



INTERNET DE LAS COSAS: Prototipado de solución IoT

Departamento: Departamento de Desarrollo Productivo y Tecnológico.

Carrera: Licenciatura en Sistemas.

Materia: IoT - MESIST-9015-TN

Docentes a Cargo: Gustavo Fernandez - Laura Hannois

Año: 2021.

Fecha: Jueves, de 18 a 22h, 2do Cuatrimestre del 2021.

Alumnos:

Ambesi Lucas Nahuel

Fiordalisi Santiago Tomás

Geier Daniel Alejandro

DERECHOS DE USO:

Uso exclusivo de la materia “Internet de las Cosas - IoT” , Lic. en Sistemas, Universidad de Lanús

Control de Cambios

Versión	Realizado por	Fecha	Descripción del cambio
1.0	Grupo 2	15/09/2021	Creación base del documento.
1.1	Grupo 2	29/09/2021	Introducción del Proyecto
1.2	Grupo 2	4/10/2021	Definimos los Objetivos del Proyecto
1.3	Grupo 2	6/10/2021	Definimos una Solución del Proyecto.
1.4	Grupo 2	13/10/2021	Definimos los componentes para la Solución del Proyecto.
1.5	Grupo 2	27/10/2021	Armado de Broker y avance con el dashboard.
1.6	Grupo 2	02/11/2021	Actualización dashboard y información complementaria.

Project Manager/ developer: Ambesi Lucas Nahuel

Gerente del producto: Fiordalisi Santiago Tomás

Gerente del proyecto: Geier Daniel Alejandro

ÍNDICE

1. Introducción	4
2. Memoria Descriptiva	5
3. Premisas y consideraciones	6
4. Limitaciones	6
5. Contexto físico	7
6. Descripción General de la solución	8
Diagrama de interconexión de los componentes	8
Componentes de hardware utilizados	9
Lista de Materiales y estimación de costos	11
Componentes de software utilizados	12
7. Escalabilidad potencial del proyecto	13
Plano de orientación - predio Tigre	13
Cobertura de red Lora existente	14
Anexo A - Configuración de servidor en la nube	18
Instalación de Broker	20
Anexo B - Dashboard y prueba de datos	22
Dashboard	22
Anexo C - Librerías de Terceros utilizadas	28
Lista de Librerías	28
Anexo D - Código Fuente	29
Código Fuente	29
Anexo E - Normas Mínimas de Calidad de agua producida y distribuida	30
Normas Mínimas de Calidad de agua producida y distribuida	30
Anexo F - Componentes de hardware utilizados (opción con Arduino)	32
Componentes de hardware utilizados (opción con Arduino)	32
Bibliografía y referencias	37

1. Introducción

El agua ha sido el origen de muchas enfermedades infecciosas por ello es importante tener un control sobre ella. El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial. Monitorear los parámetros de la calidad del agua como lo es el pH se ha vuelto un proceso imprescindible para que con base en la medida de estos y otros parámetros se puedan tomar decisiones correctas respecto al control del agua.

En relación a la calidad del agua potable se han establecido parámetros físicos, químicos y bacteriológicos similares a los recomendados por la Organización Mundial de la Salud. La Planta potabilizadora debe garantizar la calidad del agua suministrada a los Usuarios verificando, mediante una serie sistemática de controles físicos, químicos y bacteriológicos, que los niveles estén dentro de los límites establecidos en el Anexo A del Marco Regulatorio – Ley Nº 26.221, por ende el objetivo de este proyecto es que mediante el monitoreo de los parámetros de pH y la incorporación de la tecnología IOT (LoRa), lograr que estos niveles estén dentro de los límites establecidos. En el Anexo D del proyecto se mostrará las normas mínimas de la calidad de agua producida y distribuida.

Por otro lado, medir el pH, da información sobre la acidez o alcalinidad del agua, que nos permite saber si el agua es corrosiva o incrustante. Dependiendo del valor del pH se utilizaran diversos químicos para lograr llegar al valor deseado, que con ayuda del monitoreo de los tanques y los datos recolectados nos facilitará esa tarea.

Realizar módulos que permiten el monitoreo de estos parámetros de manera inalámbrica permiten que la empresa no tenga que trasladarse de una sede a la otra para obtener estas muestras y así poder realizar el correcto control del tratado del agua. Además utilizar esta tecnología será de gran ayuda ya que se adapta a las necesidades de la empresa y al lugar donde se encuentra.

2. Memoria Descriptiva

El presente documento tiene como objetivo realizar una solución IoT (un prototipo con fines educativos) integrando una red de sensores inalámbricos Low-power wide-area network (LPWAN) para el monitoreo de los parámetros de calidad del agua en base al pH de la misma.

Para la implementación de la solución se deberá hacer uso de un módulo inalámbrico LPWAN que maneje el protocolo LoRa, la cual es una tecnología surgida con el auge que ha tenido las WSN (redes de sensores inalámbricos), el IoT (Internet de las Cosas) y el M2M. Los módulos LoRa tienen grandes características por su bajo consumo de energía teniendo en cuenta la distancias que logra abarcar y su bajo costo, razón que los hacen una tecnología adecuada para cumplir con los propósitos del proyecto.

3. Premisas y consideraciones

Para el dimensionamiento de la solución IoT para la Universidad Nacional de Lanús se toman las siguientes premisas básicas:

- A. Si el sensado de pH arroja como resultado un valor inferior o superior a 7, en el dashboard se mostrará dichos valores pintados de un color amarillo para que el usuario puede distinguir a si poder nivelar, mediante químicos el pH para alcanzar el nivel deseado (7).
- B. Si el sensado de pH arroja como resultado un valor inferior a 6,5 o mayor a 7,5, en el dashboard se van a ver reflejado los valores y además se va a disparar un alerta para que el encargado de la planta, tenga que hacer la apertura del tanque y realizar el trabajo pertinente para así poder nivelar y cumplir con las normas y los valores establecidos por la Organización Mundial de la Salud.
- C. Se considera que la empresa potabilizadora de agua cuenta con dos establecimientos ubicados a 10 km de distancia donde cada sede tiene 3 tanques de agua con sus respectivos 3 medidores de pH por tanque.
- D. Se considera tener un respaldo en el caso de que algún sensor tenga alguna falla en sus mediciones. Esto quiere decir que en vez de usar solo un medidor por tanque, usaremos 3 para llegar a los valores más exactos y si alguno llega a fallar tener la certeza de que nos quedan otros dos para seguir haciendo las mediciones hasta que se reponga dicho medidor.
- E. Las mediciones del pH por parte de los sensores se dará cada 1min, para tener una buena noción de los datos del pH por parte del tanque.

4. Limitaciones

- La gestión de calidad del Proyecto incluye los procesos y actividades de la empresa ejecutante que determinan responsabilidades, objetivos y políticas de calidad a fin de que el proyecto satisfaga las necesidades por la cuales fue emprendido.
- El alcance previsto del proyecto es implementar sensores inalámbricos LPWAN mediante el protocolo LoRa para el monitoreo de los parámetros de calidad del agua (pH).
- El tiempo disponible para llevarlo a cabo es de 12 semanas, que es el tiempo estimado de la cursada.
- El lugar físico donde se encuentra la empresa potabilizadora de agua no es de fácil acceso.
- Los recursos que se pueden asignar son los recursos naturales como el agua del río para el trabajo en sí, a nivel tecnológico Software y Hardware, se requiere también de trabajo humano para poder operar los distintos tipos de máquinas que se necesitan.
- Se busca que el proyecto contenga un bajo presupuesto o acorde a las actividades a realizar dentro del mismo para la implementación de la infraestructura, cronograma de actividades por fases y recursos del mismo.

