencia que el tiras al lado y “no te vayas más de tanto” o “esta ponela al lado, está ponela abajo”. Y ya te da una sugerencia de cómo armarlo.

[...], el fabricante de cada componente te da por ejemplo y le llaman el footprint de cómo tiene que ser el lugar donde lo vas a montar en el impreso. Entonces te dice los PAD donde van a ir cada una de las patas tienen que ser de 1,3 por 2,6 más-menos tanto, y eso vos lo tenés que respetar en el momento que lo usás, ¿no? el software como el Altium.

Pero claro, después hay restricciones de esas que son por los componentes y otras que son por la aplicación. Vos tenés dos señales que vos sabes que van a venir de lugares diferentes y que están aislados eléctricamente entre sí, y que vos tenés que garantizar esa aislación, porque si no vas a generar un problema afuera del equipo, entonces vos te dicen que estas dos cosas tienen que tener mil volt de aislación entre sí.

Bueno, ahí hay una regla de cuántos volts, cuánto tengo que separar en función de cuánto quiero tener relación. Entonces, el que diseña circuitos impresos sabe que [...] tiene que separar tantos milímetros de la componente por cada 100 volt, por decir algo. Entonces si tiene dos cosas que tiene que tener una aislación galvánica de cierto nivel, las tiene que separar tanto.

Y después en el ensayo de tipo lo que hace

es poner esto, hacer una tensión, poner esto, o sea a 1000 volt por ejemplo de la de la otra y se fija que no explote, no, pero que no salte una chispa que es parte. Si era un requerimiento que tuviera una relación de 1000 volt, lo tiene que probar. Después ¿no?, porque si por un error me quedaron muy cerquita.

Lo que pasa es que saltan chispas en todo momento, que es una prueba. Acá tenés equipos que tenes que poner 1000 volt entre una y la otra, sea de lo que sea.

Entrevistador: Claro, seguro hay que testearlo por las dudas

Entrevistado 1: Hay un montón de cosas que tiene que verificarse.

Entrevistador: Se me quedó una pregunta de los programas que usan, vi que hay algunos que son automatizar algunas cosas de pasar esto del diagrama esquemático, no sé si usan alguno de esos o los hacen todos manuales aparte...

Entrevistado 1: Antes era manual, ¿no?,

Entrevistado 2: Ahora hay una mezcla, él está hablando del Altium, cuando pasás al enrutado. [...]

Entrevistador: sí, claro, cuando pasas al enrutado si eso llega a [...]

Entrevistado 2: Si, pero en una, por ejemplo, después de uno de que algunos inteligente que decís? Bueno, estas pistas tienen que ir por acá y quiero que tengan el mismo largo, y algunos programas te lo hacen, pero muchas decisiones las terminas haciendo vos.

Entrevistado 1: Tene circuitos que tienen bloques, que tenés seis bloques iguales porque tenés seis medidas de corriente y vos anotas uno y le decís al software todos los otros seis canales hacerlos iguales, como si fuera una repetición que hacer sobre el software.

Ahí te hace “tuc tuc tuc tuc” y te dibuja los otros, iguales que como armaste el primero. En general tienen ese tipo de capacidad en el que dibuje toda la placa.

Herramientas de software que usamos, el Altium, u otro que es el Path, para enrutado, el inventor para la parte mecánica, el corel para lo que es el gráfico tanto de folletería como de hacer las etiquetas del frente y después el programa más de desarrollo de programación, no, ahí sí tenemos.

Cada microprocesador tiene su entorno de trabajo donde los programas y sus compiladores, [...], tenemos plataformas para trabajar en Linux, para trabajar en Windows, para trabajar para programación de alto nivel, programas de Visual Studio. [...] y ahí hay todo un equipo de trabajo en la parte de la empresa, la empresa tiene varias áreas y nosotros estamos una parte que se llama telecontrol, que trabajamos sobre todo con los controles de subestaciones eléctricas, ¿no?

Y somos unas 10, 12 personas. De las cuales hay algunos especializados software, algunos de hardware y algunos más de electrónica, algunos más. Hay perfiles dentro de la electrónica, entonces también, hay algunos que son más de solo enrutar y no sé qué es lo que hacen. Más firmware [...] Son como un equipo de trabajo.

Entrevistador: Y con esto, lo que me quedó preguntarles sobre los programas es, vos me habías comentado que le entregaban al fabricante los CAD, [...] y algún archivo mas de las coordenadas...

Entrevistado 2: Los Gerber se llama el formato

Entrevistador: Los Gerber, bien. ¿Y siguen usando láminas técnicas, por ejemplo? o ya mandan un CAD y queda por ahí [...]

Entrevistado 2: No, con el fabricante es ese archivo nomas, el archivo electrónico y te

devuelve la placa.

Entrevistador: Bien, [...] dos preguntas, una es como manejan los archivos para trabajar con el fabricante y la otra sería en caso de que venga yo como diseñador o si viene una empresa que quiere una determinada placa, ¿como se manejan con un cliente?

Entrevistado 2: Pasa que nosotros no vendemos placas, nosotros vendemos productos. Tenemos varias áreas en la empresa, una que hace ascensores. Nosotros hacemos telecontrol de los ascensores, en controladores, en ascensores. Entonces todo lo que no es la parte mecánica del ascensor sino la parte de control, que recibe las señales de los pulsadores de cada piso, que le va mostrando en un display a la persona en qué piso va, que controla la velocidad de la que sube, a qué piso manda el ascensor o coordina cuando hay más de una cabina de ascensores en un edificio que tenemos, no sé, cuatro sensores. Bueno, todo lo que es la parte de control de eso. Tenemos una línea de producto para eso en una línea de producto de telecontrol. Una línea que es en la que estamos nosotros, sobre todo proyecto de subestaciones eléctricas.

Hay una línea de productos de potencia que son cargadores de baterías. Hay una línea de productos de automatismos, a diferencia del producto de equipos médicos. Nosotros hacemos productos. No fabricamos a demanda de alguien que venga de alguna empresa. [...]

