



Código: PVT-CAyT-02-2021

"INTERNET DE LAS COSAS (IOT) APLICADO AL
DISTANCIAMIENTO SOCIAL. DESARROLLO DE UN SISTEMA
DE INFORMACIÓN QUE MEDIANTE DISPOSITIVOS DE IOT
INTEGRADOS A LA GESTIÓN DE DATOS PERMITE EL
MONITOREO Y ALERTAS, DE DISTANCIAMIENTO SOCIAL
EN LAS ORGANIZACIONES"

Director: Venturino, Gabriel Francisco

Integrantes: Moreno, Antonio; Giuffrida, Pedro; Bierzychudek,
Marcos; Parada Gatica, Jennifer;
Capurro, Bruno; Desivo, Mariano; Yapura, Jose Luis

Año: 2023



Informe Final de Proyectos de Vinculación Tecnológica

Universidad Nacional de Moreno

PVT-CAyT-02-2021

Proyecto: “Internet de las cosas (IoT) aplicado al distanciamiento social. Desarrollo de un Sistema de Información que mediante dispositivos de IoT integrados a la gestión de datos permite el monitoreo y alertas, de distanciamiento social en las organizaciones”.

Contenido

Identificación del proyecto	3
PARTE I - Informe de resultados para el repositorio digital institucional de acceso abierto de la UNM – Ley N° 26.899	5
1. Antecedentes y objetivos.....	5
Objetivos	7
2. Demandante y sector productivo (mínimo 1 página- máximo 2 páginas)	8
3. Actividades realizadas	9
Objetivo	9
Actividades.....	9
Desarrollo.....	9
Solución de detección de contacto estrecho mediante nodos de LoRaWAN móviles	10
4. Resultados y productos	18
5. Impacto.....	26

Identificación del proyecto

Código:	PVT-CAyT-02-2021
Tipo de proyecto ¹ :	Proyecto de Vinculación Tecnológica
Nombre completo del proyecto:	Internet de las cosas (IoT) aplicado al distanciamiento social. Desarrollo de un Sistema de Información que mediante dispositivos de IoT integrados a la gestión de datos permite el monitoreo y alertas, de distanciamiento social en las organizaciones
Director/a:	Venturino, Gabriel Francisco (DCAYT)
Lineamiento prioritario ²	8. ELECTRÓNICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
Sub-línea prioritaria	Telecomunicaciones
Organismo financiador:	Ministerio de Desarrollo Productivo. Secretaría de Industria, Economía del Conocimiento y Gestión Comercial Externa. Subsecretaría de Economía del Conocimiento. Dirección Nacional de Desarrollo de la Economía del Conocimiento. Dirección de Generación de Nuevas Empresas de la Economía del Conocimiento
Convocatoria:	Programa Soluciona. Reactivación de la Economía del Conocimiento
Contraparte:	Argenpur Scalter
Fecha de inicio:	30/07/2021
Fecha de finalización:	08/03/2023
Unidad de localización: Departamento/centro/	Centro de Estudios de Innovación Tecnológica y Tecnología

¹ Tipos de Actividades de Vinculación y Transferencia Tecnológica (AVTT):

PVT: Proyectos de Vinculación y Transferencia

SAT: Servicios a terceros

SE: Servicios Estandarizados

² Según LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO 2022-2027 (Aprobado por Resolución UNM-CS N° 848/21)

http://www.unm.edu.ar/files/Lineamientos_Estrategicos_de_Investigacion_Cientifica_y_Developmento_Tecnologico_UNM_2022_2027_Oct_2021.pdf

Programa	
Resumen: <i>máx. 300 palabras</i>	<p>Durante la pandemia de COVID-19 toda la estructura del Estado Argentino se enfocó en reducir el impacto de la misma. El sistema científico y tecnológico se esforzó en descubrir y desarrollar soluciones innovadoras para el beneficio de la sociedad. Desde la Universidad Nacional de Moreno se buscó colaborar de distintas maneras, desde la utilización del espacio universitario para instalar un vacunatorio hasta desarrollos tecnológicos como el que se presenta en este reporte.</p> <p>En el marco del programa solución para la reactivación de la economía del conocimiento se estudiaron distintas herramientas de Internet de las cosas, que integran tecnologías de última generación como Bluetooth Low Energy (BLE) y LoRaWAN, para crear un sistema que permita el control y trazabilidad de contactos personales en las organizaciones. Se busca de esta manera evitar un cierre de planta preventivo ante un caso de COVID-19 positivo y fortalecer la política de cuidado de las personas. Todo el estudio se basa en una red LoRaWAN y gracias a la implementación de la misma, se estudiaron otras aplicaciones como el posicionamiento en interiores, y la medición de temperatura y humedad.</p>
Palabras claves (no menos de 3):	<ul style="list-style-type: none"> – Internet de las cosas (IoT) – LoRaWAN – BLE, Bluetooth Low Energy – Telecomunicaciones

PARTE I - Informe de resultados para el repositorio digital institucional de acceso abierto de la UNM – Ley N° 26.899

1. Antecedentes y objetivos

- Realizar una presentación general del estudio (tema/problema) y una justificación de su relevancia (motivos para estudiarlo, aportes potenciales).
- Describir, si corresponde, los métodos, técnicas, instrumentos y materiales utilizados
- Indicar objetivo general y específicos de la investigación

(Min. 2 páginas- máx. 5 páginas)

Los distintos estudios realizados durante la pandemia del COVID-19 demostraron que la propagación de la enfermedad se realizaba principalmente por vía aérea, a través de las microgotículas que desprendemos por ejemplo al toser o estornudar. Una forma de evitar la propagación de la enfermedad COVID-19 fue que las personas mantengan una distancia de al menos 2 metros entre sí. Esto llevó a establecer clasificaciones de contactos y protocolos de acción en caso de una prueba con resultado positivo. Para una organización, como una universidad o empresa, estos protocolos generan grandes dificultades para establecer un normal funcionamiento laboral. Esta situación requirió que las organizaciones implementen sistemas tecnológicos para determinar la trazabilidad de los contactos para aplicar los correspondientes protocolos al personal requerido de manera focalizada y evitar cierres completos de la actividad.

La solución tecnológica que se estudió se basa en una red LoRaWAN, que es una especificación de protocolo de comunicación y arquitectura de redes LPWAN (Low Power Wide Area Network). Estas redes son ideales para aplicaciones de Internet de las cosas (IoT), telemetría, posicionamiento en zonas urbanas o rurales por su largo alcance con poca energía y mediante hardware de tamaño reducido. La técnica de comunicación LoRa (Long Range) define la parte física de la comunicación y utiliza modulación de espectro ensanchado que brinda un gran rechazo a interferencias. La desventaja de esta técnica es que permite bajas tasas de transferencia, pero esto no es un limitante en telemetría o IoT. La red se implementa instalando gateways que escuchan los mensajes LoRa y los reenvían mediante Internet a servidores en la nube. Un solo gateway LoRaWAN tiene capacidad hasta 15000 nodos y su cobertura puede ser de hasta 15 km. Como parte del proyecto se instaló en la Universidad Nacional de Moreno un gateway que puede cubrir parte de los distritos de Moreno, Merlo, Ituzaingó, San Miguel, Gral Rodriguez, Pilar y Marcos Paz, por lo que su aplicación puede tener un fuerte impacto en las

investigaciones y desarrollos de toda la zona. Los nodos son dispositivos que determinan y reportan variables determinadas.