5. Contexto físico

Nos encontramos con una empresa potabilizadora de Agua ubicada en los afluentes del Río Luján, Tigre. Es la encargada de abastecer a la mayor parte de la concesión con la producción de agua de río. La captan a través de torres, la conducen a las plantas donde se eliminan componentes físicos, químicos y biológicos indeseables. Una vez terminado este proceso la distribuyen para su consumo.

Esta empresa cuenta con dos plantas ubicadas con una diferencia de 10 km de distancia aproximadamente, en un contexto de campo, donde no llega muy bien la conexión a internet, por ende es un buen sitio para la utilización de esta tecnología.

Por un lado tenemos la planta central, que es la de mayor superficie y donde se toman las decisiones de ambas plantas. Cuenta con una superficie de 15 hectáreas y durante el día se trata 250.000 m³ de agua.

Por otro lado la segunda planta, tiene una menor superficie. Cuenta con 10 hectáreas y durante el día trata 165.000 m³ de agua.

En estas plantas potabilizadoras se trabaja las 24 horas del día para darle agua potable a más de un millón de usuarios con los más altos estándares de calidad, cuidando el entorno y comprometiéndose en el futuro de las generaciones venideras.

Por último, en cada establecimiento se posee un total de tres tanques de acero inoxidable atornillados, con las siguientes características:

- Capacidad del tanque: 1632 m³ * 15,
- Dimensión del tanque: Φ11.39 * 16.72m (H) * 15

Cabe aclarar que dichos tanques cuentan con certificaciones ISO 9001, AWWA D103-09, ISO28765, QB/T 5379, NFPA 22-2018, OHSA y NSF/ANSI 61, En los cuales se monitorea la calidad del agua almacenada en los mismos a través de tres sensores de medición de pH.

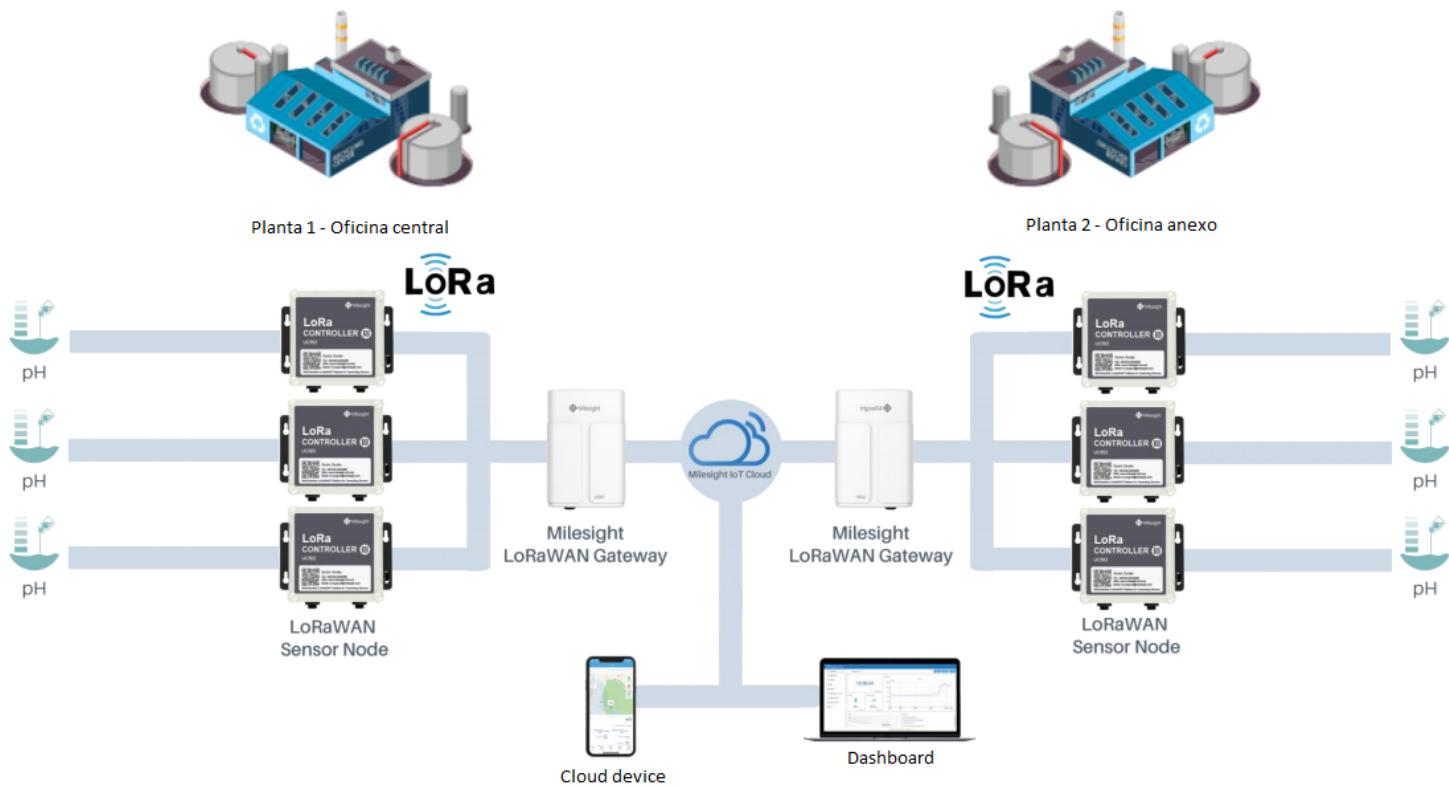


6. Descripción General de la solución

6.1 Diagrama de interconexión de componentes

Por medio del siguiente diagrama ponemos de manifiesto cómo interactúan los diferentes componentes que integran la solución.

Cabe aclarar que el gráfico muestra la descripción de un solo tanque por planta. En el proyecto son tres tanques por planta y por cada tanque tenemos tres sensores de PH.



6.2 Componentes de hardware utilizados

Para esta opción se contempló buscar sensores ya configurados y adaptados para la tecnología LoRa, ya que al ser un proyecto donde se va a medir un recurso vital como es el agua es conveniente utilizar sensores que estén disponibles a la venta y que cumplan con las certificaciones adecuadas y el margen de error de medición sea nulo.

- **RA0708-Sensor de PH inalámbrico**

Es un dispositivo para la detección de pH en entornos acuáticos. Puede detectar y enviar datos de pH ambiental al centro de datos. Es un método de comunicación inalámbrica. Adopta el módulo de comunicación LoRa inalámbrica SX1276.



