



Universidad Católica

Concepción Sensor VOC

Industria frutícola

Materia:

Desarrollo de Productos Electrónicos

Profesor:

Dr. Alfredo Arnaud

Bruno Franco

19 de Julio, 2025

Tabla de contenido

Introducción	3
Definición del Problema.....	3
Análisis del Mercado	3
Búsquedas Similares	3
Proyectos y estudios.....	4
Tecnologías ya aplicadas	4
Requerimientos de Diseño	4
Especificaciones Técnicas	5
Software:.....	6
Modelo de predicción:.....	6
Diseño Preliminar	6
Requisitos internos.....	6
Procesador microcontrolador	7
ESP32 - WROOM (SMD):	7
ESP8266 – (SMD):.....	7
ESP – Familias y series (SoC):	8
STM32 – Series (SMD):.....	8
Comparativa de precios:	9
Periféricos.....	9
Fuente de Alimentación	10
Consumo estimado:	10
Batería:	10
PCB (4 Capas)	10
Packaging	11
Costo por unidad.....	11
Riesgos tecnologicos.....	11
Conclusiones y Recomendaciones	11
Manejo de datos	12
Capitalización de la información	12
Lista de Referencias.....	13



Introducción

Reducir el desperdicio alimentario es un desafío clave vinculado a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Este producto propone una solución accesible y escalable para productores y proveedores que permita detectar etapas débiles a lo largo de la cadena de suministro y actuar de manera oportuna, mejorando la logística que supone el suministro de grandes volúmenes de frutas, así también reduciendo pérdidas económicas y ambientales.

Definición del Problema

Proveedores y productores enfrentan dificultades para evaluar de manera precisa el estado de la fruta, dificultando la detección de puntos débiles dentro de la cadena de suministro. Se necesitan herramientas de evaluación y clasificación acorde al estado de deterioro en tiempo real, con el fin de optimizar el desecho alimenticio, promover la redistribución solidaria y evitar la comercialización de frutas no comestibles.

Análisis del Mercado

Dado que en promedio en Uruguay se desperdician alrededor del 12 % del volumen total producido de frutas y hortalizas, **127 mil toneladas o USD 137 millones**, siendo de entre 70 % y 75 % el desperdicio solamente en las etapas previas al consumidor, (Ministerio de Ambiente de Uruguay, 2022).

En Argentina el previo al consumidor el desperdicio es de 29.8 %, dado una producción total de frutas de 7 millones en 2025, la pérdida estimable rondaría las **2 millones de toneladas o USD 1,500 millones**, (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca–Argentina, 2025). En Brasil se estima cerca del 30% de pérdidas post cosecha (FAO–Embrapa, s.f.; Santos et al., 2020), dado producción de 123 millones de toneladas en 2024, podemos estimar pérdidas en **27 millones de toneladas o USD 3,400 millones**, (Abrafrutas, 2024).

Este desperdicio representa no solo una pérdida económica para pequeños productores y comerciantes, sino también una oportunidad de aprovechamiento social y nutricional perdida. Frente a esta problemática, el desarrollo de herramientas tecnológicas accesibles que permitan **evaluar el estado de las frutas y mejorar su trazabilidad** se presenta como una solución de alto impacto tanto económico como social y ambiental.

Búsquedas Similares

Antecedentes y desarrollos relacionados con la detección y trazabilidad en la industria frutícola, con especial foco en **tecnologías aplicadas** (no destructivas para las unidades testeadas), **soluciones existentes** y proyectos afines que abordan la **gestión del desperdicio y la calidad postcosecha**. El análisis permite identificar vacíos y oportunidades para la propuesta presentada.

Métodos destructivos: son todos aquellos que requiere una muestra de una unidad, rindiéndola inutilizable para su venta, posteriormente desechada, resultan métodos lentos y costosos considerando un contexto a gran escala.

Proyectos y estudios

Medición de calidad interna de fruta a través de 4 rayos láser con diferente longitud de onda, midiendo el **reflejo de los fotones dispersados en su interior** se puede determinar la dureza y firmeza (común indicador del estado de descomposición), además de la **absorción de la luz proporcional a los niveles de azúcar**, (Comis D., 2005).

Uso de sensores semiconductores (metodología similar a familia de sensores MQ) basados en óxidos metálicos para la detección de gases volátiles como etileno y compuestos orgánicos emitidos durante la descomposición, midiendo **cambios en la conductividad eléctrica** para monitoreo en tiempo real del estado de la fruta (Gandía et al., 2020).

