



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

CENTRO DE ESTUDIOS  
CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS "18" ZACATECAS

## TESIS

**Estudio de medición del nivel de agua en tinacos de hogares residenciales mediante el uso de sistema de sensor conectado a aplicación móvil**

Para obtener el grado de:

**TÉCNICO EN SISTEMAS DIGITALES**

Presenta

**Madrid Rodarte Berenice Nayeli  
Torres Martínez Carlos Ariel**

Directores de Tesis

**M.T. I. Carlos Alan Femat Quintero**



Junio del 2024

## AUTORIZACIÓN DE USO DE OBRA

### INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL P R E S E N T E

Bajo protesta de decir verdad quienes suscriben Berenice Nayeli Madrid Rodarte y Carlos Ariel Torres Martínez (se anexa copias simples de identificación oficial), manifestamos ser autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada Estudio de medición del nivel de agua en tinacos de hogares residenciales mediante el uso de sistema de sensor conectado a aplicación móvil, en adelante "La Tesis" y del cual se adjunta copia, por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgamos al Instituto Politécnico Nacional, en adelante "IPN", autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios impresos o digitales, un ejemplar de La Tesis por un periodo indefinido contado a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso al IPN de su terminación.

En virtud de lo anterior, el IPN deberá reconocer en todo momento nuestra calidad de autores de La Tesis.

Adicionalmente, y en nuestra calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de La Tesis, manifestamos que la misma es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por los suscritos respecto del La Tesis, por lo que deslindamos de toda responsabilidad al IPN en caso de que el contenido del La Tesis o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumimos las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

Zacatecas, Zacatecas a 26 de junio de 2024

Atentamente

Berenice Nayeli Madrid Rodarte

Nombre Completo

Carlos Ariel Torres Martínez

Nombre Completo

Nombre Completo

## **Resumen**

Esta investigación tiene como objetivo desarrollar y evaluar un sistema integrado de sensor y aplicación móvil para monitorear en tiempo real el nivel de agua en tinacos de viviendas, y determinar si su implementación contribuye a la reducción del consumo de agua. El estudio aborda dos objetivos principales: medir la precisión del dispositivo de medición y evaluar el impacto de su implementación en el comportamiento de consumo de agua en los hogares seleccionados.

Se diseña y construye un sensor capaz de medir con precisión el nivel de agua en tinacos, y se desarrolla una aplicación móvil que permite a los usuarios visualizar los datos en tiempo real y configurar alertas. La investigación utiliza un muestreo por conveniencia, seleccionando hogares accesibles y dispuestos a participar en el estudio. Se recopilan datos de consumo de agua antes y después de la implementación del sistema en los hogares participantes. Los datos se analizan utilizando técnicas estadísticas para evaluar cambios significativos en el consumo de agua. Este estudio contribuye a la comprensión de cómo las tecnologías de monitoreo pueden mejorar la gestión del agua en el ámbito doméstico, proporcionando una solución práctica y accesible para la conservación del agua.

**Palabras clave:** sensor, monitoreo, nivel de agua, tinacos, aplicación móvil.

## **Abstract**

This research aims to develop and evaluate an integrated system of a water level sensor and a mobile application for real-time monitoring of water levels in residential water tanks (commonly known as “tinacos”). The study investigates whether implementing this system contributes to water consumption reduction. The research focuses on two main objectives: assessing the accuracy of the measurement device and evaluating the impact of its implementation on water consumption behavior in selected households.

The study employs convenience sampling, selecting accessible households willing to participate. A precision water level sensor is designed and constructed specifically for measuring water levels in tinacos. An accompanying mobile application allows users to visualize real-time data and configure alerts. Consumption data is collected before and after system implementation in participating households. Statistical techniques are used to evaluate significant changes in water consumption.

This study enhances our understanding of how monitoring technologies can improve water management at the household level, offering a practical and accessible solution for water conservation.

**Keywords:** sensor, monitoring, water level, tinacos, mobile application.

## Índice General

Resumen	2
Abstract	3
Índice General	4
Índice de Figuras	5
1. Introducción	6
1.1 Planteamiento del Problema	6
1.2 Antecedentes	19
1.3 Justificación	24
1.4 Objetivo General	27
1.5 Objetivos Específicos	28
1.6 Pregunta de Investigación	28
2. Marco Teórico	28
2.1 Alcances y Limitaciones	36
3. Metodología y Resultados Esperados	37
4. Desarrollo	40
4.1 Diseño de base de datos	40
4.2 Diseño de aplicación y APIs	43
4.3 Diseño del código para ESP32 y API	58
5. Plan de Negocio	68
5.1 Análisis FODA	68
5.2 Descripción de la Empresa	70
5.3 Análisis de Mercado	72
5.4 Operaciones	74
5.5 Análisis Financiero	76
8. Referencias	79

## Índice de Figuras

Figura 1. Gráfica de Consumo de Carne 2023	13
Figura 2. Diagrama entidad-relación de la base de datos	40
Figura 3. Visualización de base de datos	42
Figura 4. Programación de bloques para el inicio de sesión de la aplicación en AppInventor	45
Figura 5. Programación de bloques para abrir la pantalla de Registro de usuarios	46
Figura 6. Programación de bloques para la confirmación del registro de usuarios	49
Figura 7. Programación de bloques para registrar usuarios por medio del elemento web	50
Figura 8. Programación de bloques para la lógica de un registro exitoso o no	50
Figura 9. Programación de bloques para el inicio de sesión y estilos de MakeViewUp	51
Figura 10. Programación de bloques para crear un degradado en el fondo de la aplicación	52
Figura 11. Programación de bloques para obtener lista de dispositivos por elemento web	54
Figura 12. Programación de bloques para guardar en una lista las ID de dispositivos	54
Figura 13. Programación de bloques para obtener los datos de las mediciones por web	55
Figura 14. Programación de bloques para almacenar en listas los datos de la consulta	57
Figura 15. Programación de bloques para establecer texto de las etiquetas a datos de consulta	58
Figura 16. Conexión a red WiFi y obtención de dirección IP en el monitor serial	64
Figura 17. Programación de bloques para solicitar a la ESP32 medición por elemento web	64
Figura 18. Inicio de sesión en la aplicación	65
Figura 19. Registro de usuario en la aplicación	66
Figura 20. Registro de usuario en la aplicación	67
Figura 21. Prototipo con Protoboard y taza como simulador de tinaco	67
Tabla 1. Análisis FODA	68

## **1. Introducción**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

El agua es un recurso limitado, de acuerdo con un informe de la Organización Meteorológica Mundial, apenas el 0.5% del agua total de la Tierra es agua dulce adecuada que podemos utilizar y a la que tenemos acceso (Organización Meteorológica Mundial, 2021). Para el año 2022 aún existía una gran brecha en el acceso a servicios esenciales de agua y saneamiento, unos 2200 millones de individuos a nivel mundial no tenían acceso a fuentes de agua potable que fueran seguras y confiables. Además, 3500 millones de personas vivían sin servicios adecuados de saneamiento, y 2000 millones carecían de las instalaciones más elementales de higiene. Esta situación subraya la persistente necesidad de acciones enfocadas y sostenidas para garantizar estos derechos básicos a nivel mundial (United Nations, 2023).

Un estudio realizado por la ONU muestra que varias de las opciones naturales que existen para el acceso al agua, se distribuyen de manera irregular y generalmente están a largas distancias de zonas urbanas (ONU Habitat, 2024). Aproximadamente, el 36% de la población mundial vive en zonas con escasez de agua, y más de la mitad vivirá con una escasez severa de agua para el año 2050. En paralelo, según datos de UNICEF (Papaleo, 2023) indican que en América Latina y el Caribe, 161 millones de personas carecen de acceso a agua potable segura o monitoreada, y 431 millones no disponen de servicios de saneamiento gestionado, resaltando la urgencia de abordar esta crisis global de agua.

La problemática que enfrenta la sociedad Zacatecana día a día es el desabasto de agua potable en las viviendas. David Octavio García Flores, líder de la Junta Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado de Zacatecas (JIAPAZ), ha informado que más de 400 mil residentes de la capital de Zacatecas y sus áreas circundantes sufren escasez de agua potable. Esto debido a la

disminución de los acuíferos y las sequías frecuentes. Se analizó que en los últimos cinco años, 12 de los 77 pozos que suministran agua a la población se han secado.

Cuando comenzó a operar, el sistema funcionaba con un caudal de 965 litros de agua por segundo para una población de 200 mil habitantes. En la actualidad el volumen disminuyó 860 litros por segundo, y sigue a la baja, pues el nivel freático mengua; en 1986 todos los pozos operaban a una profundidad promedio de 200 metros y ahora se encuentran por debajo de 450 metros. Valadez (2022)

En los municipios Guadalupe y Zacatecas pertenecientes al estado Zacatecas, la mayoría de las colonias recibe agua mediante un sistema de días fijo, es decir, ciertas colonias podrían recibir agua todas las semanas los lunes, martes y viernes. Existen 4 sectores de la zona metropolitana que no tienen este sistema de días fijo, en cambio, tienen un sistema de servicio rotativo, es decir, los días de la semana en los que reciben agua varían, dependiendo de la disponibilidad de agua y el consumo en los hogares.

También es importante considerar que Zacatecas es un territorio reconocido por tener diferencias de altura bastantes grandes, lo que produce que haya una diferencia de hasta 16 horas en el suministro de agua en la misma colonia.

A pesar de que el estado de Zacatecas cuenta con 34 acuíferos, sólo 19 de ellos tienen disponibilidad, mientras que los otros 15 se encuentran en déficit. Entre los acuíferos más afectados por la sobreexplotación se encuentran los de Calera, Chupaderos y el Aguanaval (Castro, 2022).

Según el coordinador técnico de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) y presidente de la Asociación Mexicana de Hidráulica en Zacatecas, Cruz González García, en términos de uso, el agua subterránea representa 1,033 millones de metros cúbicos destinados para la agricultura,



en comparación con los 117 millones destinados al uso público urbano. La industria, por su parte, utiliza solamente 68 millones de metros cúbicos. Esta distribución del uso del agua también es una de las razones por la escasez de agua en las áreas urbanas, Según Castro (2022), el indicador del estrés hídrico (volumen por habitante y por año), entre los años 1970 y 2015 disminuye de 2 mil 280 a mil 373 metros cúbicos por habitante y por año, siguiendo esta tendencia, podría Zacatecas estar en el umbral de penuria que señala la Organización Mundial de la Salud (OMS), abajo de los mil metros cúbicos por habitante y por año.

Esta situación se agravó a partir de 2016, cuando se perdieron pozos en un periodo de tiempo relativamente corto. Debido a esto, mencionó el titular de la JIAPAZ, de las 900 colonias y fraccionamientos que existen en la zona urbana, hay un área integrada por 127 de estas, que corresponden a la zona que conecta Zacatecas y Guadalupe.

Por los datos y la información que se ha presentado, la implementación de herramientas eléctricas y digitales en los hogares es esencial para reducir el consumo de agua Zacatecas.

El papel de la industria en el consumo de agua es significativo, no solo es uno de los principales consumidores de agua, sino que tiene un rol importante en la gestión de este recurso, siendo un factor importante que contribuye a la escasez de agua en los hogares. Además, contribuye a la contaminación del agua, lo que puede afectar negativamente los ecosistemas acuáticos y la salud humana. Dentro de las cinco industrias que consumen más agua a escala mundial está la agricultura, industria de la moda, industria eléctrica, ganadería y bebidas. (Victorica, 2022)

La agricultura es el principal consumidor de agua en México, utilizando entre el 68% y 70% del agua potable disponible para procesos críticos como la irrigación, fertilización, aplicación de pesticidas, enfriamiento de cultivos y control de heladas (UNAM, 2018). Sin embargo, esta práctica también conduce a la contaminación del agua, ya que los fertilizantes y pesticidas

pueden infiltrarse en el suministro de agua (Victorica, 2022). Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de 2020, el uso agrícola representó el 67.52% del volumen total de agua consumida en el país. El Censo Agropecuario de 2022 mostró que la superficie agrícola de México era de aproximadamente 257,030.81 km<sup>2</sup>, con un 74.0% dedicado a cultivos de temporal y un 26.0% a cultivos bajo riego (INEGI, 2024).

Por otro lado, los sistemas de riego son esenciales para maximizar la eficiencia del agua en la agricultura. Los métodos más utilizados en México incluyen el riego por gravedad, utilizado por el 79.18% de las unidades de producción agropecuaria con superficie de riego; seguido por el riego por goteo siendo el 12.76%, y por aspersión representando el 10.87% (INEGI, 2024). A pesar del uso extensivo de agua en la agricultura, más del 57% se pierde debido a infraestructuras de riego ineficientes y obsoletas, lo que resalta la necesidad de mejorar la gestión del agua en este sector para evitar el desperdicio y asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico (UNAM, 2018).

El alto consumo de agua en la agricultura y otras industrias tiene un impacto significativo en las comunidades rurales y el medio ambiente. En las comunidades rurales, el acceso limitado a los servicios de agua pone en riesgo el cumplimiento de objetivos de desarrollo sostenible, afectando directamente la calidad de vida, la nutrición y la salud de sus habitantes. Las mujeres, en particular, suelen ser las más afectadas, ya que frecuentemente recae sobre ellas la responsabilidad de disponer de agua. La escasez de agua puede llevar a conflictos sociales y a la necesidad de implementar estrategias para resolver la falta de disponibilidad del recurso hídrico. (Soares, 2024)

En cuanto al medio ambiente, la sobreexplotación de acuíferos puede resultar en la reducción de la biodiversidad acuática, la pérdida de hábitats tanto acuáticos como terrestres, y una disminución en la productividad agrícola. Además, el aumento de la desertificación y la

erosión del suelo son consecuencias directas de la gestión inadecuada del agua (ACUAVIDA.). La contaminación del agua, debido a la falta de infraestructura adecuada para su tratamiento, también es un problema grave, afectando los ríos y cuerpos de agua y convirtiéndolos en focos de infección. (Aclara)

La industria de la moda, tiene una gran producción de algodón y la fabricación de ropa. El cultivo de algodón requiere un uso intensivo de agua de fuentes subterráneas, mientras que los procesos de teñido y acabado de las telas liberan sustancias químicas en las aguas, aumentando la carga sobre este recurso vital. (Victorica, 2022). Según informes de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) y el Parlamento Europeo (PE), se utilizan alrededor de 79,000 millones de metros cúbicos de agua por año en el sector textil en todo el mundo. Esta cantidad es suficiente para abastecer de agua a 5 millones de personas anualmente, sin embargo, se estima que para el 2030 este dato aumente hasta 12,000 millones (TRT, 2024). Para la producción de una camiseta de algodón se consume la misma cantidad de agua que necesita una persona durante 2.5 años, correspondiente a 2,700 litros, y un par de pantalones 7,500 litros de agua o 7 años de consumo de agua de una persona. (TRT, 2024)

Además, hay que considerar la cantidad de agua utilizada para el cultivo de algodón, puede variar significativamente dependiendo de varios factores, como el clima, las prácticas de riego y la eficiencia del uso del agua. En promedio, se estima que se necesitan aproximadamente 1,214 litros de agua de riego artificial para producir un kilogramo de algodón desmotado. Sin embargo, es importante destacar que el 41.3% de la producción mundial de algodón se realiza sin riego artificial, utilizando solo agua de lluvia (Xicota, 2019).

En la última campaña de cultivo, la producción de algodón se situó en 26.13 millones de toneladas, cultivadas en una superficie de 32.7 millones de hectáreas. Los principales

productores de algodón del mundo son India, China, Estados Unidos, Brasil y Pakistán (Gestal, 2022). En el caso de México, se clasifica en el puesto 13 con una producción de 229,000 toneladas de algodón por año (Atlas Big, 2023). Estos números reflejan la importancia del algodón como materia prima en la industria de la moda y su relevancia en la economía agrícola global. De acuerdo a estos datos, se podría concluir que a nivel mundial el consumo de agua es de 31.7218 mil millones de metros cúbicos de agua, siendo 18.62 mil millones de metros cúbicos de agua para uso de riego artificial; mientras que en México se utilizan 278 millones de metros cúbicos de agua y 163.189 millones, litros de agua para el riego artificial.

La producción de energía eléctrica es uno de los mayores consumidores de agua a nivel mundial. Se estima que aproximadamente 53,000 millones de metros cúbicos de agua dulce se utilizan globalmente para la producción termoeléctrica (Sesma Martín, 2020). En cuanto a México, un informe indica que una sola industria puede consumir un estimado de 27.52 mil millones de litros de agua anualmente, es importante tomar en cuenta que estos valores pueden variar según el tipo de producción de energía y las tecnologías de refrigeración empleadas.

Es fundamental considerar el sistema de refrigeración como una parte integral del proceso de generación de energía, ya que influye en el rendimiento y la disponibilidad global de la central. Existen diferentes tipos de sistemas de refrigeración que requieren distintos volúmenes de agua, siendo los sistemas de refrigeración de ciclo abierto los más populares (Sesma Martín, 2020).

La ganadería, por su parte, utiliza una porción significativa del agua en la agricultura, destinada a la producción de alimentos para el ganado, que a su vez proporciona carne, leche y huevos. Esta producción animal tiene un impacto considerable en el consumo de agua. Para la producción de un solo kilo de carne de vaca se gasta 15 mil litros de agua. mientras que un kilo

de trigo requiere 1.5 mil litros. En el año 2023 se consumieron 340 millones de carne, siendo carne de res y ternera 72.2 millones de toneladas, carnes de cerdo 116 millones de toneladas, cabra de oveja y cabra 16.2 millones de toneladas y carne de ave 135.3 millones de toneladas (Orús, 2024). En México, aunque no se proporciona una cifra exacta del volumen de agua utilizado exclusivamente para la ganadería, el sector agropecuario, que incluye la ganadería, consumió el 76% del agua durante el año 2020 (Martínez, 2023). Este alto porcentaje refleja la importancia del agua en actividades como el consumo animal, la limpieza de instalaciones, la irrigación de pasturas y la producción de alimentos para el ganado.