Características:

- Alcance inalámbrico de 10 km
- Compatible con LoRaWAN™
- Actualizaciones inalámbricas (futuras)
- Sistema de notificación y monitoreo de sensores inalámbricos en línea de terceros para configurar sensores, ver datos y establecer alertas a través de mensajes de texto

- SMS y correo electrónico (opcional)
- Plataforma de terceros disponible: Actility / ThingPark, TTN, MyDevices / Cayenne
- Utiliza el módulo de comunicación inalámbrico SX1276
- Fuente de alimentación de CC del adaptador (12V / 1A)
- Antena incorporada
- Tiene una función de memoria de información de red cuando se apaga. Esta función está desactivada de forma predeterminada, es decir, se volverá a unir cada vez que se encienda. Esta función se puede activar con el comando ResumeNetOnOff. Si desea unirse a una nueva red, primero debe realizar una operación de restablecimiento de fábrica). No se volverá a unir a la red anterior.
- Rango de valor de pH 0-14

Parametros:

Eléctrico:

Fuente de alimentación	Fuente de alimentación de CC del adaptador (12V / 1A)
Corriente de funcionamiento 1	40mA (sin transmisión de señal RF)
Corriente de funcionamiento 2	80mA (con emisión de señal RF)

Frecuencia:

Poder TX	19dBm ± 1dBm
Sensibilidad Rx	-136dBm (LoRa, factor de propagación = 12, velocidad de bits = 293 bps) -121dBm (FSK, desviación de frecuencia = 5 kHz, velocidad de bits kbps)
Tipo de antena	Antena incorporada
Rango de comunicación	10 km (línea de visión, la distancia de transmisión real depende del entorno)
Tasa de transferencia de datos	0,3 kbps ~ 50 kbps
Técnica de extensión	LoRa / FSK
Frecuencia disponible	EU863-870, US902-928, AU915-928, KR920-923, AS923, CN470-477
	Configurado antes del envío

Físico:

Dimensión	111 mm * 86 mm * 41 mm
Rango de temperatura de funcionamiento	-20 °C ~ 55 °C
Rango de humedad de funcionamiento	<90% RH (sin condensación)
Rango de temperatura de almacenamiento	-40 °C ~ 85 °C
Clasificación del IP	IP20 (cuerpo principal)

- **Gateway LoRaWAN Indoor LIG16**

El LIG16 es un gateway interior LoRaWAN de código abierto. Le permite conectar la red inalámbrica LoRa a una red IP a través de WiFi, red Ethernet. La tecnología inalámbrica LoRa permite a los usuarios enviar datos y alcanzar rangos extremadamente largos a velocidades de datos bajas. Tiene bandas de frecuencia LoRaWAN estándar pre configuradas para usar en diferentes países. El usuario también puede personalizar las bandas de frecuencia para usar en su propia red LoRaWAN.



Lista de materiales y estimación de costos

A continuación, se enumera el listado de materiales a utilizar en la implementación de la solución IoT

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Subtotal
18	RA0708-Sensor de PH inalámbrico	€316.44	\$1.222.920
2	Gateway LoRaWAN Indoor LIG16	US\$ 150	\$55.500
TOTAL			\$1.278.4200

Aclaración: Todos los precios enumerados anteriormente no incluyen IVA. Dado que el proyecto final supone la instalación de 18 dispositivos de borde y la puesta en marcha del servidor con el correspondiente software de monitoreo y control, los costos no incluyen la mano de obra. El mantenimiento de la oferta es de 15 días corridos.

Componentes de software utilizados

- **Tecnología LoRa**

Es una tecnología inalámbrica LPWAN (Low - Power Wide - Area Network) pensada para desarrollar aplicaciones IoT (Internet of Things) y M2M (Machine to Machine). Esta tecnología está pensada para dispositivos de tipo de sensores que pueden durar un gran tiempo con una pequeña batería.

- **Broker EMQX**

EMQ X (Erlang/Enterprise/Elastic MQTT Broker) es un agente de mensajes MQTT de IoT de código abierto basado en la plataforma Erlang/OTP. Erlang/OTP. Es una plataforma de desarrollo Soft-Realtime, Low-Latency y Distributed.

Es un protocolo ligero de intercambio de mensajes que utiliza el patrón de publicación-suscripción.

- **DashBoard**

Para la creación del dashboard se utilizan las siguientes tecnologías:

- VS Code: como editor de texto para crear un entorno de desarrollo apropiado.
<https://code.visualstudio.com/>
- Git: para el manejo de versiones del código fuente.
<https://git-scm.com/>
- GitHub: como repositorio en la nube.
<https://github.com/>
- MySQL y PHP MySQLADMIN: como motor de base de datos e interfaz para su utilización respectivamente.
<https://www.mysql.com/>
- Node.js: como lenguaje de back-end para manejo de servicios, data y routers.
<https://nodejs.org/es/>
- EJS: Como framework para dar vida al front-end, que permite la inyección de lógica en JavaScript al HTML
<https://ejs.co/>
- Bootstrap 5: como librería CSS para dar estilos.
<https://getbootstrap.com/>

En el anexo C se especificarán las librerías utilizadas para facilitar el desarrollo del código.

7. Escalabilidad potencial del proyecto

Imagen de referencia - Plano de orientación

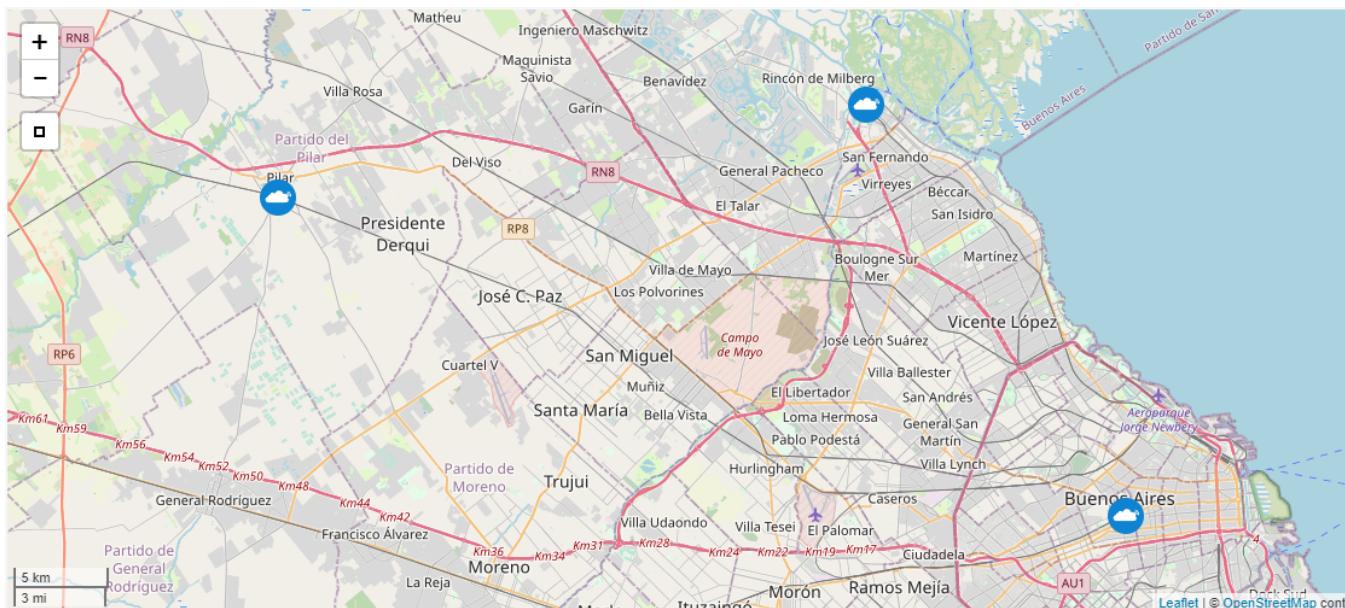


Una idea a futuro sería poder usar esta tecnología para implementarla en más lugares alejados de las ciudades en la Argentina para poder controlar la información, el flujo y envío de datos mediante la tecnología de LoRa.

Nuestra misión es establecer una red IoT en el partido de Tigre para el sensado de pH del agua en plantas potabilizadoras, para ello utilizaremos los gateway para enlazar la conexión con The Things Network, es un servidor de red LoRaWAN de código abierto adecuado para implementaciones públicas y privadas globales, distribuidas geográficamente, así como para redes locales pequeñas. La arquitectura sigue el modelo de referencia de red LoRaWAN para el cumplimiento de estándares y la interoperabilidad.