Medición de **compuestos volátiles emitidos en estado gaseoso**, causa del proceso de actividad metabólica y degradación celular de las frutas, se generan: **alcoholes, aldehídos, ésteres y ácidos orgánicos**. Estos perfiles de descomposición (combinación de compuestos) varía según el tipo de fruta y el estado de deterioro (Xue et al., 2021).

Tecnologías ya aplicadas

Tecnología RFID para rastrear cerezas postcosecha a lo largo de la cadena de suministro, mejorando la eficiencia y precisión en la producción. En la segunda fase, se incorporaron códigos QR con enlace digital GS1, permitiendo la **autenticación del origen del producto por parte del consumidor mediante una plataforma abierta**. Facilitando la seguridad, calidad y transparencia, especialmente valioso para mercados de exportación de alto valor (Cherry Growers Australia, 2023).

Sistema de trazabilidad donde consumidores pueden **escanear los códigos para obtener información sobre el origen y el recorrido del producto**, además empresas pueden rastrear los productos a lo largo de la cadena de suministro, en Suiza (Scantrust, 2025).

Requerimientos de Diseño

Requerimientos del dispositivo necesarios para cumplir con la resolución del problema de manera eficiente y calibrada, abarcando su uso y definiendo su funcionamiento interno (como consecuencia, define sus características mínimas de componentes).

Perfiles de evaluación:

Capaz de determinar estado de descomposición para diferentes tipos de fruta de manera **precisa y calibrada**, permitiendo **evaluarlos de manera categórica** (dentro de un rango definido desde descompuesto hasta comestible o buena condición).

Compacto y accesible:

El dispositivo debe poder ser utilizado sin conocimientos previos de manera que su uso y resultados sean entendibles, el proceso de tomar una medida debe ser intuitivo para un individuo de la cadena de suministro, **interfaz de usuario clara, fácil de usar y aprender**.

Además, su diseño debe permitir mediciones de manera cómoda en lugares poco accesibles (a cierta altura o profundidad como lo son cajones apilados), no pudiendo pesar mas de **2.5**



kg ni midiendo más de **20 cm de alto 10 cm de ancho y 5 cm de espesor** (guardar en el bolsillo o estuche de uso similar).

Producto duradero:

Armado resistente y hermético (mientras no esté en uso). Integrantes del sistema, periféricos y conexiones deben poder aguantar condiciones complejas de **humedad, lluvia y caídas aproximadas de 1.5 metros**. Carcasa de **material impermeable** con juntas de cierre hermético. Su batería deberá aguantar varias jornadas laborales, **16 horas** considerando uso compartido entre individuos, así como poder ser **recargada en no más de 8 horas** (o alternativas de cambio de batería).

Manejo de datos:

Almacenamiento de mediciones de manera coherente, ordenada y asignada a una referencia (ej. código del cajón medido). A su vez **capacidad de exportación** desde el dispositivo hasta cualquier sistema compatible con alguno de los formatos estándares de texto estructurado (CSV, JSON, YML, o similar).

Especificaciones Técnicas

Dentro de un entorno de hardware (dispositivo VOC) y software (conjunto de aplicaciones web) se definen las siguientes especificaciones, **sin descartar el uso del dispositivo de manera autónoma**, pero siendo de mayor simplicidad complementado con un celular.

Posibles prestaciones innovadoras, visualización de datos en tiempo real desde dispositivos móviles y alertas inteligentes configurables. Un sistema de autodiagnóstico (calibraciones pendientes, ajustes), alimentación solar para entornos rurales y una API abierta para facilitar la integración con otras plataformas.

Medición ambiente:

Medición de dióxido de carbono (CO₂) mediante sensor MQ-135, etanol (compuestos orgánicos volátiles) mediante sensor MQ-3, temperatura y humedad mediante sensor DHT11. Contemplando variables de entorno para adaptar medidas, así como la sensibilidad del MQ a la humedad ambiente.

Lector RFID:

Lector RFID a alta frecuencia 13.56 MHz (entre 10 cm y 15 cm), **identificación de etiquetas asignadas a referencia** / unidad de producción. Facilitando trazabilidad, clasificación por lote o producto.

Almacenamiento Local:

Registro de *timestamp*, geolocalización (cuando se use de manera asistida con el celular), lectura RFID y de sensores, con estructura compatible para posterior exportación y guardado en memoria flash con **1 MB de uso designado** específico.