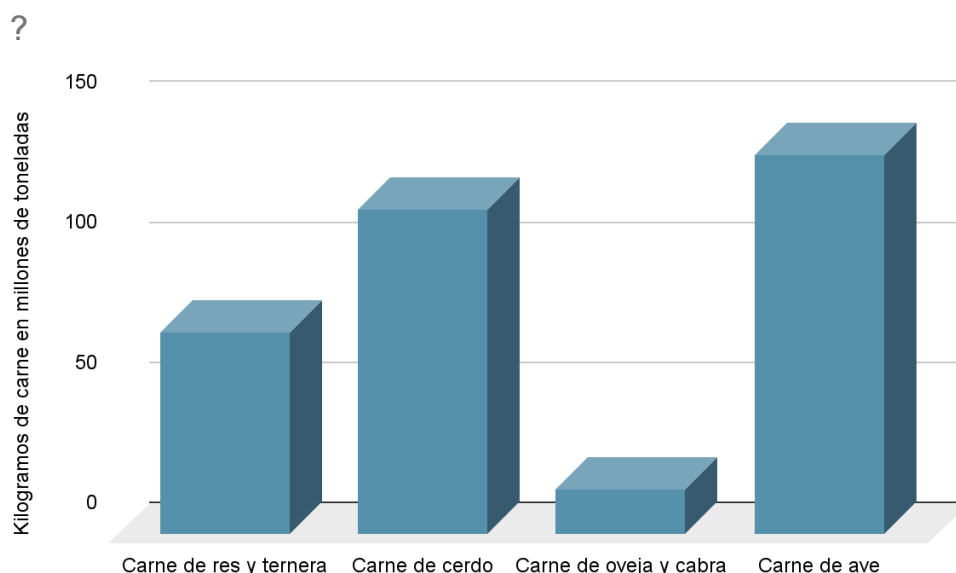


Figura 1. Gráfica de Consumo de Carne 2023

En zonas de concentración de granjas industriales como Cataluña, el 41% de los acuíferos están contaminados lo que ha provocado que 142 municipios tengan problemas de abastecimiento, debido al excremento de la industria porcina. (Igualdad Animal, 2019) La huella hídrica del de la carne de vacuno es seis veces mayor que las legumbres.

El consumo de agua en la industria de bebidas es considerable, ya que el agua no solo es un ingrediente clave en la mayoría de las bebidas, sino que también se utiliza en los procesos de limpieza y refrigeración durante la producción. A nivel mundial, la industria emplea alrededor del 20% del agua dulce extraída (González Herrero, 2015). En México, se ha reportado que grandes empresas de la industria de bebidas consumen millones de litros de agua anualmente (Escudero, 2022). Además, algunas corporaciones acaparan hasta el 70% de las concesiones totales de agua del país (Ramírez, 2024). La industria de las bebidas, desde las cervecerías hasta las refresqueras, utiliza grandes volúmenes de agua para crear productos que sacian la sed del mundo. La cerveza, por ejemplo, requiere en promedio 2.6 litros de agua por cada litro producido, lo que pone de manifiesto la huella hídrica de estas bebidas.

La planta de Grupo Modelo en Zacatecas ha logrado un ahorro significativo de agua, reduciendo su consumo en un 25% durante los últimos 10 años. Mientras que la industria cervecera generalmente utiliza entre tres y cinco litros de agua para producir un litro de cerveza, la planta de Zacatecas ha conseguido disminuir esta cifra a sólo 2.3 litros de agua por cada litro de cerveza. A pesar de los esfuerzos por ser más eficiente, se reporta que la Compañía Cervecera de Zacatecas del Grupo Modelo consume casi 12 mil millones de litros de agua al año, la cual extrae entre 15 y 18 pozos. (Zócalo, 2021) Esta cantidad de consumo ha generado preocupaciones sobre la sobreexplotación de uno de los principales acuíferos de la región, especialmente en un contexto donde varios acuíferos en Zacatecas están sobreexplotados y en déficit. A principios de la década de 1990, Grupo Modelo adquirió cientos de hectáreas y los derechos de los pozos agrícolas de la región, cambiando el uso de los pozos de agrícola a industrial entre 1996 y 1997. El acuífero de Calera, donde se encuentra la planta, tiene un déficit de unos 72 millones de metros cúbicos de agua, lo que indica una extracción muy superior a la recarga natural del manto freático. A pesar de la sobreexplotación, la Conagua estatal considera que Grupo Modelo usa el agua de manera

eficiente, reduciendo su consumo de 5 litros por litro de cerveza producido a 2.3 litros. (Zócalo Saltillo, 2021)

Estas cinco industrias, en su conjunto, son responsables de más del 70% del consumo de agua a nivel mundial, lo que subraya la urgencia de adoptar prácticas de gestión del agua más eficientes y sostenibles para garantizar la disponibilidad del recurso para las generaciones futuras. La responsabilidad recae tanto en las industrias como en los consumidores para asegurar que cada gota se utilice de manera consciente y considerada. (Victorica, 2022)

Mientras tanto, las viviendas conectadas al servicio de agua de la ciudad obtienen menos agua de la que realmente necesitan. En ciudades y regiones donde la industria es elevada, las autoridades se enfrentan al dilema de cómo asignar el agua de manera justa, equilibrando las necesidades económicas con las básicas de sus ciudadanos. El resultado, con demasiada frecuencia, es que las familias se ven obligadas a operar con restricciones, enfrentando cortes de agua y limitaciones en su uso diario. Este desequilibrio en la distribución del agua no solo es una cuestión de comodidad, sino también de salud pública y equidad social. El acceso al agua limpia y segura es un derecho humano fundamental, y cuando la industria utiliza una porción desproporcionada del suministro, ese derecho se ve comprometido. Las comunidades más vulnerables son las que más sufren, ya que la escasez de agua afecta su higiene, nutrición y, en última instancia, su calidad de vida.

La inflación del costo del servicio de agua en México ha sido un tema de preocupación reciente. Los derechos por suministro de agua han registrado un incremento de precio de 6.2% en su comparación interanual. Este aumento impacta a todos los sectores de la población, pero tiene un efecto más pronunciado en las familias más pobres, especialmente en México, siendo un país con grandes brechas de desigualdad social (IMCO, 2023). Además, la escasez de agua y el aumento de los precios de los servicios son factores que representan

riesgos adicionales para la inflación. Según el Banco de México, la escasez de agua y las afectaciones climáticas son preocupaciones destacadas que podrían influir en que los precios sigan incrementando, principalmente en el componente de servicios (Rodríguez, 2024).

Es importante mencionar que en México no existe una metodología uniforme a nivel nacional para la definición de tarifas de agua, lo que complica la comparación de los costos reales asociados al suministro de agua potable a nivel nacional. Las tarifas varían entre usuarios residenciales, comerciales e industriales y también entre los diferentes estados. La situación se ve agravada por el hecho de que no todos los hogares en México tienen garantizado el acceso al agua potable. Según datos de 2022, el 6.9% de las viviendas carecían de acceso a agua potable entubada, lo que obliga a buscar otras opciones. Además, aunque el 93.1% de las viviendas tenía acceso a suministro entubado, el 33.5% de estas no tenía acceso diario (Rodríguez, 2024). El costo del servicio de agua en México está en aumento, y este incremento, junto con la escasez de agua, representa un desafío significativo para la economía del país y para la vida cotidiana de sus ciudadanos, especialmente para aquellos en situaciones de vulnerabilidad.

A nivel global se estima que las mil millones de personas más ricas consumen el 72% de los recursos disponibles, mientras que las miles de millones de personas pobres consumen el 1% de los recursos. En México, 9 millones de personas no tienen acceso a agua potable y al menos el 40% de la población mexicana tiene algún tipo de pobreza energética. (CONAHCYT, 2023).

La falta de conciencia sobre el consumo de agua es un problema significativo que afecta a la gestión y conservación de este recurso vital. Muchas personas no se dan cuenta de la importancia de utilizar el agua de manera responsable y no están informadas sobre cómo pueden contribuir al cuidado del agua en su vida diaria. Según la Organización Mundial de la



Salud (OMS), una persona necesita entre 50 y 100 litros de agua por día para cubrir sus necesidades básicas y evitar riesgos significativos para la salud (UN, 2010). Esta cantidad es suficiente para el consumo personal y doméstico, incluyendo beber, cocinar, la higiene personal y la limpieza. Es importante mencionar que estas cifras pueden variar dependiendo de factores como el clima, la actividad física y las condiciones de salud de cada individuo.

De acuerdo con el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), una persona consume en promedio en México 307 litros de agua al día, lo que representa cerca de un 200% más de lo que se recomienda, que es de 96 litros. En CDMX una persona consume en promedio 380 litros de agua diarios. La dotación promedio de agua potable por parte del SACMEX en las 16 delegaciones, es de 150 litros por habitante al día. Si consideramos que sólo se pueden suministrar 150 litros de agua por persona diariamente y que cada persona llega a consumir en promedio 380 litros, se puede entender a qué se debe el desabasto de agua en algunas zonas de la Ciudad de México (Congreso de la Ciudad de México, 2022).

En cuanto a Zacatecas, según la información de la Junta Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado de Zacatecas (JIAPAZ), cada día se distribuye un promedio de 75,600 metros cúbicos de agua en beneficio de cerca de 400,000 personas en Zacatecas, Guadalupe, Morelos y Vetagrande, siendo alrededor de 190 litros diarios por persona. Sin embargo, debido a la alta demanda, no es posible proporcionar servicio de agua potable diariamente a todos los usuarios, por lo que se utiliza un sistema de rotación para la distribución del agua (JIAPAZ, 2018).

La razón por la que la huella hídrica en una vivienda sea mucho mayor de lo necesario se debe a factores del uso directo e indirecto del agua. Dentro del consumo directo está el uso diario de actividades como aseo personal, bañarse, lavar ropa, cocinar, limpiar, y regar jardines. Lavarse las manos puede consumir alrededor de 12 litros de agua por minuto si la llave se mantiene

abierta todo el tiempo en que se realiza la actividad, también hay que considerar que se debe de lavar las manos después de ir al baño, manipular objetos que manipulan suciedad y antes de comer, incluyendo refrigerios y meriendas. Según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) una persona utiliza en promedio siete veces el baño al día y cada descarga se emplean hasta 16 litros de agua, lo que puede consumir hasta 112 litros; sin embargo, hay otras alternativas como inodoros sustentables que tienen descargas de agua de 6 litros (CONAGUA, 2018). Según la fundación del agua, el desperdicio de agua durante la ducha depende de la duración de la misma, una ducha de 5 minutos consume alrededor de 75-90 litros de agua, mientras que una ducha de 10 minutos 160 litros y una de 15 minutos consume 240 litros (AQUAE, 2023). Para lavar una carga de ropa de 7 kilogramos requiere alrededor de 49 a 62 litros de agua y una carga de 5 Kg, requiere de 39 a 52 litros (Gobierno de España).

En cuanto al consumo indirecto del agua son respecto al consumo de agua utilizada para la creación de bienes y alimentos, tal como la cantidad de agua requerida para la producción de una taza de café, para un refresco, un vaso de jugo de naranja, entre otros. Un ejemplo es que para producir una taza de 125 mililitros de café, se utilizaron 140 litros de agua, para un vaso de jugo de naranja, 200 litros; para un vaso de leche, 255 litros, o para un kilogramo de carne, 15 mil 400 litros de agua en promedio mundial (IMTA, 2017).

En muchas viviendas, especialmente en aquellas situadas en áreas urbanas y rurales, el suministro de agua se almacena en tinacos para garantizar una disponibilidad continua del recurso. Sin embargo, uno de los problemas más comunes es el desconocimiento de la cantidad de agua disponible en estos tinacos. Esta falta de información puede llevar a varios inconvenientes, tales como el desperdicio de agua, al no conocer el nivel exacto del agua, las personas pueden llenar los tinacos innecesariamente, lo que ocasiona un uso ineficiente del recurso hídrico. Interrupciones en el suministro, la falta de monitoreo continuo puede resultar

en que el agua se agote sin previo aviso, afectando las actividades diarias que dependen del agua, como la limpieza, la cocina y el aseo personal. Más aún, el mantenimiento ineficaz, sin datos precisos sobre el nivel de agua, es difícil programar el mantenimiento y la limpieza de los tinacos, lo que puede comprometer la calidad del agua almacenada.

## **1.2 Antecedentes**

En el presente apartado se hace una revisión de trabajos previos que se han desarrollado acerca de la medición del agua en el tinaco con un medidor ultrasónico con la finalidad de poder analizar las diferentes maneras con las que se han realizado mediciones del nivel del agua de los tinacos, cuál es su principio de funcionamiento, al igual que sus ventajas y limitaciones.

En la revista Mexicana de Ciencias Agrícolas (Castellanos Serrano & Jiménez Valdez, 2016) crearon un proyecto que permite monitorear la cantidad de agua que hay en un tinaco a través de un Smartphone, para ello, usan una metodología de tipo cascada, un sistema de medición y control de volumen para captadores de agua pluvial desde una aplicación móvil, comenzando con la especificación de los requisitos del cliente y continuando con el diseño, implementación, pruebas, operación y mantenimiento. En la implementación utilizaron el entorno de desarrollo App Inventor, el cual permite la programación estructurada mediante bloques visuales; para el circuito implementaron una placa tipo C TM4C123G, un sensor ultrasónico HC-SR04 y un módulo Bluetooth HC-05. Establece una conexión Bluetooth con la aplicación instalada en el Smartphone. Tiene como ventaja que ya cuenta con una aplicación, pero está limitado a solo revisar el nivel del agua y no a estadísticas del consumo de agua ni días de tandeo en la semana.

El informe realizado por J. Gutiérrez y M.A. Porta-Gándara (Castro, 2022) describe un medidor ultrasónico de nivel de agua de 40 kHz integrado en una unidad remota para medir niveles en estanques de acuicultura. Ofrece una alta precisión  $\pm 0,003$  m y un amplio rango de medición hasta 10 m. La compensación de la velocidad del sonido se logra mediante un sensor digital que usa el protocolo 1-Wire® para medir la temperatura ambiente. Los datos se muestran en una pantalla LCD y se transmiten vía Bluetooth a una unidad local. Se incluye una interfaz gráfica en Matlab para monitoreo en tiempo real a través de USB. Se emplea una memoria EEPROM como respaldo de datos. Utiliza el microcontrolador STAMP BS2 y cumple con los requisitos de supervisión y control en estanques de acuicultura.

El proyecto (Valadez, 2022) propone usar Internet de las Cosas (IoT) para monitorear el nivel de agua en depósitos domésticos y gestionar el recurso de manera eficiente. Se utilizó la metodología QFD para el diseño conceptual, considerando los requisitos del cliente. El sistema busca mejorar la precisión de las mediciones, almacenar datos en la web, ofrecer recomendaciones de uso y permitir control remoto del llenado y vaciado de los depósitos. La principal innovación es la aplicación de tecnologías como IoT y computación en la nube para promover el uso responsable del agua. Los resultados experimentales sugieren que esta implementación es beneficiosa para resolver problemas actuales.

El gobierno de México ha tomado varias medidas para abordar la problemática del desabasto de agua, una de ellas es el acuerdo de inicio de emergencia por ocurrencia de sequía severa, extrema o excepcional en cuencas para el año 2022. Este acuerdo, publicado por la Conagua, tiene como objetivo garantizar el abasto de agua a la población en sitios que presenten condiciones de sequía severa, extrema o excepcional, de acuerdo al Monitor de Sequía de México, o que presenten una disminución en sus fuentes de abastecimiento para uso público-urbano (Gobierno de México, 2022).

Otra medida que se ha tomado es la construcción de plantas potabilizadoras y rehabilitación de pozos para mejorar el suministro de agua en la Ciudad de México y el Estado de México. Las plantas potabilizadoras son instalaciones que se encargan de procesar el agua para que sea apta para el consumo humano, para este proceso se añaden químico al agua para que las partículas de suciedad se junten y formen flóculos más grandes, los flóculos se asientan en el fondo del tanque debido a su densidad y se pasa por un filtro separándolos del agua limpia, finalmente se utiliza cloro u otros desinfectantes para matar bacterias y virus que puedan estar presentes en el agua. Además de las plantas potabilizadoras, arreglan daños en las paredes del pozo o tuberías, hacen el pozo más profundo para alcanzar niveles de agua más estables y colocan bombas más eficientes que puedan extraer agua de manera efectiva (Juárez, 2024).

El gobierno de México ha implementado el tandeo como una medida para manejar la escasez de agua en las viviendas, especialmente en la Ciudad de México. El tandeo es un sistema de distribución de agua por turnos o en horarios específicos, y se ha utilizado en respuesta a la reducción del caudal proveniente del Sistema Cutzamala. En enero de 2024, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (Sacmex) anunció que se abastecería de agua por tandeo en 10 alcaldías durante el primer bimestre del año. Además, se lanzó la plataforma “Agua en tu colonia” para informar a los habitantes sobre los horarios en los que se habilitaría el suministro. El tandeo afectó a 284 colonias de la capital, donde el suministro se habilitaba en un horario determinado para cada colonia y luego se recorta totalmente para el resto del día. Los residentes de las áreas afectadas debían pagar una cuota fija con un descuento del 95% sobre el pago de derechos. Esta medida estuvo vigente al menos hasta febrero de 2024, mientras continuaba la reducción del Cutzamala (Barrientos Nieto, 2024).

Es importante mencionar que, aunque la Ciudad de México tiene una cobertura de agua entubada del 98.8%, el acceso no es igualitario, y muchas personas, especialmente en situación de pobreza muy alta, obtienen el agua por tandeo, pipas, acarreo manual o compra de agua embotellada. La falta de agua en los hogares vulnera derechos sociales reconocidos en instrumentos internacionales y en la Constitución Política de la Ciudad de México (Rodríguez, 2021).

