

Diseño de un prototipo de aplicación que provee recomendaciones para la reducción del consumo de agua y energía mediante el uso de herramientas de IOT.

Jose Francisco Neuta Pinto

Jose Ángel Bohórquez Castañeda

Ivon Dayan Orjuela Cruz

Docente: Luisa Fernanda Carvajal Diaz

Universidad EAN

Facultad De Ingeniería

BOGOTÁ D.C

Junio 07 Del 2023

Diseño de un prototipo de aplicación que provee recomendaciones para la reducción del consumo de agua y energía mediante el uso de herramientas de IOT.....	1
Universidad EAN.....	1
1. Resumen ejecutivo:	4
1.1 Abstract:	4
2. Introducción:	5
3. Objetivos:	6
3.1. Objetivo general:	6
3.2. Objetivos específicos:	6
4. Definición del problema:	7
5. Justificación:	8
6. Análisis de requerimientos:	8
7. Marco de referencia:	10
7.1 ¿Qué es el agua?	12
7.2 ¿Qué es la energía?	12
7.3 ¿Cómo se produce la energía hidráulica?	12
Imagen 1:	13
7.4 ¿Cómo se produce la energía termoquímica y energía termoelectrica?	13
Imagen 2:	14
Imagen 3:	15
7.5 ¿Qué es IOT?	15
Imagen 4:	16
7.6 ¿Qué es un Arduino?	16
Imagen 5:	17
7.7 ¿Qué son los sensores de agua?	17
Imagen 6:	18
7.8 ¿Qué son los cables?	19
Imagen 7:	19
7.9 ¿Qué son las resistencias?	20
Imagen 8:	20
7.10 ¿Qué es un condensador?	21
Imagen 9:	21

7.11 ¿Qué es una pantalla Led?	21
Imagen 10.....	22
Imagen 11.....	23
8. Análisis de restricciones:	23
9. Diagrama de la metodología.....	24
Imagen 12.	25
9.1 Metodología para la selección y desarrollo de la solución:	25
9.2 Tipo de Metodología:.....	26
9.3 Selección de sensores adecuados	28
9.3.1 Análisis de los datos recopilados.....	29
9.3.2. Capacitación del personal y mantenimiento.....	30
9.3.3 Plan de acción y monitoreo constante	31
9.3.4 Beneficios de la implementación de un sistema IoT.....	32
10. Analisis de costos:.....	34
Tabla #1 nivel básico	37
10.2 Costo para nivel medio.	38
10.2.1 Costo de sensores para nivel medio:.....	38
10.2.2 Recopilación de datos para nivel medio:	38
10.2.3 Análisis mejorado para nivel medio.....	38
10.2.4 Plataforma de usuario para nivel medio:	38
10.2.5 Soporte técnico para nivel medio:.....	38
Tabla #2 nivel medio.....	38
10.3 Costo para nivel premium.	39
10.3.1 Costo de sensores para nivel premium:.....	39
10.3.2 Recopilación de datos para nivel premium:	39
10.3.3 Plataforma de usuario para nivel premium:	40
10.3.4 Soporte técnico para nivel premium:	40
Tabla #3 nivel premium.....	40
11. Conclusión:	40
12. Propuesta inspirada en:	41
13. Prototipado o Demo de la Aplicación que recibe y procesa los datos de los sensores: ..	42

1. Resumen ejecutivo:

Creación de un prototipo de aplicación que monitorea y sugiere medidas para reducir el consumo de energía y agua en un conjunto de apartamentos en el barrio Molinos 2 de Bogotá, Colombia. Para recolectar la información necesaria, se propone la implementación de sensores IoT en las zonas comunes del conjunto de apartamentos. Algunos de los sensores que se implementan en la creación de este proyecto son sensores de corriente, de nivel de agua y de temperatura (Aksoy, Demirbas, & Demirbas, 2020).

Estos sensores permiten medir el consumo energético y hídrico, el cual se utiliza para desarrollar el prototipo de aplicación. La implementación de sensores IoT en edificios residenciales para mejorar la eficiencia energética ha sido una estrategia cada vez más común (Greenbiz, 2018; Shi, Zhu, & Zhao, 2017). Además, la implementación de soluciones similares en edificios residenciales ha demostrado un aumento en la eficiencia energética y una reducción en el consumo de energía y agua (Schneider Electric, 2019; University of Cambridge, 2019).

1.1 Abstract:

Creation of a application prototype that monitors and suggests measures to reduce energy and water consumption in a complex of apartments in the Molinos 2 neighborhood of Bogotá, Colombia. To collect the necessary information, the implementation of IoT sensors in the common areas of the apartment complex is proposed. Some of the sensors that are implemented in the creation of this project are current, water level and temperature sensors (Aksoy, Demirbas, & Demirbas, 2020).

These sensors allow to measure the energy and water consumption, which is used to develop the application prototype. The implementation of IoT sensors in residential

buildings to improve energy efficiency has been an increasingly common strategy (Greenbiz, 2018; Shi, Zhu, & Zhao, 2017). In addition, the implementation of similar solutions in residential buildings has demonstrated an increase in energy efficiency and a reduction in energy and water consumption (Schneider Electric, 2019; University of Cambridge, 2019).

Palabras claves: IOT, Diseño, Agua, Energía, Monitorización, Población, Sensores, Edificaciones, Aplicación, Programación.

Keywords: IOT, Desing, Water, Energy, Monitoring, Population, Sensors, Building, Application, Programming.

2. Introducción:

El cambio climático es uno de los mayores desafíos que enfrenta la humanidad en la actualidad, y el consumo excesivo de energía y agua es uno de los principales contribuyentes a este problema. Según Schneider (2018), se estima que el consumo de energía aumentará en un 48% y el de agua en un 30% para el año 2050 si no se toman medidas para reducir su uso.

Los edificios son responsables del 40% del consumo de energía a nivel mundial y del 30% de las emisiones de gases de efecto invernadero (IEA, 2021). Además, el uso ineficiente de la energía y el agua en los edificios puede generar costos innecesarios para los propietarios y residentes. Para abordar este problema, se ha propuesto el uso de sensores IoT para monitorear el consumo de energía y agua en edificios, lo que puede reducir el consumo hasta en un 20% (Mahmoud et al., 2019).

En Colombia, la ciudad de Bogotá enfrenta grandes desafíos en términos de sostenibilidad ambiental, y la implementación de tecnologías verdes y soluciones de eficiencia energética es una prioridad (SDPAC, 2020). El sector de la construcción en Colombia ha mostrado un aumento en la adopción de tecnologías inteligentes y sostenibles en los últimos años, lo que demuestra un interés creciente en mejorar la eficiencia energética en los edificios (Henao & Núñez, 2020).

3. Objetivos.

3.1. Objetivo general:

Desarrollar un prototipo de aplicación basado en sensores IOT para monitorear y analizar el consumo de energía y agua en las zonas comunes de un conjunto de apartamentos en el barrio Molinos 2 de la ciudad de Bogotá, con el fin de identificar oportunidades de ahorro.

3.2. Objetivos específicos:

Realizar un diagnóstico de las actividades y trabajos que se realizan con el agua y la energía en las zonas comunes de los apartamentos residenciales de Molinos 2, en Bogotá Colombia, utilizando diferentes métodos.

Diseñar un sistema de medición de consumo de energía y agua para las zonas comunes de los apartamentos del conjunto residencial Molinos 2 en Bogotá, Colombia, utilizando sensores IoT disponibles en el mercado.

Desarrollo de la interfaz gráfica de un software que permita simular la recolección, análisis y presentación de la información obtenida por el sistema de medición diseñado,

con el fin de identificar oportunidades de mejora en el uso eficiente de la energía y el agua en el conjunto residencial.

4. Definición del problema:

En los conjuntos residenciales de Colombia, incluyendo el barrio Molinos 2 en Bogotá, la falta de conciencia sobre el uso adecuado de los recursos de agua y energía ha llevado a un consumo innecesario y derroche de estos recursos. Según (Rojas et al. (2019)), la falta de información sobre el consumo de energía y agua es una de las principales causas de su mal uso en los hogares y edificios residenciales. Esto se traduce en un aumento en el costo del servicio y un impacto ambiental negativo (Khan et al., 2019).

Además, muchos residentes no tienen acceso a información clara sobre cómo reducir su consumo de energía y agua en el hogar. Según (Gómez et al. (2017)), proporcionar información clara y personalizada a los residentes puede aumentar su conocimiento y conciencia sobre el consumo responsable de energía y agua en el hogar.

Desarrollo de un prototipo de aplicación basada en IOT que proporcione información personalizada sobre el consumo de energía y agua en los hogares y que sugiera medidas para reducir su consumo innecesario, tomando en cuenta los hábitos y comportamientos de los residentes (Jin et al., 2018). Este prototipo también puede ayudar a los residentes a ahorrar dinero en los servicios públicos y reducir el impacto ambiental negativo de su consumo de energía y agua (Khan et al., 2019).

5. Justificación:

El consumo excesivo de energía y agua en los hogares es un problema a nivel mundial que conduce a un agotamiento de los recursos y a un impacto negativo en el medio ambiente. Según una investigación realizada por (Wang y Liu 2018), la energía utilizada en los hogares representa más del 20% del consumo total de energía en todo el mundo.

Es importante abordar este problema y tomar medidas para reducir el consumo de energía y agua en los hogares. Según un estudio realizado por (Wong et al. 2017), la implementación de medidas de eficiencia energética y reducción de agua puede ahorrar hasta un 30% en los costos de energía y agua en los hogares.