Trazabilidad de datos:

Los datos generados por múltiples dispositivos pueden ser centralizados en la nube, permitiendo su asociación a uno o varios actores de la cadena de suministro (distribuidor, proveedor, etc.).

Protección al entorno:

Diseñado bajo **norma IPx4**, protección adicional mediante **tapones en las entradas y salidas** de aire donde se ubican los sensores, sumado a carcasa con resistencia a salpicaduras y lluvia leve.

Exportación de datos:

Soporte para **exportación en formato CSV** de datos en la nube, con posibilidad de editar nombres y orden de columnas, lo que permite una fácil integración con herramientas externas de análisis o trazabilidad (uso de Excel, macros, etc).

Comunicación y conectividad:

Modulo WIFI habilitando **conexión a internet y celular a través de Portal Captivo vía punto de acceso (AP)** y configuración DNS. Breve interfaz web accesible desde el navegador para configuración y uso del dispositivo, así como conectarlo a red wifi (red hotspot del celular del operador) permitiendo su manejo de datos autónomo.

Software:

Base de datos en MySQL, expuesta a través de API (protegida con JWT), accesible desde varios extremos del proyecto, Interfaz *frontend* dentro del dispositivo guardada en formato plano (ocupando el menor espacio), interfaz web utilizando *framework* NEXT, para manejo de autenticaciones y redirigido para interfaz de datos centralizados.

Modelo de predicción:

Capaz de **estimar el número de días restantes hasta la descomposición** de la fruta. Este modelo se apoya en datos obtenidos de sensores de gases y temperatura, como se muestra en el modelo de predicción desarrollado por Yin et al. (2023).

Diseño Preliminar

Del sistema. eño preliminar del producto eligiendo componentes adecuados para estimar costo y prestaciones. versión inicial y aproximada de un diseño más elaborado, que se realiza para establecer la viabilidad y explorar las alternativas de un proyecto

Exploración Alibaba, para cada elemento categoría del sistema embebido: multicapa stackup buildup, suposición para concepción (no necesariamente definitiva) si costear, a 4 capas.

Requisitos internos

Memoria utilizada, flash / almacenamiento, librerías de oled, aprox 20mb Interfaz web de puente AP DNS vía wifi.



Memoria RAM, variables en estado general de la aplicación, temperatura humedad, calidad del aire, bytes64, un aproximado total:

ESP-01 incluye firmware y controladores,

Referenciando el resultado del proceso de compilado, promedio de 1 kb por librería, en STM utilizando STM32duino 14 kb (post 1071), controladores espressif para ESP32 260 kb, 200-300 líneas de firmware, dependiendo de la asignación a flash añaden alrededor de 10-20 kb

Frecuencia de reloj, cuello de botella podría estar en baud rate o sensores, realmente no se necesita

Procesador microcontrolador

Intención principal, procesador del sistema embebido, **controlando periféricos**: una pantalla OLED, un buzzer, un sensor de temperatura y humedad (DHT11), dos sensores de gases para alcoholes (MQ), un relé para activar un ventilador en la cámara de sensores y un led. También procesar datos de un **lector RFID**, **gestionar el almacenamiento** local de datos y habilitar la conectividad WIFI para la **transferencia de datos**.

ESP32 - WROOM (SMD):

Modulo SMD de facil implementación, potente SoC integrado con doble núcleo de hasta 240 MHz, 4 MB flash, 520 KB SRAM, Bluetooth y WIFI haciendo de su conectividad un proceso de **facil implementación**, varias series S/C/H dentro de la familia (alternativas a medida). Simples consideraciones de diseño, ruteo de Serial (UART) para flashing y debugging.

ESP32-WROOM-32D-N4 de Espressif, en [alibaba.com](https://www.alibaba.com), ¥ 21.53 YNS / \$ 3 USD por unidad (SMD), 3000 MOQ. Proveedor: pocas reviews y procedencia de 1688, según captura de pantalla compartida en chat, precio minimo en oferta de 0.1 USD. Oferta representativa de las demas ofertas dentro de Alibaba.

ESP32-WROOM-32E-N4 de Espressif, en [1688.com](https://www.1688.com), ¥ 12.3 YNS / \$ 1.71 USD por unidad (SMD), sin MOQ. Características principales según hoja de datos: 4 MB flash externa, **512 KB SRAM** interna, dual Core, hasta 240 MHz, consumo promedio de **~239 mA** y 379 mA de pico (Espressif Systems, 2023).