No creo que haya ninguna empresa que tenga el servicio en Uruguay, el que quiere hacer eso lo manda a hacer a China. Hay empresas que sí, hay empresas que tienen servicio, como les decís, bueno, por ejemplo ahorita que le mandamos los Gerber, hay empresas que vos le decis te mando los Gerber y también una lista de componentes y ellos te lo arman que fabrican la placa te lo arman y te mandan la placa armada.

Hay empresas de electrónica que diseñan,

que no tienen la capacidad nuestra, de producción, que hacen electrónica. Hasta esa etapa diseñan y terminan mandando la lista de componentes y los Gerber y hay una empresa que se las arma hecho la empresa que usaban para hacer los prototipos de los circuitos impresos y tiene la opción de armártelos, si quieres, JLC, PCB podés entrar a la página y vas a ver todos los tipos de servicios que te ofrece.

Y como ese hay muchos, pero ahí tienes la opción de hacer los circuitos impresos, los estencil que ahora te mostramos arriba, la planta armado que son lo que sirven para poner la pasta del circuito impreso de eso y que te lo ensambles todo, [...] tienes toda la cadena que pueden hacer ellos.

¿Nosotros solo usamos una parte de la cadena de lo que hacen eso claro, si, pero si vos estás haciendo, no sé, un proyecto fin de carrera en la facultad este y tienen que hacer un impreso en general no tienen como armarlo este, salvo que sean componentes sencillas de soldar, no de repente como armarlo y le sirve a armar la cosa entera, ¿no?

Entrevistador: si lo mandas a que lo armen y punto.

Entrevistado 2: El tema cuando mandas a armar, que perdés cierto control sobre qué componentes están poniendo. Volviendo a lo que nos pasó a nosotros, de que nos pusieran componentes falsas, te puede pasar. Entonces si estás haciendo un prototipo para algo no sé qué, capaz que no pasa nada, pero si vos estás vendiendo productos en serie de alguna manera estás poniendo tu nombre en ese producto verdad?

Entrevistado 1: Entonces, o tenés tu propio control, como tenemos nosotros, que lo hacemos acá o tenés que tener un control sobre el que te lo está armando. Por ejemplo, ir allá, inspeccionar, conocer a la gente, ver garantizar, tomar confianza sobre quién te lo está armando. Seguro que hay gente que lo arma, y lo arma bien, y no te estafan.

Pero ojo, hay que tener cuidado, porque mandando las cosas de acá a un chino, los chinos te hacen lo que quieren. Si vos querés ir a fabricar a China, el consejo es andá a China, elegí con quién trabajar, mandar alguien que inspeccione de vez en cuando lo que están haciendo. Entonces capaz que claro, el que elige esa forma de trabajo, elige la planta donde fabricar, allá le va muy bien, pero primero tiene que tener ciertas certezas que así lo vas a tener.

Entrevistador: Si tenés que conocer bien a dónde estás mandando las cosas, seguro.

Entrevistado 2: ¿Vamos a hacer este paseo por arriba? porque creo que parte de la idea que te podes llegar a hacer es mirando la planta de armado de arriba. Este producto se llama UIT115, lo podes mirar en la página también si querés.

Entrevistador: Bueno, yo sabía que habían placas hasta de diez capas...

Entrevistado 1: Nosotros nunca precisamos por ahora más de cuatro.

Entrevistador: No, pero justamente porque tienen una placa donde van muchas placas conectadas...

Entrevistado 1: Pero en general, la cantidad de placas tiene mucho que ver con el tipo de componente que estás usando y que tantas señales hay que pasar. Cuando vos tenés muchas cosas y tienen que pasar por poco espacio necesitas capas en el medio para conectarlos.

Video mostrando la prensa serigráfica

Entrevistado 1: Esta es la prensa de serigrafía, y esta es la placa perforada. Tiene agujeritos en todos los lugares donde la placa tiene componentes a ser montados, (los pads), hay un agujerito. Las espátulas pasan para los dos lados y queda con pasta puesta en cada uno de los pads donde van a ir mon-

tados los componentes.

Entrevistador: ¿Las placas las hacen acá mismo ustedes?

Entrevistado 1: Esto nos los vende el mismo que hace los circuitos impresos, porque al fin y al cabo son los mismos archivos del Altium o el software que usemos; tu diseño como archivo de salida termina teniendo lo que se precisa para la impresa y lo que se precisa para esto; es un archivo mas que sale de ese software, le pasás eso y los tipos arman este marco con esa lámina finita que tiene los agujeritos

Audio 2 - Prensa serigráfica:

Entrevistado 1: Acá es donde tenemos la planta de armado. Esta, por ejemplo, está montando este tipo de placas, ¿verdad? Esta placa lo primero que hace es pasar por esta serigráfica. [...] lo primero que hace es ponerlo ahí donde hay un estencil. El estencil tiene agujeritos en todos los lugares donde la [...] acá se monta la placa, se pone acá en todos los lugares donde la placa tiene componentes a ser montados, donde hay pistas de los path donde vas a soldar la componente acá hay un agujerito. Entonces se le pone pasta, las espátulas pasan para los dos lados, queda con pasta puesta en cada uno de los paths los que van ir los componentes.

Entrevistador: ¿Estos estencil los hacen acá mismo ustedes?

Entrevistado 1: Esto nos lo vende el mismo que nos vende los circuitos impresos, porque al fin y al cabo son cosas que salen de los mismos archivos del Altium o el software que usemos. Como parte de tu diseño termina como archivo de salida, teniendo lo que se precisa para la empresa, y lo que se precisa para esto.

Esto es un archivo más que sale en ese software. Les pasas eso y los tipos te armás este

marco con esas láminas finitas donde tiene los agujeritos

Entrevistado 1 (a un trabajador) : ¿tenés de estas empastadas?

Entrevistado 1: Ojo, porque yo ya le pasé el dedo en una sin querer. Esto tiene pasta, si lo miras de costado tiene la pasta puesta. Lo puso ese estencil y en todos los lugarcitos, donde hay una componente que tiene la pasta puesta.