El desarrollo de la interfaz gráfica de aplicación que sugiere medidas para reducir el consumo de energía y agua en un conjunto de apartamentos es una solución innovadora para abordar este problema. Además, la implementación de sensores IoT para medir el consumo de las zonas comunes de los apartamentos proporcionará una base de datos valiosa para el análisis y la implementación de medidas de eficiencia energética y reducción de agua. Según una investigación realizada por (Castro et al. 2019), la implementación de tecnologías de IoT puede mejorar significativamente la eficiencia energética y reducir los costos de energía en los hogares.

6. Análisis de requerimientos:

La creación del prototipo de aplicación y la documentación se utiliza la información recolectada por los sensores para sugerir medidas de reducción específicas del consumo de energía y agua. El primer factor visualizado fue el déficit de consumo de agua en la ciudad de Bogotá (*Decenio Internacional para la Acción “El agua, fuente de vida” 2005-2015. Área temática: Agua y energía, s/f*).

El segundo factor es la realización de investigaciones a la población la cual vamos a trabajar inicialmente el proyecto redirigido a el conjunto de apartamentos en el barrio Molinos 2 de Bogotá, Colombia. Se plasmará los pasos de la indagación en un sistema digital en la cual se recopilarán los datos entregados por los usuarios utilizando métodos investigativos como lo son las encuestas, las entrevistas y/o observaciones participantes y no participantes (Munarriz, B. (s/f). *Técnicas métodos en Investigación cualitativa*. Udc.es. Recuperado el 16 de abril de 2023).

Una vez obtenidos los datos de la investigación, el tercer factor consiste en realizar una investigación exhaustiva el cual tenemos algunos datos de base como es el consumo de agua en Colombia por persona el cual es de 200 litros al día aproximadamente en el cual influye el clima, la ciudad y el estrato económico, (Conservemos. (s/f). *¡Las cuentas del Agua! El consumo de los hogares colombianos*. Conservemos.com. Recuperado el 26 de mayo de 2023).

El cuarto factor a tener en cuenta según las investigaciones previamente realizada son las herramientas que se implementan a la aplicación viendo desde el punto de vista de las necesidades requeridas, algunas de las medidas que la aplicación sugiere es incluir el uso de bombillas de bajo consumo, el apagado de dispositivos electrónicos no utilizados, el uso de dispositivos eficientes en el consumo de agua, entre otros (Tecnológico de Monterrey, 2020; Aksoy, Demirbas, & Demirbas, 2020). La implementación de estas medidas permitiría un ahorro significativo de energía y agua, lo cual reduciría los costos de los residentes y tendría un impacto positivo en el medio ambiente.

El quinto factor es la documentación del sistema que plasma la información de la interfaz gráfica del software, este deberá requerir que el proceso de funcionalidad sea más sencillo y factible para el uso de esté. Se realizará la documentación de la programación para realizar la interfaz gráfica con lenguaje de programación python, (Romero, R. (2021, abril

29)). *TOP 10 software de programación*. Softalike.com.) en la cual el usuario podrá interactuar en el momento que desee y tener la seguridad ya que va a poder instalarla en el dispositivo móvil y tendrá una clave personal para realizar un seguimiento del consumo de agua y energía en su apartamento y de las áreas comunes, de igual manera en la documentación de este sistema se implementarán los diferentes tipos de dispositivos electrónicos, necesarios para el funcionamiento del dispositivos entre ellos contadores de agua seguido de un reductor el cual va ayudar a la disminución, llevara un sensor de bluetooth/wifi conectado a una central de datos que permite desde diferentes dispositivos como (Tablet o teléfonos Inteligentes) desde cualquier lugar, controlar el sistema y llevar las gráficas y los porcentajes de los cuales podrán estudiar el comportamiento y el avance de este proceso.

7. Marco de referencia:

Este proyecto se fundamenta en estudios previos que evidencian la necesidad de optimizar el uso de energía y agua en comunidades en edificaciones de vivienda multifamiliar. Según investigaciones realizadas, en estas comunidades se observan altos consumos y baja eficiencia energética, con consumos promedio de 145 litros de agua por día, mientras que en algunas comunidades de la misma zona este consumo puede superar los 400 litros por día (González, 2016). Además, se ha identificado que muchas de estas comunidades tienen acceso limitado a servicios de electricidad, lo que las lleva a depender de formas de energía ineficientes y costosas, como el uso de velas y estufas de propano (Universidad Nacional de Colombia, 2017).

Un estudio realizado por la (Universidad de Nacional (2019)) destaca la importancia de la participación de los usuarios en la optimización del consumo de energía y agua, ya que

puede aumentar la responsabilidad y el compromiso con el uso sostenible de los recursos naturales. Además, otro estudio realizado por la misma universidad encontró que el uso de tecnologías basadas en IoT puede mejorar la eficiencia energética y reducir el consumo de energía en edificios de apartamentos (Universidad de Nacional, 2019). Estos estudios respaldan la relevancia de una solución basada en IoT para optimizar el consumo de energía y agua en comunidades pobres de Colombia.

Este proyecto se enmarca en los campos de la electrónica y la tecnología IoT. El Internet de las cosas (IoT) es un nuevo paradigma basado en la interconexión de objetos cotidianos a través de Internet, lo que permite una amplia gama de aplicaciones y servicios innovadores en una variedad de industrias. El uso de sensores IoT para medir y monitorear el consumo de energía, especialmente en edificios residenciales y comerciales, es un área de gran interés para la ingeniería y la sociedad en general. Según (Tolozza y Muñoz 2020), monitorear y controlar el consumo eléctrico de un edificio es fundamental para identificar y reducir los costos de energía y reducir el impacto ambiental. Varias tecnologías y soluciones tecnológicas han sido propuestas en la literatura especializada en el contexto específico de la medición del consumo de energía en edificios de apartamentos múltiples. (Sánchez et al. 2017) presentan un sistema de monitoreo de energía eléctrica basado en tecnología ZigBee que puede medir la energía eléctrica consumida en el espacio común de cada departamento y edificio en tiempo real. Por otro lado, la implementación de sensores IoT en edificios residenciales para medir el consumo eléctrico y optimizar su uso es trabajo de (Rodríguez et al. 2019), presentando un sistema de gestión y cálculo de energía basado en (LoRaWAN) para edificios inteligentes.

Cuando se trata de tecnologías de sensores IoT específicas, existen varias opciones en el mercado para medir el consumo de electricidad en edificios, como medidores de energía inteligentes, sensores de corriente y transductores de voltaje. (Oliveira et al. 2020), los sensores de corriente son una opción atractiva para medir la energía eléctrica en edificios

porque son fáciles de instalar y proporcionan mediciones precisas del consumo de energía. Sin embargo, la elección de la tecnología específica depende del propósito y los objetivos del proyecto.

7.1 ¿Qué es el agua?

Esta es una sustancia vital e importante para todos los seres vivos de la cual tiene tres presentaciones como es sólido, líquido y gaseoso, tiene combinaciones de moléculas que están formadas por un átomo de oxígeno y dos de hidrogeno (H₂O), es incoloro, del cual esta sustancia compone el 70% del planeta, este contiene alrededor de 1.386 millones de kilómetros cúbicos. (Guerrero, M. (2012). El agua. Fondo de Cultura Económica.)

7.2 ¿Qué es la energía?

Es un servicio necesario ya que este es utilizado en los hogares, en los comercios, en las industrias, en el transporte y en los sitios públicos como lo son las calles, esta se considera como el motor más importante para la producción de procesos mecánicos y la iluminación de los diferentes sitios y brinda mejor calidad de vida a los usuarios (Gonzalez, B., & FERMIN. (2004). Sistemas de energía eléctrica. Ediciones Paraninfo).

7.3 ¿Cómo se produce la energía hidráulica?

Esta es generada por diferentes procesos (Energía eléctrica. (s/f). Gov.Co. Recuperado el 21 de mayo de 2023) en el cual el 70% es de la energía hidráulica es producida por el agua su proceso es llamado electricidad hidráulica en el cual este se aprovecha de la fuerza que genera el agua de los ríos esta está almacenada en un embalse del cual se libera cuando es necesario y esta pasa por una turbina hidráulica, está gira constantemente y a la misma velocidad el cual hace que se genere energía eléctrica.

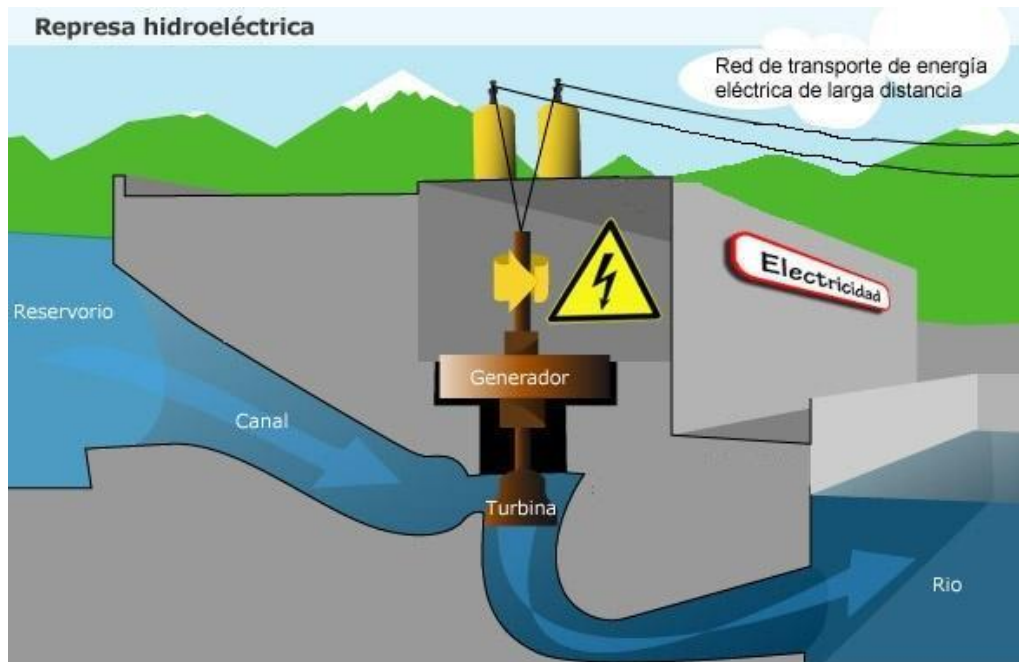


Imagen 1. *Energía hidráulica.* (s/f). Unprofesor.com. Recuperado el 7 de junio de 2023, de https://cdn0.unprofesor.com/es/posts/8/0/5/que_es_la_energia_hidraulica_2508_0_600.jpg

7.4 ¿Cómo se produce la energía termoquímica y energía termoelectrica?