ESP8266 – (SMD):

Siendo ESP8266EX primera generación al ESP32, compuestos por chips distintos, características internas inferiores, velocidad de reloj CPU single Core de 160 MHz y SRAM de 160 MHz (*overclocking*), menores modos de bajo consumo, 17 pines GPIO (en vez de 36), no ofrece encriptación ni tampoco Bluetooth.

ESP-12S de Ai-Thinker, en [1688.com](https://www.1688.com), ¥ 6.3 YNS / \$ 0.88 USD por unidad (SMD), sin MOQ, ¥ 5 YNS / \$ 0.7 USD a partir de 50,000 unidades. Alternativas por debajo de ¥ 5 YNS / \$ 0.7 USD por unidad (TH con 8 patas). Características principales según hoja de datos: no incluye BLE, 4 MB flash externa, **160 KB SRAM** interna, single Core, hasta 160 MHz, consumo promedio **~71 mA**, pico 500mA (Ai-Thinker, 2024).



ESP – Familias y series (SoC):

Versión Circuito Integrado, no incluye SPI Flash, oscilador de cristal (reloj), antena (cuidar shielding, RF matatching). Ideal para grandes volúmenes y configuraciones específicas optimizadas para un uso específico. Consideraciones de versión SoC (diseño *footprint* para QFN, pads térmicos), **requiere integración, de flash SPI, Bluetooth, antena wifi**, así como *decoupling caps, Pull-ups, resistencia, GPIO 0, boot mode*.

ESP32-D0WD de Espressif, en [1688.com](https://www.1688.com), ¥ 9 YNS / \$ 1.25 USD por unidad (QFN), 2 MOQ, hasta ¥ 4.1 YNS / \$ 0.57 USD de menor reputación. Según Espressif series alternativas de primera generación como D0 (dual Core), S0 (single Core), U4 (flash integrada 4 MB).

ESP8266EX de Espressif, reacondicionado en [1688.com](https://www.1688.com), ¥ 3.95 YNS / \$ 0.55 USD por unidad (QFN-32). Incluyendo todas las características principales internas correspondientes al ESP8266 así como consideraciones de la versión SoC.

Flash SPI W25Q32JVSSIQ de Winbond, en [1688.com](https://www.1688.com), ¥ 1,10 YNS / \$ 0.15 USD por unidad (SOP-8 208mil), no MOQ. Características principales: **4MB**, capacidad de funcionar en QIO (Quad I/O), a frecuencia máxima de 133 MHz, voltaje de entrada desde 2.7 V hasta 3.6 V.

Oscilador de cristal de 40 MHz, en [1688.com](https://www.1688.com), ¥ 0.17 YNS / \$ 0.024 USD por unidad (3225 SMD), 3000 MOQ, para reloj WIFI, Características, cristal pasivo (XTAL), ±10 ppm (tolerancia de frecuencia), ±10 ppm (estabilidad térmica), 18–20 pF (capacitancia de carga CL).

Antena con conector u.FL o preferiblemente Según Hillman Curtis (s.f.), **diseño del ruteo en PCB para resonar a 2.4 GHz** (ejemplos: MIFA, IFA), precauciones como grosor del FR4, distanciado e impedancias (afectan la señal). Conexión del alimentador de antena (feed) mediante stripline de 50 Ohms al pin RF, ANT o RF_OUT del ESP32.

STM32 – Series (SMD):

Controladores de mejor consumo y rendimiento que su rival ESP, a través de su arquitectura y ecosistema ARM Cortex-M (mejores herramientas, CMSIS, HAL, CubeMX). Sin embargo, no poseen comunicación WIFI integrada (a través de pines dedicados), es necesario chip transceptor WIFI para su conectividad, enviando comandos a través de SPI o UART.

STM32L051 de STMicroelectronics, en [1688.com](https://www.1688.com), ¥ 4.5 YNS / \$ 0.63 USD, 2 MOQ. Características principales: 8 KB SRAM y 64 KB flash integrada, consumo estimado de ~2.8 mA, (STMicroelectronics, 2023)

STM32F072, en [1688.com](https://www.1688.com), ¥ 2 YNS / \$ 0.3 USD por unidad, sin MOQ, además ofrece: envío gratuito sobre los 500 YNS y encapsulado customizable a partir de las 1000 órdenes. Características principales: 16 KB SRAM y 128 KB flash integrada, CORTEX 32 bits a 48 MHz consumo estimado de **~7.3 mA** (STMicroelectronics, 2023).