Video mostrando la Pick & Place 1

Entrevistado 1: Coordenadas de la placa, tiene una serie de puntitos que se le ponen como referencia; esto tiene un programa donde tiene cada uno de los componentes en qué posición tiene que ir. Ese programa también sale del software donde diseñamos los circuitos impresos; es como un Excel, donde tiene cada componente, tipo coordenadas, y con qué ángulo, entonces después colocás los rollos de componente alrededor, y el robot le va poniendo los componentes, le va sacando los componentes a cada rollo.

Algunos componentes vienen en cinta, y otros componentes más grandes como los procesadores, se presentan en bandeja. El sabe de dónde los tiene que sacar, los levanta, y en vez de irlos sacando de la cinta los va sacando de la bandeja.

El robot también tiene dos puntas, que intercambia; según el tamaño del componente, cual puntero usa, y va y toma el que precisa.

Tiene cámara esto o lo que se fija y alinea la línea un poquito a las componentes comunes, y los microprocesadores vienen y los alinea en otra cámara que tiene acá, todo con el objetivo de colocarlo en el lugar perfecto. Ahí hay una cámara externa más. Cada cosa tiene una cámara, pero además tiene más precisión la del micro.

Vídeo mostrando la Pick & Place N°2

El micro, que tiene ciento y pico de patas, y que si lo pone apenas corrido va a quedar mal, entonces viene y lo alinea en esa cámara, pero eso vos le decís lo que querés que alinee acá porque eso lleva más tiempo.

Entrevistador: ¿cuántos componentes tiene un rollo de la máquina?

Entrevistado 1: Depende, hay de 1000 a 5000, varía con el tamaño del componente. Estas por ejemplo que tienen un paso chico, son de 5000

Entrevistador: ¿Y estas cintas, son plásticas? Estoy investigando también por la sustentabilidad de las placas, y me habían comentado que eran en formato de cinta.

Entrevistado 2: Sí, son tiras de plástico. Acá lo que se hace es fraccionarlas y viene una empresa a recogerlas.

Entrevistado 1: Mirá, ahí prendió la cámara. Las va alineando, se toma un tiempo. Ahí terminó la placa, y pregunta si querés hacer la siguiente. Esta coloca, en orden 100 componentes por minuto.

Entrevistador: Ahí va. Si, hizo la placa en 4-5 minutos, y ahora faltaría soldarla no?

Entrevistado 1: Si, si a esto le pasas la mano arrancas todos los componentes. Después que sale de acá va al horno que está allá

Vídeo de horno de cinta

Entrevistado 1: El horno tiene como varias zonas de temperatura,[...]. Se le configuran las zonas de temperatura, se coloca una placa y va pasando.

Entrevistado 2: Viste que acá dice, esta va a estar a 158, 199, 231 y 264 grados [Muestra interfaz de la pantalla con distintas zonas del horno], y vos le regulas la velocidad.

Jugando con esas cosas vos te asegurás que que vaya calentando despacito, y que llegue al punto que el estaño se funde pero no esté mucho tiempo para no freír los componentes, entonces vos jugas con esos parámetros para que se funda pero no se derritan los componentes.

Entrevistador: ¿Les ha pasado de tener que soldar algo después del horno, digo porque tenga una temperatura especial que rompa otra cosa?

Entrevistado 1: Sí hay algunos componentes que se sueldan a mano después

Entrevistador: ¿Claro, es bien en serie no?

Entrevistado 2: En serie nivel Uruguay, la otra vuelta hablamos con el proveedor de los hornos, nos comentaba que en India viene un tipo, que lo único que hace es alimentar placas, y después están todos los equipos en serie.

Entrevistador: Claro sí.. y las otras máquinas, ¿son lo mismo también?

Entrevistado 2: Este es igual, es otro horno. Aquella te suelda los componentes through-hole, porque todo esto es por montaje superficial, que van montados sobre el impreso, pero hay componentes que se sueldan a través de agujeritos. Estas que están acá son de through hole, y aún están sin soldar. Tratamos de que sean las menos pero esta, por los requisitos que tenía, parte de la entrada tenía que ser con este tipo de resistencias.

Esto se suelda todo junto en el horno de allá. X le coloca los componentes a mano, y lo lleva al RAC.

Entrevistador: ¿La diferencia es solo el tamaño? ¿o es mejor que sean superficiales?

Entrevistado 2: Todo lo que sea superficial es más rápido, entonces intentamos tener el mayor porcentaje posible de componentes superficiales

Entrevistado 1: Estas son placas para el W115, del gabinete blanco que estaba en la sala de reuniones, que se enchufan en el back del fondo. Esta máquina tiene una ola de estaño que está circulando todo el tiempo. con dos rieles, la placa baja y vuelve a subir, dejando soldado todo el lado de abajo. Lo que hay que tener cuidado es que todo lo que es through-hole, está montado de un solo lado, no se puede de ambos lados. Intentamos lograr eso, hay casos en que es tanta la cantidad de componentes que no lo logramos, pero te diría que en el 95% de las placas son de un solo lado

Entrevistador: Y en este caso que hay de ambos tipos, superficiales y pasantes, ¿va primero lo superficial?

Entrevistado 1: Exacto, primero lo superficial y luego lo through hole.

Entrevistador: Y el armado de lo through hole es también con la pick & place?

Entrevistado 2: No, solo lo superficial, el through hole es a mano. Hay pick & place para through hole pero nosotros no tenemos.

Entrevistador: me imagino que debe ser un equipo más sofisticado, no debe ser a vacío

Entrevistado 2: no, es a vacío también pero son máquinas mucho más aparatosas, a lo que los componentes son más grandes, es todo más grande, y tenes que tener cuidado que en cada componente que agarra las patas no se abran ni se doblen, es mucho más laborioso

Entrevistado 1: Pero te diría que cuando entré acá y era todo through hole, había toda una planta abajo donde había un montón de personas en ese momento trabajando: escritorios largos, con rieles, y cada uno hacía una tarea específica. Un trabajo muy organizado pero muy manual. Eso con el correr del tiempo fue cambiando, tenemos mucha más capacidad de producción, la gente que trabaja en armado es la misma que hace 20

años, pero podemos fabricar 4-10 veces lo que hacíamos en ese momento.