También se estudió en el proyecto la medición de distancia mediante Bluetooth Low Energy (BLE), que es una tecnología inalámbrica de bajo consumo que permite comunicar dispositivos de forma local. BLE opera en la banda de 2,400 a 2,4835 GHz, con una separación entre canales de 2 MHz. En un dado canal, los datos son transmitidos utilizando modulación de variación gaussiana de frecuencia (GFSK). La velocidad de transmisión de datos es de 1 Mbit/s con una potencia de transmisión máxima de 10 mW y la distancia de comunicación es menor a 100 m. Las ventajas de esta tecnología es que tiene bajo requerimiento de energía, espacio y costo. Posee una mejor tasa de transferencia pero muy corto alcance comparado con LoRa.

Conjugando ambas tecnologías es posible establecer un sistema que permita el control y trazabilidad de contactos personales en las organizaciones y de esta manera evitar un cierre de planta preventivo ante un caso de COVID-19. Además, es posible estudiar sistemas de posicionamiento en interiores de personas o activos, estudiar el movimiento o flujo de individuos, establecer zonas de exclusión, etc. Todas estas herramientas pueden ser utilizadas para una mejor planificación del cuidado de las personas, de la producción o del comercio.

El Sistema de Información consta esencialmente de 3 partes, la primera son sensores de tecnología BLE (Bluetooth Low Energy) que pueden medir la distancia entre ellos y enviarla a un punto fijo o ancla que tiene un gateway BLE -LORA; la segunda parte consta de una red LORA (Long Range, red de baja potencia de transmisión y largo alcance), que recoge la información de los diferentes sensores en uno o varios puntos fijos que son gateway LORA a un servidor en la nube; la tercera parte consta de un Sistema de gestión de datos que brinda servicios de monitoreo y alertas sobre la trazabilidad de los eventos registrados. Estos servicios integran las funcionalidades requeridas por la organización/empresa como distribución por legajo de las tarjetas y alerta para los casos positivos. Esto servicios pueden ser consumidos mediante todo tipo de dispositivo que se conecta a internet. La Universidad ya tiene desarrollada una red LORA para uso con sensores simples de temperatura, humedad, acelerómetro, intensidad luminosa y desarrollados programas de análisis estadístico de los datos recibidos.

El sistema fue aplicado en dos empresas, SCALTER y Argenpur. En ambos casos se modificó el sistema para solucionar problemas específicos. En la empresa SCALTER se realizó el registro de las posiciones de dos Clark y en Argenpur el control de materia prima.

Objetivos

1. Estudiar sistemas de trazabilidad de contacto estrecho en el contexto de la pandemia de COVID-19.
2. Analizar otras posibles aplicaciones como el comportamiento de los trabajadores, mejorar la organización de una compañía, posicionamiento de bienes, etc. La red LoRaWAN se puede utilizar para realizar sensados en el partido de Moreno orientados a aplicaciones de salud, medio ambiente, industrial, etc. Algunos ejemplos pueden ser medición del nivel de agua en el Dique Roggero, Río Reconquista y arroyos, medición y registro de temperaturas para los centros de vacunación o farmacias, y registro calidad de aire en las zonas urbanas.

2. Demandante y sector productivo (mínimo 1 página- máximo 2 páginas)

- Describir a la organización adoptante y/o demandante y al sector productivo que forma parte

(Min.1 página- máx. 2 páginas)

La zona del conurbano oeste, fundamentalmente el 3er cordón tiene características de menor desarrollo relativo que zonas más industrializadas del propio conurbano oeste 1er y 2do cordón o del sector norte en toda su extensión. El área de Vinculación Tecnológica trabaja con aquellos sectores con potencial de incorporación de tecnologías, que generen empleos de calidad, sumen en productividad y competitividad y que aspiren a la sustitución de importaciones y aumentar la capacidad exportadora.

ARGENPUR es una empresa dedicada a la fabricación de productos a base de poliuretano rígido, material con una amplia diversidad de aplicaciones y presentaciones: spray utilizado en la construcción y el transporte refrigerado; bloques; inyección en puertas y paneles. A lo largo de su trayectoria, la empresa ha logrado consolidarse como un referente a nivel nacional en cuanto a producción de espuma por sistema discontinuo, además de contar con una activa participación en los mercados de inyección y spray. Sus socios fundadores, Guillermo Antonio Micieli y Jorge Omar Smario, iniciaron la actividad en agosto de 1987 con el objetivo de fabricar y comercializar espuma de poliuretano rígido y proveer servicios para la aislación térmica de montaje industrial.

SCALTER S.R.L., es una empresa que diseña, fabrica por sistema cardado “Chemical Bonding” y filamento continuo “spunbonding”, vende y distribuye telas no tejidas con más de 60 años de experiencia en el rubro. Fundada en 1950 por Bernardo Hutin, hoy es dirigida por su hijo Raúl Hutin quien mantiene el concepto de empresa familiar. La empresa forma parte de la Fundación ProTejer, de la Central de Entidades Empresarias Nacionales (CEEN), de la Asamblea de Pequeños y Medianos Empresarios (APYME) y de la Cámara Argentina de la Industria del No Tejido (CAINT).

Ambas empresas han firmados sendos convenios con la UNM para el desarrollo de prácticas pre-profesionales de estudiantes de la Universidades en sus sedes.

3. Actividades realizadas

- Indicar las actividades realizadas en relación a los objetivos del proyecto:

(Min.2 páginas- máx. 5 páginas)

Objetivo

1. Estudiar sistemas de trazabilidad de contacto estrecho en el contexto de la pandemia de COVID-19.
2. Estudiar otras posibles aplicaciones

Actividades

- Se estudió la aplicación de la tecnología BLE para la medición de distancias.
- Se desarrolló la programación de los sensores BLE y los gateways.
- Se instaló un conjunto de gateways LoRaWAN para brindar cobertura al partido de Moreno.
- Se utilizó como servidor de datos de "The Things Stack (TTS)".
- Se realizaron dos pruebas de concepto del sistema en dos industrias locales

Desarrollo

Instalación de gateways y configuración en TTS

La red se basa en tres gateways LoRaWan, dos de ellos para interiores y uno profesional para uso en exteriores. Se cuenta además con un segundo gateway profesional para realizar pruebas y estudiar el equipo, se buscará en el futuro instalarlo para su uso regular. Estos dispositivos reciben mensajes emitidos por nodos y modulados según el protocolo LoRa, con frecuencia de señal portadora en la banda de 915 a 928 MHz.

Los gateway para instalación en interiores ya se encuentran funcionales y reportan datos al servidor de manera constante, con estos elementos se realizaron las primeras pruebas y su uso estará principalmente orientado a aplicaciones estudiantiles. El servidor de red utilizado fue "The Things Stack" (TTS). Este servidor permite brindar un uso público de los gateways mientras que la Universidad mantiene su administración. Además, permite la instalación rápida de varios nodos y gateways gracias a que muchos fabricantes preparan las configuraciones preliminarmente. También permite integrar al servidor de redes otros servicios como un broker MQTT, almacenamiento y servidores de aplicación. Se mostrarán algunos ejemplos a continuación.