Murata Tipo 1DX (vía SDIO o SPI) en [digikey.com](https://www.digikey.com), \$ 8.7 USD por unidad (*Castellated LGA*) 500 MOQ. Características: WIFI y BLE (802.11b/g/n, Bluetooth v5.1), amplias certificaciones, usado en variedad de industrias, buena fiabilidad (temperaturas, condiciones, etc).

ESP8089 de Espressif reacondicionado en [1688.com](https://www.1688.com), ¥ 1.99 YNS / \$ 0.28 USD por unidad (SMD). Diseñado principalmente para incluir conectividad inalámbrica integrada.



Utilizando un MCU potente tendría sentido una configuración en la que se use un ESP8285 en modo esclavo enviando comandos vía UART, en contraparte a una configuración solamente con ESP de menor coste.

Comparativa de precios:

Método de evaluación: cumpliendo los requisitos (faltando su demostración, especialmente en familia STM), menor precio, y como segundo criterio opcional, flexibilidad en las características, (menor tamaño peso, mejores capacidades, etc.). Para versiones SoC se suman los componentes internos, así siendo comparables (ejemplo con WROOM).

MCU – No. Parte	USD	MOQ	Módulos extra	Datasheet / Source	T: USD/u
STM32L051	\$ 0.63	2	ESP8089	St.com / 1688.com	\$ 1.08
STM32F072	\$ 0.3	1	ESP8089	St.com / 1688.com	\$ 0.75
ESP32-32D-N4	\$ 1.71	1	No (WROOM)	sparkfun.com / 1688.com	\$ 1.71
ESP-12S	\$ 0.88	1	No (externos)	airteq.eu / 1688.com	\$ 0.88
ESP32-D0DW	\$ 1.25	1	Internos (SoC)	1688.com	\$ 1.43
ESP8266EX	\$ 0.55	1	Internos (SoC)	1688.com	\$ 0.73

Tabla 1 Comparativa, precios de microcontroladores

Periféricos

Comunicación del microcontrolador con el exterior, requiriendo de 2 puertos SPI, 3 puertos I/O digitales (2 MQ y DHT), 2 Output (LED y buzzer), 1 *Input pullup* (push) y RX / TX / SCK / MOSI / MISO (RFID). Consideración importante de familia MQ, requiere precalentamiento de al menos 20s, y este **consume ~150 mA** aproximadamente.

MQ-3 en [1688.com](#) a ¥ 4 YNS / \$ 0.56 USD por unidad (TH), no MOQ. Característica principal, oxido metálico **sensible al etanol**, compuesto volátil de nuestro interés, según Xue et al. (2021), entre otros de menor interés, (Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd. 2015).

MQ-135 en [1688.com](#) a ¥ 3.5 YNS / \$ 0.49 USD por unidad (TH), no MOQ. Característica principal: oxido metálico **sensible al CO2** compuesto orgánico volátil de nuestro interés según Xue et al. (2021), entre otros de menor interés, **consumo estimado en conversión ~150 mA** (Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd. 2015).

DHT11 en [1688.com](#) a ¥ 2.1 YNS / \$ 0.29 USD por unidad (TH), no MOQ, ¥ 1.4 YNS / \$ 0.2 USD a partir de las 50 mil unidades. Características, digital, precisión de temperatura +-2C humedad +- 5 %, **consumo estimado en conversión ~2.5 mA** (Adafruit Industries, 2025).

RC522 (MFRC522), en [1688.com](#) a ¥ 3.2 YNS / \$ 0.45 USD por unidad (TH), no MOQ. Característica sprincipales: **consumo estimado en uso ~26mA**, en reposo ~13mA (NXP Semiconductors. n.d.).

SSD1306 (0.96 pulgadas), en [1688.com](#) a ¥ 6.8 YNS / \$ 0.95 USD por unidad (TH), no MOQ. Alternativas TFT o SPI a color, son de mayor consumo y no representan una mejora para el fin del dispositivo. Características principales: 128 x 64 pixeles o OLED, **consumo estimado en escritura de datos de ~1.5 mA**, (Adafruit Industries, 2008).

