

PROYECTO: PureDrop

Sensor inteligente para la detección de la potabilidad del agua



XI Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica

Equipo	PureDrop
Centro educativo	<i>Legamar International School</i>
Curso	4.º ESO
Fecha	17 de octubre de 2025

Índice

1. Tema y problema detectado.....	3
2. Objetivo general.....	3
3. Objetivos específicos.....	3
4. Resumen del proyecto.....	4
5. Hipótesis inicial.....	5
6. Estado del arte.....	5
6.1. Parámetros de potabilidad del agua.....	5
6.2. Fundamentos técnicos de los componentes.....	6
6.3. Estudios oficiales y científicos.....	6
6.4. Proyectos similares.....	7
7. Descripción técnica del modelo.....	8
7.1. Sensores.....	9
7.2. Microcontrolador.....	11
7.3. Indicadores LED.....	12
7.4. Fuente de energía.....	12
7.5. Criterios de visualización.....	13
7.6. Alternativas y solución final.....	13
8. Metodología de trabajo.....	14
9. Diagrama de bloques.....	15
10. Conclusión.....	16
11. Anexos.....	17

1. Tema y problema detectado

En numerosas regiones del mundo, especialmente en países en vías de desarrollo, millones de personas carecen de acceso a información fiable sobre la potabilidad del agua que consumen.

El consumo de agua contaminada es una de las principales causas de enfermedades como diarrea, cólera, fiebre tifoidea y hepatitis, que impactan especialmente en la infancia y en comunidades en situación de vulnerabilidad.

Los métodos convencionales para determinar la calidad del agua requieren equipos de laboratorio, reactivos químicos y personal capacitado, lo que los hace inaccesibles en entornos con recursos limitados.

Problema identificado:

Las personas sin acceso a infraestructura analítica no disponen de medios para conocer si el agua que ingieren es apta para el consumo humano.

2. Objetivo general

Diseñar y construir un prototipo funcional de un sensor inteligente (PureDrop) capaz de detectar de forma automática la calidad del agua, clasificándola como potable o no potable mediante sensores digitales integrados en una placa Arduino.

3. Objetivos específicos

1. Analizar los parámetros físico-químicos que determinan la potabilidad del agua (turbidez, sólidos disueltos totales (TDS) y pH).
2. Programar sensores digitales para la medición de dichos parámetros.
3. Implementar un sistema de indicación visual mediante luces LED o pantallas.
4. Diseñar un dispositivo reutilizable, portátil, económico y sostenible.
5. Realizar ensayos con diferentes muestras de agua para validar el funcionamiento del prototipo.
6. Evaluar el potencial impacto social y ambiental del dispositivo en comunidades desfavorecidas.

4. Resumen del proyecto

El proyecto PureDrop consiste en el diseño y construcción de un sensor inteligente capaz de analizar la calidad del agua de forma rápida y sencilla. Este proyecto surge porque en muchas partes del mundo las personas no tienen acceso a información fiable sobre si el agua que consumen es potable, lo que puede provocar enfermedades graves.

El objetivo principal es crear un dispositivo portátil, económico y reutilizable que, mediante el uso de sensores conectados a una placa Arduino, pueda medir distintos parámetros del agua como el pH, la turbidez y los sólidos disueltos. A partir de estos datos, el sistema clasifica el agua como potable, dudosa o no potable y lo indica mediante luces LED.

La hipótesis del proyecto es que, integrando estos sensores en un sistema sencillo, se puede sustituir el uso de laboratorios y facilitar el acceso a información básica sobre la calidad del agua, especialmente en comunidades con pocos recursos.

Para desarrollar el proyecto, se ha investigado sobre los criterios que debe cumplir el agua potable según organismos oficiales, así como el funcionamiento de los sensores y dispositivos electrónicos utilizados. Además, se han analizado proyectos similares, concluyendo que PureDrop destaca por integrar varios parámetros en un único sistema.

El prototipo final está formado por sensores de pH, turbidez y TDS, un microcontrolador Arduino y un sistema de indicadores LED. Funciona con batería, lo que lo hace portátil. Tras comparar diferentes opciones de diseño, se eligió un modelo independiente (no integrado en una botella) por ser más práctico, seguro y fácil de mantener.

Por último, se ha seguido una metodología organizada en fases, desde la identificación del problema hasta la realización de pruebas y la redacción final. En conjunto, PureDrop busca tener un impacto social positivo al ayudar a mejorar el acceso a agua segura.