Un gateway de uso profesional fue instalado en la antena de la radio de la UNM, a 80 m de altura. El gateway se conecta a Internet mediante Ethernet o LTE para enviar los datos a un

servidor. El gateway posee un GPS para determinar con exactitud el momento de recepción de los mensajes. Además, el mismo fue configurado para tomar la hora de distintos servidores NTP (Network Time Protocol), en primer lugar toma el servicio NTP del INTI, luego del AGGO (Observatorio Argentino-Alemán de Geodesia) y por último de un pool de servidores NTP de Argentina. Gracias a la altura de instalación se espera que este gateway pueda dar cobertura a gran parte del partido de Moreno y será la base de futuros desarrollos y servicios.

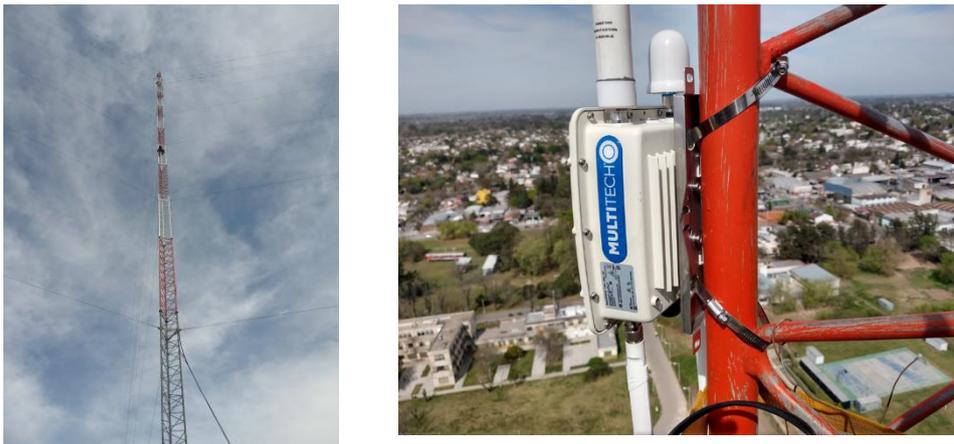


Figura 3: (izquierda) instalación del gateway LoRaWAN a 80 metros de altura. (derecha) foto del gateway instalado, a partir de su altura se espera que cubra gran parte de todo el partido de Moreno.

Solución de detección de contacto estrecho mediante nodos de LoRaWAN móviles

Esta solución se basa en el uso de dispositivos LW004-CT, que fueron específicamente diseñados para detectar contactos estrechos, y que son de la firma MokoSmart.



Figura 5: nodos BLE-LoRaWAN modelo LW004-CT.

Cada dispositivo posee una interfaz Bluetooth Low Energy (BLE) y una interfaz LoRaWAN. A través de la interfaz BLE, cada dispositivo emite una señal de baliza, la cual contiene información de identificación de la mismo, es decir, una dirección MAC. Si hay otro dispositivo LW004-CT cerca, este recibe la señal, y detecta el posible contacto estrecho. La intensidad de la señal recibida (RSSI) dependerá de la distancia a la que se encuentran los dispositivos.

El dispositivo que recibe la señal, determina en base a la configuración si se trata de un contacto estrecho, y en dicho caso alerta al usuario mediante vibraciones, además de enviar una mensaje a la red LoRaWAN.



Figura 6: esquema gráfico del seguimiento de contactos en el marco de la pandemia COVID-19.

Los dispositivos permiten configurar el nivel de señal (RSSI) a partir del cual se considera un contacto estrecho, además de distintos tipos de filtros que evitan la detección de otro tipo de dispositivos BLE, así como también posibilitan la creación de grupos definidos.

Por otra parte, la definición de contacto no solo tiene que ver con la distancia, sino también con el tiempo durante el cual las personas se encuentran en contacto. Se puede configurar en los dispositivos el intervalo de tiempo para que informen a la red LoRaWAN el estado de alarma para una misma MAC, es decir, el contacto con otro usuario. Estas configuraciones, así como también la configuración de la interfaz LoRaWAN, se realizan mediante la app móvil LoRa Tracker de MokoSmart. Una vez determinado el contacto el dispositivo envía a la red LoRaWAN un mensaje en el que se incluye:

- una clasificación del mensaje, si es de alarma o no;
- información temporal (fecha y hora) en que se detectó el Beacon;
- la dirección MAC del dispositivo que generó el Beacon;
- el nivel de señal recibida (RSSI);
- y el contenido en bruto (raw data) del beacon.

Esta información va codificada en un mensaje (payload), de acuerdo al siguiente formato:

Byte	Tipo	Valores	Detalle
1	Tipo de mensaje	0x00, 0x01	0x00: No hay alarma 0x01: Alarma
2 - 8	Información temporal del beacon	0x0000000000000000 0xFFFFFFFFFFFFFFFF	Tiempo (fecha y hora) del beacon encontrado
9-14	Dirección MAC del beacon	0x000000000000 0xFFFFFFFFFFFFFFFF	

15	Nivel de señal recibida (RSSI)	0x00 – 0xFF	
16-XX	Datos en bruto (raw data) del beacon		0 – 31 byte

Ejemplo:

0x01 07 E4 07 16 0C 20 1F EE 5C 2C 64 DA 94 DA 02 01 06 1A FF 4C 00 02 15 E2 C5 6D B5DF FB 48 D2 B0 60 D0 F5 A7 10 96 E0 00 00 00 00 BF

- Tipo de mensaje: 0x01 (Alarma)
- Información temporal: 0x07 E4 07 16 0C 20 1F (2020/07/22 10:32:31)
- Dirección MAC: 0xEE 5C 2C 64 DA 94
- RSSI: 0xDA (-38dBm)
- Datos en bruto del beacon: 0x02 01 06 1A FF 4C 00 02 15 E2 C5 6D B5 DF FB 48 D2 B0 60 D0 F5 A7 10 96 E0 00 00 00 00 BF

Como los dispositivos funcionan con una batería recargable, la información de mensajes “sin alarma” es importante para asegurar que el dispositivo está activo y tiene conectividad a la red. El intervalo de tiempo de envío de mensaje “sin alarma” también puede ser configurado a través de la app LoRa Tracker. Como se mencionó, la segunda es una red LoRaWAN, donde la información de los diferentes nodos es recibida por uno o más gateways LoRaWAN y agrupados en un servidor de red. Para las pruebas de prototipo se utilizó el servidor de red LoRaWAN The Thing Stack Community Edition. Este servidor permite registrar tanto los gateways, como los dispositivos LW004-CT. Para las pruebas iniciales se utilizaron los gateways MokoSmart MKGW2-LW. Los mismos se registraron en TTS (The Thing Stack). También se crearon aplicaciones y se registraron los dispositivos LW004-CT. A continuación se integró un decodificador de mensajes para convertir el stream de bytes incluidos en el mensaje de uplink, en información legible para el usuario y para la aplicación. En la siguiente imagen se muestra un mensaje recibido y decodificado en el servidor de red:



El resultado de la decodificación tomado del mensaje es:

```
"uplink_message": {
  "f_port": 1,
  "frm_payload": "AQfmCR4HKQHLSoyU9Q/eAgEGGv9MAAIV4sVttd/7SNkwyND1pxCW4AAUAADI",
  "decoded_payload": {
    "a_payload_data_type": "alarm mode",
    "b_Beacon_Timestamp": "2022/9/30 7:41:1",
    "c_Beacon_Mac_Address": "CBB28614F50F",
    "d_Beacon_RSSI": "-34dBm",
    "e_Beacon_Raw_Data": "02 01 06 1A FF 4C 00 02 15 E2 C5 6D B5 DF FB 48 D2 B0 60 D0 F5 A7 10 96 E0 00 14 00 00 C8 "
  }
},
```

El campo "frm_payload" es el contenido del mensaje enviado por el dispositivo, codificado en base 64. Luego en "decoded payload" se ve el resultado de la decodificación, donde los campos más importantes son el tipo de mensaje, la información temporal y la dirección MAC. Una de las cosas que se advirtió durante las pruebas fue que los dispositivos LW004-CT no mantienen la información temporal actualizada. Cuando un dispositivo se enciende, no tiene referencia temporal; para que el mismo ajuste su fecha y hora, debe sincronizarse con la aplicación LoRa Tracker. Esto está indicado también en el manual de usuario. Debido a que asegurar que cada usuario sincronice su dispositivo con la app LoRa Tracker cada vez que lo enciende, sería un requisito difícil de cumplir, y teniendo en cuenta que cada mensaje en la red lleva entre sus metadatos información sobre cuando fue recibido, se optó por utilizar esta segunda opción como información temporal. La tercera parte del sistema la integra un software que permite procesar los datos, almacenar la información y presentar los resultados al cliente. Se probaron distintas integraciones de TTS: Ubidots, DataCake, Google Cloud, TTS Storage Integration.

Durante las pruebas se notaron problemas de funcionamiento en los dispositivos LW004-CT. Si bien los mismos podían detectar el contacto cercano con otro, y generar la alarma de vibración, no siempre enviaban el mensaje correspondiente a la red. En muchos casos, de hecho, solo enviaban un mensaje a poco tiempo de ser encendidos, para luego no volver a hacerlo, aun cuando se generaban nuevos eventos de alarma. Esto se consultó con el fabricante, y aún se está en proceso de resolverlo.

Solución de posicionamiento en interiores mediante balizas BLE y nodos LoRaWAN estáticos

Se adquirió un conjunto de balizas BLE y de nodos estáticos BLE-LoRaWAN a la empresa MokoSmart. Los primeros son dispositivos en formato de tarjeta que emiten de manera constante un mensaje BLE, su modelo es H3. Los segundos son dispositivos que toman los mensajes BLE, miden el RSSI y transmiten esa información mediante LoRaWAN, su modelo es el LW003. Estos elementos fueron configurados y tres dispositivos LW003 se encuentran conectados al servidor de TTS.

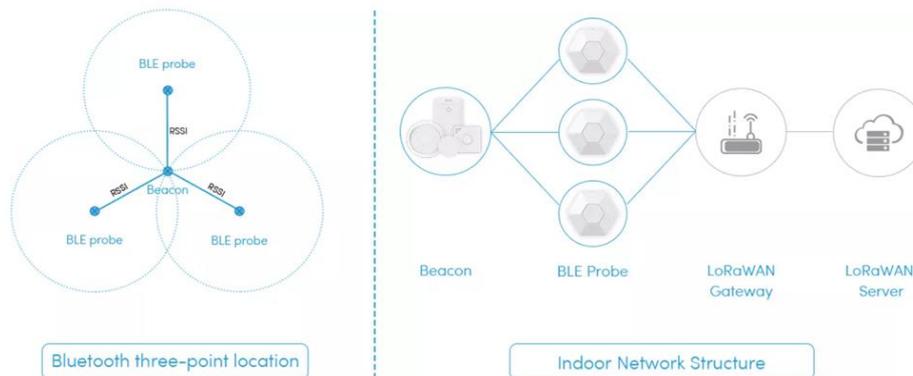


Figura 7: esquema de funcionamiento del sistema de posicionamiento de interiores utilizando nodos LoRaWAN estáticos y balizas BLE.

Se estudió la relación del RSSI y la distancia entre baliza y receptor para obtener una ecuación aproximando la correspondiente curva por una ecuación lineal, la siguiente sección presenta mayores detalles al respecto. Luego, se dispusieron tres receptores LW003 en una habitación para implementar un sistema de posicionamiento mediante triangulación. Uno de ellos receptores se consideró la posición cero del eje de coordenadas, otro se colocó a 2 m sobre el eje 'x' y el otro a 2 m sobre el eje 'y'. Las balizas H3 se ubicaron en posiciones arbitrarias para determinar su posición mediante triangulación. La posición estimada se compara con la posición medida de forma manual. Se confeccionó una planilla de trabajo y todas las distancias fueron calculadas mediante una única ecuación promedio. Esta ecuación promedio brinda una exactitud de 1 m en la determinación de cada distancia y para mayor exactitud se deberá caracterizar cada conjunto baliza receptor.



Figura 8: (izquierda) balizas en formato de tarjeta modelo H3. Son utilizadas para realizar el posicionamiento en interiores. (derecha) Nodo estático BLE- LoRaWAN modelo LW003 utilizado para posicionamiento en interiores.

Estudio de la relación entre RSSI y la distancia entre los elementos

Se realizó una serie de estudios para analizar la correlación entre el RSSI medido por los receptores de BLE con la distancia a la baliza. El estudio se realizó con dos bancos de trabajo por separado encontrando conclusiones similares.

Estudio con balizas H3 y gateways BLE-LoRaWAN LW003

Estas pruebas se realizaron utilizando los productos adquiridos a la empresa MokoSmart para establecer un sistema de posicionamiento para interiores. Se instalaron dos balizas H3 en distintas posiciones y se mantuvieron en posición fija dos receptores LW003. Para cada posición de las balizas se anotó el RSSI informado por el dispositivo LW003. Las balizas y el receptor se colocaron a 1,5 m de altura y separados de la pared en 0,4 m de manera de emular una aplicación real. La siguiente figura presenta los resultados medidos, se observa una clara correlación hasta 3,5 m. A partir de esa distancia no es posible determinar una diferencia del RSSI con el cambio de distancia.