El otro 30% de energía es generada por procesos con el gas y el carbón, la energía producida por el gas se llama termoquímica el cual consiste en recolectar biomasa natural, residual o productiva, de allí pasarla por un dispositivo el cual realiza la transformación generando un combustión, se genera calor de la cual ayuda a generar que el agua que está almacenada se convierta en vapor por la presión que genera hace girar unas turbinas en la cual es transmitida a un generador para convertirla finalmente en energía

eléctrica.(Central de biomasa. (s/f). Endesa. Recuperado el 21 de mayo de 2023). La energía termoeléctrica esta es generada por una maquinaria diseñada para quemar el carbón el cual produce calor generando que el agua se caliente de este modo se convierte en estado gaseoso el cual pasa por un economizador la función de este dispositivo es capturar los gases de combustión y luego pase por un tambor de vapor de las cuales están conectadas a unas turbinas que ayudan a generar la energía eléctrica. (Fabregat, J. (2023, marzo 29).Cómo funciona un termoeléctrico: Descubre el proceso de generación de energía a partir del calor. My City Hotel; admin).

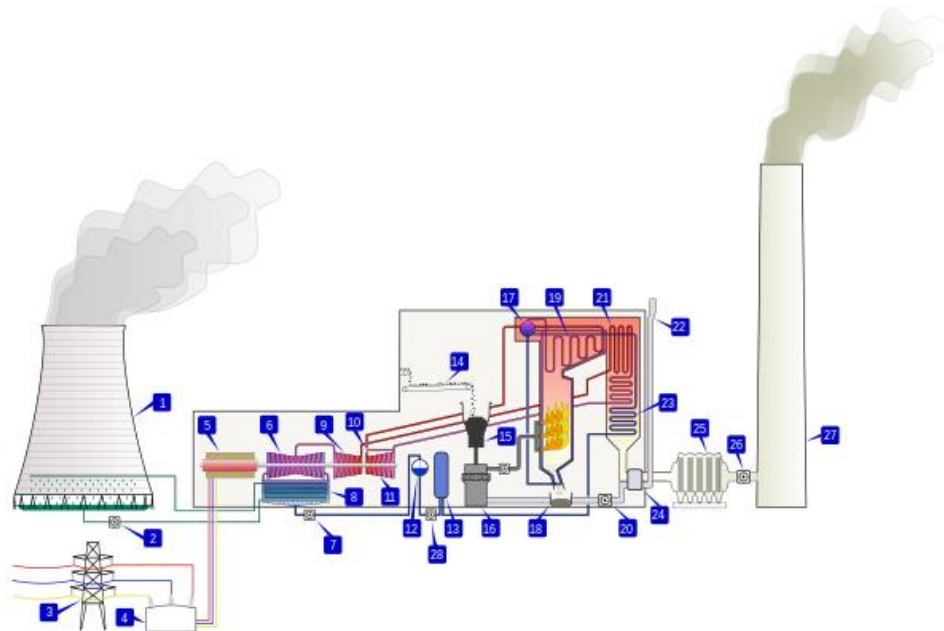


Imagen 2. *Central termoeléctrica.* (s/f). Wikimedia.org. Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e5/PowerStation2.svg/600px-PowerStation2.svg.png>



Imagen 3. Energía eléctrica. (s/f). Gov.Co. Recuperado el 21 de mayo de 2023, de <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/>

7.5 ¿Qué es IOT?

El IOT o internet de las cosas es la interconexión entre el internet y el mundo en el cual, si los objetos se conectaran y estuvieran conectados con identificadores, sensores, entre otros sistemas se podrían realizar muchos procesos ya automatizados en el cual permitiría comunicarse las personas con el internet por medio de ruta, red o servicios.

En la cual estos sistemas emitirían señales que se conectaría por medio de las redes y estos proporcionan información de la cual se esté solicitando y el tiempo de respuesta es más ágil y eficaz, hay tres elementos los cuales son hardware, la plataforma middleware

y herramientas que permitan la visualización de la información proporcionada por estos sistemas. (IOT, El internet DE Las cosas Y la Innovación DE Sus. (s/f). Zbook.org. Recuperado el 21 de mayo de 2023)



Imagen 4. *Central termoelectrica.* (s/f). Wikimedia.org. Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e5/PowerStation2.svg/600px-PowerStation2.svg.png>

7.6 ¿Qué es un Arduino?

Es una herramienta fácil de usar gracias al diseño con el cual fue creado ya que podemos utilizar para diferentes labores ya que este es un prototipo electrónico el cual está basado en hardware y software en el cual se puede descargar gratuitamente. “Arduino

Programming Language” estos dispositivos permiten que el trabajo se pueda realizar de manera autónoma. Enríquez Herrador, R., & Commons, C. (s/f). Guía de Usuario de Arduino. Uco.es. Recuperado el 31 de mayo de 2023)



Imagen 5. *Arduino.* (s/f). Naylampmechatronics.com. Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://media.naylampmechatronics.com/upload/stblog/1/51/9/519large.jpg>

7.7 ¿Qué son los sensores de agua?

Los sensores de agua IoT son dispositivos que se utilizan para medir y monitorear la calidad del agua en tiempo real. Estos sensores están diseñados para recopilar datos sobre la temperatura, el pH, la turbidez, la conductividad y otros parámetros importantes del agua. (de La Calidad del Agua Basado En Iot, S. D. E. M., de Anomalías, U. T. D. E. A. D. E. D. P. L. A. D., & El Plan, E. N. L. A. E. P. (s/f). YULIETH PAOLA CARRIAZO REGINO. Edu.co. Recuperado el 6 de junio de 2023) La información recopilada por los

sensores se envía a través de una red inalámbrica a una plataforma de IoT, donde se procesa y analiza para proporcionar información útil sobre la calidad del agua.

Los sensores de agua IoT son una herramienta importante para la gestión del agua, ya que permiten a los usuarios monitorear la calidad del agua en tiempo real y tomar medidas inmediatas en caso de detectar problemas. Además, estos sensores pueden ayudar a prevenir la contaminación del agua y a mejorar la eficiencia en el uso del agua. (Ortiz-Bazalar, A. J. (2020). Sistema de monitoreo de calidad de agua en tanques elevados usando sensores IoT. Innovando la educación en tecnología. Actas del II Congreso Internacional de Ingeniería de Sistemas, 258–259.)

En cuanto a su funcionamiento, los sensores de agua IoT están equipados con una variedad de sensores que miden diferentes parámetros del agua. Estos sensores están conectados a un microcontrolador que procesa los datos y los envía a través de una red inalámbrica a una plataforma de IoT. La plataforma de IoT procesa los datos y los presenta en un formato fácil de entender para el usuario.



Imagen 6. *Medir caudal y consumo de agua.* (s/f). Luisllamas.es. Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://www.luisllamas.es/wp-content/uploads/2016/12/arduino-caudalimetro.webp>

7.8 ¿Qué son los cables?

Los cables son los componentes más simples pero los más fundamentales para poder realizar las conexiones ya que estos permiten el paso de información, estos tienen diferentes características dependiendo de la función que se desee realizar se escoge el tamaño, el color, el ancho de banda entre muchos otros factores. (de Ingeniería Electrónica, E. (s/f). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Tec.ac.cr. Recuperado el 6 de junio de 2023).



Imagen 7. *Cables electricos para arduino.* (s/f). Proserquisa.com. Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://proserquisa.com/principal/inicio/uploads/cables-arduino.jpg>

7.9 ¿Qué son las resistencias?

Las resistencias son elementos que se oponen al paso de corriente en un circuito, estas tienen diferentes tipos como lo son las fijas las cuales son la más comunes hay otras que se conoce como variables que son los potenciómetros, termistores NTC (resistencia de coeficiente negativo de temperatura), termistores PTC (resistencia de coeficiente positivo de temperatura), LDR, VDR, se pueden identificar por su marca o por su potencia o su resistencia puede ser variable. Las fijas se pueden identificar por sus colores “cuanto mayor sea la resistencia, menor será el flujo de corriente” y “cuanto menor sea la resistencia, mayor será el flujo de corriente” esta se mide en ohmios y se representa con la letra R. (Que es una Resistencia Eléctrica. (s/f). Qbprofe.com.

Recuperado el 6 de junio de 2023).