5. Hipótesis inicial

La integración de sensores de turbidez, TDS y pH en una plataforma Arduino, junto con un microcontrolador programable, permite determinar de forma inmediata si una muestra de agua es potable, sin necesidad de infraestructura de laboratorio, constituyendo una herramienta de apoyo para comunidades con escasos recursos.

6. Estado del arte

Parámetros que se deben tomar en cuenta para que el agua sea potable:

6.1. Parámetros de potabilidad del agua

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) y normas como la NOM-127-SSA1-2021 (México) o equivalentes, el agua apta para consumo humano debe cumplir los siguientes criterios:

Tipo de parámetro	Ejemplo	Valor permitido
Microbiológico	Coliformes fecales	0 UFC/100 mL
Físico-químico	pH	6.5 – 8.5
Físico-químico	Turbidez	< 5 UNT
Físico-químico	Sólidos disueltos totales (TDS)	< 500 mg/L
Desinfección	Cloro residual	0.5 – 1.5 mg/L

Adicionalmente, se deben eliminar:

- **Impurezas físicas:** tierra, arena, sólidos en suspensión (mediante filtración o sedimentación).
- **Microorganismos patógenos:** bacterias, virus, parásitos (mediante cloración, ebullición, radiación UV, ozono o filtración por membrana).

- **Sustancias químicas nocivas:** metales pesados, nitratos, pesticidas (mediante carbón activado, ósmosis inversa o intercambio iónico).

6.2. Fundamentos técnicos de los componentes

Arduino

Plataforma de prototipado electrónico de código abierto basada en hardware y software flexibles. Permite la lectura de sensores analógicos y digitales, así como el control de actuadores, siendo ampliamente utilizada en entornos educativos y de investigación.

Sensor de pH

Mide la concentración de iones de hidrógeno en una disolución. El electrodo de vidrio genera un potencial eléctrico proporcional al pH, según la ecuación de Nernst. Rango típico: 0–14, requiere calibración con soluciones patrón (pH 4, 7 y 10).

Sensor de turbidez

Evalúa la claridad del agua mediante la dispersión de un haz de luz infrarroja (norma ISO 7027). La luz dispersada es detectada por un fotodiodo, generando una señal proporcional a la concentración de partículas en suspensión. Se expresa en UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

Sensor de TDS

Mide la conductividad eléctrica del agua, relacionada directamente con la concentración de sales y minerales disueltos. La OMS establece 500 mg/L como límite máximo recomendado.

Batería

Fuente de energía autónoma que permite el funcionamiento del dispositivo sin conexión a la red eléctrica. En prototipos portátiles se emplean baterías de litio recargables por su alta densidad energética y bajo peso.