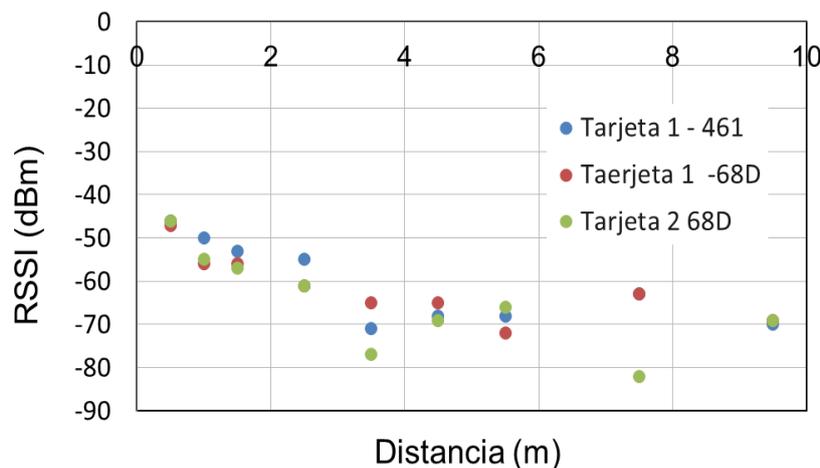


Figura 10: RSSI medido para las balizas H3 en función de la distancia.

Estudio con balizas iTAG y receptores basados en módulos ESP32

Se utilizó dos balizas marca iTAG y dos módulos ESP32 como receptores para medir el RSSI. Se realizaron dos experimentos, primero se colocaron sobre un mueble y se fijó la posición de los ESP32. Los iTAG fueron colocados a distintas distancias y girando sobre su eje vertical. Para cada caso, se tomaron 100 valores de RSSI y se anotó el promedio en cada caso, la medición duró 20 min por cada punto. Estas mediciones se realizaron con un programa escrito en Python. Se incluyó junto a los módulos receptores un celular con una aplicación de Bluetooth. Se observan en las mediciones que luego de los 80 cm presenta un comportamiento levemente correlacionado con la distancia. Sin embargo, el RSSI es fuertemente afectado por la rotación de las balizas. Esta experiencia fue realizada en tres días distintos encontrando similares resultados.

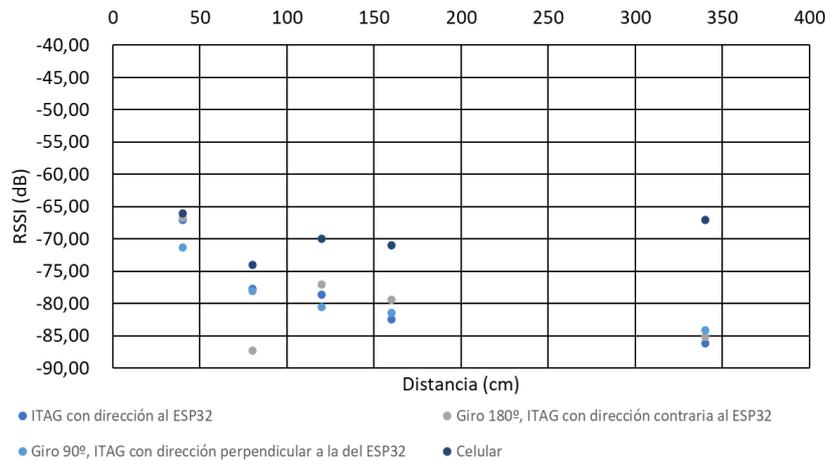


Figura 11: RSSI medidos con un módulo el módulo ESP A. Se observa una correlación entre distancia y RSSI.

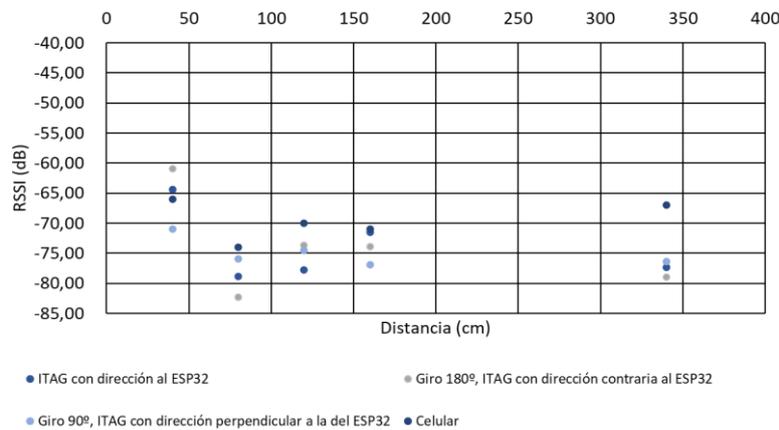


Figura 12: medición de RSSI del mensaje emitido por la misma baliza iTAG pero con otro módulo ESP32. En este caso es difícil poder determinar una correlación entre RSSI y distancia.

En el segundo experimento, se mantuvo fija la posición del receptor y nunca se modificó la dirección de la baliza, pero si su posición hasta 7 m. Se observa una correlación entre RSSI y distancia.

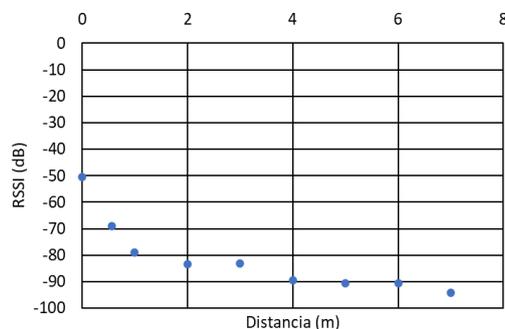


Figura 13: RSSI medido según la distancia entre baliza y receptor sin cambiar la dirección de ambos.

Determinación de la distancia a partir del RSSI

Todas las mediciones realizadas demuestran que es posible determinar bandas de distancias según el RSSI medido. Sin embargo, no es posible realizar una determinación exacta y precisa de la distancia ya que existen muchos factores que afectan al RSSI como es la orientación de los dispositivos. Las balizas H3 presentan una correlación entre RSSI y distancia hasta 3,5 m, lo que permite su utilización para determinar distancias de contacto estrecho. La determinación del RSSI y su correlación con la distancia es un interesante punto de estudio que se continuará profundizando incluyendo la utilización de un analizador de espectro para la medición ya que permite una mejor exactitud de medición.

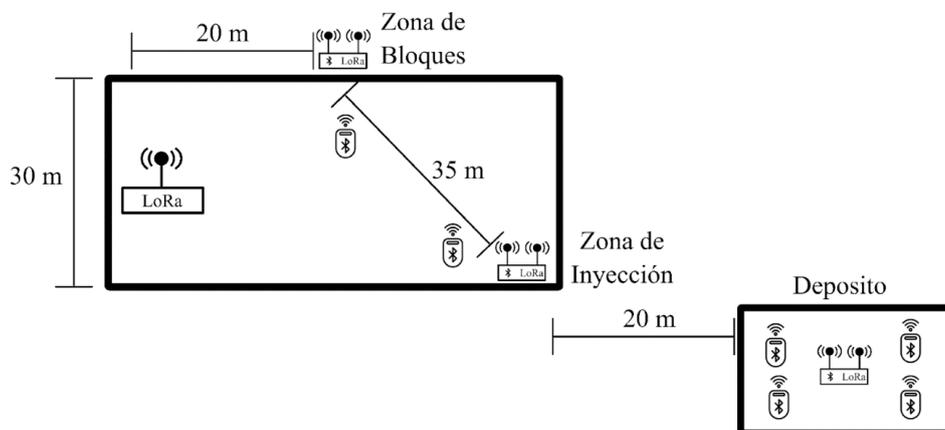
4. Resultados y productos

- Breve descripción de los conocimientos, tecnologías y/o bienes transferidos al sector asociado
- Informar si se han generado nuevas patentes o licencias