Las campañas de Colgate para concienciar sobre el ahorro de agua han tenido un impacto significativo a nivel mundial. Desde su lanzamiento en 2016, la campaña “Ahorra Agua” ha logrado que se ahorren 99,000 millones de galones de agua y ha evitado la emisión de 5.5 millones de toneladas métricas de gases de efecto invernadero. Estos números reflejan cómo las acciones individuales, como cerrar la llave mientras nos cepillamos los dientes, pueden tener un gran impacto en la conservación del agua y en la lucha contra el cambio climático. Además, Colgate ha sido reconocida como una compañía LEAD por el Pacto Mundial de la ONU, lo cual destaca su compromiso con los objetivos de desarrollo sostenible y su esfuerzo por implementar prácticas que promueven la sostenibilidad (PR Newswire, 2019). Estos esfuerzos forman parte de la Estrategia de Sustentabilidad e Impacto Social de Colgate para 2025, que incluye metas como proporcionar transparencia total en los ingredientes de sus productos, promover la conciencia sobre la conservación del agua entre todos sus consumidores globales y guiar a los consumidores sobre el reciclaje de todos sus productos en todos los mercados (Colgate, 2024).

Otra empresa que está comprometida con el cuidado del medio ambiente es Acciona, es un grupo global de desarrollo y gestión de soluciones sostenibles de infraestructuras, especialmente de energía renovable. Esta empresa ha implementado tecnologías prácticas que reducen el consumo de agua en sus operaciones y proyectos. Una tecnología que ha

implementado es el sistema de riego inteligente, este sistema utiliza sensores de humedad y programación horaria para optimizar el uso del agua en la agricultura y jardinería, lo que permite un uso más eficiente y consciente del recurso hídrico (Instituto del agua).

También Acciona se enfoca en la desalación y regeneración del agua, construyendo infraestructuras que permiten tratar y reutilizar el agua para diversos fines, como la agricultura, riego urbano, actividades recreativas y la recarga de acuíferos. Uno de estos proyectos es el proyecto PRISTINE, desarrollado por Mar Micó, se enfoca en eliminar más del 80% de los contaminantes emergentes en el ciclo del agua, en el cual han desarrollado sensores virtuales correspondientes a dieciocho contaminantes emergentes, mejorando así la calidad del agua tratada. Otro proyecto que ha realizado es LIFE PHOS4EU, en el cual ACCIONA ha tenido éxito en la recuperación de más del 60% del fósforo presente en las aguas residuales. Esto no solo optimiza la gestión de residuos, sino que también ayuda a la fabricación de fertilizantes, fomentando así una economía circular. Mar Micó comentó que han implementado un método innovador para obtener fósforo en forma de vivianita, un compuesto que se caracteriza por su alta concentración de fósforo en comparación con la estruvita (iAgua, 2024).

Olga Ferrer de Acciona, habla sobre proyectos de Acciona como Life INDESAL, que mejoran la eficiencia de la desalación y la valorización de salmueras y MINERALS, que se centra en la extracción de minerales valiosos de la salmuera mediante tecnologías avanzadas. Además, Ferrer hizo referencia a la plataforma experimental de tecnologías de desalación ubicada en Murcia, la cual cuenta con instalaciones piloto que funcionan sin interrupciones buscando optimizar la producción y reducir el gasto energético.

La campaña “Moviéndonos por el Agua: Cada gota cuenta” (Cruz Roja Española, 2007) es iniciada por la Cruz Roja Española, apoyada por Acciona, promueve un uso más consciente y

eficiente del agua, destacando la importancia de la solidaridad y el ahorro de agua como medios para mejorar la situación de las personas más vulnerables y contribuir al desarrollo sostenible. Este evento tuvo lugar en la ciudad de Madrid en Salvador Dalí el día 22 de marzo de 2007. Bajo una carpa se instalaron varias actividades con juegos de agua, talleres infantiles en que incluye un teatro, exposición de una planta de tratamiento utilizada por la Cruz Roja Española para el abastecimiento de agua potable a la población en situación de desastre, campañas de sensibilización ciudadana y exposición del agua.

### **1.3 Justificación**

El consumo irresponsable de recursos ha sido un problema recurrente a nivel mundial, y por lo tanto también está presente en Zacatecas, afectando a toda la población. Incluso, Zacatecas se encuentra en un estado vulnerable al agotamiento del agua, al ser una de las regiones áridas y secas de México, lo que provoca la accesibilidad a este recurso valioso. Esta región es reconocida a nivel nacional por la actividad minera e industrial, varias empresas internacionales han creado fábricas y centros de distribución en el estado, provocando una huella hídrica elevada, destinando solo una parte del recurso disponible a las viviendas, provocando que tengan un desabasto de agua. Al salir del nivel estatal y analizar un mayor nivel demográfico, encontrar las distintas formas de erradicar o lidiar con este problema ayuda a la población y a la industria independientemente de la región a la que se limita un proyecto. Además, todas las aportaciones al consumo responsable de recursos, incluso cuando solo se tratan de hogares o individuos, es uno de los primeros pasos que se deben tomar para erradicar el problema.

Las viviendas conectadas al servicio de agua de la ciudad aparentemente tienen menos agua de la que realmente necesitan. En ciudades y regiones donde la industria es elevada, las



autoridades se enfrentan al dilema de cómo asignar el agua de manera justa, equilibrando las necesidades económicas con las básicas de sus ciudadanos. El resultado, con demasiada frecuencia, es que las familias se ven obligadas a operar con restricciones, enfrentando cortes de agua y limitaciones en su uso diario. Este desequilibrio en la distribución del agua no solo es una cuestión de comodidad, sino también de salud pública y equidad social. El acceso al agua limpia y segura es un derecho humano fundamental, y cuando la industria utiliza una porción desproporcionada del suministro, ese derecho se ve comprometido. Las comunidades más vulnerables son las que más sufren, ya que la escasez de agua afecta su higiene, nutrición y, en última instancia, su calidad de vida (Pxp, 2021).

Sin embargo, de acuerdo con el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), una persona consume en promedio en México 307 litros de agua al día, lo que representa cerca de un 200% más de lo que se recomienda, que es de 96 litros. En Ciudad de México una persona consume en promedio 380 litros de agua diarios. La dotación promedio de agua potable por parte del SACMEX en las 16 delegaciones, es de 150 litros por habitante al día. Si consideramos que sólo se pueden suministrar 150 litros de agua por persona diariamente y que cada persona llega a consumir en promedio 380 litros, se puede entender a qué se debe el desabasto de agua en algunas zonas de la Ciudad de México (Congreso de la Ciudad de México, 2022).

La tecnología es clave en el cuidado del agua, proporcionando soluciones para los desafíos de gestión y conservación de este recurso. La eficiencia en la gestión de los recursos hídricos se ve mejorada por tecnologías que reducen el impacto ambiental. Estos sistemas avanzados no solo optimizan el uso del agua, sino que también educan sobre su consumo responsable. Siendo el agua es un recurso limitado y la conciencia de su consumo es esencial para su preservación a largo plazo, educar sobre el uso responsable del agua puede inducir cambios

en las rutinas diarias, impactando positivamente en el consumo comunitario. Una buena gestión del agua en el hogar es importante para la higiene y prevención de enfermedades. Además de que contribuye a la sostenibilidad ambiental, evitando la explotación excesiva y la contaminación.

La información y el manejo de datos son fundamentales en la actualidad, especialmente en el contexto empresarial. Los datos se han convertido en un activo valioso que las grandes empresas utilizan para tomar decisiones estratégicas, optimizar procesos y ofrecer productos y servicios personalizados, el manejo adecuado de los datos permite a las empresas tomar decisiones basadas en información precisa y actualizada, lo cual es crucial para el éxito en el entorno competitivo actual. Los datos bien gestionados pueden revelar oportunidades para mejorar procesos, desarrollar nuevos productos y servicios, y crear modelos de negocio innovadores. La capacidad de analizar y entender grandes volúmenes de datos puede llevar a la monetización de estos, generando nuevas fuentes de ingresos para las empresas. Las empresas que gestionan eficientemente sus datos tienen una ventaja competitiva, ya que pueden adaptarse rápidamente a los cambios del mercado y a las necesidades de los consumidores. Por lo que el manejo de datos a través de una aplicación que ayude a monitorear el consumo de agua en una vivienda puede suponer una gran relevancia para la conciencia de la huella hídrica en el hogar.

El monitoreo de agua en tiempo real del nivel de agua en los tinacos en conjunto de una aplicación móvil, permite a los usuarios conocer el nivel exacto de agua en sus tinacos en cualquier momento. Esto les brinda la capacidad de tomar decisiones informadas y conscientes sobre el uso y la recarga del agua, evitando el desperdicio innecesario como las interrupciones en el suministro. La transparencia y accesibilidad de esta información promueven una gestión más eficiente y consciente del recurso hídrico. En conjunto al contar

con la funcionalidad de alertas y notificaciones del sistema proporciona una capa adicional de seguridad y conveniencia. Al recibir alertas cuando el nivel de agua esté por debajo de un umbral crítico, los usuarios pueden actuar de manera proactiva para evitar quedarse sin agua, lo que es especialmente crítico en áreas donde el suministro es irregular o limitado.

La adopción de esta tecnología no solo mejoraría la gestión del agua en cada vivienda, sino que también contribuiría a una mayor concienciación sobre la importancia del uso eficiente del agua. Además, al reducir el desperdicio y optimizar el uso del recurso hídrico, se pueden generar ahorros económicos y contribuir a la sostenibilidad ambiental.

## **1.4 Objetivo General**

Identificar en qué medida, la aplicación denominada HYO aporta a la reducción del consumo de agua mediante el seguimiento del consumo a través de un dispositivo electrónico.

## **1.5 Objetivos Específicos**

- Diseñar una aplicación móvil para mostrar en una interfaz los datos de medición de niveles de agua al usuario.
- Realizar una prueba piloto en un ambiente controlado para comprobar el marco de error del dispositivo y el funcionamiento correcto del envío de información a la aplicación.
- Implementar el dispositivo en 5 viviendas durante 5 meses, recopilando datos sobre el consumo de agua de los habitantes.

## **1.6 Pregunta de Investigación**

¿La implementación de una aplicación y dispositivo de monitoreo del consumo de agua fomentará la reducción del uso de agua en hogares residenciales?

## **2. Marco Teórico**

El proyecto se inserta en el objetivo de desarrollo sustentable de la Organización de las Naciones Unidas número 12, garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. Existe un alto peligro por la escasez de recursos, ya que con el crecimiento de la población, y el desarrollo económico y social, han causado una degradación ambiental que está creciendo exponencialmente, potencialmente colocando en peligro la vida de futuras generaciones en el planeta.

México es un país con climas variados, pero con mayor extensión podemos encontrar el cálido subhúmedo, seco, semiseco y seco desértico (SEMARNAT). Debido a las características principales de estos climas, la ausencia de lluvias por largos periodos de tiempo resulta ser común.

Zacatecas, y la región norte de México, siempre han sido víctimas de sequías. En Abril de 1982, la ciudad sufrió una sequía por la falta de lluvias, y no fue posible proveer agua para el estado. También existió una preocupación por la situación económica de las empresas en los mismos años, por lo que varias organizaciones fueron limitadas o advertidas del uso de agua. (Domínguez, 2016). Debido al diseño de sistema de tandeo de la JIAPAZ, varios hogares también son vulnerables a tener un uso de agua limitado en ciertos días de la semana.

En los hogares también es común que los infantes no tengan cultura de ahorro de agua, por lo que es común que exista un desperdicio de este recurso (llaves abiertas o consumo mayor al necesario) (SIMAPAS, 2013).

Por esta misma razón, se cree apropiado promover una cultura de ahorro, administración y monitoreo de agua, sobre todo en hogares donde vivan más de una persona, ya que son los que tienden a tener mayor consumo de agua. Se busca realizar esto por medio de la implementación de sistemas de medición de consumo de agua, además de herramientas variadas que faciliten las recomendaciones principales de ahorro de agua.

La tecnología es el conjunto de nociones y conocimientos científicos que el ser humano utiliza para lograr un objetivo preciso, que puede ser la solución de un problema específico del individuo o la satisfacción de alguna de sus necesidades (Editorial Etecé, 2022).

Dentro de una computadora, el hardware es la parte física del dispositivo, esto incluye todos los componentes de la computadora que son tangibles, lo que son las memorias RAM y ROM, la pantalla, entre otros. El Software por su parte, es la agrupación de programas y códigos de lenguaje necesarios para dar órdenes y ejecutar distintas funciones, no tiene elementos físicos, sino que son lógicos por lo que es intangible (UFV).

Gracias a los programas de software es posible diseñar aplicaciones móviles, las cuales se ejecutan en un dispositivo para realizar una cierta función, que pueden estar orientadas al ámbito educativo, laboral, creativo, al oficio o a la comunidad (Softcorp, 2010).

Una base de datos es una recopilación organizada de información o datos estructurados, que normalmente se almacena de forma electrónica en un sistema informático. Los datos comúnmente se organizan en filas y columnas en una serie de tablas para aumentar la eficacia del procesamiento y la consulta de datos, la mayoría de las bases de datos utilizan un lenguaje

de consulta estructurada (SQL). Este es un lenguaje de programación que utiliza casi todas las bases de datos relacionales para consultar, manipular y definir los datos, además de proporcionar control de acceso. Existen diferentes tipos de base de datos, uno de ellos es de tipo relacional, almacena y proporciona acceso a puntos de datos relacionados entre sí; cada fila en una tabla es un registro con una ID única, llamada clave. Las columnas de cada tabla contienen atributos de los datos y cada registro suele tener un valor para cada atributo, lo que simplifica la creación de relaciones entre los puntos de datos.

Un diagrama entidad-relación, también conocido como ERD, es un diagrama que permite visualizar las interacciones que distintas entidades (personas, conceptos, objetos) tienen, mediante relaciones. En este caso particular, el diagrama entidad-relación nos permite visualizar el diseño de una base de datos.

El consumo de agua en viviendas se refiere a la cantidad de agua que se utiliza en un hogar durante un período de tiempo determinado. Este consumo puede variar significativamente dependiendo de varios factores, como el número de personas en el hogar, las prácticas de uso del agua y la ubicación geográfica. Las actividades que demandan agua en una vivienda típica incluyen actividades de uso sanitario, preparación de alimentos, lavar platos, lavado de ropa, limpieza, jardinería y consumo personal.

Un tinaco es un depósito, generalmente hecho de polietileno, que se utiliza para almacenar agua en las viviendas. Los tinacos suelen colocarse en las azoteas de las casas, aprovechando la fuerza de la gravedad para distribuir el agua por el sistema de tuberías. La función principal de un tinaco es almacenar agua proveniente de fuentes externas, como el suministro municipal o el agua de pozos subterráneos. Los tinacos tienen un mecanismo interno que regula el ingreso de agua. Este mecanismo es similar al depósito de un inodoro y utiliza un nivelador o flotador,

una boya de plástico que flota en el líquido y que está unida, por una varilla, a la máquina que regula el ingreso de agua hacia el tinaco.

La importancia de los tinacos radica en su capacidad para proporcionar un suministro constante de agua, incluso cuando hay interrupciones en el suministro público. Además, permiten hacer un uso más eficiente de los recursos hídricos, ya que al almacenar agua en cantidades suficientes, los usuarios pueden optimizar el uso del recurso, aprovechando periodos de bajo consumo para llenar el tanque y así reducir la dependencia del suministro externo en momentos de alta demanda. Además, su diseño permite mantener el agua protegida de contaminantes externos, garantizando su calidad para el consumo humano (Aquaplas, 2021).

La falta de información puede llevar al desperdicio de agua en diversas formas. Sin la información adecuada sobre cómo usar el agua de manera eficiente, las personas pueden terminar utilizando más agua de la necesaria. Actividades cotidianas como dejar el grifo abierto mientras se cepillan los dientes o se lavan los platos pueden resultar en un uso excesivo de agua. Además, las fugas de agua en el hogar pueden ser una fuente significativa de desperdicio de agua. Sin embargo, muchas personas pueden no ser conscientes de las fugas o no saber cómo detectarlas y repararlas. Esto puede llevar a un consumo innecesario y continuo de agua que podría haberse evitado con el conocimiento y la atención adecuados. Otro aspecto es el riego excesivo. Sin la información correcta sobre las necesidades de agua de las plantas, las personas pueden regar en exceso sus jardines, lo que puede resultar en un desperdicio significativo de agua. La falta de dispositivos de ahorro de agua también contribuye al desperdicio. Muchas personas pueden no estar al tanto de los dispositivos de ahorro de agua, como los inodoros de bajo flujo o los cabezales de ducha de bajo flujo, que pueden reducir significativamente el consumo de agua en el hogar.

Quedarse sin agua inesperadamente en el hogar puede tener varias consecuencias. El agua es esencial para muchas actividades diarias, como cocinar, limpiar, bañarse y beber. Sin agua, estas actividades se interrumpirían, lo que podría causar inconvenientes significativos. Además, sin agua limpia y potable, aumentaría el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua, como la diarrea y el cólera. La escasez de agua también dificultaría la higiene personal y el saneamiento básico, lo que a su vez aumentaría el riesgo de enfermedades infecciosas. La falta de agua puede afectar la comodidad en el hogar. Por ejemplo, no poder ducharse o lavar la ropa regularmente puede afectar el bienestar personal y la calidad de vida. Si el suministro de agua se interrumpe inesperadamente, es posible que tenga que comprar agua embotellada para beber y cocinar, lo que puede resultar en costos adicionales. Además, muchos electrodomésticos en el hogar, como la lavadora, el lavavajillas y el calentador de agua, dependen del suministro de agua. Si se interrumpe el suministro de agua, estos electrodomésticos no podrán funcionar correctamente, lo que podría resultar en daños o reparaciones costosas. Por lo tanto, es crucial tener un plan de contingencia en caso de que se interrumpa el suministro de agua (Iagua, 2018).