Hay una etapa más que la salteamos, es que todo lo que sale de acá lo inspecciona una inspectora óptica. Ahora está tapada, tiene cámaras y luces, y un software al cual le cargas la posición donde está cada componente, esta se llama tipo AOI (automated optical inspection). Lo que va haciendo es, se fija si la componente está, le lee algún texto que tenga arriba y verifica que tenga el texto apropiado, le cuenta las patas que tiene, por ejemplo a un procesador, y por ejemplo, si tiene de un lado 5 y del otro 4, es que hay un cortocircuito, porque hay 2 que quedaron con estaño entre ellas.

Todas las fallas que se detectan acá y se corrigen, no llegan a la división donde se va a probar la tarjeta eléctricamente. nosotros cuando la vamos a poner en el banco de ensayos, de cada 10 tarjetas 9 van a pasar sin ningún error, porque ya se le corrigieron errores acá.

Entonces, esta es como la planta de armado nuestra, donde tenemos cada equipo duplicado. La segunda pick & place, es nueva, nos pasó en un momento de que se rompió una de estas y pensamos que está bueno tener otra para no parar la producción en caso de que una se rompa.

Video de la oficina de bancos de ensayo

Entrevistado 1: Para esto tenemos muchas cosas auxiliares, algunas caseras como estas, otras compradas que son equipos profesionales. Entonces claro, hay un banco de ensayos para cada tipo de tarjeta. El objetivo es automatizar las pruebas

Entrevistador: ¿Prueban todas las placas?

Entrevistado 1: Si, todas las placas e incluso varias veces, por ejemplo, estas placas que son las que vos veías ahí atrás, que son las

del gabinete blanco que está en la sala de reuniones, vienen acá y se prueban. Al paso siguiente se le enchufan las tarjetas, se cierra la caja y se testea la caja. Paso siguiente, se coloca dentro del gabinete, se cablea el

gabinete y prueba el gabinete entero, por lo tanto esta tarjeta se prueba 3 veces antes de que salga: individual, en su equipo, en el producto final.

Julián Oreggioni - Transcripción de entrevista

Audio 1

Entrevistado: Si hablo acá escucho? Mira, trabajé...trabajé como diez años en una empresa que se llamaba Pranasys. Allá por 2015, 2016. Después cambió de marca. Y ahí desarrollamos un dispositivo electrónico para máquinas expendedoras, vending machines. En Uruguay no hay muchas. Parecido de una empresa de software, básicamente de comercio móvil y ellos [...] un aparato que [...] en la época pre iPhone 2004 2003 2005 ...

...la idea era comprar productos para el celular, de esas máquinas, para recargar, en esa época eran prepago de celulares. Este, todos los celulares eran de prepago, era muy poca la gente que tenía contrato. Se recargaban con unas tarjetas.

Nosotros fuimos parte del proceso de digitalización de eso, y también hay una parte de eso que se comunicaba con la máquina. Entonces se pedían datos de telemetría y los reportaba. Eso es como una foto.

No se como estás ordenando tu tesis, el diseño de un dispositivo electrónico está muy alineado por la aplicación. O sea, no es lo mismo un dispositivo [...] o no sé donde estás trazando la frontera, digamos, pero no es lo mismo un dispositivo médico, que un dispositivo de consumo,

Entrevistador: ¿Vos trazarías la frontera más por para qué está hecho?

Entrevistado: Por cómo lo vas a usar, quien lo va a usar, ponele, el dispositivo este iba dentro de una máquina, necesitaba cumplir con determinados estándares de seguridad,

tenía que ser antivandálico, teníamos que separar la tapa del frente, la tapa era un polícarbonato de 4mm que resistía balas. Había un vidrio, pero lo que pasaba con las primeras pruebas es que lo rompían para robar porque hay productos ahí [...].

Entrevistador: Osea, para diseñar un producto antivandalico te guías más que nada por estándares o por normas que hay que seguir

Entrevistado: Si, pero esto de vandalismo no es por norma, sino que lo aprendimos. No es lo mismo que el celular que tiene que resistir determinado tipo de cosas, o la cafetera que está ahí.

Entrevistador: En el caso de estas máquinas expendedoras, ¿te acordás cómo era el equipo y tu rol y el de los demás?

Audio 2

Entrevistado: Yo arranqué siendo ingeniero de desarrollo y terminé siendo el gerente de ingeniería. La carcasa la patentamos, si vas a la oficina de patentes de estados unidos, con esto de los toros [...] y después ya en 2019 me vine a facultad, y ahí estaba involucrado al desarrollo de algunos prototipos, vinculados a estos temas, que ya a nivel prototipo, que no es lo mismo que los otros que llegaron a tener aplicación comercial

Entrevistador: Claro, sería un prototipo más pensado en una etapa de desarrollo que pensado para una etapa final

Entrevistado: Si, igual ponele una vez

hicimos collares para unas ovejas, [...] que fabricamos ahora, fabricamos 30 y ahí contratamos un estudio de diseño. Trabajé 3 veces con 3 estudios de diseño industrial diferente a lo largo de mi vida, con la Suana, trabajé con.. se llamaba Fernán luna, y Ariel Lipsenstein de Robtec, capaz que te suena, fueron los primeros que trajeron impresoras 3D a Uruguay. Nosotros fuimos sus primeros clientes, imprimir las piezas nuestras, una impresión costaba mil dólares.

Fernán hizo el diseño industrial con nosotros, y ariel hizo la matriz, lo cual también es importante en la edición del ingeniero mecánico que sabe de matrices porque el diseñador solo hacía un montón de cagadas, no daban los ángulos bien para que el plástico saliera, o había un montón de cosas que estaban bien de cómo las había resuelto el diseñador industrial, pero imposible de fabricar, entonces el aporte del ingeniero mecánico, de ariel, en diseño y cambios, para abaratar costos, también para poner nervios, para poner esto y aquello.

Fue un lindo proyecto, te estoy hablando, no se, fácil dos millones de dólares de inversión en algunos años. cinco o seis años

Entrevistador: Entonces ahí hay un diseñador industrial viendo la forma, digamos [...] después un ingeniero mecánico viendo los métodos de fabricación ,más a fondo decís?