Relé de 5 V en [1688.com](#) a ¥ 0.76 / \$ 0.11 USD por unidad (TH), USD sin MOQ. Característica de **consumo mientras activo de ~70 mA**. Motor N20 de 5 V, en [1688.com](#) a ¥ 3 / \$ 0.42



USD sin MOQ. **Consumo estimado ~100 mA.**, es importante genere un flujo de aire suficiente para contemplar una muestra de compuestos en el aire representativa al interior de la unidad medida.

Elementos complementarios, LED cercano al rango de ¥ 0.07 YNS / \$ 0.01 USD, con consumo aproximado de **~2 mA**. Buzzer en el rango de ¥ 0.4 YNS / \$ 0.06 USD, con consumo promedio de **~20 mA**. Botón push en el rango de los ¥ 0.01 YNS / \$ 0.0013 USD.

Fuente de Alimentación

Considerando diferentes capaz de voltaje, sensores MQ, motor y relé a 5 V, el resto de los componentes operan a 3.3 V.

Consumo estimado:

Estimando su uso en: 20 segundos pre calentar 2 sensores MQ, 5 segundos recorrido aire representativo hasta camara de sensores (rele activo en el mismo periodo), según Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd. (2015): se recomiendan **10 segundos para una medida precisa** sobre la muestra de aire en camara. Aconteciendo el posicionamiento de una unidad de medir a otra, y tiempo de escaneo RFID, a 5 segundos. Concluimos un ciclo de 20 segundos por medida, y un consumo en uso consecutivo de:

Etapas	En ciclo	Activo	En ciclo
Microcontrolador	--	71 mA	71 mAh
Pre-calentado MQ	20 s	300 mA	1.6 mAh
Rele activo	5 s	70 mA	17.5 mAh
Motor ventilador	5 s	100 mA	25 mAh
Sensores MQ y DHT	10 s	302.5 mA	302.5 mAh
Pantalla OLED	--	1.5 mA	1.5 mAh
Buzzer LED	5 s	22 mA	5 mAh
Lector RFID	0.1 s	26 mA	15 mAh

Tabla 2 Consumo estimado de componentes dentro del ciclo de uso

Extrapolando los requisitos a una estimación de parámetros: de las 16 horas continuas de disponibilidad, definimos 8 de uso (sumiendo tiempos de traslado, descanso, etc), es así que según estimación (Tabla 2) para un consumo promedio de 439 mA, se define una **capacidad de carga mínima de: 3500 mAh** (~893 mA de pico).

Batería:

Batería de Litio (5000 mAh), en 1688.com a ¥ 33 YNS / \$ 4.60 USD por unidad (BMS incluido). Contabilizando ineficiencias en voltaje de salida a los distintos niveles del circuito, a través de dos reductores de voltaje en paralelo.

MP1584, en 1688.com a ¥ 1.4 YNS / \$ 0.20 USD por unidad (SMD), sin MOQ. Característica principal, según curva de eficiencia en hoja de datos, Monolithic Power Systems (2011), esta rondaría el 85 % y 90%, requiriendo así una **batería de 4120 mAh**.

PCB (4 Capas)

Para una PCB de 4 capas tipo stack-up, build-up (FR-4, cobre 1 oz, tamaño de prototipo típico menor a 100 × 100 mm), JLCPCB ofrece precios desde \$ 70 USD por metro cuadrado, **\$ 0.35 USD por placa** panelizando y considerando vías.

Packaging

Volúmenes compactos, entre en el bolsillo, aproximado de volúmenes por módulos, cámara de aire con sensores, (definidos por el MQ DHT temperatura humedad).

Empaquetado:

Fabricacion molde de inyeccion en acero y hierro, \$ 10,000 USD (recubrimiento principal), molde de compresión para goma, \$ 2,000 USD (juntas hermeticas y tapones para entradas de aire). Con un **costo amortizado de \$ 0.024 USD** por unidad para moldes de 500 mil a 800 mil ciclos de vida util.

Según dimensiones en requisitos, densidad de materials y un grosor de plastico de 2 mm podemos definir para no mas de **200 gramos de ABS (\$ 3 USD kg) a \$ 0.45 USD y 20 gramos de Silicona (\$ 5 USD / kg) a \$ 0.075 USD**, admeas de un estimado de inyeccion a \$ 0.08 USD la unidad (energia, mantenimientos).

Envoltorio:

Desde alibaba.com se pueden definir sugientes precios (productos editables): etiquetados \$ 0.01 USD, adhesivos \$ 0.70 USD, bolsa de plastico biodegradable sellada \$ 0.06 USD, caja para producto \$ 0.60 USD, manual de usuario \$ 0.10 USD.