(Min.2 páginas- máx. 5 páginas)

Sistema de seguimiento de activo en Argenpur

El sistema de seguimiento de activos fue adaptado para la empresa Argenpur, una empresa del partido de Moreno que se dedica hace más de 30 años a la producción de componentes de poliuretano. El objetivo de la aplicación fue desarrollado en conjunto con la empresa, se busca determinar en tiempo real la ubicación de ciertos activos para evitar el uso incorrecto de ellos. Además, se incluye el registro de temperatura que permite determinar posibles deficiencias en la producción. El sistema fue instalado, según el esquema de la siguiente figura, y verificado en la empresa Argenpur desde el sábado 4 hasta el sábado 11 de marzo de 2023. Se instaló un gateway LoRaWAN en las oficinas junto a una PC donde se puede visualizar la información provista por el sistema. El gateway se conectó a Ethernet y se configuró para proveer conexión a Internet a la PC mediante WIFI. Se definieron tres zonas de trabajo, la zona bloques, la de inyección y el depósito (apartado de las anteriores). Dentro de la primera zona se instalaron dos nodos BLE-LoRaWAN que se consideran como sectores distintos pero asociados. Para la zona de inyección se instaló un único nodo. En el depósito se instalaron cuatro nodos BLE-LoRaWAN a distintas alturas para evitar perder señales. Se considera que un elemento está dentro del depósito si es detectado por al menos uno de ellos. La instalación se realizó fijando los nodos con cinta bifaz en las columnas de la estructura metálica y su alimentación se realizó mediante batería interna. El tiempo total requerido para realizar la instalación fue de aproximadamente 1 hora.



Esquema de instalación de los nodos BLE-LoRaWAN.

Nodos BLE-LoRaWAN

Se realizaron distintas pruebas de configuración para maximizar la cantidad de balizas que puede detectar un nodo dado. Se buscó transmitir las detecciones de las balizas evitando repetirlas, o incluir detecciones de teléfonos celulares u otros dispositivos. En el mensaje LoRaWAN se envía la menor información posible para maximizar la cantidad de datos útiles. Se utiliza el filtro de los nodos para rechazar señales con RSSI menor a un determinado valor. Este valor se ajustó en el lugar para que no se detecten barriles que están lejos de la zona de trabajo.

Balizas BLE

Cada barril de materia prima se identifica con una baliza BLE. Para fijar estas balizas a los barriles se solicitó el diseño de soportes, que luego fueron impresos en 3D. El diseño fue realizado por Esteban Formica y Roberto De Rose. La baliza se colocó dentro del soporte y este es fijado al barril utilizando imanes de neodimio circulares de 15 x 5 mm. En total se fabricaron 23 soportes, tres de ellos diseñados para barriles plásticos con jaula de metal, y el resto para barriles metálicos.



La figura superior izquierda presenta todos los soportes construidos. La figura superior derecha presenta el soporte para barril metálico. La figura inferior presenta el soporte para barril plástico en jaula de metal.

Software de aplicación (versión 1.2.2)

El software de aplicación fue desarrollado en C# y WPF mediante Visual Studio 2022 (Community edition) con el objetivo de ser amigable y transparente para el usuario. Se presenta a continuación la pantalla principal y las características más importantes. El software se conecta y reconecta de forma automática al servidor MQTT. Se pueden configurar alarmas de posicionamiento incorrecto de activos definiendo zonas de exclusión. Por ejemplo, si una clase de activo se encuentra en un determinado lugar que no debería estar, se activa una alarma luminosa que es el correspondiente recuadro del barril con parpadeo en rojo en la aplicación.



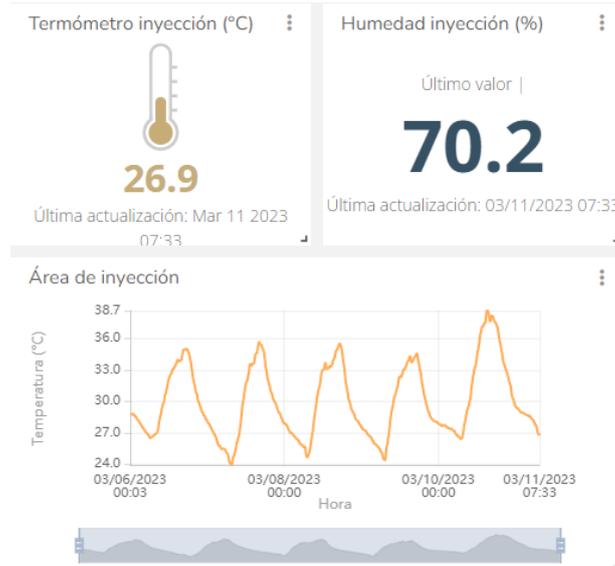
Inyección Bloques 1			Inyección Bloques 2			Inyección Alta Presión		
Barril 9	22:06:53	< 1m	Barril 39	22:06:49	< 1m	Barril 33	22:06:48	< 1m
Barril 12	22:06:53	< 3m	Barril 38	22:06:49	< 1m	Barril 37	22:06:48	< 1m
Barril 5	22:06:53	< 1m				Barril 34	22:07:37	< 1m

Depósito									
Barril 47	22:07:59	Barril 7	22:08:04	Barril 2	22:08:23	Barril 16	22:08:29	Barril 26	22:08:29
Barril 43	22:08:29	Barril 49	22:08:30	Barril 48	22:08:36	Barril 42	22:08:36	Barril 57	22:08:36
Barril 60	22:08:29	Barril 8	22:08:36	Barril 18	22:08:36	Barril 53	22:08:36	Barril 44	22:08:36
Barril 53	22:08:36	Barril 25	22:08:36	Barril 19	22:08:36	Barril 41	22:08:36	Barril 10	22:08:36
Barril 40	22:08:36	Barril 52	22:08:36	Barril 19	22:08:36	Barril 22	22:08:36	Barril 50	22:08:36
Barril 40	22:08:36	Barril 17	22:08:36	Barril 10	22:08:36	Barril 62	22:08:36	Barril 13	22:08:36
Barril 22	22:08:36	Barril 11	22:08:36	Barril 50	22:08:36	Barril 23	22:08:36	Barril 14	22:08:36
Barril 62	22:08:36	Barril 20	22:08:36	Barril 13	22:08:36	Barril 51	22:08:36	Barril 4	22:08:36
Barril 23	22:08:36	Barril 59	22:08:36	Barril 14	22:08:36	Barril 36	22:08:36	Barril 58	22:08:36
Barril 51	22:08:36	Barril 1	22:08:36	Barril 4	22:08:36	Barril 3	22:08:36	Barril 56	22:08:36
Barril 36	22:08:36	Barril 56	22:08:36	Barril 24	22:08:36	Barril 58	22:08:36	Barril 46	22:08:36
Barril 3	22:08:36	Barril 6	22:08:36	Barril 46	22:08:36	Barril 15	22:08:36	Barril 45	22:08:36
Barril 58	22:08:36	Barril 54	22:08:36	Barril 45	22:08:36	Barril 61	22:08:36	Barril 31	22:08:36
Barril 15	22:08:36	Barril 55	22:08:36	Barril 31	22:08:36				

Panel principal de la aplicación desarrollada para Argenpur. Se observan las cuatro zonas definidas y las detecciones en cada una de ellas.