Los dispositivos de monitoreo de agua son herramientas que se utilizan para medir y registrar parámetros específicos relacionados con la calidad y cantidad del agua. Estos dispositivos pueden proporcionar información en tiempo real o recopilar datos para su análisis posterior. Entre estos dispositivos se encuentran los medidores de flujo de agua, que miden la cantidad de agua que fluye a través de un punto específico en un período de tiempo determinado. Los sensores de calidad del agua pueden medir varios parámetros de la calidad del agua, como el pH, la turbidez, la temperatura, la conductividad eléctrica y los niveles de oxígeno disuelto. Además, los contadores de agua miden la cantidad de agua utilizada en una vivienda o instalación. Son esenciales para la facturación del agua y para identificar posibles fugas o usos inusuales de agua. Por otro lado, los sistemas de monitoreo remoto utilizan sensores y



dispositivos de telemetría para recopilar y transmitir datos de monitoreo de agua a una ubicación central para su análisis. Estos dispositivos son fundamentales para la gestión eficiente del agua, ya que proporcionan los datos necesarios para tomar decisiones informadas sobre el uso y la conservación del agua. También son esenciales para garantizar que el agua cumple con los estándares de calidad necesarios para su uso previsto (ENVIRA, 2024).

Las aplicaciones móviles para el monitoreo del agua son programas de software diseñados para dispositivos móviles que permiten a los usuarios monitorear y gestionar diversos aspectos relacionados con el agua. Estas aplicaciones pueden proporcionar información en tiempo real o recopilar datos para su análisis posterior. Estas aplicaciones pueden variar en funcionalidad, desde el seguimiento del consumo personal de agua hasta el monitoreo de la calidad del agua en un cuerpo de agua específico. Algunas aplicaciones también pueden proporcionar alertas en tiempo real sobre cambios en la calidad del agua o el consumo de agua. Además, algunas de estas aplicaciones pueden estar conectadas a dispositivos de hardware específicos, como sensores de agua, para recopilar datos directamente del entorno. Estos datos luego se pueden visualizar y analizar en la aplicación para proporcionar información útil sobre el estado del agua (Unwater, 2017).

App Inventor es un entorno de desarrollo de software mantenido actualmente por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) y originalmente creado por Google Labs para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo Android. Este entorno permite a los usuarios crear aplicaciones móviles de forma sencilla y visual sin necesidad de ser un desarrollador móvil. App Inventor combina un acercamiento accesible a la programación con la capacidad de crear aplicaciones que tengan un impacto real. Para empezar a utilizarla solo necesitas un navegador web y un teléfono con un sistema operativo Android conectado al ordenador para visualizar tu aplicación.

Una API (Interfaz de Programación de Aplicaciones, por sus siglas en inglés) es un conjunto de definiciones y protocolos que se utiliza para desarrollar e integrar el software de las aplicaciones. Permite la comunicación entre dos componentes de software a través de un conjunto de reglas. Las API pueden funcionar de diferentes formas, como SOAP, RPC, WebSocket o REST, y ofrecen beneficios como integración, innovación y monetización. Las API pueden ser privadas para el uso de una empresa, abiertas solo para socios, o públicas para que cualquier desarrollador interactúe con ellas o cree sus propias API. Las API pueden ser locales para aplicaciones que se comunican dentro de un mismo ambiente o dispositivo, o remotas para cuando hay que acceder a otro punto diferente. A los servicios que no son de código abierto también les permite dejar que otros utilicen funciones concretas de sus aplicaciones o servicios sin tener que proporcionarles todo el código (Fernández, 2019).

000webhost es un servicio de hosting gratuito creado en 2007 y subsidiario de Hostinger. Ofrece alojamiento web con soporte PHP y MySQL2. Este servicio proporciona un panel de control muy sencillo para administrar tu sitio web fácilmente, ofrece a sus usuarios todas las herramientas para realizar sus proyectos de manera profesional. 000webhost es especialmente útil para usuarios principiantes en la construcción de sitios web, debido a su interfaz intuitiva y su editor de arrastrar y soltar. También permite importar o exportar tu contenido a otros servidores de manera rápida.

El HC-SR04 es un sensor de distancia basado en ultrasonidos. Este sensor es muy popular en los kits de iniciación para Arduino y es necesario para multitud de proyectos. Se identifica fácilmente porque tiene dos «ojos» que realmente son los dispositivos de ultrasonidos que integran este módulo. Uno de ellos es un emisor de ultrasonidos y el otro un receptor. Trabaja a una frecuencia de 40 Khz, por tanto es inaudible para los seres humanos (Hardwarelibre).

El ESP32 es un chip SoC (System on Chip) desarrollado por Espressif Systems, es característico por su conectividad Wi-Fi y Bluetooth de modo dual integrada. El ESP32 está altamente integrado con interruptores de antena incorporados, balun RF, amplificador de potencia,

amplificador de recepción de bajo ruido, filtros, y módulos de gestión de energía. Esto añade una funcionalidad invaluable y versatilidad a tus aplicaciones con requisitos mínimos de la Placa de Circuito Impreso (PCB). Además, el ESP32 puede funcionar como un sistema completamente autónomo o como un dispositivo esclavo para un MCU anfitrión, reduciendo la sobrecarga de la pila de comunicación en el procesador de la aplicación principal. El ESP32 puede interactuar con otros sistemas para proporcionar funcionalidad Wi-Fi y Bluetooth a través de sus interfaces SPI/SDIO o I2C/UART (Roch).

## **2.1 Alcances y Limitaciones**

El dispositivo que se diseñará incluye un sistema de medición de agua, medición de temperatura en la regadera y reuso de agua gris, los tres sistemas tienen la intención de utilizar el agua de una manera eficaz y monitorear el consumo de agua; toda la información recolectada de los sistemas será enviada a una aplicación, donde será analizada y presentada al usuario. La implementación de dicho sistema, tiene como propósito principal jerarquizar las necesidades del hogar que requieran el uso de agua, sin embargo, permitirá concientizar sobre el consumo responsable del agua y reducirá los costos del servicio de agua.

En México el 14% de las viviendas cuentan con tinaco, donde cada estado tiene diferentes proporciones de viviendas con tinaco, en Zacatecas el 92.74% de las viviendas cuentan con tinaco, en CDMX el 82% de las viviendas, con 2 millones 600 mil, dando lugar a que cada 1.1 de cada 10 tinacos del país estén en esta zona. Este dispositivo está contemplado para el uso de tinacos, por lo que no sería posible que sea instalado en todas las viviendas de México.

Para el uso de la aplicación el dispositivo debe tener conexión a internet, el usuario deberá tener una suscripción a internet de antemano, pero también, esta conexión debe estar disponible; en caso contrario, el dispositivo no podrá enviar la información a la base de datos y

la medición nunca será posible. Así mismo, los obstáculos físicos pueden afectar a la conectividad del dispositivo al router. Además, no toda la población mexicana no cuenta con teléfono móvil, en el 2022, había 93.8 millones de personas que cuentan con un teléfono móvil representando el 73.6% de la población de México (INEGI, 2023). La sonda del medidor se debe ajustar a la profundidad del contenedor, que generalmente no debe exceder los 3 metros. La humedad podría afectar eléctricamente el dispositivo a largo plazo, por lo que requerirá mantenimiento cada cierto tiempo.

Dentro de los alcances del dispositivo es que es capaz de recopilar datos constantemente para su análisis, proporcionando la información en gráficas y de manera organizada, gracias a su constante monitoreo, pueden detectar fugas en el sistema, lo que ayuda a prevenir el desperdicio de agua y posibles daños a la propiedad. El dispositivo es capaz de alcanzar un rango de transmisión de hasta 100 metros, se puede ajustar a diferentes tamaños y profundidades de tinacos o cisternas, la aplicación permite agregar tantos tinacos que desee para su completo monitoreo, lo que proporciona una medición más precisa para las viviendas que cuentan con más de un tinaco, cuando el medidor detecta que hay niveles bajos de agua o condiciones anormales como una fuga, la aplicación mandará una alerta para notificar al usuario; además, se pueden integrar con sistemas de automatización del hogar para una gestión más eficiente del agua y otros recursos.

### **3. Metodología y Resultados Esperados**

La investigación tiene un enfoque cualitativo, ya que se medirá el impacto que tendrá el producto sobre la conciencia de las personas respecto al consumo de agua, realizando una comparación antes y después de la implementación del dispositivo. Se planea realizar la medición de esta conciencia mediante varias encuestas, realizadas antes de implementar el

dispositivo y durante la implementación de este. También se analizarán los datos de consumo de agua del hogar por medio del dispositivo, para observar el decremento de consumo de agua en litros.

El diseño del dispositivo será mediante un ESP32, mediante el módulo WiFi que éste tiene implementado, se conectará a la red de internet del hogar. Esto resulta ser práctico ya que no requiere de la presencia de un teléfono móvil cerca para poder realizar mediciones, y el dispositivo móvil puede realizar mediciones desde cualquier lugar con que se disponga de conexión a internet, independiente de si es la misma red del dispositivo.

## 4. Desarrollo

### 4. 1 Diseño de base de datos

Para la creación de la base de datos, primero se realizó el diagrama entidad-relación. Dicho diagrama es el que nos permite analizar el diseño de la base de datos, las entidades son todas las tablas que almacenan datos y las relaciones son todas las tablas que nos permiten relacionar entidades, los atributos son las columnas de cada tabla.

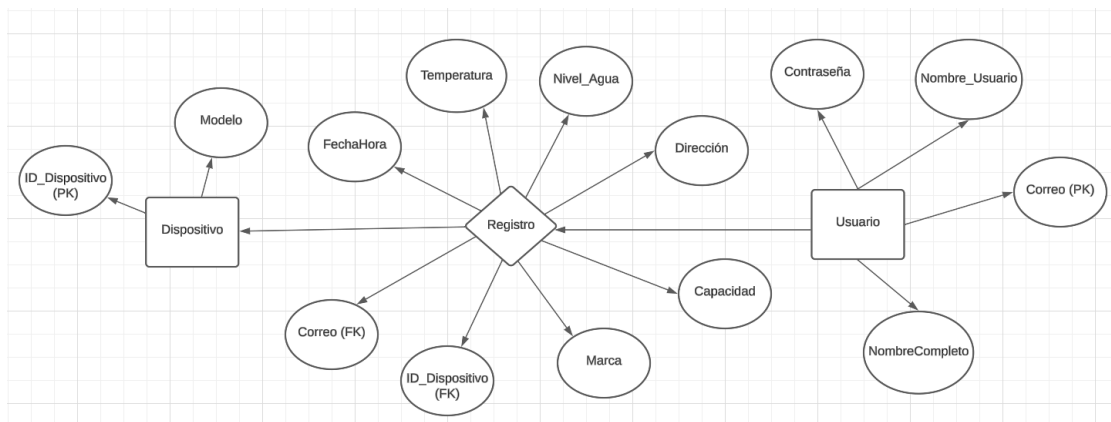


Figura 2. Diagrama entidad-relación de la base de datos

Con el diseño de este diagrama, podemos proseguir con la creación del código SQL para poder crear una base de datos con el diseño propuesto.

```
-- Creación de la tabla Dispositivo

CREATE TABLE Dispositivo (

    ID_Dispositivo INT(11) PRIMARY KEY,

    Modelo VARCHAR(255)

);


-- Creación de la tabla Usuario

CREATE TABLE Usuario (

    Correo VARCHAR(255) PRIMARY KEY,

    Contraseña VARCHAR(255),

    Nombre_Usuario VARCHAR(255) UNIQUE,

    NombreCompleto VARCHAR(150)

);


-- Creación de la tabla Registro

CREATE TABLE Registro (

    Temperatura FLOAT,

    Nivel_Agua FLOAT,

    Dirección VARCHAR(255),

    Marca VARCHAR(255),

    Capacidad FLOAT,

    Correo VARCHAR(255),

    ID_Dispositivo INT(11),
```

```

FechaHora DATETIME,

FOREIGN KEY (Correo) REFERENCES Usuario(Correo),

FOREIGN KEY (ID_Dispositivo) REFERENCES Dispositivo(ID_Dispositivo)

);

```

En 000webhost, se crea una página web, y en el menú de administrar, bajo el apartado de “Databases” > “MySQL Databases”, creamos una base de datos y vamos a PhpMyAdmin. Seleccionamos la base de datos creada, bajo el apartado SQL insertamos la sentencia y damos clic en “Continuar”. La base de datos debería tener las entidades, relaciones y atributos propuestos.

Podemos verificar esto por medio del menú “Diseñador”.

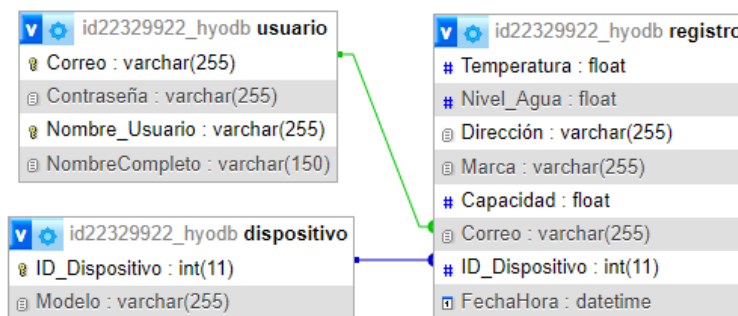


Figura 3. Visualización de base de datos

La funcionalidad que tendrá 000webhost en el dispositivo será la conexión entre la aplicación y la base de datos, nos permite crear páginas las cuales pueden interactuar directamente con la base de datos, ya sea por método GET o método POST. La aplicación utilizará método GET principalmente, esto será para el inicio de sesión y registro de usuarios, y las solicitud de información a la base de datos sobre los registros que se han realizado, cada registro es una

medición de temperatura y nivel de agua. El dispositivo utilizará método POST, el IDE de Arduino posee librerías que nos permiten realizar la conexión WiFi y también métodos HTTP. Toda página creada dentro de 000webhost con la finalidad de interactuar con la base de datos, se le denominará API.

## 4.2 Diseño de aplicación y APIs

Proseguimos con el diseño de la aplicación dentro de AppInventor y simultáneamente la creación de APIs para las interacciones con la base de datos. Se utilizó la extensión MakeViewUp y la extensión AnimatedGradient para poder trabajar en la parte estética de la aplicación. Primero podemos realizar el inicio de sesión y el registro de usuarios. Para el inicio de sesión:

```
<?php
// Datos de conexión a la base de datos
$host = 'localhost';
$usuario = 'id22329922_carlostorres';
$contrasena = 'Caartoma02,...';
$base_datos = 'id22329922_hyodb';

// Datos obtenidos por método GET
$correo = $_GET['Correo'] ?? '';
$contrasena_usuario = $_GET['Contraseña'] ?? '';

// Crear conexión
$conexion = new mysqli($host, $usuario, $contrasena, $base_datos);

// Verificar si hay errores en la conexión
if ($conexion->connect_error) {
    die("Error de conexión: " . $conexion->connect_error);
}

// Preparar consulta SQL para evitar inyección SQL
$sql = "SELECT * FROM usuario WHERE Correo = '$correo' AND Contraseña = '$contrasena_usuario'";

// Ejecutar la consulta
```



```
$resultado = $conexion->query($sql);

// Verificar si se encontró algún registro
if ($resultado->num_rows > 0) {
    echo "true"; // Si hay al menos una fila que cumple la condición
} else {
    echo "false"; // Si no se encontraron filas que cumplan la condición
}
// Cerrar la conexión
$conexion->close();
?>
```

La estructura es como sigue:

- Realiza la conexión a la base de datos, utilizando el host, el usuario, la contraseña y el nombre de la base de datos
- Consigue los datos por método GET “Correo” y “Contraseña”
- Revisa la conexión, si hay errores, indicarlo
- Guarda en una variable la sentencia SQL para la búsqueda a realizar, esto con el propósito de evitar inyección de código
- Realizar la búsqueda en la base de datos
- Revisar si hay una cantidad mayor a 0 de resultados, si la hay, imprimir true, sino, imprimir false
- Cerrar la conexión con la base de datos

Con este código, se obtienen los datos “Correo” y “Contraseña” por método GET, y se realiza una consulta a la base de datos donde se buscan filas en las que ambos de estos datos coinciden, si se consigue al menos una coincidencia, imprimirá “true”, si no existe ni una fila con estos datos, imprimirá “false”.

Dentro de la pantalla de “Inicio de Sesión” en el diseñador, se arrastran los elementos necesarios, principalmente, los campos de texto para el usuario y la contraseña, un elemento web, un notificador y un botón. Con estos podemos realizar los siguientes bloques:

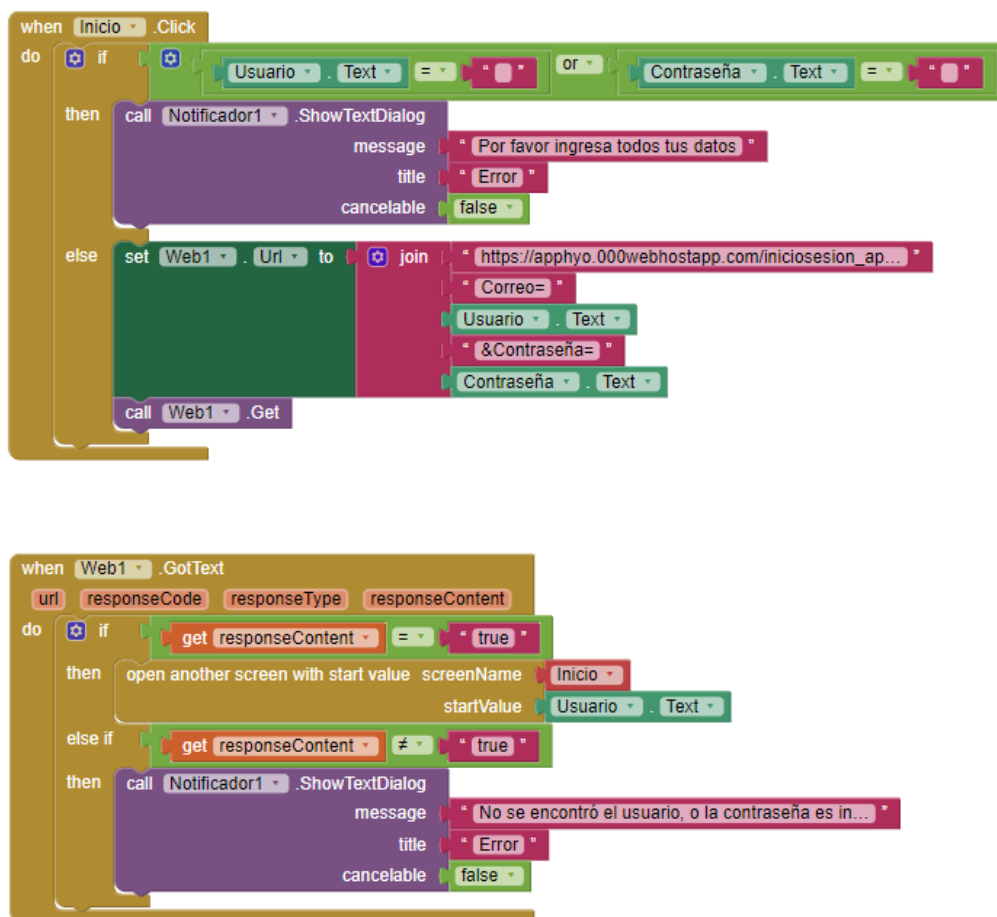


Figura 4. Programación de bloques para el inicio de sesión de la aplicación en AppInventor

Cuando se da clic en el botón denominado “Inicio”, checa si cualquiera de los campos de texto de usuario o contraseña están vacíos, de ser el caso, mostrará el notificador para indicar al usuario que debe llenar ambos campos. Si ambos campos tienen texto, establecerá la URL del elemento web a la URL de la API, y anida el contenido de los campos de texto. Nótese la estructura del método GET para la API, con el uso de un signo de interrogación, ampersand e signos de igual para indicar los datos.