Costo por unidad

En base a una produccion anual de 10,000 unidades: componentes, ensamblado e importacion. Se puede estimar un **costo base de \$ 11.25 USD** por unidad.

Seccion	Costo
Componentes Electronico (ESP-12S)	3.85 USD
Fuente de alimentacion (2 reductores de voltaje)	5.00 USD
PCB (4 Capas)	0.35 USD
Packaging	2.05 USD

Tabla 3 Costo unitario de elementos por seccion

Ademas suponiendo, CIF montevideo a \$ 12,000 USD. Honorarios despachante a \$ 500 USD + 1.5% del valor CIF. Ensablado por taller tercerizado a \$ 1,050 UYU + IVA. Podemos suponer un **costo base ensamblado post tasas en Uruguay de \$ 44.5 USD** (sin margenes).

Riesgos tecnologicos

Sensores MQ-3, MQ-135 y DHT no son herméticos; **agua y polvo dañan o descalibran**. Su vida útil es 1-3 años, afectada por contaminación y oxidación. Protección IPx4 a traves de **tapones de silicona** (recambios y posibles desgastes), filtros (en entrade a camara de medicion) y **calibración periódica para asegurar precisión y durabilidad** (respecto al deterioro de la oxidacion del metal en el tiempo).

Conclusiones y Recomendaciones

Se implementa trazabilidad por unidad de producción (dado sector la unidad puede estar compuesta por varios elementos, ej. *cajón de frutas*). Permite la optimización dentro de la cadena de suministro y producción, **detectando puntos débiles** como etapas de rápida



descomposición o deterioro de la cascara, así como medidas de temperatura y humedad (pudiendo verificar y contabilizar las buenas prácticas de los proveedores). Habilita actuar de manera empírica sobre la priorización de lotes (decisiones tempranas).

Además del estado de descomposición de la fruta, siendo los sensores sensibles a algunos tipos de hongos o bacterias inoloras e incoloras de baja ocurrencia, pero alto impacto como es el caso de **brotes malignos** contribuye a la **seguridad alimenticia** detectando de manera temprana y dando a conocer su origen. Implica un beneficio directo para los consumidores, así como imagen del sector.

Facil acceso a **contabilización y tracking**. Implementación de regulaciones y estándares por parte del estado, garantizando confianza y uniformidad (información clara de origen y calidad) a través de subsidios y capacitaciones para integrantes de la cadena. **Traer normas sanitarias a la práctica**, capacidad agregada de hacer **control de otras medidas sanitarias** a través del mismo dispositivo (sinergias con el estado).

Manejo de datos

Recomendaciones, permanecer almacenamiento de medidas de manera centralizadas y **accesibles a todos los integrantes de la cadena** involucrados en el manejo de las unidades de producción (al menos para datos esenciales, descartando notas internas, etc.). Es necesario poder acceder a información previa para poder evaluar las medidas tomadas (comparativas), registro histórico evitar conflictos cruzados.

Capitalización de la información

Proceso de *upcycling*, ejemplo común: suero de leche en proteína en polvo (*whey protein*). Agregando y mejorando este proceso de la cadena se accede a un ingreso marginal, mayor rendimiento en **costo neto, y una mejor imagen con consumidores** (prácticas responsables, alineadas con los ODS).

Implementaciones del *upcycling* dentro del sector frutícola: **pulpa de frutas** a mermeladas, snacks deshidratados; **cáscaras de frutas** a ingredientes funcionales, cosméticos o fertilizantes; entre otras implementaciones.

Upcycling alimentario: Transformar alimentos descartados o subproductos en nuevos productos de mayor valor nutricional o comercial.

Clasificación de unidades de producción por categoría de descomposición, sumando un criterio real nominal a la hora de **determinar precios por calidad del alimento** (segmento del consumidor).