6.3. Estudios oficiales y científicos

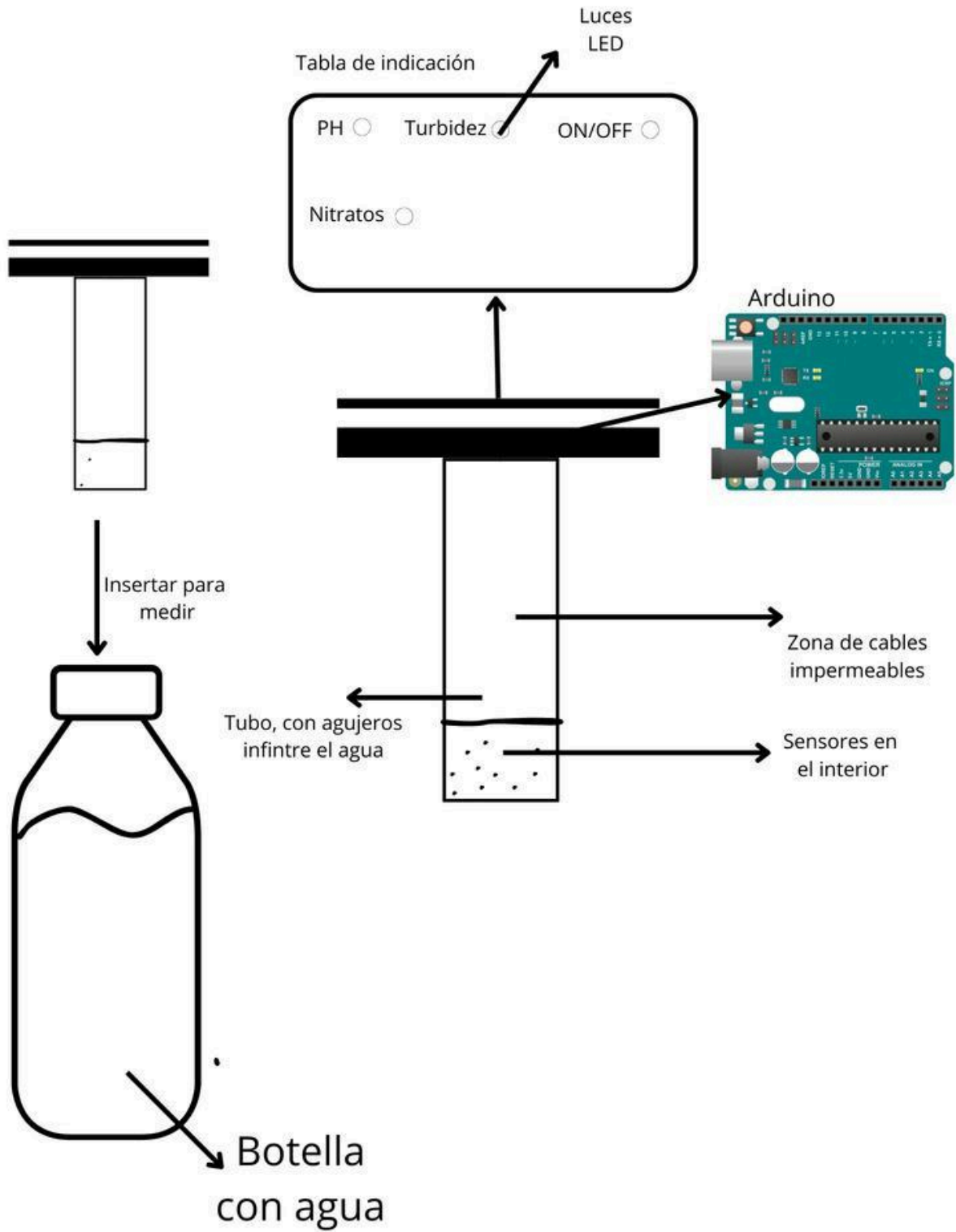
- **Arduino:** Investigaciones del Politécnico de Milán y del MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) destacan su idoneidad para prototipado rápido y aplicaciones en IoT (*Internet of Things*), así como su capacidad para operar con baterías y modos de bajo consumo.
- **Sensor de pH:** Publicaciones en *Sensors* (MDPI, 2021) detallan la importancia de la calibración y la compensación por temperatura para obtener lecturas precisas.
- **Sensor de turbidez:** La norma ISO 7027 y estudios de la Universidad de Heidelberg recomiendan la medición a 90° para minimizar interferencias y la limpieza periódica de la óptica.

- **Sensor de TDS:** La EPA (*Environmental Protection Agency*) y la Universidad de Berkeley subrayan la necesidad de compensar la temperatura, ya que la conductividad aumenta con ella.
- **Baterías y autonomía:** Estudios de la Universidad de Cambridge y *ResearchGate* (2023) proponen el uso de baterías de litio combinadas con modos *sleep* en microcontroladores para alargar la vida útil del dispositivo.

6.4. Proyectos similares

Proyecto existente	Funcionalidad	Diferencia con PureDrop
Sensores TDS comerciales	Miden sólidos disueltos únicamente	PureDrop integra múltiples parámetros (pH, turbidez, TDS)
Botellas purificadoras UV	Eliminan bacterias mediante radiación UV	No informan sobre la calidad del agua antes del tratamiento
Filtros portátiles (LifeStraw)	Filtran microorganismos y partículas	Carecen de indicación digital sobre la potabilidad
<i>Smart Bottle</i> comercial	Miden temperatura o actividad física	No analizan parámetros de calidad del agua

7. Descripción técnica del modelo



7.1. Sensores

Sensor de turbidez (modelo SEN 0189 o similar)

Parámetro	Datos técnicos
Dimensiones	42 × 32 mm (módulo) / 65 × 35 mm (óptica)
Conexión	Analógica (A0) o digital (D0)
Voltaje de operación	5 V
Salida	0 – 4,5 V (analógico)
Principio	Dispersión infrarroja a 90°
Rango	0 – 1000 UNT
Temperatura	5 – 90 °C
Observaciones	Evitar burbujas; mantener limpia la cámara óptica

Sensor de TDS (Gravity TDS Meter o similar)

Parámetro	Datos técnicos
Dimensiones	42 × 28 mm (módulo) / sonda 65 × 20 mm
Conexión	Analógica (A0)
Voltaje	3,3 – 5 V
Salida	0 – 2,3 V
Principio	Conductividad eléctrica
Rango	0 – 1000 ppm
Temperatura	0 – 40 °C
Observaciones	No sumergir en agua caliente; requiere calibración