Si el proyecto se lleva a cabo, podríamos replicarlo en las demás plantas potabilizadoras de Buenos Aires.

Cobertura de red Lora existente



Actualmente en la zona de Buenos Aires según The Things Network hay una conexión LoRa existente pero precisamente en Tigre no hay ningún Gateway conectado aun.

Esto podría darnos paso a poder usar nuestros gateways para la solución al trabajo que planteamos.

The Things Network

Para realizar la conexión de los gateways LoRaWan Indoor LIG16 lo haremos mediante la red LoRa a través de The Things Network.

Para poder registrar nuestros gateway debemos primero registrarnos en la página de The Things Network, es totalmente gratuito.

Conexión de un gateway en The Things Network:

Una vez registrados, iniciamos sesión y podremos registrar nuestros gateway.

Acá necesitamos el id del Gateway a registrar, podemos darle un nombre y una descripción además.

Gateway status ⓘ

Public
The status of this gateway may be visible to other users

Gateway location ⓘ

Public
The location of this gateway may be visible to other users and on public gateway maps

Attributes ⓘ

[+ Add attributes](#)

Attributes can be used to set arbitrary information about the entity, to be used by scripts, or simply for your own organization

LoRaWAN options

Frequency plan ⓘ *

Select...

Schedule downlink late ⓘ

Enabled
Enable server-side buffer of downlink messages

Enforce duty cycle ⓘ

Enabled
Recommended for all gateways in order to respect spectrum regulations

Schedule any time delay ⓘ *

530 milliseconds

Configure gateway delay (minimum: 130ms, default: 530ms)

Gateway updates

Automatic updates

Enabled
Gateway can be updated automatically

Channel

Stable

Channel for gateway automatic updates

Aca definimos la frecuencia a utilizar:

Proyecto IoT UNLA

Optional gateway description; can also be used to save notes about the gateway

Gateway Server address

nam1.cloud.thethings.network

The address of the Gateway Server to connect to

Require authenticated connection ⓘ

Enabled
Controls whether this gateway may only connect if it uses an authenticated Basic Station or MQTT connection

Gateway status ⓘ

Public
Australia 915-928 MHz, FSB 1 (available to other users)

Australia 915-928 MHz, FSB 2 (used by TTN)

Australia 915-928 MHz, FSB 3

Australia 915-928 MHz, FSB 4

Australia 915-928 MHz, FSB 5

Australia 915-928 MHz, FSB 6

Australia 915-928 MHz, FSB 7

Australia 915-928 MHz, FSB 8

China 470-510 MHz, FSB 11

Select...

Schedule downlink late ⓘ

Enabled
Enable server-side buffer of downlink messages

Enforce duty cycle ⓘ

Enabled
Recommended for all gateways in order to respect spectrum regulations

Schedule any time delay ⓘ *

Si bien LoRa Wan fue pensado y diseñado para operar en toda la banda de frecuencias no licenciada para aplicaciones industriales, científicas y médicas conocida como ISM, que comprende el rango de 902 MHz a 928 MHz y es definida por la UIT, en Argentina no se respetó este espectro definido internacionalmente y se destino un segmento de la banda ISM que va desde los 905 MHz hasta los 915 MHz para SCMA, al respecto es posible ampliar la información en el informe de consulta pública de espectro emitido por la Secretaría de modernización de Argentina. A este servicio de comunicaciones móviles avanzadas le fue asignado un segmento de la banda ISM, lo que hizo que en Argentina se tuviera que utilizar la banda de frecuencias conocida como AU915 en lugar de la banda US915 de Estados Unidos que estaba prevista inicialmente. La banda AU915 definida para Australia es utilizada además en otros países de Latinoamérica y presenta una única desventaja respecto a US915 consistente en que no es posible hacer comunicación full duplex y en cambio los transceptores LoRa deben operar en modo half duplex, es decir transmitiendo en un instante y recibiendo en otro.

Region: Argentina

Denominación: AU915

Banda ISM: 915-928 MHz

Regulado por: ENACOM

Restricción TX: 400 ms (opcional)

Tamaño de carga útil (Payload): 11 a 242 bytes

Spreading Factors: SF7 a SF10

Velocidad de datos: 0,976 kbps a 12,5 kbps

Potencia máxima TX: +30 dBm

Anexo A - Configuración de servidor en la nube

En el presente proyecto usaremos las siguiente herramientas para la creación del servidor:

- Google Cloud Platform
- <https://www.emqx.io/>

CREAR MAQUINA VIRTUAL

Para comenzar con la instalación y configuración necesitamos crear una instancia V2 (máquina virtual) en Google Cloud.

Para la creación de la VM (maquina virtual) establecimos el nombre “grupo2iot” en la región “southamerica-east1” ubicada en Sao Pablo para un menor latencia al momento de realizar la pruebas.

Luego le asignamos una memoria de de 1 GB con potencia de procesamiento de 2 CPU’s y una capacidad de almacenamiento de 10 GB

Con respecto al sistema operativo elegimos utilizar Ubuntu en su versión 18.04 LTS.

The screenshot shows the Google Cloud Platform interface for creating a new VM instance. The configuration includes:

- Nombre ***: grupo2iot
- Etiquetas**: + ADD LABELS
- Región ***: southamerica-east1 (São Pa...)
- Zona ***: southamerica-east1-b
- Disco de arranque**: Disco persistente balanceado nuevo, 10 GB, Ubuntu 18.04 LTS
- Identidad y acceso a la API**: Cuenta de servicio: Compute Engine default service account
- Permisos de acceso**: Permitir el acceso predeterminado (selected)
- Firewall**: Permite tráfico HTTP y HTTPS
- Configuración de la máquina**:
 - Familia de máquinas**: USO GENERAL (selected), OPTIMIZADA PARA PROCESAMIENTO, MEMORIA OPTIMIZADA
 - Serie**: E2
 - Tipo de máquina**: e2-micro (2 CPU virtuales, 1 GB de memoria)
 - Plataforma de CPU y GPU**: vCPU: 1 núcleo compartido, Memory: 1 GB
- HERRAMIENTAS DE REDES, DISCOS, SEGURIDAD, ADMINISTRACIÓN, USUARIO ÚNICO**: Se usará tu crédito de la prueba gratuita para esta instancia de VM. Nivel gratuito de GCP

Como resultado tenemos una VM ya creada y funcionando:

	Estado	Nombre ↑	Zona	Recomendaciones	En uso por	IP interna	Conejar
	<input checked="" type="checkbox"/>	grupo2iot	southamerica-east1-b			10.158.0.2 (nic0)	SSH

ASIGNACIÓN DE IP ESTÁTICA

Debido que al momento de crear la instancia S2 se le asigna por default una ip efímera y si en algún momento se apaga o reinicia el mismo esta va a cambiar decidimos modificar esto y asignarle una ip estática para evitar inconsistencias a futuro.

	Nombre	Dirección externa	Región	Tipo ↓	Versión	En uso por
	ipgrupo2iot	35.198.31.198	southamerica-east1	Estática	IPv4	Instancia de VM grupo2iot (Zona southamerica-east1-b)

REGLAS DE FIREWALL

Para permitir conexiones debemos realizar la apertura de ciertos puertos mediante la creación de nuevas reglas de firewall.