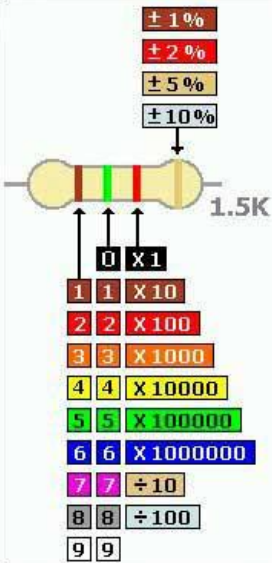
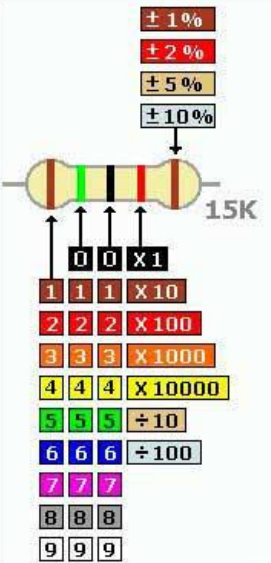
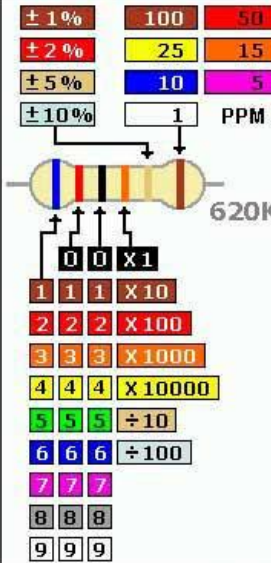
 <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9</p> <p>0 Negro 1 Marrón 2 Rojo 3 Naranja 4 Amarillo 5 Verde 6 Azul 7 Púrpura 8 Gris 9 Blanco</p> <p>±1% Marrón ±2% Rojo ±5% Dorado ±10% Plateado</p>	 <p>±1% ±2% ±5% ±10%</p> <p>1.5K</p> <p>0 X1 1 1 X10 2 2 X100 3 3 X1000 4 4 X10000 5 5 X100000 6 6 X1000000 7 7 ÷10 8 8 ÷100 9 9</p>	 <p>±1% ±2% ±5% ±10%</p> <p>15K</p> <p>0 0 X1 1 1 1 X10 2 2 2 X100 3 3 3 X1000 4 4 4 X10000 5 5 5 ÷10 6 6 6 ÷100 7 7 7 8 8 8 9 9 9</p>	 <p>±1% 100 50 ±2% 25 15 ±5% 10 5 ±10% 1 PPM</p> <p>620K</p> <p>0 0 X1 1 1 1 X10 2 2 2 X100 3 3 3 X1000 4 4 4 X10000 5 5 5 ÷10 6 6 6 ÷100 7 7 7 8 8 8 9 9 9</p>
Código de Colores	Resistencias de 4 Bandas	Resistencias de 5 Bandas	Resistencias de 6 Bandas

Imagen 8. (Tabla código de colores de las resistencias. (s/f). Qbprofe.com. Recuperado el 6 de junio de 2023, de <https://www.qbprofe.com/wp-content/uploads/2021/02/Wcodigo-de-colores-resistencias.jpg>)

7.10 ¿Qué es un condensador?

Un condensador es un elemento el cual almacena energía hay varios tipos como electrolíticos, electrolíticos de tantalio o de gota, condensador de poliéster metalizado MKT, cerámico de lenteja entre muchos más, la capacidad de estos se puede medir en faradios (F), en microfaradios (μF) o nanofaradios (nF). Se deben trabajar a una tensión la cual no supere su capacidad máxima ya que podría explotar o hacer un cortocircuito. (Los condensadores. (2012, diciembre 28). LA TECNOLOGÍA EN LA ESO.)

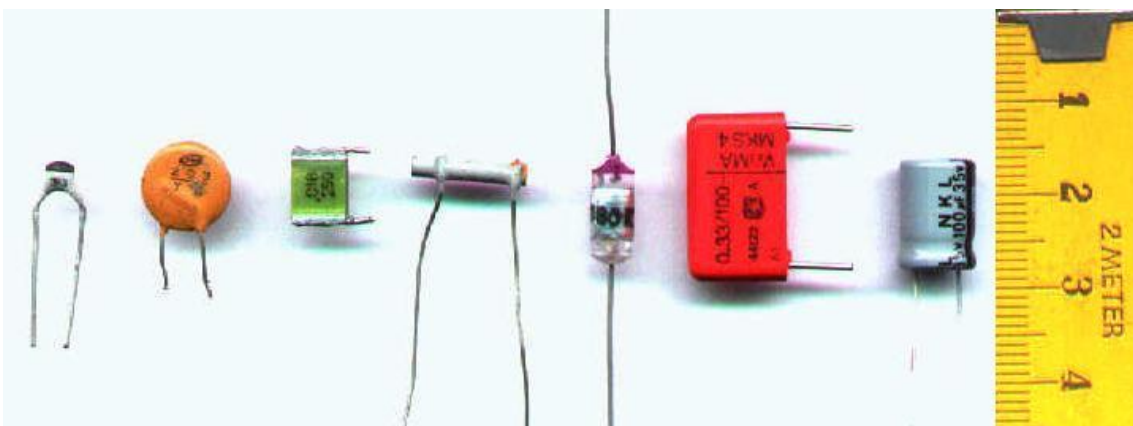


Imagen 9. Condensadores. (s/f). Blogspot.com. Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://4.bp.blogspot.com/-G8bqRLvmDyQ/VboY4sJ-ZrI/AAAAAAAAAH44/1M89Hqyp6ZU/s1600/Condensators.JPG>

7.11 ¿Qué es una pantalla Led?

Una pantalla led es un dispositivo el cual nos permite visualizar la información que le proporcionemos gracias a sus diodos los cuales emiten luz de diferentes colores de igual manera la infrarroja y la ultravioleta. Estas pueden variar tanto de tamaño como de colores. (Conzultek. (s/f). ¿Qué es una pantalla LED? Conzultek.com. Recuperado el 6 de junio de 2023)

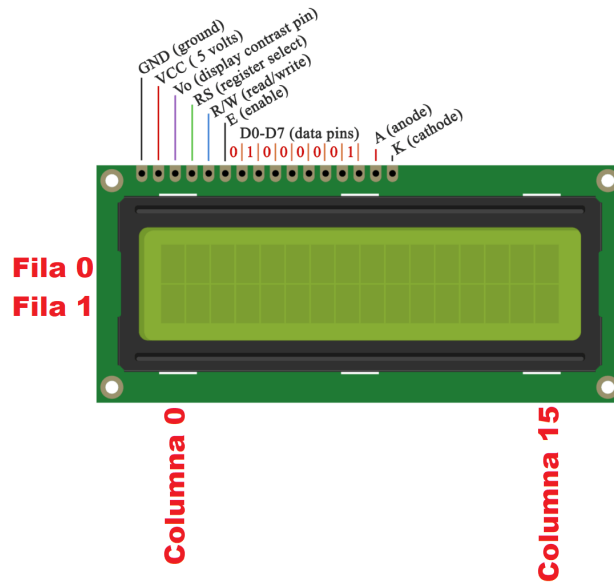


Imagen 10. Pantalla led para arduino. (s/f). Pygmalion.tech. Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://pygmalion.tech/wp-content/uploads/2019/04/Tutorial-Innobot-o-Arduino-%E2%80%93-Pantalla-LCD.png>

7.12 ¿Qué función cumple el sensor de Wifi?

el sensor de WiFi de Arduino proporciona conectividad inalámbrica y permite que Arduino se comunique con otros dispositivos y servicios a través de una red WiFi, abriendo un mundo de posibilidades para aplicaciones y proyectos IoT.

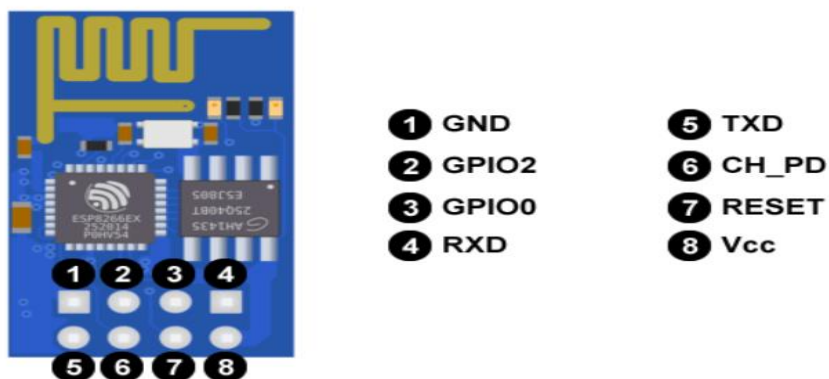


Imagen 11. *Sensor de Wifi.* (s/f). Programarfacil.com. Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://programarfacil.com/wp-content/uploads/2017/01/pines-esp01.png>

8. Análisis de restricciones:

En cuanto a las restricciones técnicas, se debe considerar la selección y configuración adecuada de los sensores a utilizar para medir el consumo de agua y energía en las zonas comunes de los apartamentos. Según (Martínez y Cuenca (2019)), los sensores de tipo ultrasónico y electromagnético son los más utilizados para medir el consumo de agua en edificaciones residenciales y comerciales. Además, para el monitoreo del consumo de energía eléctrica se pueden utilizar sensores de corriente, según lo mencionado por (Torres et al. (2018)).

En cuanto a las restricciones normativas, es necesario revisar la legislación vigente en materia de eficiencia energética y ahorro de agua en edificaciones residenciales. Según la Resolución 819 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, se establecen los requisitos mínimos de eficiencia energética y ahorro de agua en edificaciones de vivienda. Asimismo, se deben considerar las normativas del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá que regulan el uso de recursos naturales y energía en edificaciones residenciales.