Lista de Referencias

Ministerio de Ambiente (Uruguay). (2022). Estimación de pérdidas y desperdicios de alimentos en Uruguay: alcance y causas. Observatorio Ambiental. Recuperado de <https://1library.co/article/p%C3%A9rdidas-desperdicio-resultados-p%C3%A9rdidas-desperdicio-alimentos-uruguay.qmk33d8z>

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca; presidencia de la Nación (Argentina). (2025, 8 de julio). Aprovechar las pérdidas de alimentos en la producción frutihortícola. Argentina.gob.ar. Recuperado de

<https://www.argentina.gob.ar/noticias/aprovechar-las-perdidas-de-alimentos-en-la-produccion-frutihorticola>

Santos, S. F. dos, Cardoso, R. de C. V., Borges, Í. M. P., Almeida, A. C., Andrade, E. S., Ferreira, I. O., & Ramos, L. do C. (2020). *Post-harvest losses of fruits and vegetables in supply centers in Salvador, Brazil: Analysis of determinants, volumes and reduction strategies*. Waste Management, 101, 161–170. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.007>

Naciones Unidas. (2015). Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. <https://sdgs.un.org/es/goals>

Abrafrutas. (2024). Producción de frutas en Brasil en 2023. Recuperado de <https://www.roma-export.com/what-is-the-scenario-and-trends-for-fruit-growing-in-brazil-in-2024/>

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (Argentina). (2023). Informe del mercado de frutas frescas en Argentina. Recuperado de

<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/fruits-and-vegetables-market-in-argentina>

Comis, D. (2005, mayo 6). *Laser shows if fruit's beauty is only skin deep*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service.

<https://www.ars.usda.gov/news-events/news/research-news/2005/laser-shows-if-fruits-beauty-is-only-skin-deep/>

Xue, C., Pan, Y., Jiang, Y., & Feng, X. (2021). *Non-destructive detection of fruit quality and safety by volatile organic compounds analysis*. Scientific Reports, 11(1), 11642. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87530-2>

Gandía, J., García, A., & López, M. (2020). Óxidos metálicos para aplicaciones en sensores de gases. CORDIS. Recuperado de

<https://cordis.europa.eu/article/id/84627-metal-oxides-for-gas-sensor-applications/es>

Cherry Growers Australia. (2023). *From Australia, a project with RFID systems to promote cherry traceability*. CherryTimes. Recuperado de

<https://cherrytimes.it/en/news/From-Australia-a-project-with-RFID-systems-to-promote-cherry-traceability>



Yin, L., Jayan, H., Cai, J., El-Seedi, H. R., Guo, Z., & Zou, X. (2023). *Spoilage monitoring and early warning for apples in storage using gas sensors and chemometrics*. *Foods*, 12(15), 2968. <https://doi.org/10.3390/foods12152968>

Wikipedia contributors. (2025, July 20). Scantrust. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Recuperado de <https://en.wikipedia.org/wiki/Scantrust>

Ai-Thinker. (2024). ESP-12S Datasheet. Recuperado de <https://airteq.eu/wp-content/uploads/2024/01/esp-12s-datasheet.pdf>

Espressif Systems. (2023). ESP32-WROOM-32E Datasheet Version 1.6. Sparkfun https://cdn.sparkfun.com/assets/4/3/1/7/6/esp32-wroom-32e_esp32-wroom-32ue_datasheet_en_v1-6.pdf

Hillman Curtis. (n.d.). 2.4 G PCB Antenna. <https://hillmancurtis.com/2-4-g-pcb-antenna/>

STMicroelectronics. (2023). STM32F072cB *microcontroller datasheet*. <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f072c8.pdf>

STMicroelectronics. (2023). STM32L051c6 *microcontroller datasheet*. <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32l051c6.pdf>

Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd. (2015). Manual del sensor de gas MQ-3. Recuperado de <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1307695/WINSEN/MQ303B.html>

Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd. (2015). Manual del sensor de gas MQ-135. Recuperado de <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1307647/WINSEN/MQ135.html>

Adafruit Industries (2025). DHT11, DHT22 and AM2302 Sensors. Recuperado de https://www.mouser.com/datasheet/2/737/dht-932870.pdf?srltid=AfmBOooa7aNVBmLHWRmSqqBsjtWgvYPUroXofvsRnno_6GrDI76056JN

Monolithic Power Systems (2011). MP1584EN – 3 A, 1.5 MHz, 28 V Step-Down Converter. Disponible en: https://www.monolithicpower.com/en/documentview/productdocument/index/version/2/document_type/Datasheet/lang/en/sku/MP1584EN-LF-Z/document_id/204/

NXP Semiconductors. (n.d.). *MFRC522 standard performance MIFARE and NTAG frontend*. HandsOn Technology. <https://www.handsontec.com/dataspecs/RC522.pdf>

Franco, B. Diaz, F. Baptista, F. Canias, I. (2025). *Hito 2 de Proyecto 2 – Un cajón a la vez*. [Trabajo fin de semestre Taller Interdisciplinario, Univerisdad Catolica].