Para la conexión y uso con el dash board creamos la regla “dashboard” en la cual se especifica un rango de ips 0.0.0.0/0 (conexión desde cualquier parte del mundo) y habilitamos el puerto 18083.

	Nombre	Dirección externa	Región	Tipo ↓	Versión	En uso por
	ipgrupo2iot	35.198.31.198	southamerica-east1	Estática	IPv4	Instancia de VM grupo2iot (Zona southamerica-east1-b)

INSTALACIÓN BROKER EMQX EN VM

1. Para comenzar se debe abrir una nueva terminal en nuestra VM.

2. Decargamos EMQX en ubuntu:

```
" wget https://www.emqx.com/en/downloads/broker/4.3.8/emqx-ubuntu18.04-4.3.8-amd64.zip "
```

```
ambesilucas@grupo2iot:~$ sudo su
root@grupo2iot:/home/ambesilucas# cd ..
root@grupo2iot:/home# cd ..
root@grupo2iot:# wget https://www.emqx.com/en/downloads/broker/4.3.8/emqx-ubuntu18.04-4.3.8-amd64.zip
--2021-10-28 04:35:57-- https://www.emqx.com/en/downloads/broker/4.3.8/emqx-ubuntu18.04-4.3.8-amd64.zip
Resolving www.emqx.com (www.emqx.com) ... 52.53.184.178
Connecting to www.emqx.com (www.emqx.com) |52.53.184.178|:443... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 302 Found
Location: https://packages.emqx.io/emqx-ce/v4.3.8/emqx-ubuntu18.04-4.3.8-amd64.zip [following]
--2021-10-28 04:35:58-- https://packages.emqx.io/emqx-ce/v4.3.8/emqx-ubuntu18.04-4.3.8-amd64.zip
Resolving packages.emqx.io (packages.emqx.io)... 13.227.108.112, 13.227.108.120, 13.227.108.44, ...
Connecting to packages.emqx.io (packages.emqx.io) |13.227.108.112|:443... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 33351763 (32M) [application/zip]
Saving to: 'emqx-ubuntu18.04-4.3.8-amd64.zip'

emqx-ubuntu18.04-4.3.8-amd64. 100%[=====] 31.81M --.-KB/s   in 0.1s

2021-10-28 04:35:58 (227 MB/s) - 'emqx-ubuntu18.04-4.3.8-amd64.zip' saved [33351763/33351763]
```

3. Lo descomprimimos con el siguiente comando:

```
" unzip emqx-ubuntu18.04-4.3.8-amd64.zip "
```

4. Habilitamos el puerto interno que anteriormente se habilitó en el firewall público:

```
" ufw allow from any to any port 18083 proto tcp "
```

```
root@grupo2iot:/# ls
bin   emqx          home      lib       media    proc    sbin   sys   var
boot  emqx-ubuntu18.04-4.3.8-amd64.zip  initrd.img   lib64    mnt     root   snap   tmp   vmlinuz
dev   etc           initrd.img.old  lost+found  opt     run    srv    usr   vmlinuz.old
root@grupo2iot:/# cd emqx
root@grupo2iot:/emqx# ufw allow from any to any port 18083 proto tcp
Rules updated
Rules updated (v6)
root@grupo2iot:/emqx# []
```

5. Podemos arrancar o parar el broker con el siguiente comando (start/stop):

```
" ./bin/emqx start "
```

```
root@grupo2iot:/emqx# ./bin/emqx start
EMQ X Broker 4.3.8 is started successfully!
root@grupo2iot:/emqx#
```

6. Para finalizar habilitamos los puertos tanto internos de la VM como en la regla de firewall para los nuevos puerto TCP correspondientes a al WEBSOCKET del dashboard, estos son 8083 y 1883.

Listeners			
Protocol	Listen On	Max Connections	Current Connections
mqtt:ssl	8883	102400	0
mqtt:tcp	0.0.0.1:1883	1024000	0
mqtt:tcp	127.0.0.1:1883	1024000	0
http:dashboard	18083	512	2
http:management	8081	512	0
mqtt:ws:8083	8083	102400	0
mqtt:wss:8084	8084	102400	0

Anexo B - Dashboard

El dashboard está alojado en una Maquina virtual proporcionada por los servicios de Google Platform, y consiste en varios apartados:

Broker MQTT:

En el se instancia y conecta al broker EMQX instalado en la VM.

```
var options = {  
    connectTimeout : 4000,  
    clientId : 'dbConexion',  
    keepalive: 60,  
    clean: true,  
}  
  
var WebSocket_URL = 'ws://35.198.31.198:8083/mqtt'  
var broker = mqtt.connect(WebSocket_URL,options);
```

Además se suscribe a todos los tópicos y cuando se recibe un nuevo mensaje este se almacena en la base de datos.

Para el ingreso manual de datos de testing se creó un html el cual se encuentra en la ruta:

- “\grupo2-iot\brokerMqtt\dashboard.html”

Administracion de Plantas



Nombre de cliente:

Planta 1

Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3	
Sensores	ingresar pH:	Sensores	
pH 1		pH 4	7
pH 2		pH 5	
pH 3		pH 6	

Enviar

Planta 1

Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3	
Sensores	ingresar pH:	Sensores	
pH 1		pH 4	7
pH 2		pH 5	
pH 3		pH 6	

Enviar

Planta 1

Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3	
Sensores	ingresar pH:	Sensores	
pH 1		pH 4	7
pH 2		pH 5	
pH 3		pH 6	

Enviar

Planta 2

Tanque 4	Tanque 5	Tanque 6	
Sensores	ingresar pH:	Sensores	
pH 10		pH 13	
pH 11		pH 14	
pH 12		pH 15	

Enviar

Planta 2

Tanque 4	Tanque 5	Tanque 6	
Sensores	ingresar pH:	Sensores	
pH 10		pH 13	
pH 11		pH 14	
pH 12		pH 15	

Enviar

Planta 2

Tanque 4	Tanque 5	Tanque 6	
Sensores	ingresar pH:	Sensores	
pH 10		pH 13	
pH 11		pH 14	
pH 12		pH 15	

Enviar

Base de datos:

Se diseñó una base de datos para almacenar los datos recibidos por el broker y tiene las siguientes tablas:

- **Data:**

#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Comentarios	Extra
1	id 	int(10)			No	Ninguna		AUTO_INCREMENT
2	topic	varchar(50)	utf8_general_ci		Sí	NULL		
3	mensaje	varchar(250)	utf8_general_ci		Sí	NULL		
4	create_at	timestamp(6)			No	CURRENT_TIMESTAMP(6)		

- **Dispositivos:**

#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Comentarios	Extra
1	id 	int(10)			No	Ninguna		AUTO_INCREMENT
2	create_at	timestamp(6)			No	CURRENT_TIMESTAMP(6)		
3	nombre	varchar(100)	utf8_general_ci		Sí	NULL		
4	tanque	varchar(50)	utf8_general_ci		Sí	NULL		
5	planta	varchar(50)	utf8_general_ci		Sí	NULL		
6	topic	varchar(50)	utf8_general_ci		Sí	NULL		

Interfaz de usuario:

En el “**Inicio**” de la aplicación se muestran los dispositivos conectados y guardados en la tabla “Dispositivos”:

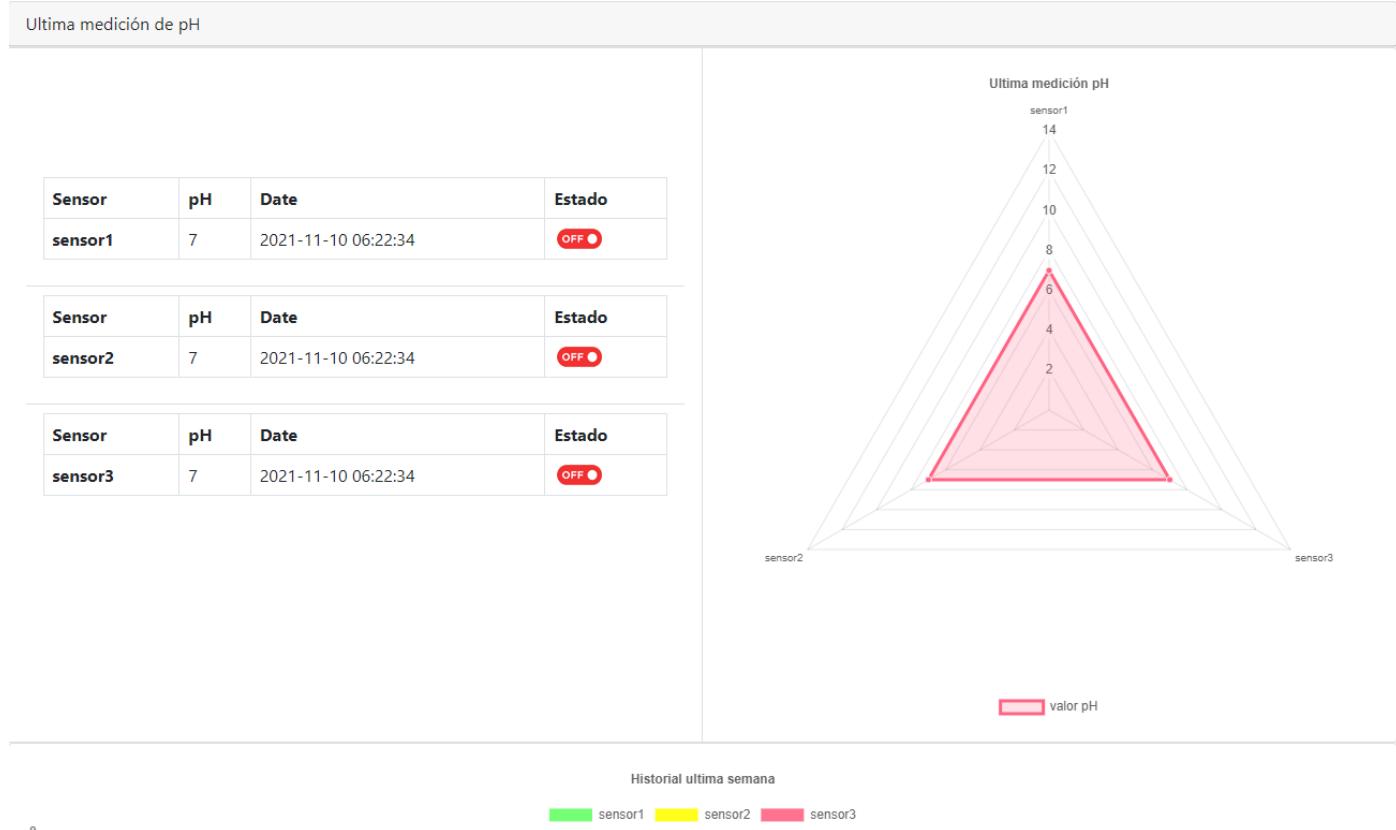
The screenshot shows the application's main interface. At the top is the logo of the Universidad Nacional de Lomas (UNLa). Below it is a navigation bar with three tabs: "Inicio" (highlighted in yellow), "DashBoard", and "Broker MQTT". The main content area is titled "Dispositivos conectados" (Connected Devices) in bold yellow text. Below this is a table with the following data:

#	Nombre	Planta	Tanque	Topic	Fecha creacion
20	sensor 1	planta 1	tanque 1	sensor1	Wed Nov 03 2021 03:25:00 GMT+0000 (UTC)
21	sensor 2	planta 1	tanque 1	sensor2	Wed Nov 03 2021 03:25:00 GMT+0000 (UTC)

En la solapa de “**DashBoard**” se encuentra un panel de alertas en el que a partir de la última medición del pH de cada tanque se notifica las medidas que se deben tomar con respecto al mismo:

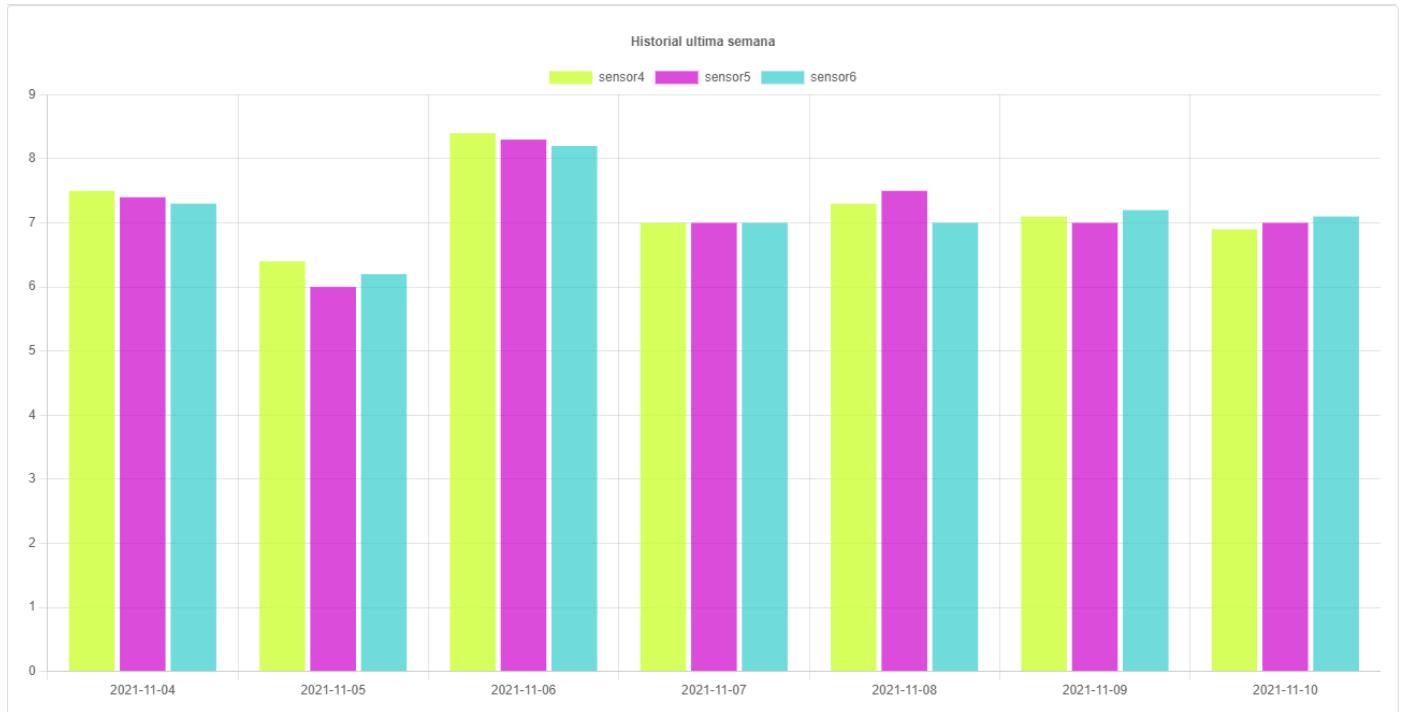
Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3	Tanque 4	Tanque 5	Tanque 6
El pH del tanque esta en nivel adecuado. Ver Tanque	El pH del tanque necesita revisión. Ver Tanque	El pH del tanque necesita revisión. Ver Tanque	El pH del tanque necesita revisión URGENTE. Ver Tanque	El pH del tanque necesita revisión. Ver Tanque	El pH del tanque esta en nivel adecuado. Ver Tanque

Además se muestra la última medición de pH del tanque:



En él se encuentra el sensor, valor y la fecha de la medición y si esta es mayor a 5 minutos se entiende que el sensor está en estado "OFF", de lo contrario el sensor está "ON".