Registro online de condiciones ambientales

Se incluyó también en esta aplicación el registro de condiciones ambientales. Se utilizó la plataforma UBIDOTS para mostrar las mediciones instantáneas y los valores históricos. Se seleccionó esta aplicación por su excelente interfaz gráfica. Además, se generó un acceso directo a esta aplicación en el escritorio de la PC para facilidad del usuario. La siguiente imagen muestra el registro de temperatura durante la semana de trabajo.



Registro de mediciones de temperatura y humedad.

Fotos de la instalación



Instalación de nodo BLE-LoRaWAN y termohigrómetro en zona de inyección.



Instalación de nodos BLE-LoRaWAN en zona de bloques. Se observa el termohigrómetro a la izquierda y las balizas en los barriles a la derecha.



Colocación de balizas en los barriles, los imanes de neodimio brindan un ajuste bueno y práctico. Se observa en las columnas dos nodos BLE-LoRaWAN.

Consideración del usuario

Al retirar el sistema, los autores se entrevistaron con el usuario, quien informó que el sistema de posicionamiento y de registro de las condiciones ambientales funcionaron correctamente durante el período de prueba. En ambos casos, el usuario manifestó que las interfaces gráficas son claras, sencillas y de fácil uso.

Conclusión de la aplicación en Argenpur

El sistema de seguimientos de activos fue instalado con éxito en la empresa Argenpur y funcionó correctamente durante una semana. La instalación se realizó en una hora, incluyendo el ajuste del filtro de los nodos BLE-LoRaWAN, la configuración del software, y la explicación al usuario.

Implementación de un sistema de seguimiento de activos en la empresa SCALTER

SCALTER es una empresa del partido de Moreno dedicada a la fabricación de telas no tejidas. La planta industrial está separada en distintas naves de más de 100 m de largo y en cada nave se encuentran distintos tipos de maquinarias de gran tamaño y estructuras metálicas. En una visita previa a la implementación se discutió con la empresa una posible aplicación, el seguimiento de dos Clarks de la empresa con el objetivo de registrar sus posiciones para luego realizar una estadística de la ubicación. Se rediseñó el sistema de seguimiento de activos desarrollados para la empresa Argenpur y se desarrolló software específico para esta aplicación.

El día 25 de febrero de 2023 se concurrió a la empresa SCALTER y se instaló el sistema en no más de 20 min. Se registraron distintos tipos de eventos durante 2 horas. El Gateway LoRaWAN y la PC se configuraron para conectarse a Internet a través de un teléfono celular, lo que facilitó mucho la instalación. Los nodos BLE-LoRaWAN se instalaron en las paredes de distintos pasos utilizando cinta bifaz. Se instalaron en total 7 nodos a través del camino habitual de los Clarks. Se utilizaron sólo dos balizas, una para cada Clark. Se muestran a continuación distintas fotos de la instalación.



Instalación de un nodo BLE-LoRaWAN y una baliza BLE colocada en un clark.

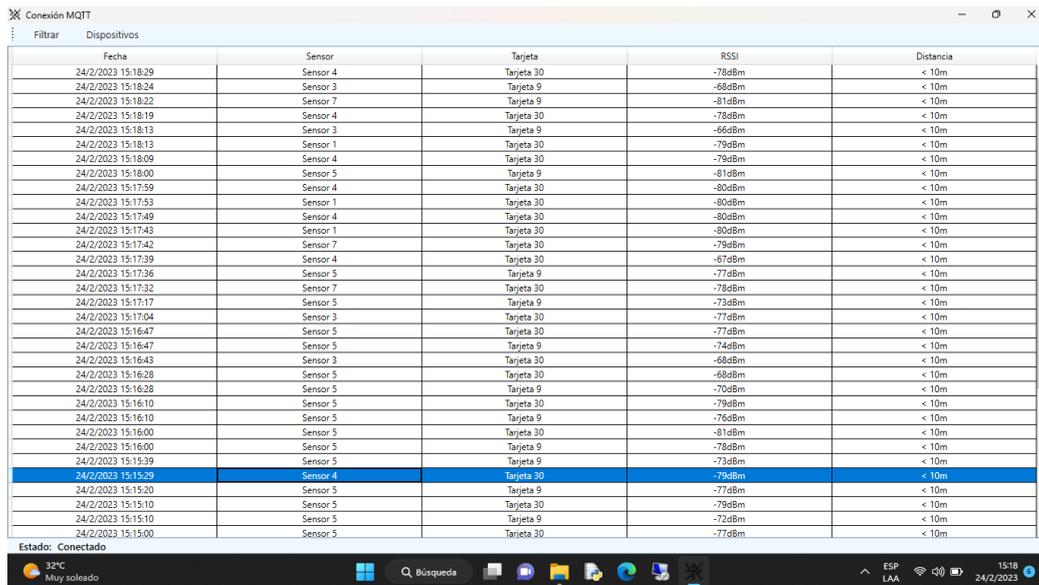


La foto superior muestra la computadora y el gateway conectados a través de un celular a internet.

Software de registro de posiciones de activos (V2.0.0)

Este software fue diseñado para minimizar las configuraciones requeridas y funciona con un mínimo de intervención del usuario. La conexión al servidor MQTT se realiza de manera automática y las configuraciones son registradas en archivos para ser reutilizadas. El sistema registra la hora en que el nodo envía la información, el valor de RSSI (intensidad de señal), la

identificación de la tarjeta (baliza) y del sensor (nodo). El software determina un rango de distancia de acuerdo al RSSI, menor a 10 m, menor a 3 m o menor a 1 m. Los registros se muestran en la siguiente pantalla en orden de llegada. El software permite filtrar los datos presentados según el nodo o la baliza. Todos los contactos son registrados para cada nodo en un archivo específico. Los nodos y las balizas son configurables como muestra la siguiente imagen.