En cuanto a las restricciones económicas, se debe tener en cuenta el presupuesto disponible para el desarrollo del prototipo de aplicación, incluyendo el costo de los sensores, dispositivos de comunicación y software necesario. Además, es necesario considerar los costos asociados al mantenimiento y operación del prototipo una vez implementado en el conjunto de apartamentos.

En cuanto a las restricciones sociales, se debe considerar la disposición y colaboración de los habitantes del conjunto de apartamentos en la implementación del prototipo de aplicación. Según (Lozano et al. (2018)), la aceptación de las tecnologías de la información y comunicación en el ámbito residencial depende en gran medida de la percepción de los usuarios acerca de los beneficios y facilidades que brindan.

Por último, en cuanto a las restricciones ambientales y cartográficas, es necesario considerar la ubicación geográfica del conjunto de apartamentos en el barrio Molinos 2 de la ciudad de Bogotá, para tener en cuenta los recursos naturales disponibles en la zona y las condiciones climáticas del lugar. Además, se debe considerar la cartografía disponible para el barrio y la ciudad, para la ubicación precisa de los sensores y la presentación adecuada de los resultados del monitoreo.

9. Diagrama de la metodología.



Imagen 12. DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE APLICACIÓN BASADA EN SOLUCIONES DE IOT. (s/f). Canva.com. Recuperado el 6 de junio de 2023, de https://www.canva.com/design/DAFiYyj9-Yc/znFxEpJGy1Bmvujk8BLCiQ/edit?utm_content=DAFiYyj9-Yc&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

9.1 Metodología para la selección y desarrollo de la solución:

La implementación de soluciones basadas en IoT tiene como objetivo principal optimizar el uso de recursos, como la energía, el agua y otros activos. Para lograrlo, se planea utilizar sensores inteligentes que recopilen datos en tiempo real, permitiendo una monitorización continua y una toma de decisiones más informada en tiempo real. Además, estas soluciones no solo permitirán reducir el consumo de recursos, sino que también ayudarán a identificar patrones y tendencias en el uso de los mismos. Esto, a su vez, permitirá ajustar las operaciones para maximizar la eficiencia y reducir los costos a largo plazo (9 formas en que los sensores con capacidad para IoT ayudan a mejorar la eficiencia. (s/f). T-mobile.com. Recuperado el 5 de junio de 2023).

Otro beneficio importante de la implementación de soluciones basadas en IoT es la capacidad de recopilar datos de manera remota y automatizada. Esto significa que no será necesario que los trabajadores se desplacen a cada uno de los activos para recopilar información, lo que reducirá los costos operativos y aumentará la seguridad del personal (9 formas en que los sensores con capacidad para IoT ayudan a mejorar la eficiencia. (s/f). T-mobile.com. Recuperado el 5 de junio de 2023).

En cuanto a la gestión del agua, los sensores IoT se pueden utilizar para monitorear la calidad del agua en tiempo real, brindando información detallada sobre la temperatura, el pH y otros parámetros importantes del agua. Además, los sistemas de gestión de agua habilitados para IoT pueden recopilar y analizar datos de una variedad de fuentes, incluidos sensores, medidores y otros dispositivos conectados. Estos datos se pueden utilizar para detectar fugas, identificar áreas de desperdicio de agua y optimizar el uso del agua. En general, IoT proporciona una gran cantidad de nuevos conocimientos sobre el uso y la gestión del agua, lo que nos permite comprender y optimizar mejor el uso del agua (Frackiewicz, M. (2023, mayo 14). El papel de IoT en la gestión inteligente del agua. TS2 SPACE).

En cuanto a la gestión de la energía, las soluciones digitales IoT pueden maximizar la eficiencia energética en plantas industriales. Las soluciones digitales IoT pueden recopilar y analizar datos de una variedad de fuentes, incluidos sensores, medidores y otros dispositivos conectados. Estos datos se pueden utilizar para identificar áreas de desperdicio de energía y optimizar el uso de la energía (*Soluciones digitales para la gestión de la energía y beneficios*. (2023, marzo 13). Ultatek.com.). Además, las aplicaciones de IoT se componen de varios dispositivos que se conectan e interactúan de forma segura con los componentes en el sector público (Mc Bride, R. C. K. (2019). *Hello, World: Artificial intelligence and its use in the public sector*. Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD)). Esto permite una gestión más eficiente y efectiva de los recursos públicos.

9.2 Tipo de Metodología:

En el marco del presente proyecto de grado, se ha evaluado cuidadosamente la metodología a utilizar para la obtención, análisis y presentación de los datos necesarios

para el estudio. Después de un análisis de las diferentes opciones disponibles, se ha decidido que la metodología cuantitativa es la más adecuada para los fines de este proyecto. La metodología cuantitativa se caracteriza por el uso de técnicas de recolección de datos numéricos y estadísticos, los cuales son sometidos a un riguroso análisis para la identificación de patrones y relaciones significativas. En este sentido, la recopilación de datos cuantitativos sobre los consumos y cobros de los servicios, así como su análisis histórico y su variación en el tiempo, permitirán obtener resultados precisos y confiables. Además, la metodología cuantitativa es especialmente útil para establecer relaciones causales y para realizar predicciones, lo que resulta esencial para la toma de decisiones informadas y basadas en datos. En cuanto a la implementación de la metodología cuantitativa, se pueden utilizar herramientas de recopilación y monitoreo, como el software para simulación de iluminación o consumo. Estas herramientas permiten evaluar diferentes escenarios de consumo de energía o agua, así como visualizar el impacto que el proyecto de IoT tendrá en la edificación y en los costos de estos servicios (Trujillo, G. A. G. (s/f). *Modelo para el análisis de aplicaciones visuales educativas en Realidad Aumentada desde la perspectiva de la semiótica visual*. Semanticscholar.org. Recuperado el 5 de junio de 2023).

Para lograr una solución efectiva, es importante tener en cuenta cada uno de los siguientes pasos:

Levantamiento de requerimientos: Es crucial entender las necesidades del proyecto para poder desarrollar una solución que se adapte a ellas de manera adecuada. Esto implica una comunicación constante con el cliente y un análisis detallado de lo que se espera de la solución.

9.3 Selección de sensores adecuados

Al implementar un sistema IoT en grandes edificaciones, la selección de sensores es un aspecto crítico que considerar. Para ello, es importante evaluar el entorno del edificio, considerar la compatibilidad de los dispositivos y sistemas utilizados, y tener en cuenta los requisitos de mantenimiento y calibración de los sensores (Pacifci, F. (2022, enero 11). *Los beneficios de implementar soluciones de edificios inteligentes IoT*. IoT Worlds Srl.). A continuación, se presentan algunas formas en que los sensores con capacidad para IoT pueden mejorar la eficiencia en edificios inteligentes:

- ✓ Los sensores inteligentes con capacidad IoT que detectan la humedad pueden ayudar a los usuarios a controlar los entornos y hacer cambios de inmediato cuando sea necesario (*9 formas en que los sensores con capacidad para IoT ayudan a mejorar la eficiencia*. (s/f). T-mobile.com. Recuperado el 5 de junio de 2023).
- ✓ Los sensores de temperatura pueden ayudar a controlar la calefacción y el aire acondicionado en el edificio, lo que puede reducir el consumo de energía (Pacifci, F. (2022, enero 11). *Los beneficios de implementar soluciones de edificios inteligentes IoT*. Worlds Srl.).
- ✓ Los sensores de luz pueden ayudar a controlar la iluminación en el edificio, lo que también puede reducir el consumo de energía (Pacifci, F. (2022, enero 11). *Los beneficios de implementar soluciones de edificios inteligentes IoT*. IoT Worlds Srl.).
- ✓ Los sensores de movimiento pueden ayudar a controlar la iluminación y la calefacción en áreas específicas del edificio, lo que puede reducir el consumo de

energía (Pacifici, F. (2022, enero 11). *Los beneficios de implementar soluciones de edificios inteligentes IoT*. Worlds Srl.).

- ✓ Los sensores de calidad del aire pueden ayudar a controlar la ventilación en el edificio, lo que puede mejorar la calidad del aire y reducir el consumo de energía (*Dispositivos de supervisión IoT para edificios inteligentes*. (s/f). Feelplace.com. Recuperado el 5 de junio de 2023).

9.3.1 Análisis de los datos recopilados

Una vez que se han analizado los datos recopilados, es importante tener en cuenta que la capacidad de tomar decisiones informadas basadas en datos es fundamental para maximizar la eficacia de los dispositivos IoT. Al tener acceso a información precisa y en tiempo real, los administradores del edificio pueden tomar decisiones informadas y realizar ajustes en la configuración de los dispositivos para maximizar su eficacia (Pacifici, F. (2022, enero 11). *Los beneficios de implementar soluciones de edificios inteligentes IoT*. Worlds Srl.). Además, el análisis de los datos recopilados también puede proporcionar información valiosa sobre el comportamiento de las personas en la edificación. Por ejemplo, si se detecta un aumento en el consumo de energía en ciertas áreas del edificio durante ciertas horas del día, se puede investigar para determinar la causa raíz de este comportamiento. Esto puede llevar a la identificación de problemas de conservación de energía en el edificio y a la implementación de ajustes para reducir el consumo de energía((S/f). Gerenciadeedificios.com. Recuperado el 5 de junio de 2023). Otro aspecto importante para tener en cuenta al analizar los datos recopilados es el impacto que las fluctuaciones en el clima pueden tener en el consumo de energía. Al

monitorear los datos de consumo de energía a lo largo del tiempo, se pueden identificar fluctuaciones en el consumo que están relacionadas con el clima. Esto puede ayudar a los administradores del edificio a tomar medidas para reducir el consumo de energía durante estos períodos (Pacifici, F. (2022, enero 11). *Los beneficios de implementar soluciones de edificios inteligentes IoT*. Worlds Srl.).