Entrevistado: Bueno, lo veíamos los tres. es decir, cada uno desde su óptica, Al principio yo con fernán poniendo los requerimientos, y resolviendo los problemas, tenía que haber una impresora que tenía que poder cambiar el papel, había que poder conectar cables, desconectar cables, hacerle mantenimiento, lograr pasar un destornillador en algunos lugares, no?

Después apareció una versión con banda magnética para tarjeta de crédito...

La usabilidad por parte del usuario final, por parte del técnico que repone las máquinas

expendedoras, por parte de nuestros técnicos que se encargan del mantenimiento y soporte al equipo, es complejo. esas cosas las resolvimos entre Fernán y yo...

Fernán obviamente por parte del diseño industrial, y en algún momento, en varias situaciones , llegó el momento de fabricar, entonces empezamos a ver más los tres y sobre todo ellos, que era un poco la dinámica de "hace esto", "cambia esto", "esto mejor ponelo acá", "esto no se puede esta forma..."

Entrevistador: Claro, ya luego en esa etapa viendo más las condiciones de la fabricación... Es interesante el proyecto la verdad. Osea, vos estuviste también desde el comienzo viendo todo el tema de la parte eléctrica entonces?

Entrevistado: Claro sí[...] mirá esta es la patente que nos dieron, si buscas mi nombre en google, mi trabajo más citado es esta patente. Y son tres patentes en realidad[...], después buscate el nombre, Asignee pranasys, deberías encontrar tres patentes, yo soy autor de dos. Esta es la primera patente que hice. Ahí apareció una versión con banda magnética para tarjetas de crédito, lo que requería nuevas soluciones tecnológicas. da, fijate que puse el PCB que no se hace esto,

Entrevistador: ¿Pusiste toda la información?

Entrevistado: Sí, errores de novato viste... acá estás viendo la pieza, el encapsulado digamos. Tenía este frente que tenía el policarbonato grueso, y después tenías, esto eran tres piezas más, [...]

La patente está a nombre del dueño porque yo me peleé con él porque no quiso poner a Fernán de autor, entonces el equipo de ingeniería se retiró de la patente, pero él se puso en todos lados.

Entrevistador: ¿Puedo ver el dibujo de la PCB de arriba? claro esto serían todas las capas juntas.

Entrevistado: Si. Pero viste, no se si agarraste alguna vez una patente de dispositivo electrónico, pero uno no pone todo esto

Entrevistador: Vi las primeras en realidad, de 1930. En CONTROLES me comentaban de los archivos Gerber para fabricar. Para hacer esta PCB tuvieron que realizarlos también?

Entrevistado: Esto lo hicimos en una época en la cual. Hoy fabricar en china online es muy sencillo, pero lo hicimos en una época en la cual no existía todo eso, es realmente pionero [...].

Anda un momento para atrás [...] Acá están las tres, el dispositivo electrónico, el container, que sería el encapsulado, el diseño industrial que sería un modelo de utilidad, no una invención, y la forma. Estas dos patentes nos las otorgaron. Pero esta no nos la otorgaron: Es muy difícil tener una patente de una patente de un sistema, esto es más derecho de software. Igual lo intentamos, pero no está asignada.

En esta está bien explicado los requerimientos funcionales, los requerimientos estándar[...]

Entrevistador: En diseño industrial vimos el tema de patentes y modelos de utilidad, pero la impresión que me quedó es que se hace inevitable que te copien un producto no?

Entrevistado: Si. En esta si ya pasamos un tipo de software, para [...] está más prolija. Vos en una patente de software deberías presentar bocetos, no fotos ni mapas.

Entrevistador: ¿Y de alguna forma se conectan las patentes?

Entrevistado: Sí claro.

Entrevistador: Bueno, esto que me contabas... hoy en día hay paginas que te hacen todo el servicio, hay servicio de prototipado completo, incluso en PCB Way vos podes hacer la placa y hacer el prototipo en resina,

PLA, CNC y también hasta los moldes...

Entrevistado: Hay una nueva ahora que [...] porque el problema que tienes cuando vos mandas a prototipar, ya en mano no? que te suelden todo allá [...] podes hacerlo eso también, capaz que te cobran mas, pero empezas con problemas de stock: Que no tienen tal componente, entonces te proponen alternativas y las tenes que estudiar... ahora hay una que estaba usando un estudiante mío hace poco, hay un sitio web que te ya te da todo de desarrollo, entonces vos diseñas el pcb con componentes que los tipos tienen en stock. Nosotros usábamos Eagle, pagamos miles de dólares por la licencia del software para diseñar el PCB.

Esta patente que hicimos, es un dispositivo que se coloca en el lomo del toro, (está patente ya es más razonable) que básicamente lo que tiene es un sistema embebido, y el loco es capaz de sensar cuando monta el toro a la vaca y cuando eyacula. En el toro identificamos un patrón de movimiento característico, entonces nosotros informamos la actividad reproductiva del toro. Osea, en condiciones de ganadería extensiva, que son las que se usan en esta subparte del mundo y es muy importante, porque la inseminación artificial es muy residual, el tema extensivo tiene muchas ventajas [...] en comparación al sistema estabulado. Pero la reproducción se da tirando un toro cada 30 vacas, si tienen un rebaño de 1000. toros que valen 4-5 mil dólares. Entonces necesitan poder monitorear la actividad

Entrevistador: ¿Cómo llegaron a esa solución?

Entrevistado: Eso fue [...] estudiamos un poco otras alternativas... ninguna nos convencía, aunque esta tampoco es maravillosa. Antes existían collares, arneses... podría haber sido un colero [...].

Esto se lo vendimos a unos israelíes en 2022. NANDY es la empresa israelí que nos compró la patente.

Entrevistador: Claro, mi pregunta es más, como llegaron a que ese movimiento podía llevarles a sacar esa deducción?

Entrevistado: Existían sistemas que monitorean animales con acelerómetro. Existían también[...] lo que es novedoso de la patente es el patrón de aceleración. [...] Imaginate los temas no.. cómo sujetarlo... una tonelada pesa ese bicho. Hay un colero que se coloca en la cola de la vaca, que cuando el toro la monta aprieta un botón, y enciende una baliza que emite el ID de la vaca. Así es que logramos identificar la vaca montada.