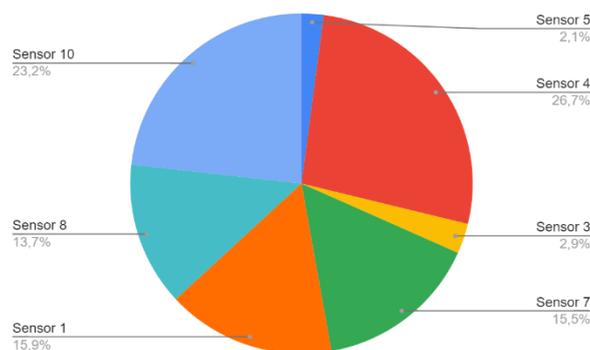


Fecha	Sensor	Tarjeta	RSSI	Distancia
24/2/2023 15:18:39	Sensor 4	Tarjeta 30	-78dBm	< 10m
24/2/2023 15:18:34	Sensor 3	Tarjeta 9	-68dBm	< 10m
24/2/2023 15:18:32	Sensor 7	Tarjeta 9	-81dBm	< 10m
24/2/2023 15:18:19	Sensor 4	Tarjeta 30	-78dBm	< 10m
24/2/2023 15:18:13	Sensor 3	Tarjeta 9	-66dBm	< 10m
24/2/2023 15:18:13	Sensor 1	Tarjeta 30	-79dBm	< 10m
24/2/2023 15:18:09	Sensor 4	Tarjeta 30	-79dBm	< 10m
24/2/2023 15:18:00	Sensor 5	Tarjeta 9	-81dBm	< 10m
24/2/2023 15:17:59	Sensor 4	Tarjeta 30	-80dBm	< 10m
24/2/2023 15:17:53	Sensor 1	Tarjeta 30	-80dBm	< 10m
24/2/2023 15:17:49	Sensor 4	Tarjeta 30	-80dBm	< 10m
24/2/2023 15:17:43	Sensor 1	Tarjeta 30	-80dBm	< 10m
24/2/2023 15:17:42	Sensor 7	Tarjeta 30	-79dBm	< 10m
24/2/2023 15:17:39	Sensor 4	Tarjeta 30	-67dBm	< 10m
24/2/2023 15:17:36	Sensor 5	Tarjeta 9	-77dBm	< 10m
24/2/2023 15:17:32	Sensor 7	Tarjeta 30	-78dBm	< 10m
24/2/2023 15:17:17	Sensor 5	Tarjeta 9	-73dBm	< 10m
24/2/2023 15:17:04	Sensor 3	Tarjeta 30	-77dBm	< 10m
24/2/2023 15:16:47	Sensor 5	Tarjeta 30	-77dBm	< 10m
24/2/2023 15:16:47	Sensor 9	Tarjeta 9	-74dBm	< 10m
24/2/2023 15:16:43	Sensor 3	Tarjeta 30	-68dBm	< 10m
24/2/2023 15:16:38	Sensor 5	Tarjeta 30	-68dBm	< 10m
24/2/2023 15:16:28	Sensor 9	Tarjeta 9	-70dBm	< 10m
24/2/2023 15:16:10	Sensor 5	Tarjeta 30	-79dBm	< 10m
24/2/2023 15:16:10	Sensor 9	Tarjeta 9	-76dBm	< 10m
24/2/2023 15:16:00	Sensor 5	Tarjeta 30	-81dBm	< 10m
24/2/2023 15:16:00	Sensor 5	Tarjeta 9	-78dBm	< 10m
24/2/2023 15:15:39	Sensor 5	Tarjeta 9	-73dBm	< 10m
24/2/2023 15:15:29	Sensor 4	Tarjeta 30	-79dBm	< 10m
24/2/2023 15:15:20	Sensor 5	Tarjeta 9	-77dBm	< 10m
24/2/2023 15:15:10	Sensor 3	Tarjeta 30	-79dBm	< 10m
24/2/2023 15:15:10	Sensor 5	Tarjeta 9	-72dBm	< 10m
24/2/2023 15:15:00	Sensor 5	Tarjeta 30	-77dBm	< 10m

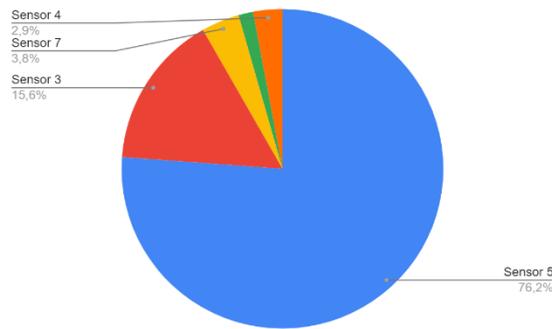
Software de registro de contactos para seguimiento de activos.

Procesamiento de datos

Luego de realizar las mediciones durante dos horas, se analizaron los datos y se muestra a continuación una estadística de las detecciones obtenidas para cada Clark. El primer Clark recorrió varios lugares de la planta industrial mientras que el segundo Clark se mantuvo siempre cerca del nodo 5, que corresponde al depósito de productos. Durante este día, este Clark se mantuvo cargando camiones de transportes y por este motivo la estadística es concisa.



Estadística de detecciones del Clark 1



Estadística de detecciones del Clark 2

Conclusiones de la implementación en SCALTER

La red de comunicaciones basada en tecnología LoRaWAN demostró un excelente desempeño en ambiente industrial. El único gateway instalado cubrió toda la planta industrial de más de 100 m de radio. El sistema de seguimientos de activos permitió realizar una estadística del movimiento de los Clarks pero la propia configuración del sistema no permitió obtener mayores conclusiones. Se deberá mejorar el registro del tiempo de contacto y la ventana de observación.

Conclusiones generales

El presente proyecto permitió a la Universidad Nacional de Moreno establecer un laboratorio dedicado a las tecnologías BLE y LoraWAN con su aplicación en distintas áreas. Los elementos adquiridos permitieron armar una red LoRaWAN y realizar las primeras aplicaciones de posicionamiento en interior y telemetría. Se cuenta además con gran cantidad de componentes con los cuales se buscará realizar productos propios de la Universidad.

El objetivo primario del proyecto fue alcanzado. Se estudiaron dos estrategias para brindar trazabilidad de contacto estrecho, una mediante nodos BLE-LoRaWAN móviles y otra mediante nodos estáticos y balizas BLE. La tecnología BLE permite calcular la distancia entre baliza y receptor, sin embargo su exactitud no es buena. Se deberá continuar trabajando en estos aspectos.

El segundo objetivo también fue alcanzado, se implementó el sistema de posicionamiento en interiores, dos nodos medidores de temperatura y humedad, y se estudiaron varios módulos LoRa. Todo esto brinda una clara línea de trabajo que se seguirá elaborando junto a los alumnos de la Universidad.

5. Impacto

- Describir el impacto del proyecto en relación a la problemática planteada

(Min.2 páginas- máx. 5 páginas)

Esta línea permite dar servicios asociados a la adopción de tecnologías 4.0, es decir, de soluciones enfocadas en la interconectividad, la automatización y los datos en tiempo real. A través de la Red LORAWAN, la UNM permitirá a las MiPyMES acceder a prototipos de soluciones innovadoras, principalmente en el marco de la Internet de las Cosas, permitiendo la posibilidad de interconexión y transmisión de datos entre objetos cotidianos e internet o la propia red LORAWAN.

Se trata de soluciones tecnológicas novedosas que pueden ser utilizadas en prácticamente la totalidad de las empresas MiPyMES. Es una apuesta que orienta hacia la transformación digital de la industria, incorporando innovaciones acorde a las necesidades y grado de desarrollo de cada empresa.

El impacto directo, seguramente, pueda observarse en las MiPYMES con las que la Universidad viene trabajando en distintas actividades de vinculación y transferencia, que forman parte del Directorio Industrial de Moreno. Ellas serán la base a partir de la cual se sumarán nuevas empresas tal como se ha desarrollado la estrategia de la UNM.

Fecha: 04/04/2023



Ing. Gabriel Venturino

Director del Centro de Estudios de Innovación Tecnológica y Tecnología