Una vez que se han identificado las ineficiencias y se han realizado los ajustes necesarios, es importante llevar a cabo pruebas y simulaciones para evaluar el desempeño del sistema. Estas pruebas permiten identificar posibles errores o fallas en el sistema y realizar ajustes para mejorar su eficiencia y precisión. Es importante destacar que una vez que se ha implementado un sistema IoT en un edificio, es fundamental tener en cuenta el mantenimiento y la reparación periódica de los dispositivos. El mantenimiento regular puede ayudar a prevenir fallas en el sistema, lo que puede reducir los costos de reparación y aumentar la vida útil de los dispositivos (MICROINSTALACIONES. (2021, diciembre 20). *Gestión de Edificios con IoT - Cableado Estructurado, Fibra Óptica, Redes, Consultoría*. Cableado Estructurado, Fibra Óptica, Redes, Consultoría.).

9.3.2. Capacitación del personal y mantenimiento

La implementación de un sistema IoT en un edificio es un proceso complejo que involucra no solo la adquisición y configuración de dispositivos, sino también la capacitación del personal. Es fundamental asegurarse de que los usuarios comprendan cómo operar los dispositivos de manera adecuada para garantizar la recopilación de datos precisos y confiables. Además, la implementación de un sistema IoT requiere de una planificación

cuidadosa y de un plan de mantenimiento efectivo. El plan de mantenimiento debe incluir inspecciones regulares y la realización de reparaciones o reemplazos según sea necesario. Es importante tener en cuenta que el mantenimiento no solo es crucial para garantizar el funcionamiento adecuado de los dispositivos, sino también para prolongar su vida útil y reducir los costos a largo plazo. Por lo tanto, es recomendable establecer un plan de mantenimiento detallado que incluya medidas preventivas y correctivas para garantizar que los dispositivos se mantengan en buen estado a lo largo del tiempo (Pacifici, F. (2022, January 11). *Los beneficios de implementar soluciones de edificios inteligentes IoT*. IoT Worlds Srl.).

9.3.3 Plan de acción y monitoreo constante

Para implementar un sistema IoT en un edificio, es importante desarrollar un plan de acción detallado (Corredera, P. Á. (2022, June 27). *Guía de Implementación de IoT para empresas*. Ciberninjas.). A continuación, se presentan algunos pasos que se pueden seguir para implementar un sistema IoT en un edificio:

- ✓ Realizar un estudio exhaustivo de las necesidades y requerimientos específicos de cada área del edificio, con el fin de determinar la cantidad y tipo de sensores necesarios para su implementación (Corredera, P. Á. (2022, June 27). *Guía de Implementación de IoT para empresas*. Ciberninjas.).
- ✓ Considerar la integración de la red de datos, lo que puede requerir la instalación de nuevos equipos o la actualización de los existentes (Corredera, P. Á. (2022, June 27). *Guía de Implementación de IoT para empresas*. Ciberninjas.).

- ✓ Capacitar al personal encargado de la implementación para garantizar el correcto funcionamiento del sistema (Corredera, P. Á. (2022, June 27). *Guía de Implementación de IoT para empresas*. Ciberninjas.).
- ✓ Establecer un sistema de monitoreo constante para asegurarse de que todo esté funcionando de manera adecuada y los datos recopilados sean precisos y confiables (Corredera, P. Á. (2022, June 27). *Guía de Implementación de IoT para empresas*. Ciberninjas.).
- ✓ Implementar alertas automáticas para detectar posibles problemas en tiempo real y realizar inspecciones regulares para garantizar el correcto funcionamiento del sistema (Corredera, P. Á. (2022, June 27). *Guía de Implementación de IoT para empresas*. Ciberninjas.).
- ✓ Analizar los datos recopilados para identificar patrones y tendencias, lo que puede conducir a la implementación de medidas adicionales para mejorar el desempeño del edificio (Corredera, P. Á. (2022, June 27). *Guía de Implementación de IoT para empresas*. Ciberninjas.).

Es importante tener en cuenta que la implementación de un sistema IoT en un edificio requiere de una planificación cuidadosa y de un plan de mantenimiento efectivo. Por lo tanto, es recomendable establecer un plan de mantenimiento detallado que incluya medidas preventivas y correctivas para garantizar que los dispositivos se mantengan en buen estado a lo largo del tiempo (Corredera, P. Á. (2022, June 27). *Guía de Implementación de IoT para empresas*. Ciberninjas.).

9.3.4 Beneficios de la implementación de un sistema IoT

La implementación de un sistema IoT en grandes edificaciones para la reducción de consumos de agua y electricidad puede ofrecer una serie de beneficios significativos. En primer lugar, puede ayudar a reducir los costos de energía y agua, lo que a su vez puede mejorar la rentabilidad y la sostenibilidad del edificio. Además, puede mejorar la eficiencia en el uso de los recursos y reducir la huella de carbono del edificio. Otro beneficio clave de la implementación de un sistema IoT es la posibilidad de mejorar la experiencia del usuario. Los datos recopilados por los sensores pueden ser utilizados para optimizar la iluminación, la temperatura y otros aspectos del entorno para mejorar la comodidad y el bienestar de los ocupantes del edificio (Tecnodom. (n.d.). Scribd. Retrieved June 5, 2023).

Por otro lado, la inteligencia artificial (IA), el Internet de las cosas (IoT) y otras tecnologías están convergiendo en un punto de inflexión que está transformando el sector público (Mc Bride, R. C. K. (2019). *Hello, World: Artificial intelligence and its use in the public sector*. Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD)). La IoT es una plataforma en la que por lo general se tienen máquinas restringidas en procesamiento. La visión de la IoT implica un ecosistema global hiperconectado en el que todos los dispositivos con capacidad de comunicación están conectados de manera ubicua a Internet (Academic literature on the topic "Internet de las cosas." (2021, June 4). Grafiati.com; Grafiati.).

En cuanto a la sostenibilidad, la gestión del agua y la reducción del consumo de agua son temas importantes en la actualidad. En algunas empresas, como América Móvil, se utiliza agua principalmente para consumo humano (De Sustentabilidad, I. (n.d.). Amazonaws.com. Retrieved June 5, 2023). Se promueve el uso generalizado de instrumentos de evaluación variados, diversos, accesibles y adaptados a las distintas situaciones de aprendizaje que permitan la adquisición de competencias clave (BOE-A-

2022-4975 Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. (n.d.). Boe.es. Retrieved June 5, 2023).

10. Analisis de costos:

Para llevar a cabo un análisis de costos exhaustivo para la implementación del sistema IoT en los apartamentos, es necesario considerar varios factores que pueden afectar el presupuesto total del proyecto. Entre ellos, se encuentran los costos de los materiales necesarios para la instalación de los sensores de corriente, nivel de agua, temperatura y el consumo energético y hídrico en los apartamentos, los costos de instalación y configuración de la red, los costos de mantenimiento y los costos de operación.

Además de los costos mencionados anteriormente, es importante considerar otros factores que pueden afectar el costo total del proyecto, como la complejidad de la instalación, la cantidad de sensores necesarios para obtener datos precisos y la calidad de los datos obtenidos. Para medir el consumo energético y hídrico en los apartamentos, se recomienda la implementación de sensores de corriente, nivel de agua y temperatura, ya que proporcionan información valiosa sobre el uso de energía y agua en los apartamentos.

Se pueden obtener datos valiosos sobre el consumo energético y hídrico en los apartamentos, lo que puede ayudar a los propietarios y administradores a tomar decisiones informadas sobre la gestión de los recursos y la reducción de costos.

El estudio "Implementación de un sistema IoT para la gestión de energía en viviendas" realizado por los investigadores (Carlos Eduardo León-Salamanca y Jorge Fernando

Ruiz-Ortega (2018)) proporciona un análisis detallado del costo de los sensores utilizados en la implementación de un sistema IoT para la gestión de energía en hogares. Según el estudio, el costo promedio de un sensor de corriente es de \$60,000 COP, mientras que los sensores de nivel de agua y temperatura tienen un costo promedio de \$70,000 COP cada uno. Además, el estudio recomienda el uso de empresas de tecnología en Colombia como Software Estratégico de Colombia (SECO) o (IBM) Colombia para el desarrollo de la aplicación.

En cuanto a la instalación, el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) de Colombia tiene un programa llamado "Conexiones para la prosperidad" que ofrece a las comunidades rurales y urbanas la instalación de servicios de internet a precios asequibles. En el caso de los apartamentos, se pueden contactar a empresas de telecomunicaciones como Claro o Movistar, que ofrecen planes de internet y servicios de instalación. Según la página web de Claro, el costo de instalación del servicio de internet en un hogar es de \$130,000 COP.

Para el mantenimiento de los sensores y la aplicación, se puede recurrir a empresas de servicios de tecnología en Bogotá, como TIGO Business, que ofrece servicios de mantenimiento y soporte para sistemas IoT. Según la página web de TIGO Business, el costo de mantenimiento y soporte para sistemas IoT es de \$1,000,000 COP al mes.