Una vez el elemento web consiga la respuesta de la API (el texto “true” o “false”), revisamos si la respuesta es true, en este caso, podemos abrir la pantalla de inicio, con el valor inicial del texto del campo de texto de usuario. El propósito del valor inicial es poder tener en cada pantalla una variable que nos pueda indicar quién es el usuario.

Dentro de la misma pantalla de inicio de sesión podemos crear otro botón que lleve a la pantalla de registro de usuarios.

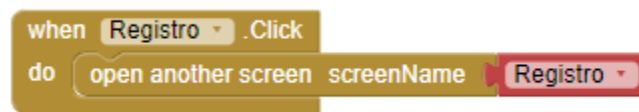


Figura 5. Programación de bloques para abrir la pantalla de Registro de usuarios

En dicha pantalla tenemos que colocar elementos similares, principalmente, los campos de texto para los datos que se requieren (Nombre de usuario, contraseña, confirmar contraseña, correo y nombre completo), un botón para confirmar el registro, un botón para regresar a la pantalla de inicio de sesión, el elemento web y el notificador. Podemos crear otra API con un funcionamiento similar, solo que en vez de realizar una búsqueda (SELECT), realizar una inserción (INSERT). Se diseña el código para insertar en la tabla usuario, las 4 columnas necesarias.

```
<?php

// Datos de conexión a la base de datos

$host = 'localhost';

$usuariobd = 'id22329922_carlostorres';

$contrasenabd = 'Caartoma02,...';
```

```

$base_datos = 'id22329922_hyodb';

// Datos obtenidos por método GET
$nombre = $_GET['Nombre'] ?? '';
$usuario = $_GET['Usuario'] ?? '';
$contrasena = $_GET['Contraseña'] ?? '';
$correo = $_GET['Correo'] ?? '';

// Verificar si algún campo está vacío
if (empty($nombre) || empty($usuario) || empty($contrasena) ||
empty($correo)) {
    echo "false: Todos los campos son obligatorios";
    exit;
}

// Crear conexión
$conexion = new mysqli($host, $usuariobd, $contrasenabd, $base_datos);

// Verificar si hay errores en la conexión
if ($conexion->connect_error) {
    die("Error de conexión: " . $conexion->connect_error);
}

// Preparar los datos para la inserción (se recomienda usar consultas
preparadas para seguridad)
$nombre = $conexion->real_escape_string($nombre);

```

```

$usuario = $conexion->real_escape_string($usuario);
$contrasena = $conexion->real_escape_string($contrasena);
$correo = $conexion->real_escape_string($correo);

// Consulta SQL para insertar datos
$sql = "INSERT INTO usuario (Correo, Contraseña, Nombre_Usuario,
NombreCompleto)
VALUES ('$correo', '$contrasena', '$usuario', '$nombre')";

// Ejecutar la consulta
if ($conexion->query($sql) === TRUE) {
    echo "true"; // Inserción exitosa
} else {
    echo "false: " . $conexion->error; // Error en la inserción
}

// Cerrar la conexión
$conexion->close();

?>

```

El código sigue una estructura similar, realizar la conexión a la base de datos, conseguir datos por método GET, y preparar la sentencia SQL para ejecutarla. En caso de que la inserción se haya realizado con éxito, regresa “true”, si éste no fue el caso, regresa “false”. Con este código ahora podemos realizar la lógica dentro de AppInventor.

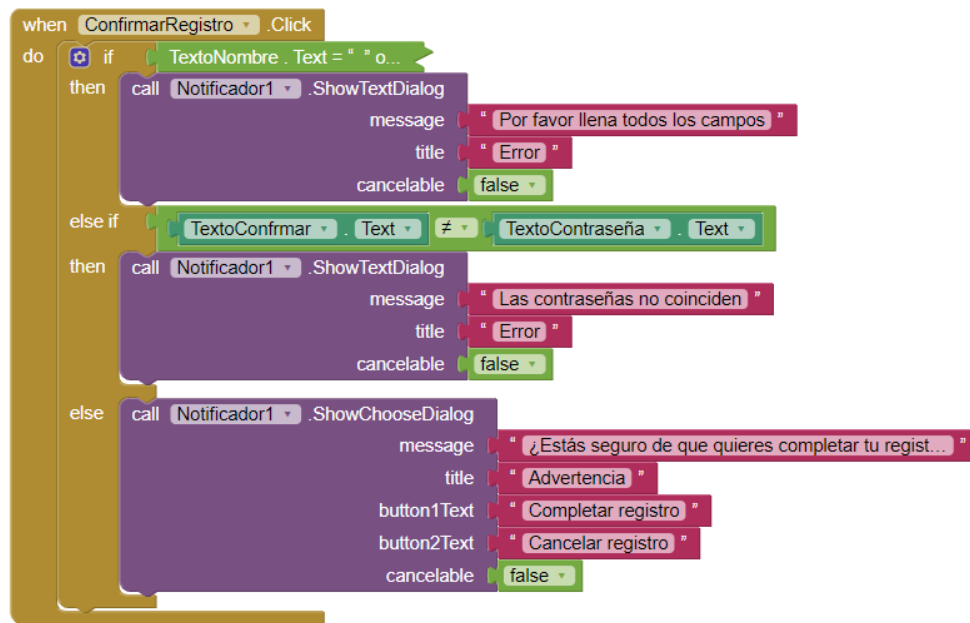


Figura 6. Programación de bloques para la confirmación del registro de usuarios

El bloque de lógica colapsado (`TextoNombre . Text = " " o...`) es simplemente el indicador de si cualquiera de los campos de texto solicitados (Nombre de usuario, nombre completo, correo, contraseña o confirmar contraseña) está vacío. También se incluye un condicional por si los campos de texto de contraseña y confirmar contraseña no coinciden. Ambos de estos condicionales mostrarán el notificador indicando el problema con los datos ingresados. Si ninguno de estos dos es verdadero, se le preguntará al usuario si quiere completar el registro o no.

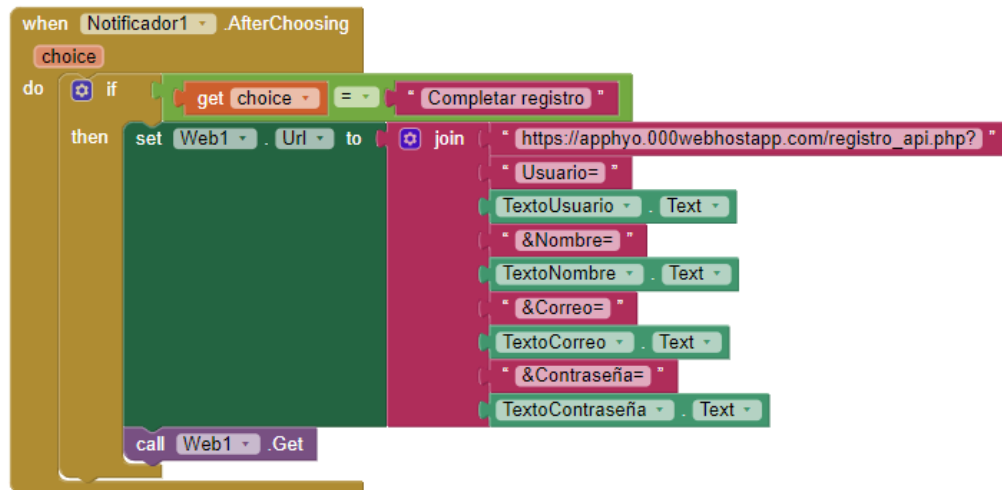


Figura 7. Programación de bloques para registrar usuarios por medio del elemento web

Si el usuario escoge completar el registro, se establecerá la URL del elemento web a la API del registro, con la misma estructura del método GET para indicar los datos.

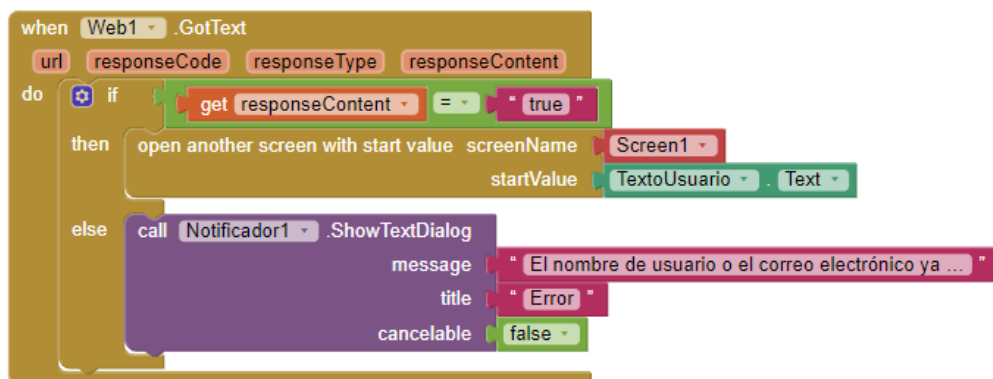


Figura 8. Programación de bloques para la lógica de un registro exitoso o no

Una vez el elemento web haya conseguido la respuesta, revisa si ésta regresa “true”, en tal caso, regresará a la pantalla de inicio de sesión, y para mejorar la experiencia de usuario. llenar automáticamente el campo de texto de usuario, por medio del valor inicial. Si el elemento web regresa “false”, entonces el notificador muestra un mensaje indicando que el nombre de usuario o el correo electrónico ya están en uso.

Para lograr que el nombre de usuario se llene automáticamente en el campo de texto de la pantalla de inicio de sesión, al iniciar esta pantalla podemos colocar el texto al valor inicial.

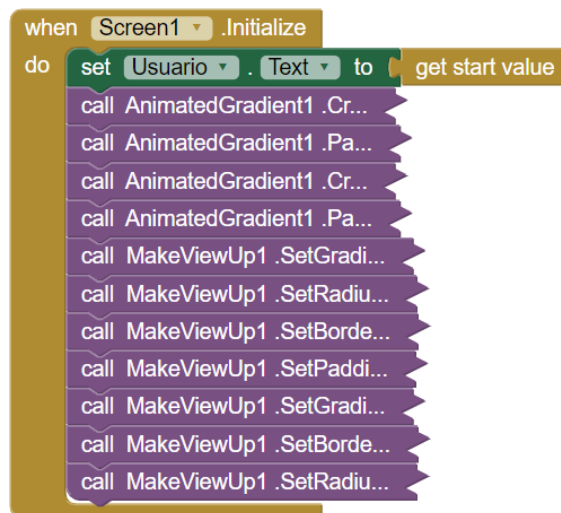


Figura 9. Programación de bloques para el inicio de sesión y estilos de MakeViewUp

Los bloques morados colapsados son todos aquellos utilizados para la estética de la aplicación. Ya que la extensión MakeViewUp no puede aplicar efectos a disposiciones verticales u horizontales, se utilizó la extensión Animated Gradient con este propósito.

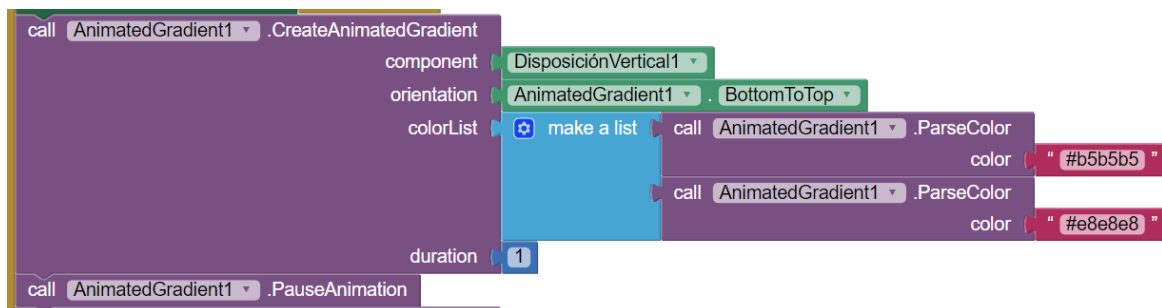


Figura 10. Programación de bloques para crear un degradado en el fondo de la aplicación

Se puede notar que la animación se detiene completamente una vez inicia.

Una vez el usuario haya iniciado sesión, podemos llevarlo a la pantalla de inicio, donde podrá consultar los dispositivos que tiene registrados. Seguimos un procedimiento similar, solo que



esta vez utilizamos un desplegable para poder mostrar la lista de dispositivos registrados que tiene el usuario, un botón para poder realizar la medición, otro desplegable para mostrar la lista de mediciones que se encuentran en la base de datos, y las etiquetas para poder mostrar lo que se encontró. También se creó un menú inferior, con distintas opciones, que en el futuro se planea implementar.

Primero se realiza el código de la API para poder conseguir la lista de dispositivos.

```
<?php
// Configuración de la base de datos
$host = "localhost";
$dbname = "id22329922_hyodb";
$username = "id22329922_carlostorres";
$password = "Caartoma02,..,";

// Crear conexión
$conn = new mysqli($host, $username, $password, $dbname);

// Verificar la conexión
if ($conn->connect_error) {
    die(json_encode(array("error" => "Conexión fallida: " .
    $conn->connect_error)));
}

// Obtener el correo electrónico del método GET
$correo = isset($_GET['Correo']) ? $_GET['Correo'] : '';

if (!empty($correo)) {
    // Preparar y ejecutar la consulta
    $sql = "SELECT DISTINCT ID_Dispositivo FROM registro WHERE Correo =
    ?";
    $stmt = $conn->prepare($sql);
    $stmt->bind_param("s", $correo);
    $stmt->execute();
    $result = $stmt->get_result();

    // Obtener los resultados
    if ($result->num_rows > 0) {
        $data = array();
        while ($row = $result->fetch_assoc()) {
```

```

        $data[] = $row;
    }
    echo json_encode($data);
} else {
    echo json_encode(array("error" => "No se encontraron registros para
el correo especificado."));
}

// Cerrar la declaración
$stmt->close();
} else {
    echo json_encode(array("error" => "No se proporcionó un correo
electrónico válido."));
}

// Cerrar la conexión
$conn->close();
?>

```

En este código, se busca en la base de datos, en la tabla registro, todas las filas con el correo indicado por el método GET, sin embargo, en el caso de haber repeticiones (que ciertamente será lo más común para la implementación), solo regresará uno de estos casos.

Dentro de AppInventor podemos implementar la siguiente lógica:



Figura 11. Programación de bloques para obtener lista de dispositivos por elemento web

Al inicializar la pantalla, inmediatamente llamará al elemento web para realizar la búsqueda en la base de datos, posterior a eso, aplicará todos los estilos de la extensión de MakeViewUp.

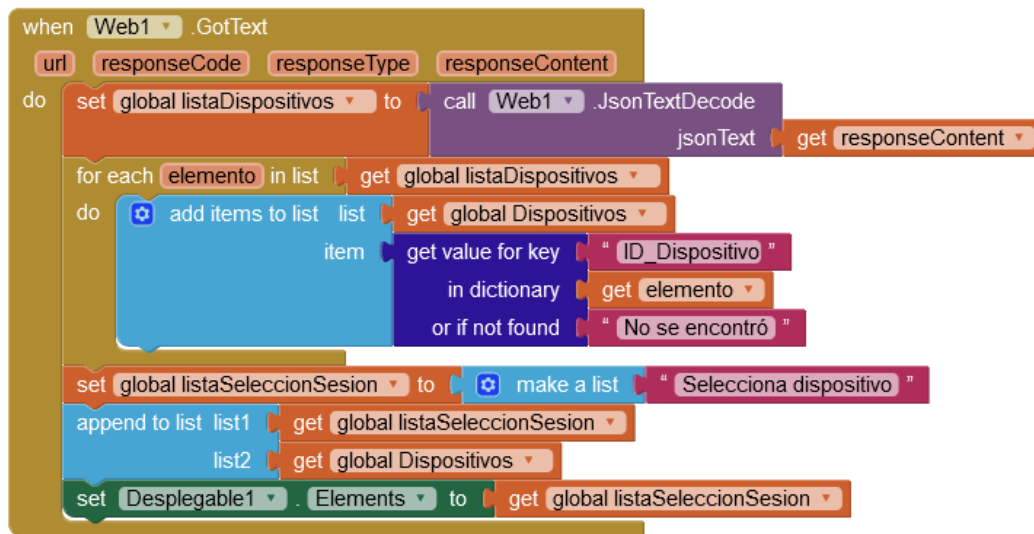


Figura 12. Programación de bloques para guardar en una lista las ID de dispositivos

Una vez el elemento web consiga una respuesta, la decodifica para guardarla en una variable, la cual se utiliza como límite para un ciclo. En este ciclo, se busca extraer los datos de una lista a otra lista con más orden. También se adiciona un elemento al desplegable, antes de los que consigue de la búsqueda en la base de datos, para evitar cualquier problema con la selección, ya que AppInventor generalmente solo considera una selección cuando es distinta a la anterior.