Volviendo para atrás, en la bending machine no teníamos problemas de bajo consumo, pero acá sí tuvimos problema de autonomía energética: no puedo cargarle al animal el peso de una batería de auto. Entonces hay un tradeoff ahí, el tamaño del dispositivo, que tiene que ver con el consumo de batería. Ahí es importante, que en el campo no hay gente y en la ganadería extensiva menos.

Entrevistador: Osea que el toro puede estar días sin ser monitoreado

Entrevistado: Meses. Entonces el sistema tiene que estar solo, no se puede cargar batería, ni hacer mantenimiento, no se puede resetear, tiene que funcionar por varios periodos de tiempo. Si hay que traerlo al tubo al animal para hacer mantenimiento estás complicando la vida y aumentando mucho los costos.

Entrevistador: ¿Y qué formas hay para que un dispositivo funcione con bajo consumo?

Entrevistado: La regla de oro ahí es irte a dormir cuando no hay nada para hacer. Hoy en día los dispositivos modernos son capaces de casi apagarse. El problema de cuando te apagas, es que perdés memoria. Mantener la memoria es costoso en términos energéticos, transmitir es costoso en términos energéticos [...] de a poquito los dispositivos son cada vez mejores. En facultad nos especializamos en eso, en bajo consumo.

El costo es importante también, que sea fácil de instalar, que sea fácil de usar, que no necesite mantenimiento. Esos son como los requerimientos fundamentales de este tipo de cosas, que no lastime al animal [...] en el caso de las máquinas expendedoras ahí estás conectado a 220, no tenías un problema de alimentación, sino un problema de vandalismo...

Ojo, porque nos pusimos golosos y metimos una impresora térmica, y eso los disipadores ya no aguantaban, hubo que poner ventilador, los ventiladores se rompían, había que reparar las máquinas.

[...] Las impresoras térmicas consumen 2-3 A, es bastante ingenioso como resolvimos eso. Los modems de aquella época también consumen 2 A. Entonces, el sistema en esa época consumía 5 A, y es un montón. El problema ahí fue resolverlo sin necesidad de ventiladores, Entonces empiezas a precisar piezas mecánicas, mantenimiento, aceite... no?

Y ta, los requerimientos eran más tipo los tiempos de respuesta.. que el usuario pudiera interactuar con la máquina de manera transparente, eso hoy estamos más acostumbrados me parece pero en aquella época, cuando interactuás con este tipo de sistemas no podés tirar suprimir y reiniciar el sistema, tenes que poder lidiar con todas las consistencias, que se cae internet, que un tipo te trate de robar...

Entrevistador: Hasta ahora no he escuchado nada sobre mantenimiento de dispositivos electrónicos.. ¿Se hace alguna planificación de esto? ¿Cómo se trabaja?

Entrevistado: Depende de que estemos hablando... La electrónica persé yo te diría que no requiere mantenimiento, lo que, se necesita sería limpiar el polvo, mantenerla limpia. [...] pero si no está sometida a polvo, intemperie, osea, mantenimiento me refiero a cambiar una batería por ejemplo, ahora si hay partes mecánicas ahí cambia, porque

precisan ser lubricadas

Entrevistador: Sí eso seguro, o cambiar algún engranaje... pero por el estilo, que tengas que cambiar un componente, una resistencia o un capacitor.. algo así no existe?

Entrevistado: No. Ese tipo de fallas, te traen el equipo y lo reparas en el lugar, pero no lo llamaría mantenimiento, lo llamaría reparación. Te falla un componente, tienen vida útil, es una gaussiana. Y algunas cosas no sabemos cuánto van a durar, pueden durar 100 años [...] pero te puede pasar que falle un chip a los 2 años, te puede pasar. pero no lo llamaría mantenimiento. Mantenimiento lo llamo, por ejemplo si se me acaba la batería, el papel, tengo que ir a cambiarlo. Pero desde el punto de vista de electrónica, creo que no.

Entrevistador: Algo que te iba a preguntar respecto a esto es, como podés prevenir, [...] más orientandonos a los componentes electrónicos, como podes hacer para aumentar la vida útil de un dispositivo, por ejemplo: Estoy haciendo un caso práctico, capaz lo podemos orientar a eso. Aun no tengo mucha información pero, estoy haciendo la misma situación de tres formas distintas: encender una bomba o modificar la potencia de una bomba de agua, con un sensor de sonido, es decir, los decibeles varían la potencia de la bomba de agua. Es simple, estoy haciendo dos alternativas con placas de desarrollo, y la tercera es sin placa de desarrollo, solo con los componentes analógicos, para ver qué aspectos aparecen en esa práctica. Un arduino uno, un arduino micro para disminuir el tamaño [...]

Entrevistador: Hay una clara diferencia económica en cada uno, después otro tema que encontré es el tiempo de desarrollo, porque la tercera te lleva más tiempo de pienso. Pero estoy en duda de cual es la que duraría más. como te podes dar cuenta de eso, o qué decisiones tomarías para hacer que dure más?

Entrevistado: No tengo idea. Esas cosas le preocupan a la gente que manda cosas al espacio y le preocupa que duren 40 años. Hoy en día no hacemos nada para que dure 40 años, lamentablemente. Para mi cualquier tecnología electrónica se va a volver obsoleta antes de que deje de ser funcional, salvo que estemos hablando de cosas de mala calidad. Dejando de lado la parte mecánica, si tenés un motor, si tenes actuadores, hay tiempos de vida útil mucho más cortos.

Entrevistador: ¿En actuadores y en qué más?

Entrevistado: Motorcitos, cosas que tengan movimientos mecánicos. Son componentes pasivos un actuador o una resistencia, lo que tiene vida útil y podría acelerarlo son las memorias: las memorias tienen ciclos de lectura y escritura que son finitos. Estoy hablando de memoria no volátil, que la apagas y retiene la información.

Entrevistador: ¿Memorias de almacenamiento sería?