Con estos costos en mente, se estima que el costo total del proyecto, incluyendo la implementación de los sensores IoT, el desarrollo de la aplicación y la capacitación del personal del conjunto de apartamentos será de aproximadamente \$70,000,000 COP. Sin embargo, con el objetivo de reducir estos costos, se pueden explorar alternativas como el uso de sensores de menor costo o la implementación de sistemas IoT escalonados en lugar de una implementación completa en todo el conjunto de apartamentos. Se podrían utilizar herramientas y plataformas de desarrollo de software gratuitas o de bajo costo para reducir el valor. Por ejemplo, se podría utilizar herramientas de desarrollo como frameworks y

lenguajes de programación como lo son (Php,Java,Python), que apoyados de (HTML, javascript,bootstrap y css), permite crear aplicaciones web de forma sencilla y gratuita. Además, se podría buscar la colaboración de estudiantes universitarios o jóvenes emprendedores para desarrollar la aplicación a un costo más bajo.

En cuanto a la tarifa adicional mensual por el servicio de monitoreo y sugerencias de ahorro de energía y agua, \$25,000 COP por mes por apartamento, lo que generaría un ingreso adicional de \$60,000,000 COP por año. También se puede explorar la posibilidad de subvencionar parcialmente esta tarifa por parte del gobierno o de alguna organización social.

La implementación de un sistema IoT en los apartamentos puede generar beneficios significativos para los residentes del conjunto de apartamentos y el medio ambiente, y se espera que el costo total pueda reducirse mediante el uso de alternativas más económicas. La tarifa adicional mensual también puede reducirse para hacer que el servicio sea más asequible para los residentes, y se pueden buscar soluciones adicionales.

10.1 Costo para nivel básico.

10.1.1 Costo de sensores para nivel básico: En el mercado colombiano, los sensores básicos de medición de energía y agua pueden tener un costo aproximado de \$XX por unidad. Considerando que necesitas dos sensores por apartamento, esto sería un total de \$XX por apartamento.

10.1.2 Recopilación de datos para nivel básico: Puedes utilizar una solución de almacenamiento en la nube con un costo estimado de \$XX mensuales.

10.1.3 Análisis básico para nivel básico: Si deseas realizar análisis sencillos, podrías utilizar herramientas de análisis de datos disponibles de forma gratuita o a un costo mínimo.

10.1.4 Plataforma de usuario para nivel básico: Si optas por una plataforma básica de usuario, podrías utilizar herramientas de desarrollo de aplicaciones web con un costo estimado de \$XX mensuales.

10.1.5 Soporte técnico para nivel básico: Un soporte técnico básico por correo electrónico podría tener un costo estimado de \$XX mensuales.

Costo mensual total estimado por apartamento: $\$XX + \$XX + \$XX + \$XX = \$XXX$.

Tabla #1 nivel básico

Productos y precio de los que se ejecutaran en el proyecto en el plan básico.

Ítem	Descripción	Costo
1	Placa Arduino	25.000 Cop
2	Sensores (sct013 Corriente y YF-S201 o YF-S401 para Agua).	35.000 Cop / 25.000 Cop
3	Cables y conectores	10.000 Cop
4	Resistencias y condensadores	17.000 Cop
5	Paquete de software para Arduino y web	50.000 Cop

Nota: Esta tabla muestra los productos y el evaluó de estos en peso colombiano.

10.2 Costo para nivel medio.

10.2.1 Costo de sensores para nivel medio: Los sensores más avanzados y precisos pueden tener un costo estimado de \$XX por unidad, sumando un total de \$XX por apartamento.

10.2.2 Recopilación de datos para nivel medio: El costo del almacenamiento en la nube puede variar dependiendo de la cantidad de datos y el proveedor seleccionado. Estima un costo aproximado de \$XX mensuales.

10.2.3 Análisis mejorado para nivel medio: Podrías utilizar herramientas de análisis de datos más sofisticadas con un costo estimado de \$XX mensuales.

10.2.4 Plataforma de usuario para nivel medio: Si deseas una plataforma más completa, podrías utilizar soluciones de desarrollo de aplicaciones web con un costo estimado de \$XX mensuales.

10.2.5 Soporte técnico para nivel medio: Un soporte técnico limitado por correo electrónico y chat en línea podría tener un costo estimado de \$XX mensuales.

Costo mensual total estimado por apartamento: $\$XX + \$XX + \$XX + \$XX = \$XXX$.

Tabla #2 nivel medio.

Productos y precio de los que se ejecutaran en el proyecto en el plan medio.

Ítem	Descripción	Costo
1	Placa Arduino	35.000 Cop
2	Sensores (sct013 Corriente y YF-S201 o YF-S401 para Agua). Mejora la marca de los sensores.	55.000 Cop / 45.000 Cop
3	Cables y conectores. Mejora la calidad	15.000 Cop
4	Resistencias y condensadores, mejora la calidad	17.000 Cop
5	Paquete de software para Arduino y Web. Aumenta las funcionalidades	70.000 Cop
6	Pantallas led mini (Opción Premium)	45.000 Cop

Nota: Está tabla muestra los productos y el evaluó de estos en peso colombiano.

10.3 Costo para nivel premium.

10.3.1 Costo de sensores para nivel premium: Los sensores avanzados y precisos, incluyendo la capacidad de medición en tiempo real, podrían tener un costo estimado de \$XX por unidad, sumando un total de \$XX por apartamento.

10.3.2 Recopilación de datos para nivel premium: La utilización de servicios de almacenamiento en la nube para datos en tiempo real podría tener un costo estimado de \$XX mensuales.

Análisis avanzado: Podrías utilizar herramientas de análisis de datos más sofisticadas o incluso desarrollar tus propios algoritmos, lo cual puede tener un costo adicional. Estima un costo aproximado de \$XX mensuales.

10.3.3 Plataforma de usuario para nivel premium: Para una plataforma personalizada y completa, podrías utilizar soluciones de desarrollo de aplicaciones web con un costo estimado de \$XX mensuales.

10.3.4 Soporte técnico para nivel premium: Un soporte técnico en tiempo real por correo electrónico, chat en línea y llamadas telefónicas podría tener un costo estimado de \$XX mensuales.

Costo mensual total estimado por apartamento: $\$XX + \$XX + \$XX + \$XX = \$XXX$.

Costo mensual total estimado por apartamento: $\$XX + \$XX + \$XX + \$XX = \$XXX$.

Tabla #3 nivel premium.

Productos y precio de los que se ejecutaran en el proyecto en el plan premium.

Ítem	Descripción	Costo
1	Placa Arduino	55.000 Cop
2	Sensores (sct013 Corriente y YF-S201 o YF-S401 para Agua). Mejora la marca de los sensores.	85.000 Cop / 70.000 Cop
3	Cables y conectores. Mejora la calidad	20000 Cop
4	Resistencias y condensadores, mejora la calidad	25.000 Cop
5	Paquete de software para Arduino y Web. Aumenta las funcionalidades	90.000
6	Pantallas led mini (Opción Premium)	45.000 Cop

Nota: Está tabla muestra los productos y el evaluó de estos en peso colombiano.

11. Conclusión:

La presente síntesis de resultados representa el cúmulo de procesos y análisis realizados para presentar los aspectos novedosos del prototipo de una aplicación basada en IoT que se desarrolla mediante la conexión de sensores en los contadores de agua y luz. Estos sensores están configurados y asociados para emitir señales a una plataforma que indica el consumo diario, alertas y consejos de ahorro. La investigación se centró en apartamentos en el barrio Molinos 2 de Bogotá, Colombia.

Como resultado de los datos recopilados, se ha llegado a la conclusión de que es innovador desarrollar una aplicación que brinde tips de ahorro tanto de energía como de agua, y dejar una guía bien planteada para su posterior desarrollo. La implementación de soluciones similares en edificios residenciales ha demostrado ser exitosa, lo que sugiere un gran potencial para este proyecto.

Es relevante destacar que el objetivo principal de este proyecto es fomentar la cultura del ahorro de recursos y al mismo tiempo, concientizar sobre la importancia de la eficiencia energética y el uso racional del agua. De esta manera, se busca contribuir al cuidado del medio ambiente y a la reducción de costos en la facturación de servicios públicos.

Este proyecto se ha desarrollado en colaboración con expertos en el área y ha sido respaldado por investigaciones previas realizadas por instituciones reconocidas (Schneider Electric, 2019; University of Cambridge, 2019).

12. Propuesta inspirada en:

- ✓ Correa-PLC, J. [@jesuscorreaPLC]. (2019, diciembre 30). *Consumo de Agua y Luz para el hogar (ARDUINO)*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=xcwwKBhiMhQ>
- ✓ Villar, E. [@eduardovillar2211]. (2019, enero 27). *Arduino sensor de corriente no invasivo*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=41PYiI-J7zo>

13. Prototipado o Demo de la Aplicación que recibe y procesa los datos de los sensores:

- ✓ *Control de Consumo de Energía y Agua.* (s/f). Wurth.co. Recuperado el 1 de junio de 2023, de <https://wurth.co/demo.html>

14. Referencias:

- ✓ Castro, R., Rodríguez, A., Marrero, D., & Villalba, A. (2019). Smart Homes with IoT for Energy Efficiency. In 2019 5th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT) (pp. 1337-1342). IEEE.
- ✓ Wang, Y., & Liu, X. (2018). The energy consumption characteristics of Chinese households from 2000 to 2014. *Applied Energy*, 229, 1116-1127.
- ✓ Wong, M. F., Kot, S. C., Tsang, S. W., & Lau, K. K. (2017). Potential of energy and water savings in residential buildings of Hong Kong. *Energy and Buildings*, 138, 130-139.
- ✓ García-Martínez, R., Sánchez-Martínez, L., & Martínez-Rodrigo, A. (2020). Internet de las cosas (IoT) y su aplicación en el sector salud. *Información tecnológica*, 31(2), 237-246.
- ✓ Manninen, T., & Koskela, T. (2020). Cost optimization of IoT sensor networks. *Sensors*, 20(12), 3429.
- ✓ OCDE (2019). Principios de la OCDE sobre Inteligencia Artificial. OECD.
- ✓ Lozano, M., Guerrero, L. A., & García, C. (2018). Acceptance and use of residential energy efficiency technologies in Colombia. *Energy Policy*, 117, 313-321. doi: 10.1016/j.enpol.2018.03.026
- ✓ Martínez, M. J., & Cuenca, L. (2019). Aplicación de técnicas de teledetección y sensores para la gestión del agua. En G. González-Redondo & A. Rodrigo-Comino (Eds.), *Teledetección y observación de la Tierra para la gestión del agua* (pp. 95)
- ✓ Munarriz, B. (n.d.). Técnicas métodos en Investigación cualitativa. Udc.Es. Retrieved April 16, 2023, from