Se requiere de otro elemento web para enlazar otra API donde se consigan todos los datos de la consulta a la base de datos, y no solo el ID de dispositivo. Después de seleccionar en el primer desplegable (seleccionar dispositivo):

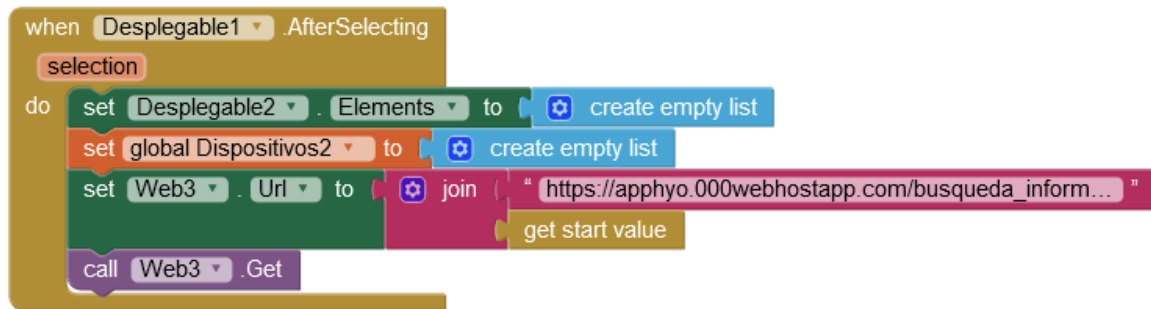


Figura 13. Programación de bloques para obtener los datos de las mediciones por web

Establecerá otro elemento web a esta API. También se limpian los elementos del desplegable 2 (el desplegable con las mediciones realizadas) y de la variable que se encarga de almacenar estos elementos, con el fin de que no se multipliquen y generen una lista extremadamente larga.

Para el diseño de la API que conseguirá todos los datos y no solo el ID de dispositivo:

```
<?php
// Configuración de la base de datos
$host = "localhost";
$dbname = "id22329922_hyodb";
$username = "id22329922_carlostorres";
$password = "Caartoma02,...";

// Crear conexión
$conn = new mysqli($host, $username, $password, $dbname);

// Verificar la conexión
if ($conn->connect_error) {
    die("Conexión fallida: " . $conn->connect_error);
}

// Obtener el correo electrónico del método GET
$correo = isset($_GET['Correo']) ? $_GET['Correo'] : '';

if (!empty($correo)) {
    // Preparar y ejecutar la consulta
    $sql = "SELECT * FROM registro WHERE Correo = ?";
    $stmt = $conn->prepare($sql);
```

```

$stmt->bind_param("s", $correo);
$stmt->execute();
$result = $stmt->get_result();

// Obtener los resultados
if ($result->num_rows > 0) {
    $data = array();
    while ($row = $result->fetch_assoc()) {
        $data[] = $row;
    }
    echo json_encode($data);
} else {
    echo json_encode(array("error" => "No se encontraron registros para
el correo especificado."));
}

// Cerrar la declaración
$stmt->close();
} else {
    echo json_encode(array("error" => "No se proporcionó un correo
electrónico válido."));
}

// Cerrar la conexión
$conn->close();
?>

```

La estructura es similar a la anterior, con la excepción de que aquí se extraen todos los datos.

Para esta API, se van a extraer dos listas:



Figura 14. Programación de bloques para almacenar en listas los datos de la consulta

La primera lista (del bloque colapsado) es donde están almacenados todos los datos de la consulta, la segunda lista es donde únicamente están almacenada la fecha y la hora de la medición. Esta segunda lista es la que compondrá los elementos del desplegable, ya que estos tienen que ser concisos pero también lo suficientemente específicos para que el usuario pueda distinguir.

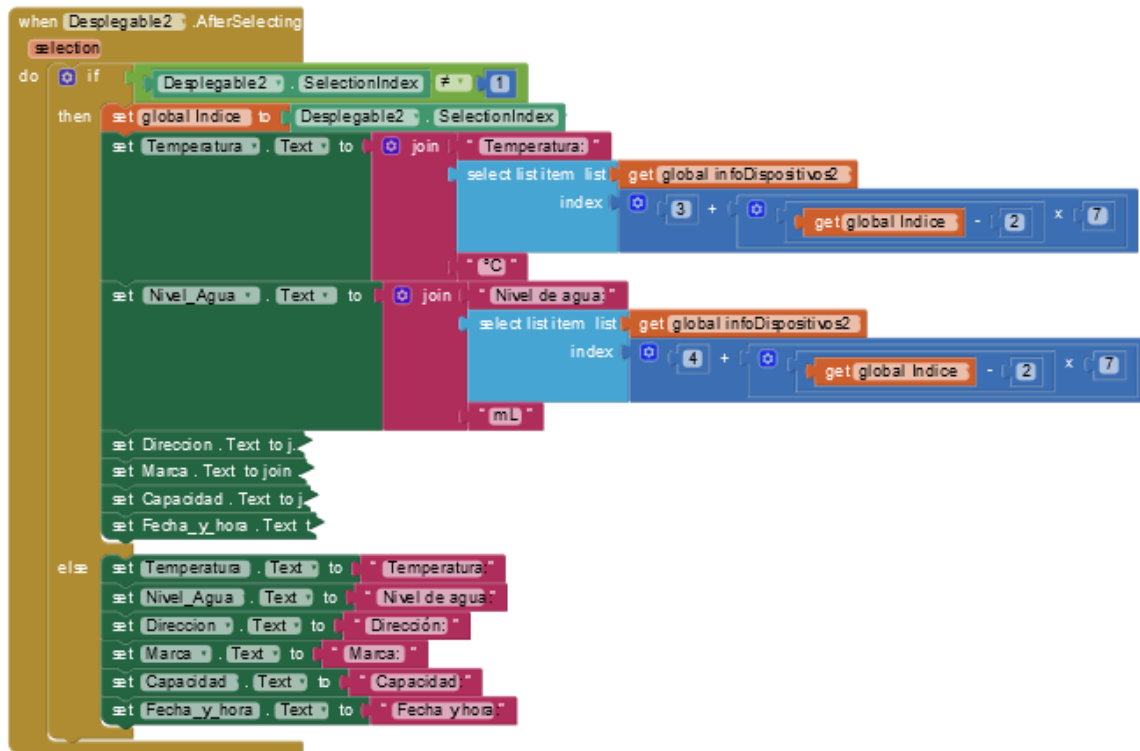


Figura 15. Programación de bloques para establecer texto de las etiquetas a datos de consulta

Con lógica matemática, podemos determinar el índice preciso donde estarán almacenados cada uno de los datos, solo es acceder a la lista y concatenar los textos deseados. Si no se selecciona ninguno (es decir, el índice 1, donde tenemos el elemento “Seleccionar medición”), simplemente se colocan en vacío todos los campos de texto.

### 4.3 Diseño del código para ESP32 y API

Podemos empezar directamente por el diseño de la API para la inserción en la base de datos, ya que sigue una estructura similar a las anteriores, pero en este caso, se utiliza el método GET.

```
<?php
$servername = "localhost";
$username = "id22329922_carlostorres";
$password = "Caartoma02,...";
$dbname = "id22329922_hyodb";
```

```

date_default_timezone_set('America/Mexico_City');

$conn = new mysqli($servername, $username, $password, $dbname);

if ($conn->connect_error) {
    die("Connection failed: " . $conn->connect_error);
}

$email = $_POST['email'];
$device_id = $_POST['device_id'];
$temperatura = $_POST['temperatura'];
$nivel_agua = $_POST['nivel_agua'];
$marca_tinaco = $_POST['marca_tinaco'];
$capacidad_tinaco = $_POST['capacidad_tinaco'];
$direccion = $_POST['direccion'];
$fecha_hora = date('Y-m-d H:i:s');

$sql = "INSERT INTO registro (Correo, ID_Dispositivo, Temperatura,
    Nivel_Agua, Dirección, Marca, Capacidad, FechaHora)
    VALUES ('$email', '$device_id', '$temperatura', '$nivel_agua',
    '$direccion', '$marca_tinaco', '$capacidad_tinaco', '$fecha_hora')";

if ($conn->query($sql) === TRUE) {
    echo "New record created successfully";
} else {
    echo "Error: " . $sql . "<br>" . $conn->error;
}

$conn->close();
?>

```

Para el código de la ESP32 se requieren las siguientes librerías:

- WiFi, que nos permitirá conectarnos a una red WiFi, asignándole una dirección IP al ESP32 para que podamos acceder a un elemento web con host en la misma ESP32
- HTTPClient, que nos permite acceder a los métodos GET y POST
- ESPAsyncWebServer, que nos permite manejar las solicitudes de información entrantes



- OneWire y DallasTemperature, ambas librerías que son requeridas para la medición del sensor de temperatura.

Con estas librerías en mente, podemos proseguir con el diseño del código de la ESP32. Se conectó el sensor de temperatura a G4, el trigger del ultrasónico al G5 y el echo del ultrasónico al G18.

```
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <ESPAsyncWebServer.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

const char* ssid = "Redmi Note 12 Pro";
const char* password = "244466666";
const          char*          serverName          =
"https://apphyo.000webhostapp.com/insertar_datos.php";

const int oneWireBus = 4; // Pin donde está conectado el DS18B20
OneWire oneWire(oneWireBus);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

const int trigPin = 5; // Pin del Trigger del ultrasónico
const int echoPin = 18; // Pin del Echo del ultrasónico
float area = 44.17875; // Valor de área
float capacidad_tinaco = 331.340625; // Capacidad del tinaco en litros

AsyncWebServer server(80);

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Connecting to WiFi...");
  }

  Serial.println("Connected to WiFi");

  Serial.println(WiFi.localIP());
```

```

sensors.begin();

// Configuración de los pines del HC-SR04
pinMode(trigPin, OUTPUT);
pinMode(echoPin, INPUT);

// Configuración del servidor
server.on("/measure", HTTP_GET, [] (AsyncWebServerRequest *request){
    String email = request->getParam("email")->value();
    int device_id = request->getParam("device_id")->value().toInt();

    // Medir la temperatura del agua
    sensors.requestTemperatures();
    float tempC = sensors.getTempCByIndex(0);

    // Medir el nivel de agua
    float waterLevel = getWaterLevel();

    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        HTTPClient http;
        http.begin(serverName);
        http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");

        String marca_tinaco = "Rotoplas"; // Marca del tinaco
        String dirección = "#410 José Álvarez Benito Juárez"; // Dirección
        donde se encuentra el tinaco

        String httpRequestData = "email=" + email + "&device_id=" +
String(device_id) +
                                "&temperatura=" + String(tempC) +
                                "&nivel_agua=" + String(waterLevel) +
                                "&marca_tinaco=" + marca_tinaco +
                                "&capacidad_tinaco="
String(capacidad_tinaco) +
                                "&direccion=" + String(dirección);

        int httpResponseCode = http.POST(httpRequestData);

        if (httpResponseCode > 0) {
            String response = http.getString();
            Serial.println(httpResponseCode);
            Serial.println(response);
        } else {
            Serial.print("Error on sending POST: ");

```

```

        Serial.println(httpResponseCode);
    }

    http.end();
}

    request->send(200, "text/plain", "Measurement done");
});

server.begin();
Serial.println("HTTP server started");
}

float getWaterLevel() {
    // Enviar pulso de disparo
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(trigPin, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(trigPin, LOW);

    // Medir la duración del pulso ECHO
    long duration = pulseIn(echoPin, HIGH);

    // Calcular la distancia en cm
    float distance = duration * 0.034 / 2;
    // Verificar si la distancia es razonable
    if (distance <= 0) {
        Serial.println("La distancia medida no es válida.");
        return -1; // Indica que la distancia medida no es válida
    }

    // Calcular el nivel de agua faltante basado en la distancia y el área
    float waterMiss = distance * area;
    // Calcular el nivel de agua
    float waterLevel = capacidad_tinaco - waterMiss;
    // Impresión en el monitor serial
    Serial.println(distance);
    Serial.println(waterMiss);
    Serial.println(capacidad_tinaco);
    Serial.println(waterLevel);

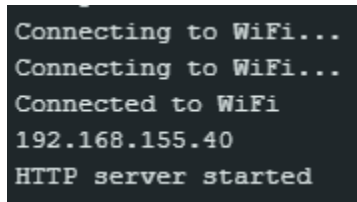
    return waterLevel;
}

```

```
void loop(){  
  // Debido a que todas las solicitudes de información son manejadas en  
  setup, no se requiere código en loop  
}
```

Para la primera vez que se sube el código a la ESP32, es importante tener acceso al monitor serial de un equipo de cómputo, ya que se requiere del monitor para conocer la dirección IP de la ESP32, y por lo tanto, la dirección IP a la cual se estará realizando solicitudes de inserción de datos.

Con el código compilado y cargado en la ESP32, podemos observar en el monitor serial la dirección IP.



```
Connecting to WiFi...  
Connecting to WiFi...  
Connected to WiFi  
192.168.155.40  
HTTP server started
```

Figura 16. Conexión a red WiFi y obtención de dirección IP en el monitor serial

En nuestro caso, la dirección IP asignada por WiFi es 192.168.155.40. Con esta dirección IP, ahora podemos realizar la programación en bloques de AppInventor para el botón que realiza la medición.

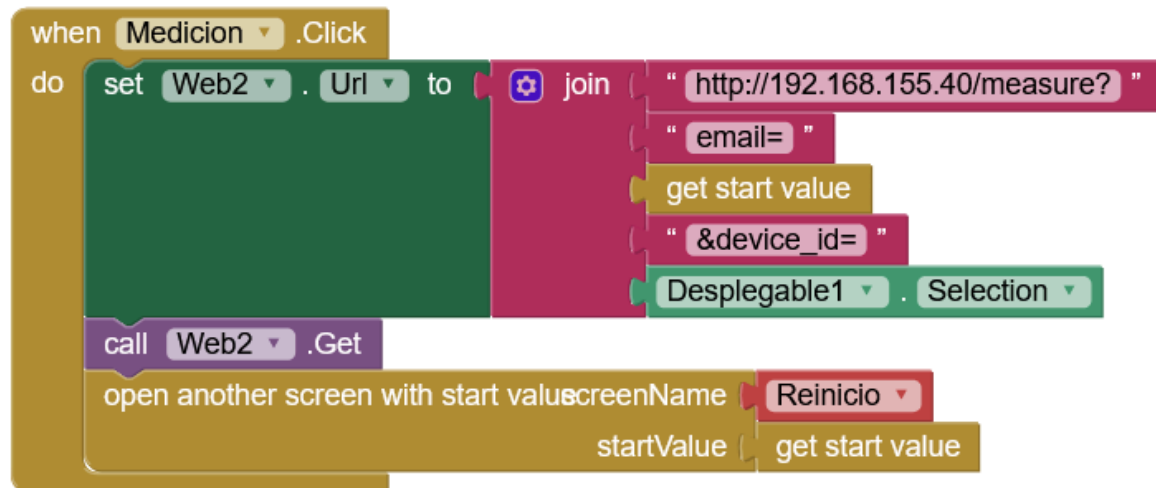


Figura 17. Programación de bloques para solicitar a la ESP32 medición por elemento web

Se establece la dirección URL, que es similar a la necesaria para un método GET, se llama a obtener el elemento web, y se abre otra pantalla, conservando el valor inicial. La otra pantalla únicamente tiene un bloque que indica que al inicializar, regrese a esta pantalla con el mismo valor inicial. Como bien indica el nombre de la pantalla, tiene el fin de ser un reinicio, para que la consulta de la base de datos sea realizada apropiadamente.