Sensor de pH (pH-4502C + electrodo)

Parámetro	Datos técnicos
Dimensiones	Módulo: 42 × 28 mm / electrodo: 150 mm
Conexión	Analógica (A0)

Voltaje	5 V
Salida	0 – 3 V
Principio	Potencial electroquímico (electrodo de vidrio)
Rango	0 – 14 pH
Temperatura	0 – 60 °C
Observaciones	Calibración con soluciones pH 4, 7 y 10

7.2. Microcontrolador

Arduino UNO

Parámetro	Datos técnicos
Dimensiones	68,6 × 53,4 mm
Voltaje operación	5 V
Voltaje entrada	7 – 12 V
Entradas analógicas	6 (A0 – A5)
E/S digitales	14

Procesador	ATmega328P
Observaciones	Ideal para prototipos; soporta múltiples sensores analógicos

7.3. Indicadores LED

Parámetro	Datos técnicos
Tipo	LED de 5 mm (rojo y verde)
Voltaje operación	Rojo: 1,8 – 2 V / Verde: 2 – 3 V
Corriente	10 – 20 mA
Conexión	Pin digital + resistencia de 220 Ω
Polaridad	Ánodo (+) más largo

7.4. Fuente de energía

Opción	Características
Batería 9V	Alimentación mediante jack DC o pines Vin/GND
Batería LiPo recargable	Mayor autonomía; requiere módulo de carga

Modo *sleep* en Arduino

Reduce consumo entre mediciones

7.5. Criterios de visualización

- **LED verde:** Agua potable (todos los parámetros dentro de los rangos establecidos).
- **LED rojo:** Agua no potable (al menos un parámetro fuera de los límites).

7.6. Alternativas y solución final

Durante la fase de diseño se valoraron dos configuraciones:

- **Opción A:** Botella inteligente con sensores integrados en su interior.
- **Opción B:** Módulo independiente con sensores externos y panel de indicación.

Criterios evaluados:

Criterio	Opción A	Opción B
Facilidad de implementación	2	4
Coste de materiales	3	5
Mantenimiento y durabilidad	2	5
Versatilidad de uso	2	5
Precisión de medida	4	4
Portabilidad	4	3
Seguridad eléctrica	3	5

Solución seleccionada: Opción B, por su mayor versatilidad, facilidad de montaje y menor riesgo de filtraciones. Se emplean cables impermeables y los sensores se disponen en la parte inferior del dispositivo, sumergiendo únicamente las puntas de medición.