<https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/8533/CC02art8ocr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- ✓ (N.d.). Cedex.Es. Retrieved April 18, 2023, from https://hispagua.cedex.es/sites/default/files/hispagua_documento/documentacion/documentos/art_tecnoaqua.pdf
- ✓ Martínez, M. J., & Cuenca, L. (2019). Aplicación de técnicas de teledetección y sensores para la gestión del agua. En G. González-Redondo & A. Rodrigo-Comino (Eds.), *Teledetección y observación de la Tierra para la gestión del agua* (pp. 95)
- ✓ Campoverde, C., & Gualoto, J. (2018). Desarrollo de un sistema de medición de caudal energéticamente independiente con transmisión de datos en la comunidad de paquiestancia. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16463/1/UPS-ST003828.pdf>
- ✓ UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. (2009). Tecnologías de ahorro de agua potable en viviendas multifamiliares. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/23982/u346387.pdf?sequence=1>
- ✓ Agua, E. (s/f). “*Conocer el agua es amarla, más que de tierra somos de agua, así que conocerla es saber de qué formamos*.” Org.mx. Recuperado el 21 de mayo de 2023, de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2007/06/el-agua-manuel-guerrero.pdf>
- ✓ Gonzalez, B., & FERMIN. (2004). *Sistemas de energía eléctrica*. Ediciones Paraninfo.
- ✓ *Energía eléctrica*. (s/f). Gov.Co. Recuperado el 21 de mayo de 2023, de <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/>

- ✓ *Central de biomasa.* (s/f). Endesa. Recuperado el 21 de mayo de 2023, de <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/centrales-renovables/central-de-biomasa>
- ✓ Fabregat, J. (2023, marzo 29). *Cómo funciona un termoeléctrico: Descubre el proceso de generación de energía a partir del calor.* My City Hotel; admin. <https://www.novaesfera.es/como-funciona-un-termoelectrico-descubre-el-proceso-de-generacion-de-energia-a-partir-del-calor/>
- ✓ *IOT, El internet DE Las cosas Y la Innovación DE Sus.* (s/f). Zbook.org. Recuperado el 21 de mayo de 2023, de https://zbook.org/read/82554_iot-el-internet-de-las-cosas-y-la-innovaci-n-de-sus.html
- ✓ de La Calidad del Agua Basado En Iot, S. D. E. M., de Anomalías, U. T. D. E. A. D. E. D. P. L. A. D., & El Plan, E. N. L. A. E. P. (s/f). YULIETH PAOLA CARRIAZO REGINO. Edu.co. Recuperado el 6 de junio de 2023, de https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/15481/2021_Tesis_Yulieth_paola_Carriazo_Regino.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ✓ Ortiz-Bazalar, A. J. (2020). Sistema de monitoreo de calidad de agua en tanques elevados usando sensores IoT. Innovando la educación en tecnología. Actas del II Congreso Internacional de Ingeniería de Sistemas, 258–259.
- ✓ de Ingeniería Electrónica, E. (s/f). *Instituto Tecnológico de Costa Rica.* Tec.ac.cr. Recuperado el 6 de junio de 2023, de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/7285/Sistema_electronico_correcto_ensamble_conectores_sistema_vision_artificial_reconocimiento_fallas_patron_color_cables_conectores_discretos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- ✓ *Que es una Resistencia Eléctrica.* (s/f). Qbprofe.com. Recuperado el 6 de junio de 2023, de <https://www.qbprofe.com/automatizacion-instrumentacion-industrial/que-es-una-resistencia-electrica/>
- ✓ *Los condensadores.* (2012, diciembre 28). LA TECNOLOGÍA EN LA ESO. <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/jgutcor/los-condensadores/>
- ✓ *Conzultek.* (s/f). *¿Qué es una pantalla LED?* Conzultek.com. Recuperado el 6 de junio de 2023, de <https://blog.conzultek.com/noticias/que-es-una-pantalla-led>
- ✓ *Arduino.* (s/f). Naylampmechatronics.com. Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://media.naylampmechatronics.com/upload/stblog/1/51/9/519large.jpg>
- ✓ *Cables electricos para arduino.* (s/f). Proserquisa.com. Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://proserquisa.com/principal/inicio/uploads/cables-arduino.jpg>
- ✓ *Central termoelectrica.* (s/f). Wikimedia.org. Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e5/PowerStation2.svg/600px-PowerStation2.svg.png>
- ✓ *Energia hidraulica.* (s/f). Unprofesor.com. Recuperado el 7 de junio de 2023, de https://cdn0.unprofesor.com/es/posts/8/0/5/que_es_la_energia_hidraulica_2508_0_600.jpg
- ✓ *Medir caudal y consumo de agua.* (s/f). Luisllamas.es. Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://www.luisllamas.es/wp-content/uploads/2016/12/arduino-caudalimetro.webp>
- ✓ *Que es IoT.* (s/f). Hardzone.es. Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://hardzone.es/app/uploads-hardzone.es/2020/10/IoT.jpg>

- ✓ *Condensadores.* (s/f). Blogspot.com. Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://4.bp.blogspot.com/-G8bqRLvmDyQ/VboY4sJ-ZrI/AAAAAAAAAH44/1M89Hqyp6ZU/s1600/Condensators.JPG>
- ✓ *Sensor de Wifi.* (s/f). Programarfácil.com. Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://programarfácil.com/wp-content/uploads/2017/01/pines-esp01.png>
- ✓ *9 formas en que los sensores con capacidad para IoT ayudan a mejorar la eficiencia.* (s/f). T-mobile.com. Recuperado el 5 de junio de 2023, de <https://es.t-mobile.com/business/resources/articles/9-ways-IoT-enabled-sensors-can-make-you-more-efficient>
- ✓ Frackiewicz, M. (2023, mayo 14). *El papel de IoT en la gestión inteligente del agua.* TS2 SPACE. <https://ts2.space/es/el-papel-de-iot-en-la-gestion-inteligente-del-agua/>
- ✓ Mc Bride, R. C. K. (2019). *Hello, World: Artificial intelligence and its use in the public sector.* Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD).
- ✓ *Soluciones digitales para la gestión de la energía y beneficios.* (2023, marzo 13). Ultatek.com. <https://ultatek.com/soluciones-digitales-iiot-para-la-gestion-de-la-energia-en-plantas-industriales/>
- ✓ Trujillo, G. A. G. (s/f). *Modelo para el análisis de aplicaciones visuales educativas en Realidad Aumentada desde la perspectiva de la semiótica visual.* SemanticScholar.org. Recuperado el 5 de junio de 2023, de <https://pdfs.semanticscholar.org/a845/5cdc1d0e090f8e37a7f6fdadd492f8313675.pdf>
- ✓ *Dispositivos de supervisión IoT para edificios inteligentes.* (s/f). Feelplace.com. Recuperado el 5 de junio de 2023, de <https://es.feelplace.com/building-IoT-monitoring>

- ✓ Pacifici, F. (2022, enero 11). *Los beneficios de implementar soluciones de edificios inteligentes IoT*. IoT Worlds Srl. <https://www.iotworlds.com/es/los-beneficios-de-implementar-soluciones-de-edificios-inteligentes-iot/>
- ✓ MICROINSTALACIONES. (2021, diciembre 20). *Gestión de Edificios con IoT - Cableado Estructurado, Fibra Óptica, Redes, Consultoría*. Cableado Estructurado, Fibra Óptica, Redes, Consultoría. <https://microinstalaciones.com.ar/gestion-de-edificios-con-iot/>
- ✓ (S/f). Gerenciadeedificios.com. Recuperado el 5 de junio de 2023, de <https://www.gerenciadeedificios.com/202007026464/noticias/empresas/analizan-el-sector-de-edificios-inteligentes-desde-la-perspectiva-de-los-sistemas-iot.html>
- ✓ Corredera, P. Á. (2022, June 27). *Guía de Implementación de IoT para empresas*. Ciberninjas. <https://ciberninjas.com/iot-empresas/>
- ✓ *Academic literature on the topic "Internet de las cosas."* (2021, June 4). Grafiati.com; Grafiati. <https://www.grafiati.com/en/literature-selections/internet-de-las-cosas/>
- ✓ *BOE-A-2022-4975 Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria*. (n.d.). Boe.es. Retrieved June 5, 2023, from <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-4975>
- ✓ De Sustentabilidad, I. (n.d.). Amazonaws.com. Retrieved June 5, 2023, from http://q4live.s22.clientfiles.s3-website-us-east-1.amazonaws.com/604986553/files/doc_downloads/sustainability/es/2022/Informe-de-Sustentabilidad-2021.pdf
- ✓ *Tecnodom*. (n.d.). Scribd. Retrieved June 5, 2023, from <https://es.scribd.com/document/526731429/Tecnodom>