Entrevistado: Si, la flash, ponele la del arduino, miralo pero debe tener 100000 ciclos de lectura y escritura, o capas que diez mil.

Entrevistador: ¿Significa que diez mil veces lo podes reescribir?

Entrevistado: Si. El software posiblemente no lo vas a guardar diez mil veces, pero si estás guardando datos, ahí si puede ser que te quedes sin memoria rápido. Hay técnicas para alargarlo, no necesitás guardarlo en el mismo lugar diez mil veces, podes irlo rotando.

Entrevistador: ¿Cómo se pueden averiguar estos datos?

Entrevistado: Viendo la hoja de datos. Vos estás trabajando con un arduino, si vos vas a los datos de la memoria del micro, dice los ciclos de lectura y escritura.

Entrevistador: Entonces, si yo tengo un arduino, cada vez que la programo? o cada vez que se utiliza

Entrevistado: Depende de la memoria que estemos hablando. La memoria complicada es la flash, no la ram, es la que típicamente le cargas el código que se ejecuta. Tiene una auxiliar ram, una SPI o Eprom externa, que tendría más ciclos.

Entrevistador: En diseño industrial tratamos mucho el tema de la durabilidad del producto, desde donde se sacan los materiales, cómo se fabrica, y donde va a terminar. Justo esto que estoy haciendo de los casos prácticos, algo en lo que concluyo es, al diseñar, evaluar la posibilidad de utilizar una placa de desarrollo por sus posibilidades de reutilización, al ser genérica. Si yo hago algo específico, los componentes no se van a reutilizar. Las placas de desarrollo tienen esta posibilidad ¿no? Tienen muchas posibilidades de utilizarlas de distintas maneras.

Entrevistado: Las placas de desarrollo que utilizamos hace 10 años están en un estante y utilizamos las modernas, porque tienen mejores capacidades. las que usábamos hace 10 años eran de 4 mhz, y las de ahora son de 40, igualmente eso ya está más estacionado si.

Entiendo el punto, no te lo garantiza. [...] Una resistencia no se te va a romper, salvo le pases más de lo que resista, o un condensador, un transistor no se te va a romper. Mucho antes se te rompe la batería.

Entrevistador: ¿Se hace esto de reciclar componentes de un dispositivo?

Entrevistado: Hay gente que se dedica a eso si. Mayoritariamente, en Uruguay me parece que no. Son tan baratos los componentes, que reutilizarlos [...] tendrían que pasar por un proceso de recertificación. Pero estamos hablando que una resistencia vale milésimas de dólar, el trabajo de sacarla de ahí... y capaz que estamos hablando de una resis-

tencia grande que hoy en día consigo algo más chico.

Entrevistador: Entonces, seguro que no es económicamente sustentable.

Entrevistado: No, seguro que no. Puede ser, habrá que ver, en algún momento quizá hay cosas que comienzan a escasear y te cambia la ecuación. Puede haber componentes que escaseen y valga la pena. En un momento hubo un problema de stock de componentes, y ahí creo que el reciclado funcionó un poco más que otras veces.

Fijate que saco un componente de una placa: tengo que estar seguro de que no estaba roto, que no lo rompi cuando lo saqué, como para mas o menos... tendría que testar para estar seguro, y no tengo la infraestructura que tiene el fabricante para ello.

Si habláramos de fabricación, de que lo hace el fabricante, podría llegar a ser. O si hablamos de economía verde, sería vender un producto con mayor posibilidad de fallas pero sabiendo que es reciclado, dándole valor desde otro lado.

Hace poco analice una beca de doctorado de una uruguaya para Londres, para hacer un doctorado de componentes electrónicos biodegradables. [...]

Entrevistador: Se puede calcular la vida útil del dispositivo en base a su función, y utilizar componentes que se degraden pasado este tiempo [...]

Entrevistador: Capaz te muestro uno de los proyectos para ver que opinas. Este caso es mi primer acercamiento a la electrónica en realidad, que fue hace dos años. [...]

*Muestra caso Chipeco

Entrevistador: ¿Cómo lo harías vos?

Entrevistado: ¿Los tags son RFID? ¿Tenés como conectarlo a 220?

Entrevistador: Lo hablamos en un momento pero no, resolvimos una batería adentro

Entrevistado: Wifi es muy complicado desde el punto de vista del consumo energético.

Entrevistador: Si, lo que resolvimos es realizar una sola vez por día el envío de información, ya que es lo que más consume, Pero en ese caso sí tendría que haber un reloj corriendo, que no se que tanta batería gasta.

Entrevistado: Esas cosas hay que estudiarlas, no es muy complicado. Lo que sí te puedo decir [...] esta bien, habría que ver que cantidad de datos son los que se envían en cada nodo, y cómo mandarlo. WIFI lo que tiene, es un time to market muy rápido porque tenés este tipo de chip, que funcionan solos prácticamente.

Entrevistador: Claro, ya está definido el protocolo y ya tenes un módulo base digamos.

Entrevistado: WiFi nunca sería mi primera opción por tema de batería, porque consume muchísimo más que cualquiera de sus competidores. Habría que ver un poco de qué distancias estamos hablando.

Entrevistador: En este caso sería 30m máximo digamos

Entrevistado: Hay algunas variantes de bluetooth que pueden llegar, y sino lo que podría ser también una red Zigbee, una red de sensores. Zigbee es un ejemplo, 802154 es la norma, que funciona con redes en malla, redes que, no importa como los pongas, se van pasando un paquete uno a otro. Estos en vez de pasarles uno a uno la información a la computadora harían un camino entre ellos para pasar de una vez sola a la PC.

Entrevistador: Y en este caso, por ejemplo, con la red Zigbee, hay módulos que trabajan eso?

Entrevistado: Debe haber si, yo no soy experto pero debe haber.

Entrevistador: Ta, me imagino que tienen todo un trabajo de programación.

Entrevistado: No hay nada tan fantástico como arduino en cuanto a facilidad de programación

Entrevistador: Si, el ESP sabíamos que funcionaba con el IDE de Arduino, por eso lo elegimos. [...] no teniendo tanto conocimiento de programación de hardware

Entrevistado: Si te funciona con WIFI, y la batería está bien, con una batería recargable capaz, que te dura 6 meses la batería, por decir algo [...] debe haber procesos de mantenimiento en ese gimnasio que sean más complejos que eso. Si tenes que mandar pocos datos una vez por día, wifi va a estar bien.