El material utilizado será:

- Placa de desarrollo ESP32
- Sensor de temperatura DS18B20
- Sensor ultrasónico HC-SR04
- En el caso del prototipo, jumpers, protoboard, y una taza para simular el tinaco

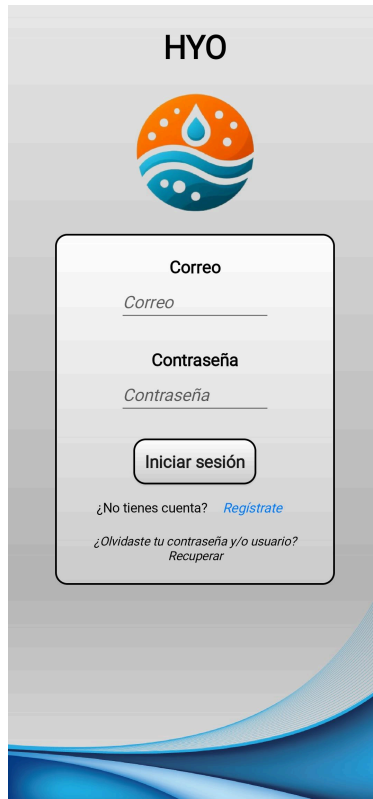



Figura 18. Inicio de sesión en la aplicación

**HYO**



**Nombre**  
*Nombre o nombres*

**Usuario**  
*Nombre de usuario*

**Contraseña**  
*Contraseña*

**Confirmar contraseña**  
*Contraseña*

**Correo**  
*Correo*

**Registrarse**

Figura 19. Registro de usuario en la aplicación



Figura 20. Registro de usuario en la aplicación

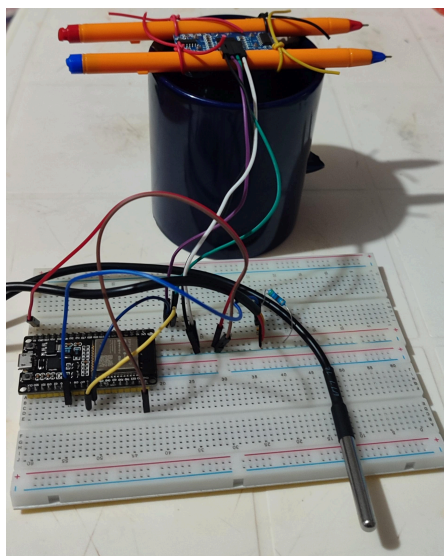


Figura 21. Prototipo con Protoboard y taza como simulador de tinaco



## 5. Plan de Negocio

### 5.1 Análisis FODA

<b>Fortalezas</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tecnología innovadora</li><li>• Solución sostenible</li><li>• Ahorro de agua</li></ul>	<b>Oportunidades</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Escasez de agua</li><li>• Crecimiento de la población</li></ul>
<b>Debilidades</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Dependencia de la tecnología</li><li>• Necesidad de educación del consumidor</li></ul>	<b>Amenazas</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Competencia</li><li>• Cambios regulatorios</li></ul>

Tabla 1. Análisis FODA

- Fortalezas:
  - Tecnología innovadora: HYO utiliza sensores ultrasónicos y de temperatura, junto con conectividad Wi-Fi, para proporcionar datos precisos y en tiempo real a los clientes.
  - Solución sostenible: Desarrollar soluciones inteligentes que ayuden a las personas a vivir de manera más sostenible y cómoda.
  - Ahorro de agua: HYO permite a los usuarios monitorear su consumo de agua en tiempo real, identificar fugas de agua y reutilizar el agua fría de la regadera.
- Oportunidades:
  - Escasez de agua: Dada la severa escasez de agua en Zacatecas y en otras partes del mundo, existe una gran demanda de soluciones que ayuden a conservar el agua.

- Crecimiento de la población: Con el crecimiento de la población mundial y la previsión de que más de la mitad vivirá con una escasez severa de agua para el año 2050, el mercado para las soluciones de conservación de agua está en expansión.
- Debilidades:
  - Dependencia de la tecnología: Como HYO depende de la tecnología, cualquier fallo en los sensores o en la conectividad Wi-Fi podría afectar a la eficacia del producto, al igual del peligro que conlleva el manejo de energía eléctrica en conjunto con el agua.
  - Necesidad de educación del consumidor: Los usuarios pueden necesitar ser educados sobre cómo utilizar la aplicación y entender los datos que proporciona.
- Amenazas:
  - Competencia: Si bien HYO ofrece una solución única, puede enfrentarse a la competencia de otras empresas que también están buscando resolver el problema de la escasez de agua.
  - Cambios regulatorios: Cualquier cambio en las regulaciones ambientales o de agua podría afectar a la operación de HYO.

## **5.2 Descripción de la Empresa**

En el estado de Zacatecas en México, está enfrentando una severa escasez de agua, la entidad ha declarado que es un estado de emergencia, ya que el 75% de su territorio sufre de una sequía excepcional (Pacheco, 2024). Además Un estudio realizado (ONU Habitat, 2024) muestra que varias de las opciones naturales que existen para el acceso al agua, se distribuyen

de manera irregular y generalmente están a largas distancias de zonas urbanas. Aproximadamente, 36% de la población mundial vive en zonas con escasez de agua, y más de la mitad vivirá con una escasez severa de agua para el año 2050. Esto nos da a entender la escasez intermitente de agua en residencias que sólo disponen de suministro hídrico ciertos días a la semana, para ello se ha pensado en la creación de HYO.

Nuestra empresa va a desarrollar una aplicación que combina un medidor de agua ultrasónico con un regulador de temperatura para la regadera. Permite a los usuarios monitorear su consumo de agua en tiempo real y ajustar la temperatura de la regadera de manera precisa. Esto permite ahorrar agua al reutilizar el agua fría de la regadera, devolviéndola al tinaco; identificar fugas de agua, jerarquizar las necesidades de consumo de agua y recibir alertas en caso de tener bajos niveles del recurso en el tinaco o cisterna.

Utilizamos sensores ultrasónicos para conocer el nivel de agua y sensores de temperatura para poder regular el agua de la regadera a la temperatura que el usuario desee; además de conectividad inalámbrica Wi-Fi para proporcionar datos precisos y en tiempo real al cliente.

En HYO ayuda a resolver la problemática de zonas con escasez de agua. Nuestra misión es seguir desarrollando soluciones inteligentes que ayuden a las personas a vivir de manera más sostenible y cómoda.

Misión: Nuestra misión en HYO es desarrollar soluciones inteligentes que permitan a las personas vivir de manera más sostenible y cómoda. Nos enfocamos en resolver la problemática de zonas con escasez de agua mediante la creación de una aplicación que combina un medidor de agua ultrasónico con un regulador de temperatura para la regadera. Nuestro objetivo es permitir a los usuarios monitorear su consumo de agua en tiempo real, ajustar la temperatura de la regadera de manera precisa, ahorrar agua al reutilizar el agua fría

de la regadera, identificar fugas de agua, jerarquizar las necesidades de consumo de agua y recibir alertas en caso de tener bajos niveles del recurso en el tinaco o cisterna.

Visión: En HYO, visualizamos un futuro donde la escasez de agua ya no sea un problema para las comunidades afectadas. Nos esforzamos en la creación de soluciones tecnológicas que faciliten el acceso al agua y promuevan su uso eficiente. Aspiramos a expandir nuestras soluciones a nivel global, ayudando a la mayor cantidad de personas posible a vivir de manera más sostenible y cómoda.

Valores:

- Sostenibilidad: Creemos en la importancia de cuidar nuestros recursos naturales y promovemos el uso eficiente del agua.
- Innovación: Nos esforzamos por estar a la vanguardia en tecnología para ofrecer las mejores soluciones a nuestros usuarios.
- Compromiso: Estamos comprometidos con las comunidades que servimos y trabajamos incansablemente para mejorar su calidad de vida.
- Precisión: Valoramos la precisión en nuestros productos, proporcionando datos precisos y en tiempo real a nuestros clientes.
- Responsabilidad: Nos hacemos responsables de nuestras acciones y decisiones, siempre buscando el bienestar de nuestras comunidades y del medio ambiente.
- Integridad: Actuamos con honestidad y transparencia en todas nuestras interacciones.
- Respeto: Valoramos y respetamos a todas las personas y sus derechos al agua.

- Colaboración: Creemos en el poder de trabajar juntos para lograr nuestros objetivos y resolver los desafíos que enfrentamos.
- Excelencia: Nos esforzamos por ofrecer productos y servicios de la más alta calidad a nuestros usuarios.

### **5.3 Análisis de Mercado**

El mercado está definido por aquellos hogares que poseen un tinaco, que dentro de México es una práctica común. De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el DF 82% de las viviendas poseen un tinaco. Sólo en el DF existen casi 2 millones 600 mil, dando lugar a que 1.1 de cada 10 tinacos que hay en el país estén en la Ciudad. (MILENIO, 2016). En 2020 el 14.3% de casas en el estado contaba con tinaco. (Cubero, 2022) Lo que representa 18 millones de personas y 5 millones de viviendas.

En el enfoque de la región de Zacatecas, México en el 2020 el 92.74% de las viviendas particulares habitadas que disponen de tinaco para almacenar agua. Los municipios de Trancoso y Genaro Codina presentan los porcentajes más altos en este aspecto. Por otro lado, el 23.6% de las viviendas cuentan con cisterna o aljibe. (Dirección del Sistema Estatal de Información, 2021)

El Medidor de Agua Smart del Grupo Rotoplas es una aplicación que permite conocer el nivel de agua del tinaco o cisterna en tiempo real. Esta aplicación está diseñada para asegurar al usuario que no se quede sin agua. Además, la aplicación es segura y no comparte datos con terceros. Está disponible tanto en Google Play como en la App Store, lo que significa que se puede usar tanto en dispositivos Android como iOS.

Es importante mencionar que existen otros medidores de agua inteligentes en el mercado, como el Ultra Smart, que también ofrece comunicación en tiempo real para un control eficiente del consumo hídrico. Estos dispositivos permiten obtener lecturas precisas y monitorear el uso de agua de manera inteligente.

Características únicas de la aplicación HYO que la diferencian del Medidor de Agua Smart del Grupo Rotoplas:

- Regulador de temperatura para la regadera: HYO permite a los usuarios ajustar la temperatura de la regadera de manera precisa, lo cual no es una característica mencionada en el Medidor de Agua Smart del Grupo Rotoplas.
- Reutilización del agua fría de la regadera: HYO tiene la capacidad de ahorrar agua al reutilizar el agua fría de la regadera, devolviéndole al tinaco. Esta es una característica única que podría ser un gran atractivo para los usuarios conscientes del medio ambiente.
- Identificación de fugas de agua: HYO puede identificar fugas de agua, lo que puede ayudar a los usuarios a ahorrar agua y dinero en sus facturas de servicios públicos.
- Jerarquización de las necesidades de consumo de agua: HYO permite a los usuarios jerarquizar sus necesidades de consumo de agua, lo que puede ser útil para la gestión del agua, especialmente en áreas con escasez de agua.
- Uso de sensores ultrasónicos y de temperatura: HYO utiliza sensores ultrasónicos para conocer el nivel de agua y sensores de temperatura para regular el agua de la regadera a la temperatura deseada por el usuario. Esto podría proporcionar una mayor precisión en comparación con otros medidores de agua.

## 5.4 Operaciones

La empresa tendrá los siguientes departamentos, para las primeras fases del desarrollo de la empresa, varias personas podrán estar en varios departamentos, es decir, no están limitados a estar en uno solo.

- Desarrollo de software. Este departamento es el encargado del manejo de la aplicación y de la página web del servicio, se enfocarán en la interfaz y los estilos, la integración de la aplicación con el dispositivo y la lógica de la programación
- Desarrollo de hardware. Aquí es donde se analizará el dispositivo en sí, principalmente, los elementos y sensores utilizados. Serán responsables del diseño del circuito electrónico y de las comunicaciones que tendrá que realizar por medio de Wi-Fi
- Ingeniería de datos. Los empleados de este departamento serán los responsables de recopilar y analizar la información recabada de los dispositivos para poder determinar la manera más apropiada de mostrar la información al usuario. También determinarán si se requiere realizar alguna modificación al dispositivo si los datos presentan imprecisión o inconsistencia.
- Control de calidad. En la producción, aquí es donde se revisará que cada uno de los dispositivos esté en buenas condiciones, y el porcentaje de productos que no lo están. Determinarán si la maquinaria o el proceso de producción es apropiado o si debe ser modificado.

- Ventas y marketing. Este equipo es el responsable de la creación de material publicitario para el producto, Además, también establecerán relaciones con distribuidores.
- Soporte técnico y atención al cliente. Este departamento es el encargado de resolver las dudas o problemas que tengan los usuarios del producto respecto al uso, instalación, etcétera.
- Logística y distribución. Es aquí donde se monitorea la entrega de los productos, envío y distribución, además de las visitas de técnicos profesionales para la instalación del dispositivo.
- Investigación y desarrollo. Responsables de encontrar tecnologías modernas o herramientas útiles para mejorar el funcionamiento del dispositivo y realizar pruebas en ambientes controlados.

Para la instalación del dispositivo, se requerirá un análisis del sistema de agua del hogar, el cuál deberá ser realizado por un experto o deberá estar fundamentado por planos. Una vez se realiza el análisis, se puede proceder a la instalación del dispositivo, realizada por un empleado de la empresa, requerirá del acceso a los planos del sistema de agua del hogar y de distintas herramientas de fontanería. También se requiere conseguir un método de transporte para que vayan a cada uno de los hogares donde se deseé instalar el dispositivo.

## 5.5 Análisis Financiero

- **Costos de Producción:** Los costos de producción incluirán los costos de los sensores ultrasónicos y de temperatura, así como los costos de la conectividad Wi-Fi. También se deben considerar los costos de fabricación y ensamblaje del dispositivo.
  - Sensores ultrasónicos: \$150 por unidad
  - Sensores de temperatura: \$100 por unidad



- Módulo Wi-Fi: \$50 por unidad
- Otros componentes (batería, carcasa, etc.): \$200 por unidad
- Costo total de producción por unidad: \$500
- Para cubrir los costos y obtener un beneficio razonable, el precio de venta es de \$2,500 por unidad.
- El costo de maquinaria de ensamblaje en promedio es en promedio de \$50,000 a \$100,000 USD, lo que sería alrededor de \$827790.00 pesos mexicanos.
- **Costos de Instalación:** La instalación del dispositivo requiere un análisis del sistema de agua del hogar, que debe ser realizado por un experto. Esto implica costos laborales para los profesionales que instalan el dispositivo, así como los costos de las herramientas necesarias para la instalación.
  - Costo laboral por instalación: \$400
  - Costo de las herramientas necesarias para la instalación: \$50 (amortizado a lo largo de varias instalaciones)
- **Costos de Mantenimiento y Reparación:** Dado que el dispositivo puede requerir mantenimiento y reparación, estos son costos adicionales a considerar.
  - Costo laboral por mantenimiento/reparación: \$200 por visita
  - Costo de las piezas de repuesto: \$100 (promedio)
- **Mercado Potencial:** Según los datos del INEGI, el mercado potencial es considerable, con un alto porcentaje de viviendas en México que poseen un tinaco. Esto representa millones de posibles clientes para HYO.
- **Ingresos:** Los ingresos de HYO provendrán de la venta del dispositivo a los hogares. Es importante considerar el precio de venta del dispositivo, que debe ser lo suficientemente alto para cubrir los costos de producción, instalación y mantenimiento, pero también lo suficientemente competitivo para atraer a los clientes.

- Si consideramos que hay 5 millones de viviendas potenciales y logramos capturar el 1% del mercado en el primer año, eso serían 50,000 unidades vendidas.
- Ingresos totales en el primer año: 50,000 unidades \* \$2,500/unidad = \$125,000,000
- Ingresos totales - Costos totales = \$125,000,000 - \$5,500,000 = \$119,500,000
- Costos Operativos
  - Salarios, alquiler de oficinas, servicios públicos, marketing, etc.: \$5,000,000 (estimado)
- Empleados
  - Se estima contratar 50 empleados de instalación en distintas regiones
    - 10 empleados en Zacatecas
    - 20 empleados en CDMX.
    - 20 empleados en otras regiones
  - El sueldo estimado por empleado de instalación por tiempo completo es de 8 mil pesos mensuales. lo que representa 4 millones mensuales y 48 millones al año.
  - Biáticos: se considera un gasto de biáticos por empleado de 2,000 pesos al mes, representando cien mil al mes por todos los empleados de intalación y al año 1.2 millones.
  - 13 empleados de desarrollo de software, desarrollo técnicos y procesos administrativos, de tiempo completo con sueldo de 9 mil pesos mensuales, por todos los subordinados de software representa 117 mil pesos mensuales y 1.4 millones al año.
  - Para tener un espacio de trabajo se puede trabajar en un espacio de coworking.

- En CREA Working Space:
  - COWORKING ILIMITADO. \$3,450.00 MXN / MES, \$41,400.00 MXN / AÑO . Domicilio Fiscal Incluido\* Servicio telefónico empresarial.
    - Domicilio Fiscal Incluido
    - Servicio telefónico empresarial
    - Asistente virtual bilingüe
    - Contacto directo
    - Internet de alta velocidad
    - Coffee station ilimitado
    - Una sala designada

## 8. Referencias

Aclara. (n.d.). *Contaminación del agua en comunidades rurales*. Aclara. Retrieved June 8, 2024, from <https://blog.aclara.mx/contaminacion-del-agua-en-comunidades-rurales/>

AQUAE. (2023). *¿Cuánta agua se gasta en una ducha por minuto?* Fundación Aquae. Retrieved June 15, 2024, from <https://www.fundacionaquae.org/cuanta-agua-consume-la-ducha-minuto/>

Aquaplas. (2021, November 9). *Tinaco; ¿Qué es? ¿Cómo funciona?* / AQUAPLAS. aquaplas. Retrieved June 25, 2024, from <https://aquaplas.com/como-funciona-un-tinaco/>

AQUAVIDA. (n.d.). *Escasez de agua en comunidades rurales y su impacto ambiental*. AQUAVIDA. Retrieved June 8, 2024, from <https://aquavida.top/escasez-de-agua-en-comunidades-rurales-y-su-impacto-ambiental/>

- Atlas Big. (2023). *Producción mundial de algodón por país - AtlasBig.com*. Atlas Big. Retrieved June 12, 2024, from <https://www.atlasbig.com/es-mx/paises-por-produccion-de-algodon>
- Barrientos Nieto, O. (2024, January 30). Desabasto de agua: tandeo, pipas y colonias sin suministro en Ciudad de México. *EL PAÍS*. <https://elpais.com/mexico/2024-01-31/desabasto-de-agua-tandeo-pipas-y-colonias-sin-suministro-en-ciudad-de-mexico.html>
- Castellanos Serrano, L. T., & Jiménez Valdez, E. J. V. (2016, noviembre 25). Sistema de medición y control de volumen para captadores de agua pluvial desde una aplicación móvil (J. V. Cervantes Bazán, Ed.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 161-164. [https://www.researchgate.net/profile/Jesus-Coutino/publication/369476487\\_Revista\\_Mexicana\\_de\\_Ciencias\\_Agricolas\\_Vol\\_9/links/641d0d7466f8522c38cceb1/Revista-Mexicana-de-Ciencias-Agricolas-Vol-9.pdf#page=160](https://www.researchgate.net/profile/Jesus-Coutino/publication/369476487_Revista_Mexicana_de_Ciencias_Agricolas_Vol_9/links/641d0d7466f8522c38cceb1/Revista-Mexicana-de-Ciencias-Agricolas-Vol-9.pdf#page=160)
- Castro, J. (2022, August 12). *Sin un plan, Zacatecas al borde del colapso para evitar una crisis de agua*. El Sol de México. Retrieved March 4, 2024, from <https://www.elsoldemexico.com.mx/mexico/sociedad/zacatecas-al-borde-del-colapso-por-la-crisis-de-agua-8727756.html>
- Colgate. (2024). *Estrategia de Sustentabilidad*. Colgate. Retrieved June 14, 2024, from <https://www.colgate.com/es-mx/sustainability-strategy>
- CONAGUA. (2018, January 12). *Inodoros sustentables, otra forma de cuidar el agua*. Gobierno de México. Retrieved June 15, 2024, from <https://www.gob.mx/conagua/es/articulos/inodoros-sustentables-otra-forma-de-cuidar-el-agua>
- CONAHCYT. (2023). Energía y agua: hacia una ciencia integral. *PROPUESTAS PARA UN SISTEMA ENERGÉTICO MEXICANO JUSTO Y SUSTENTABLE*, 3.