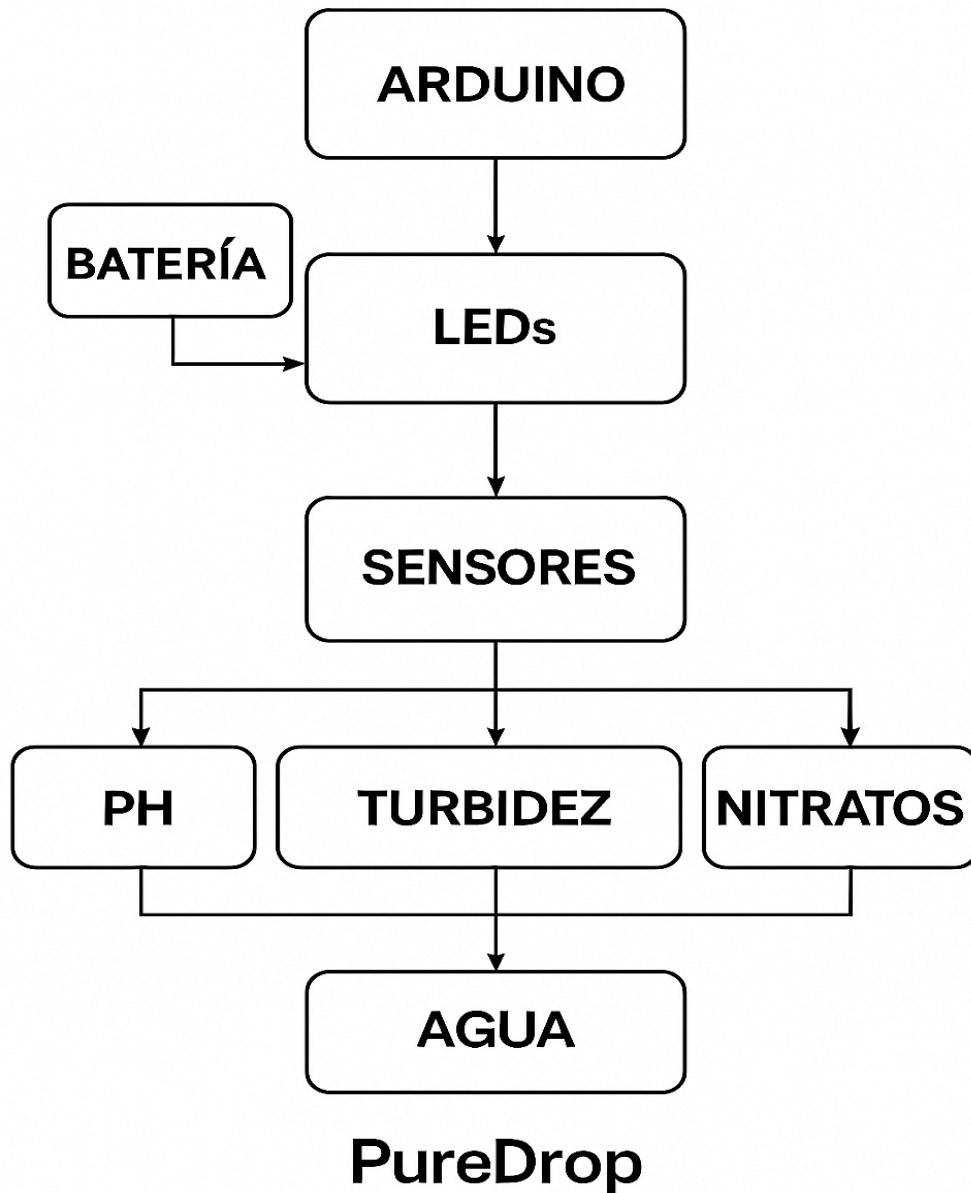
8. Metodología de trabajo

La metodología de trabajo seguida se esquematiza en la siguiente tabla:

Fase	Descripción	Fecha
1. Identificación del problema	Selección de una problemática social relevante	3 – 7 oct
2. Investigación preliminar	Revisión bibliográfica y análisis de proyectos existentes	8 – 10 oct
3. Definición del proyecto	Formulación de objetivos, hipótesis y marco teórico	11 – 13 oct
4. Diseño del prototipo	Elaboración de bocetos y lista de materiales	14 – 17 oct
5. Evaluación de alternativas	Matriz de decisión y selección de la solución óptima	18 – 19 oct
6. Modelado 3D	Diseño en Tinkercad	20 – 21 oct
7. Calibración y pruebas	Ensayos con muestras reales y ajuste de sensores	22 – 31 oct

8. Redacción del informe	Documentación final y conclusiones	1 – 5 nov
9. Entrega parcial	Envío del documento a evaluación	6 – 10 nov

9. Diagrama de bloques



10. Conclusión

El desarrollo del proyecto PureDrop ha permitido demostrar que es posible diseñar un dispositivo tecnológico accesible, funcional y de bajo coste capaz de ofrecer información rápida y comprensible sobre la calidad del agua. A lo largo del proceso, se ha comprobado que la integración de sensores de pH, turbidez y sólidos disueltos totales en una plataforma basada en Arduino constituye una solución viable para la detección básica de la potabilidad sin necesidad de infraestructuras complejas de laboratorio.

Más allá del aspecto técnico, PureDrop destaca por su potencial impacto social. Se trata de una herramienta que podría contribuir a mejorar la salud y la calidad de vida en comunidades con acceso limitado a recursos, facilitando la toma de decisiones sobre el consumo de agua. Asimismo, fomenta la concienciación sobre la importancia del agua potable y el uso responsable de los recursos hídricos.

Por otro lado, el proyecto también ha permitido adquirir competencias en investigación, trabajo en equipo, programación, electrónica y resolución de problemas, además de entender mejor cómo se relacionan la ciencia y la tecnología.

Como líneas futuras de mejora, se plantea la incorporación de nuevos sensores (como detección microbiológica), sistemas de almacenamiento de datos o conectividad IoT, lo que ampliaría significativamente las capacidades del dispositivo.

En conclusión, PureDrop no solo representa un avance tecnológico a pequeña escala, sino también una propuesta con valor humano, que conecta la innovación científica con una necesidad real: garantizar el acceso a agua segura.

PureDrop, de la ciencia al corazón, agua pura es la solución.

11. Anexos

En este apartado se incluye material complementario que amplía la información del proyecto:

- Diseño del modelo 3D desarrollado con la aplicación *Tinkercad*.
- Imágenes del prototipo final.

Toda la información del modelo se encuentra disponible a través de este [enlace](#)