También nos encontramos con un historia de la última semana de medición, con un promedio de pH por día y tanque.



En la solapa "Broker MQTT" se muestra los mensajes de los tópicos correspondientes a los sensores de cada tanque la cual además está dividida en dos apartados "Planta 1" y "Planta 2" correspondientemente, esta página se actualiza cada 15 para poder visualizar el recibimiento de datos más dinámicamente.

The dashboard shows the Broker MQTT interface with tabs for Inicio, Dashboard, and Broker MQTT. It is divided into sections for Planta 1 and Planta 2, each containing a tank icon and a table of pH measurement history.

#	Topico	pH	Hora
133	sensor3	7	Wed Nov 10 2021 06:22:34 GMT+0000 (UTC)
132	sensor2	7	Wed Nov 10 2021 06:22:34 GMT+0000 (UTC)
131	sensor1	7	Wed Nov 10 2021 06:22:34 GMT+0000 (UTC)
67	sensor3	7	Thu Nov 04 2021 19:09:13 GMT+0000 (UTC)

#	Topico	pH	Hora
140	sensor4	7	Thu Nov 11 2021 03:17:18 GMT+0000 (UTC)
130	sensor6	7.4	Thu Nov 04 2021 21:45:54 GMT+0000 (UTC)
129	sensor5	7.3	Thu Nov 04 2021 21:45:54 GMT+0000 (UTC)
128	sensor4	7.3	Thu Nov 04 2021 21:45:54 GMT+0000 (UTC)

#	Topico	pH	Hora
115	sensor9	6.8	Thu Nov 04 2021 19:54:39 GMT+0000 (UTC)
114	sensor8	6.9	Thu Nov 04 2021 19:54:39 GMT+0000 (UTC)
113	sensor7	7	Thu Nov 04 2021 19:54:39 GMT+0000 (UTC)
112	sensor9	6.8	Thu Nov 04 2021 19:54:38 GMT+0000 (UTC)

Anexo C - Librerias de Terceros utilizadas

Utilizamos la librería ofrecida por **UNPKG** :

- “<https://unpkg.com/mqtt/dist/mqtt.min.js>”

la cual nos permite realizar la conexión del cliente mqtt, realizar subscribe & publish a diferentes tópicos.

Se utilizó Moment JS para la manipulación de fechas:

- “<https://momentjs.com/>”

Para la creación de los gráficos se utilizó Chart JS:

- “<https://www.chartjs.org/>”

Utilizamos EXPRESS para instanciar el servidor localhost en la máquina virtual:

- “<https://expressjs.com/es/>”

Además utilizamos MYSQL library para la conexión a la base de datos.

Versiones utilizadas:

```
<script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/Chart.js/3.6.0/chart.js"/>

"dependencies": {

  "ejs": "^3.1.6",
  "express": "^4.17.1",
  "moment": "^2.29.1",
  "mqtt": "^4.2.8",
  "mysql": "^2.18.1"
},
```

Anexo D - Código Fuente

A continuación se ofrece el link del repositorio en GitHub para su libre descarga y uso con fines académicos:

- <https://github.com/lucasambesi/grupo2-iot>

Anexo E - Normas de Calidad del Agua

Normas Mínimas de Calidad de agua producida y distribuida

1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Color	10
Olor y Sabor	No
Turbiedad (NTU)	Objetable <1,0

2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

2.1 Sustancias Inorgánicas

Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	mg/L	400
Aluminio residual (Al)	mg/L	0,2
Arsénico (As)	mg/L	0,05
Cadmio (Cd)	mg/L	0,005
Cianuro	mg/L	0,1
Cloro Residual libre (1)	mg/L	0,2
Cloruros	mg/L	250
Cobre (Cu)	mg/L	1,0
Cromo (Cr)	mg/L	0,050
Dureza total (CO ₃ Ca)	mg/L	400
Fluoruro (F) (2)	mg/L	2,0
Hierro total (Fe) (3)	mg/L	0,10
Manganoso	mg/L	0,05
Mercurio (Hg)	mg/l	0,001
Nitrato	mg/L	45
Nitrito	mg/L	0,10
Amoniaco	mg/L	0,20
pH (pozos)	μph	6,5 - 8,5
pH (Plantas) (5)	μph	pHs +/- 1
Plomo	mg/L	0,010
Selenio	mg/L	0,010
Residuo Conductimétrico (8)	mg/L	1000
Sulfatos (9)	mg/L	200
Zinc	mg/L	5

2.2 Sustancias Orgánicas

Trihalometanos (THM) (7)	ug/L	100
Aldrín	ug/L	0,01
Dieldrín	ug/L	0,01
Clordano	ug/L	0,1
DDT (Total Isómeros)	ug/L	1
Detergentes	mg/L	0,50
Heptacloro	ug/L	0,04
Heptacloroepóxido	ug/L	0,04
Lindano	ug/L	3
Metoxicloro	ug/L	30
2,4 D	ug/L	100
Benceno	ug/L	10
Hexaclorobenceno	ug/L	0,01
Monoclorobenceno	mg/L	0,003
1,2 Diclorobenceno	mg/L	0,0003
1,4 Diclorobenceno	mg/L	0,0001
Clorofenoles	ug/L	1
Tetracloruro de carbono	ug/L	3
1,1 Dicloroeteno	ug/L	0,3
Tricloroetileno	ug/L	20
1,2 Dicloroetano	ug/L	10
1,1,1 Tricloroetano	ug/L	200
Cloruro de Vinilo	ug/L	2
Benzopireno	ug/L	0,01
Etilbenceno	mg/L	0,7
Estireno	mg/L	0,1
Toluno	mg/L	1
tetracloroeteno	ug/L	10

3. CARACTERISTICAS BACTERIOLOGICAS

Bacterias heterótrofas Viables a 37° (Recuento en Placa) (UFC/ml)	100
Bacterias Coliformes Totales (Membrana FILTRANTE) (UFC/100ml) (6)	<1
Escherichia Coli (Membrana FILTRANTE) (UFC/100ml)	<1
Pseudomonas Aeruginosas (presencia/ausencia por 100 ml)	Ausencia

Anexo F - Componentes de hardware utilizados (opción con Arduino)

Para esta opción se contempló armar y programar un arduino que esté conectado a un sensor de medidor de pH y a un módulo de comunicación inalámbrica lora para el envío de la información obtenida.

- **Arduino Uno R3 Atmega328**

Esencialmente la placa Arduino Uno es una placa electrónica basada en el chip de Atmel ATmega328. Tiene 14 pines digitales de entrada / salida, es el Arduino Pinout de los cuales 6 los puede utilizar como salidas PWM, 6 entradas analógicas, un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reset.



- **Modulo sensor de PH-4502C y Sonda E201 Bnc**

El módulo PH-4502C Sensor de PH es un dispositivo que permite medir el PH con ayuda de una sonda que es la que toma la lectura (electrodo E201) mediante el conector BCN.