[https://conahcyt.mx/wp-content/uploads/publicaciones\\_conacyt/energia\\_y\\_cc/Policy\\_Brief\\_VIII\\_Pronaces\\_ECC.pdf](https://conahcyt.mx/wp-content/uploads/publicaciones_conacyt/energia_y_cc/Policy_Brief_VIII_Pronaces_ECC.pdf)

Congreso de la Ciudad de México. (2022). *Manejo sustentable del agua*. Congreso de la Ciudad de México. Retrieved Junio 15, 2024, from <https://www.congresocdmx.gob.mx/archivos/finanzas/infografiamanejosustentabledelagua2022.pdf>

Cruz Roja Española. (2007). *CAMPAÑA "MOVIÉNDONOS POR EL AGUA: CADA GOTA CUENTA" Ahorrando agua, derrochamos solidaridad*. Madrid, España. Retrieved Junio 16, 2024, from <https://www.cruzroja.es/docs/campanadiamundialagua>

Domínguez, J. (2016). *Revisión histórica de las sequías en México: de la explicación divina a la incorporación de la ciencia*. SciELO México. Retrieved March 25, 2024, from [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222016000500077](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000500077)

Editorial Etecé. (2022, Agosto 12). *Tecnología*. Concepto. Retrieved Junio 17, 2024, from <https://concepto.de/tecnologia/>

ENVIRA. (2024). *Medidores de calidad del agua en continuo*. Envira. Retrieved June 25, 2024, from <https://envira.es/medidores-de-calidad-del-agua/>

Escudero, E. (2022, October 27). *Estos son los retos que debe vencer la Industria de Bebidas en México*. THE FOOD TECH. Retrieved June 13, 2024, from <https://thefoodtech.com/normatividad-y-certificaciones/retos-y-oportunidades-para-la-industria-de-bebidas-en-mexico/>

Fernández, Y. (2019, August 23). *API: qué es y para qué sirve*. Xataka. Retrieved June 25, 2024, from <https://www.xataka.com/basics/api-que-sirve>

García Acosta, V., & Escobar Ohmstede, A. (2003). *Desastres agrícolas en México: catálogo histórico*. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.

- Gestal, P. (2022, September 27). *El mapa del algodón: los mayores productores, en cifras*. Modaes. Retrieved June 12, 2024, from <https://www.modaes.com/entorno/el-mapa-mundial-del-algodon-los-mayores-productores-del-mundo-en-cifras>
- Gobierno de España. (n.d.). *Algunas preguntas frecuentes sobre ecología doméstica*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Retrieved June 15, 2024, from [https://www.miteco.gob.es/gl/ceneam/programas-de-educacion-ambiental/hogares-verdes/preguntas\\_hv.html](https://www.miteco.gob.es/gl/ceneam/programas-de-educacion-ambiental/hogares-verdes/preguntas_hv.html)
- Gobierno de México. (2022, July 12). *Conagua publica Acuerdo que permite implementar medidas emergentes, en caso de sequía severa, extrema o excepcional*. Gobierno de México. Retrieved June 14, 2024, from <https://www.gob.mx/conagua/prensa/conagua-publica-acuerdo-que-permite-implementar-medidas-emergentes-en-caso-de-sequia-severa-extrema-o-excepcional>
- González Herrero, E. (2015, July 27). *El agua en la industria: crece la demanda frente a un recurso más escaso*. iAgua. Retrieved June 13, 2024, from <https://www.iagua.es/noticias/eva-gonzalez-herrero/15/07/27/agua-industria-crece-demanda-frente-recurso-mas-escaso>
- Hardwarelibre. (n.d.). *HC-SR04: todo sobre el sensor de ultrasonidos*. Hardware libre. Retrieved June 26, 2024, from [https://www.hwlibre.com/hc-sr04/#google\\_vignette](https://www.hwlibre.com/hc-sr04/#google_vignette)
- iagua. (2018, October 3). *¿Cuáles son las consecuencias de la falta de acceso al agua?* iAgua. Retrieved June 25, 2024, from <https://iagua.es/blogs/pablo-gonzalez-cebrian/cuales-son-consecuencias-falta-acceso-al-agua>
- iAgua. (2024, April 25). *Las innovaciones de ACCIONA en reutilización y desalación marcan el camino hacia la sostenibilidad*. iAgua. Retrieved June 16, 2024, from

<https://www.iagua.es/noticias/redaccion-iagua/innovaciones-acciona-reutilizacion-y-desalacion-marcan-camino>

Igualdad Animal. (2019, March 22). *Ganadería y agua; 15.000 litros para producir 1 kilo de carne*. Igualdad Animal. Retrieved June 11, 2024, from <https://igualdadanimal.org/noticia/2019/03/22/ganaderia-agua-15000-litros-1-kilo-carne/>

IMCO. (2023, Agosto). *El costo del agua en México: Un análisis de tarifas y de sus impactos para la sociedad*. México. Retrieved Junio 13, 2024, from <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2023/09/%C2%BFCual-es-el-costo-real-de-l-agua-en-Mexico-IMCO.pdf>

IMTA. (2017, Julio 11). *Mexicanos por encima del promedio mundial en consumo de agua*. Gobierno de México. Retrieved June 16, 2024, from <https://www.gob.mx/imta/articulos/mexicanos-por-encima-del-promedio-mundial-en-consumo-de-agua>

INEGI. (2023, Junio 19). *ENCUESTA NACIONAL SOBRE DISPONIBILIDAD Y USO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN EN LOS HOGARES (ENDUTIH) 2022*. Instituto Federal e Telecomunicaciones. Retrieved June 4, 2024, from [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/ENDUTIH/ENDUTIH\\_22.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/ENDUTIH/ENDUTIH_22.pdf)

INEGI. (2024, marzo 19). *ESTADÍSTICAS A PROPÓSITO DEL DÍA MUNDIAL DEL AGUA: DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES EN EL USO AGRÍCOLA EN MÉXICO* (Issue 196/24). Retrieved Junio 9, 2024, from [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2024/EAP\\_DiaMundAgua.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2024/EAP_DiaMundAgua.pdf)

Instituto del Agua. (n.d.). *Calidad del Agua: Importancia, Control y Métodos para Garantizarla*.

Instituto del Agua. Retrieved June 17, 2024, from

<https://institutodelagua.es/calidad-del-agua/control-y-calidad-del-aguacalidad-del-agua/>

Instituto del agua. (n.d.). *Tecnología que ayuda a conservar agua: Innovaciones revolucionarias para la conservación del agua*. Instruto del agua. Retrieved Junio 16, 2024, from

<https://institutodelagua.es/conservacion-del-agua/tecnologia-que-ayuda-conservar-aguaconservacion-del-agua/>

JIAPAZ. (2018). *Servicio de agua potable en Zacatecas y Guadalupe – Sitio Oficial de la Junta Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado de Zacatecas*. Jiapaz. Retrieved June 15, 2024, from <https://jiapaz.gob.mx/tandeo-de-agua-potable-en-zacatecas-y-guadalupe/>

JIAPAZ. (2018, Junio 26). *Servicio de agua potable en Zacatecas y Guadalupe – Sitio Oficial de la Junta Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado de Zacatecas*. Jiapaz. Retrieved Marzo 4, 2024, from

<http://jiapaz.gob.mx/tandeo-de-agua-potable-en-zacatecas-y-guadalupe/>

Juárez, T. (2024, February 9). *Conagua anuncia 10 medidas para acabar con crisis del agua en CDMX y Edomex*. El Heraldo de México. Retrieved June 14, 2024, from

<https://heraldodemexico.com.mx/nacional/2024/2/9/conagua-anuncia-10-medidas-para-acabar-con-crisis-del-agua-en-cdmx-edomex-576637.html>

Martínez, F. (2023, February 9). Sector agropecuario, el que más consume agua en México.

*NotiPress*.

<https://notipress.mx/negocios/sector-agropecuario-el-que-mas-consume-agua-en-mexico-14047>

ONU Habitat. (2024, Febrero 25). *Comprender las dimensiones del problema del agua*.

ONU-Habitat. Retrieved Marzo 18, 2024, from



<https://onuhabitat.org.mx/index.php/comprender-las-dimensiones-del-problema-del-agua>

Organización Meteorológica Mundial. (2021, October 4). *Se advierte que urge tomar conciencia de la inminente crisis del agua*. World Meteorological Organization WMO. Retrieved June 2, 2024, from

<https://wmo.int/es/news/media-centre/se-advierte-que-urge-tomar-conciencia-de-la-inminente-crisis-del-agua>

Orús, A. (2024, Mayo 22). *Carne: consumo mundial por tipo 1990-2023*. Statista. Retrieved June 11, 2024, from

<https://es.statista.com/estadisticas/1330024/consumo-de-carne-a-nivel-mundial-por-tipo/>

Pacheco, A. (2024, mayo 13). Entidades de México declaran estado de emergencia por sequía severa y escasez de agua. *adn40*.

<https://www.adn40.mx/mexico/escasez-agua-declaran-estado-emergencia-en-estos-estados-por-sequia>

Papaleo, C. (2023, March 22). *El agua como factor económico y los retos de América Latina – DW – 22/03/2023*. DW. Retrieved March 19, 2024, from

<https://www.dw.com/es/el-agua-como-factor-econ%C3%B3mico-y-los-retos-de-am%C3%A9rica-latina/a-65073074>

PR Newswire. (2019, Septiembre 23). Colgate anuncia los impactos en la conservación de la campaña "Ahorra Agua" en las Naciones Unidas antes de la Cumbre sobre la Acción Climática.

<https://www.prnewswire.com/news-releases/colgate-anuncia-los-impactos-en-la-conservacion-de-la-campana-ahorra-agua-en-las-naciones-unidas-antes-de-la-cumbre-sobre-la-accion-climatica-830336862.html>

- Pxp. (2021, Noviembre 17). *Acceso DESIGUAL del AGUA en CDMX; los más POBRES obtienen Luido por Tandeo o Pipas*. Punto por Punto. Retrieved Junio 22, 2024, from <https://www.puntoporpunto.com/reportajes-2/reportajes-en-punto/cdmx-con-acceso-desigual-al-agua-potable-poblacion-en-situacion-de-pobreza-obtienen-el-liquido-por-tandeo-o-pipas/>
- Ramírez, J. P. (2024, April 26). *Crisis hídrica: cunta agua consume la industria en México?* Larousse Magazine. Retrieved June 13, 2024, from <https://laroussemagazine.mx/ciencia-y-tecnologia/crisis-hidrica-cuanta-agua-consume-la-industria-en-mexico/>
- Roch, E. (n.d.). *Todo sobre ESP32: Guía y Aplicaciones Prácticas*. LovTechnology. Retrieved June 25, 2024, from [https://lovtechnology.com/todo-sobre-esp32-guia-y-aplicaciones-practicas/#google\\_vignette](https://lovtechnology.com/todo-sobre-esp32-guia-y-aplicaciones-practicas/#google_vignette)
- Rodríguez, C. (2021, November 3). Desigual acceso al agua potable, pese a cobertura de 98.8%: estudio. *La Jornada*. <https://www.jornada.com.mx/notas/2021/11/03/capital/desigual-acceso-al-agua-potable-pese-a-cobertura-de-98-8-estudio/>
- Rodríguez, S. (2024, Abril 05). *México – Escasez de agua y alza en precios de servicios, riesgos para la inflación: Banxico (Forbes)*. AGUA. Retrieved Junio 14, 2024, from <https://agua.org.mx/mexico-escasez-de-agua-y-alza-en-precios-de-servicios-riesgos-para-la-inflacion-banxico-forbes/>
- Sancho, T. A. (2014, Diciembre 10). *Agua y producción energética: combinación ganadora*. Fundación Aquae. Retrieved June 13, 2024, from <https://www.fundacionaquae.org/agua-y-energia-entendimiento-necesario/>

- SEMARNAT. (n.d.). *SEMARNAT - Atlas / Atmósfera*. Semarnat. Retrieved March 25, 2024, from [https://gisviewer.semarnat.gob.mx/aplicaciones/Atlas2015/atm\\_climas.html](https://gisviewer.semarnat.gob.mx/aplicaciones/Atlas2015/atm_climas.html)
- Sesma Martín, D. (2020, February 20). *El reto del agua en la producción de energía eléctrica*. iAgua. Retrieved June 13, 2024, from <https://www.iagua.es/blogs/diego-sesma-martin/reto-agua-produccion-energia-electrica>
- SIMAPAS. (2013, Agosto 30). *Cultura del Agua / Sistema de Agua Potable Dolores Hidalgo*. SIMAPAS Dolores Hidalgo, Guanajuato. Retrieved March 25, 2024, from <https://simapas.gob.mx/cultura-del-agua/>
- Soares, D. (2024, febrero 26). El agua en zonas rurales de México. Desafíos de la Agenda 2030. *EntreDiversidades. Revista de ciencias sociales y humanidades*, 8(2), 191-211. <https://doi.org/10.31644/ed.v8.n2.2021.a09>
- Softcorp. (2010). *Definición y cómo funcionan las aplicaciones móviles*. Agencia de Marketing Digital en Venezuela. Retrieved June 18, 2024, from [https://servisoftcorp.com/definicion-y-como-funcionan-las-aplicaciones-moviles/#Para\\_que\\_sirven\\_las\\_Apps](https://servisoftcorp.com/definicion-y-como-funcionan-las-aplicaciones-moviles/#Para_que_sirven_las_Apps)
- TRT. (2024, Octubre 2). *El consumo de agua en los textiles aumenta con la tendencia de moda rápida*. TRT. Retrieved June 10, 2024, from <https://www.trt.net.tr/espanol/programas/2023/10/02/el-consumo-de-agua-en-los-textiles-aumenta-con-la-tendencia-de-moda-rapida-2043168>
- UFV. (n.d.). *Diferencia entre Hardware y Software*. Ufv. Retrieved June 18, 2024, from <https://www.ufv.es/cetys/blog/diferencia-entre-hardware-y-software/>
- UN. (2010, July 28). *El derecho humano al agua y al saneamiento*. Untitled. Retrieved June 15, 2024, from

[https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/human\\_right\\_to\\_water\\_and\\_sanitation\\_media\\_brief\\_spa.pdf](https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_spa.pdf)

UNAM. (2018, October 29). *Más de 80% del agua se va en uso agrícola y de la industria*. Gaceta UNAM. Retrieved June 9, 2024, from <https://www.gaceta.unam.mx/crisis-agua-industria/>

United Nations. (2023). Agua limpia y saneamiento. In *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2023: Edición especial* (24, 25). UN. [https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023\\_Spanish.pdf?\\_gl=1\\*1273ctt\\*\\_ga\\*MTE3NjUyMjk1NS4xNzA4OTA4MjM3\\*\\_ga\\_TK9BQL5X7Z\\*MTcxNzM1NTA2Mi4zLjEuMTcxNzM1NTA2Ni4wLjAuMA..](https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf?_gl=1*1273ctt*_ga*MTE3NjUyMjk1NS4xNzA4OTA4MjM3*_ga_TK9BQL5X7Z*MTcxNzM1NTA2Mi4zLjEuMTcxNzM1NTA2Ni4wLjAuMA..)

Unwater. (2017, Julio 17). *Guía para el monitoreo integrado del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6. Buenas prácticas para los sistemas de monitoreo nacionales*. unwaer. Retrieved Junio 22, 2024, from [https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2017/09/ES\\_G1\\_Good-practices-for-country-monitoring-systems\\_Version-2017-07-12a.pdf](https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2017/09/ES_G1_Good-practices-for-country-monitoring-systems_Version-2017-07-12a.pdf)

Valadez, A. (2022, June 26). *Sufren escasez de líquido 400 mil habitantes de Zacatecas*. La Jornada. Retrieved March 4, 2024, from <https://www.jornada.com.mx/2022/06/26/estados/020n1est>

Victorica, A. (2022, March 22). *Día Mundial del Agua: Las 5 industrias que más agua consumen*. Líder Empresarial. Retrieved June 8, 2024, from <https://www.liderempresarial.com/las-5-industrias-que-mas-agua-consumen/>

Xicota, E. (2019, April 11). *Nuevos datos sobre el consumo de agua del algodón*. Ester Xicota. Retrieved June 12, 2024, from <https://www.esterxicota.com/revision-consumo-de-agua-del-algodon/>

Zócalo. (2021, Mayo 2). ¿Sequía o sobreexplotación? Grupo Modelo deja sin agua uno de los principales acuíferos de Zacatecas. *Zócalo*.

<https://www.zocalo.com.mx/sequia-o-sobreexplotacion-grupo-modelo-deja-sin-agua-uno-de-los-principales-acuiferos-de-zacatecas/>

Zócalo Saltillo. (2021, Mayo 2). ¿Sequía o sobreexplotación? Grupo Modelo deja sin agua uno de los principales acuíferos de Zacatecas. *Zócalo Saltillo*.

<https://www.zocalo.com.mx/sequia-o-sobreexplotacion-grupo-modelo-deja-sin-agua-uno-de-los-principales-acuiferos-de-zacatecas/>