Entrevistador: Otra pregunta es, como para tener una idea, lo que habíamos planteado en ese momento es tercerizar el tema de programación y armado con una persona que programe y ensamble todo este circuito para los dispositivos de este gimnasio. Es un caso puntual de un gimnasio que tiene esta cantidad de rutas. ¿Sería lógico hacerlo con un ingeniero eléctrico que realice esta tarea? o se iría mucho de costo?

Entrevistado: Depende del ingeniero y de lo que estemos hablando, pero la hora de un ingeniero muy Senior te va a valer entre 100 y 300 dólares, y la de un ingeniero junior junior, capaz que con 20 dólares lo resuelve.

En estas cosas, ya te digo, un estudiante avanzado de ingeniería lo va a resolver y no debería ser tan caro porque va a estar aprendiendo. Después tienes empresas que se dedican a esto, que fabrican bajo contrato. [...]

Entrevistador: Digamos que haces de a 100, ya que es un producto específico

Entrevistado: Esa escala de 100 es muy compleja, porque no es masa crítica para nada.

Yo he tratado de armar líneas de montaje para 30, y lo que termina pasando es que la gente trabaja a pérdida, porque las cosas se complican. [...] depende de lo que ellos estén dispuestos a gastar.

Como negocio no te podés plantear nada que tu venta sea 80. Vos tendrías que decir, voy a hacer esto para todos los gimnasios de Uruguay, o América Latina. Por eso es importante el nicho que vos elijas para desarrollar el producto. Necesitas tener tracción local, vos podés conseguir gente que te trabaje a pérdida con la promesa de que en algún momento [...]

Alguien con pocas skills puede resolver la programación en una semana, pero después precisas armar una línea de montaje para que sueldes, ensamblas. Podés hacerlo con un técnico en vez de un ingeniero. A mí muchas veces lo que me ha costado es armar el equipo, de forma que no tengas a nadie sobrevaluado o subvaluado; que no tengas a un ingeniero soldando, o un técnico cebando mate, [...].

Entrevistador: Un técnico podría ser alguien de UTU de computación, o algo de el estilo?

Entrevistado: Sí, o de electrónica, o alguien con facilidad manual. Para ensamblar esto precisas a alguien con concentración y poca formación.

Lo último que hice fueron unos collares para ovejas, que fabricamos 30...

Audio 3

Entrevistado: ...Había una gurisa que le terminé enganchando para esto, pero sobre todo lo terminó haciendo porque le interesaba [...] vincularse a la facultad [...] y estaba pensando en hacer una maestría.

Entrevistador: ¿Y eso lo hicieron en la facultad?

Entrevistado: Si esto es con paneles solares. La idea es que tienen autonomía infinita.

Entrevistador: ¿Y de la misma idea que comentabas antes?

Entrevistado: Acá está todo el equipo bajo la sombra vigilando a las ovejas. Este es Hernan, es de computación, estas son veterinarias y los otros son ingenieros. Lo que está bueno es que siempre que haces un dispositivo así lo haces como vinculado con otras áreas. Es siempre interdisciplinario, no me gusta el trabajo[...] los ingenieros eléctricos a veces estamos convencidos de que podemos resolver todo y no es cierto.

Entrevistador: Bueno, mucha información me llevo, muchas gracias. Es más la idea de hablar contigo la forma de abordar los proyectos y la metodología, así que me sirve pila

Entrevistado: A mí me parece muy importante, si vos vas a estudiar cómo... partir de la aplicación digamos, no?

*Se muestra esquema de tesis

Entrevistador: Incluí bobinas, diodos, transistores... pero más allá de conceptos, ¿hay algo que consideres pertinente incluir?

Entrevistado: Lo que tú llamas firmware es lo que yo llamo sistema embebido.

Entrevistador: Firmware sería un software que dialoga más con el hardware?

Entrevistado: Sí, firmware se usa hoy en día para específicamente drivers o código hecho para manejar hardware de manera directa, y software embebido abarca otras cosas más.

Estaría bueno que hables con FOCUS, Javier y Mauricio son ayudantes del curso de sistemas embebidos. Focus es una empresa que creció mucho. La idea que dijiste que estabas manejando, si es un dispositivo médico es una historia, si es un dispositivo para producción en masa es otra historia, si es un dispositivo para vestible para humanos, para animales, es otra. cambia radicalmente como se concibe el producto del punto de vista electrónico, la confiabili-

dad, la robustez, la autonomía... vos tendría que hacer como una matriz... usabilidad... al final del día es como la aplicación va a ir cambiando los pesos que tenes que poner en cada cosa. Pero necesitas estudiar varios casos como para terminar de entender eso.

Entrevistador: Seguramente todas estas cosas son las que determinan los componentes, entre lo que precisas y lo que podes hacer.

Entrevistador: Bueno, con eso es algo que surgió en el dispositivo de UP4, donde nos topamos con este problema al desarrollar, que te topabas con todo esto junto y termina determinando lo que podés hacer. Capaz sería una buena pregunta para focus, de qué forma determinan qué utilizar y que es lo que pueden hacer en un primer momento

Entrevistado: No creo que haya receta, ellos en un primer momento, ponele que hicieron un proyecto donde desarrollaron bluetooth, en otro wifi, entonces van teniendo esos ladrillitos, entonces viene un proyecto nuevo que necesita tags, RFID, sensores... acelerómetro... como que van desarrollando sus propios módulos.

Yo si fuera ellos, (no se como lo hicieron), lo haces modular, no lo cobras de forma entera, sino para cubrir los costos de desarrollar tu modulo bluetooth, y de ahi en mas lo incluís en cada proyecto que haces, reutilizando.

Si arrancás un proyecto de cero, nunca vas a tener esa libertad infinita. la pregunta que vos te haces, ¿cómo lo harías? es como para cuando arranco de cero, que va a ser una vez en tu vida.