Especificaciones y características:

Módulo PH-4502C:

- Voltaje de Alimentación: 5 V
- Corriente: 10mA
- Dimensiones: 42 X 32 X 20 mm

E201-BNC:

- Tipo de sonda: Grado de laboratorio.
- Tiempo de Respuesta: 5 seg

- Rango de detección: 0 ~ 14.(acido /base)
- Rango de temperatura:0 – 80°C
- Temperatura de trabajo:10~50°C
- Humedad de trabajo: 95 RH sin condensación



- Módulo de comunicación inalámbrica LORA SX1276

Los transceptores SX1287 cuentan con el módem de largo alcance LoRaTM que proporciona una comunicación de espectro extendido de gama ultra larga y una inmunidad de alta interferencia mientras minimiza el consumo de corriente.



- LED Diodo redondo rojo

Luz led de color rojo que nos permitira detectar a simple vista si el valor de pH sobrepasa los parametros

establecidos.



- **Bateria 9V**

Se necesitará una batería de 9v para la alimentación del componente.



- **Gateway LoRaWAN Indoor LIG16**

El LIG 16 es un gateway interior LoRaWAN de código abierto. Le permite conectar la red inalámbrica LoRa a una red IP a través de WiFi, red Ethernet. La tecnología inalámbrica LoRa permite a los usuarios enviar datos y alcanzar rangos extremadamente largos a velocidades de datos bajas. Tiene bandas de frecuencia LoRaWAN estándar pre configuradas para usar en diferentes países. El usuario también puede personalizar las bandas de frecuencia para usar en su propia red LoRaWAN.

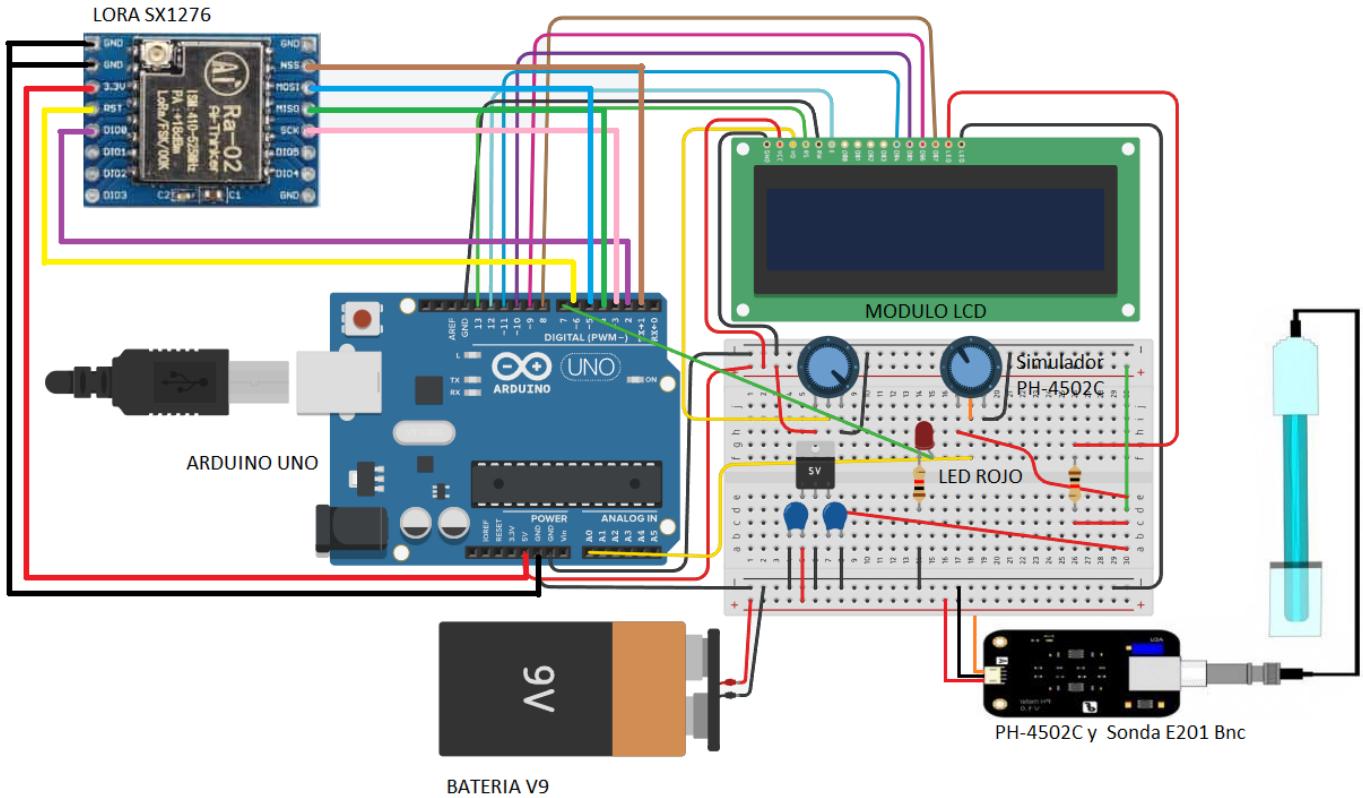


- **Cables Dupont Macho hembra**

Es bastante práctico y sencillo de usar, permitiendo conexiones en el Arduino de manera ordenada y funcional.



- **Diagrama de conexión de hardware**



Aclaración: Todos los precios enumerados anteriormente no incluyen IVA. Dado que el proyecto final supone la instalación de 18 dispositivos de borde y la puesta en marcha del servidor con el correspondiente software de monitoreo y control, los costos no incluyen la mano de obra. El mantenimiento de la oferta es de 15 días corridos.

Bibliografía y Referencias

- The Things Network: <https://www.thethingsnetwork.org>
- The Things Network Argentina: <https://www.thethingsnetwork.org/country/argentina/>
- Normas de calidad del Agua por ERAS:
<https://www.argentina.gob.ar/eras/institucional/informacion-tecnica/normas-de-calidad>
- Normas de calidad del Agua por ERAS Anexo A:
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anexo_anormas.pdf
- Bolted Stainless Steel Tanks(Parámetros y dimensiones de los tanques):
<http://www.yhrtanks.com/equipment/bolted-stainless-steel-tanks>
- Sensor pH RA0708-Wireless: <http://www.netvox.com.tw/product.asp?pro=RA0708>
- LoRaWan Gateway: <https://www.dragino.com/products/lora-lorawan-gateway.html>
- Instalación de un Gateway LoRaWan a la red The Things Network:
https://www.youtube.com/watch?v=tEdJ4vys4s4&ab_channel=Cmosquerat
- Informacion sobre LoRa y LoRaWan:
<https://www.catsensors.com/es/lorawan/tecnologia-lora-y-lorawan>
- VS Code: como editor de texto para crear un entorno de desarrollo apropiado.
<https://code.visualstudio.com/>
- Git: para el manejo de versiones del código fuente.
<https://git-scm.com/>
- GitHub: como repositorio en la nube.
<https://github.com/>
- MySQL y PHP MysqlADMIN: como motor de base de datos e interfaz para su utilización respectivamente.
<https://www.mysql.com/>
- Node: como lenguaje de back-end para manejo de services, data y routers.
<https://nodejs.org/es/>
- EJS: Como framework para dar vida al front-end, que permite la inyección de lógica en JavaScript al HTML
<https://ejs.co/>
- Bootstrap 5: como librería CSS para dar estilos.
<https://getbootstrap.com/>