

Plataforma de sensores móviles, para medir la contaminación en un entorno urbano.

Universidad Politécnica de Cataluña

Gabriel Espín Sanchez

Enero 2016

Resumen

La sobre población en los entornos urbanos supone un problema en el aumento de la contaminación en éstos, lo que conlleva graves consecuencias al medio ambiente. Estos factores son cada vez más complicados de monitorizar. Por este motivo se propone una plataforma de sensores móviles que, equipada en un vehículo eléctrico, es capaz de monitorizar factores medioambientales y contaminantes en las zonas que atraviesa, evitando alterar las infraestructuras para la implantación de sensores fijos. La plataforma está dotada de un sistema de localización, lo cual permite asociar cada observación registrada a una posición, por lo que se puede establecer una relación de estos factores con las zonas en las que fueron tomadas. También permite la monitorización de áreas mayores con un número menor de dispositivos, puesto que una sola plataforma, puede recorrer grandes distancias tomando muestras a su paso. La plataforma además otorga funcionalidades extras al conductor del vehículo como el sistema GPS, indicador del nivel de batería, la velocidad a la que se desplaza y la aceleración. Esto permite también otros campos de aplicación, como podrían ser la gestión de flotas. Todos los datos adquiridos, incluyendo la posición, se transmitirán en tiempo real a una plataforma central mediante tecnología WiFi.

Abstract

The overpopulation in urban zones suppose an increasing in the contamination factors on these places, which has serious consequences for the environment. These factors are increasingly complicated to monitor. Therefore mobile platform sensors equipped in an electric vehicle is proposed. This platform is able to monitor the crossing areas, avoiding alter the infrastructure to place fixed sensors. The platform has a tracking system, allowing to associate each observation recorded with a position, so you can establish a relationship of these factors with the the acquisition area. Also allows monitoring of larger areas with a small number of devices, since a single platform can travel great distances taking samples in its route. The platform also provides extra features to the vehicle driver like GPS, battery indicator, velocity and acceleration of the vehicle. This also gives other application fields, as could be fleet management. All acquired data, including the position, are transmitted in real time to a central platform using WiFi technologies.

Resum

La sobrepoblació de les zones urbanes suposa un problema en l'augment de la contaminació d'aquestes, d'aquesta manera el medi ambient pateix greus conseqüències. Aquests factors són cada vegada més difícils de monitoritzar. Per aquest motiu es proposa una plataforma de sensors mòbils que, equipada d'un vehicle elèctric, és capaç de monitoritzar factors mediambientals i contaminants de la zona que travessa, evitant alterar les infraestructures per la implantació de sensors fixes. La plataforma està equipada per un sistema de localització, el qual permet associar cada observació registrada a una posició, de tal manera que es pot establir una relació d'aquests factors amb les zones a les quals van ser realitzades. També permet la monitorització d'àrees més extenses amb un número menor de dispositius, ja que una sola plataforma, pot recórrer grans distàncies prenent mesures a mesura que passa. La plataforma a més d'afegir funcionalitats al conductor del vehicle com el sistema GPS, l'indicador de nivell de bateria, la velocitat a la qual s'està desplaçant i la seva acceleració. Això permet també altres camps d'aplicació com podria ser la gestió de flotes. Totes les dades adquirides, incloent la posició, es transmeten en temps real a una plataforma central mitjançant tecnologia WIFI.

Revisión	Fecha	Propósito
0	2-Enero-2016	Creación del Documento.
2	19-Enero-2016	Revisión del Documento.
3		

Nombre	Correo Electrónico
Gabriel Espín Sanchez	gabrielespin14@gmail.com
Josep Paradells Aspas	teljpa@entel.upc.edu

Redactado por:	Revisado y aprobado por:
Fecha: 2-Enero-2016	Fecha: 19-Enero-2016
Nombre: Gabriel Espín Sanchez	Nombre: Josep Paradells Aspas
Posición: Proyectista	Posición: Tutor

Índice

1	Lista de figuras	6
2	Lista de Tablas	6
3	Introducción	7
3.1	Objetivos	7
3.2	Plan de Trabajo	8
3.3	Gantt	12
3.4	Requerimientos del sistema	12
3.5	Especificaciones del Sistema	13
4	Estado del arte	14
5	Monitorización medioambiental	14
5.1	Factores contaminantes a monitorizar	14
6	Sensores para la monitorización	16
6.1	Sensores de gases	16
6.1.1	Sensores Electroquímicos	16
6.1.2	Sensores Semiconductores	17
6.1.3	Sensores por conductividad térmica	17
6.1.4	Sensores Catalíticos	17
6.1.5	Sensores Infrarrojos	17
6.2	Sensores de partículas	18
6.2.1	Basados en bloqueo de la luz	18
6.2.2	Basados en la dispersión de la luz	18
6.2.3	Basados en el Principio de Coulter	18
6.2.4	Imagen directa	18
6.3	Sensores medioambientales	19
6.3.1	Sensores de Humedad	19
6.3.2	Sensores fotoeléctricos	20
6.3.3	Sensores de Temperatura	20
6.3.4	Sensores Acústicos	21
7	Sistema de localización global	21
8	Plataforma Sentilo	22
9	Plataforma de desarrollo Intel Edison	22
9.1	Características	22
9.1.1	Especificaciones Técnicas	23
10	Desarrollo del proyecto	24
10.1	Sensor de Gas MQ-2	27
10.1.1	Especificaciones técnicas	27

10.1.2	Implementación	27
10.2	Sensor de Luz Phidget 1127	28
10.2.1	Especificaciones técnicas	28
10.2.2	Implementación	29
10.3	Sensor de Temperatura y Humedad Grove (TH02)	30
10.3.1	Especificaciones Técnicas	30
10.3.2	Implementación	30
10.4	Sistema GPS Element14 Microstack	31
10.4.1	Especificaciones Técnicas	31
10.4.2	Extracción de posición	32
10.4.3	Implementación	34
10.5	Pruebas de integración	35
11	Conexión con la plataforma Sentilo	35
11.1	Configuración de la plataforma	35
11.2	Conexión con Sentilo	36
11.2.1	JSON	36
11.2.2	Publicar datos en Sentilo	37
11.2.3	Extraer datos de Sentilo	39
11.2.4	Respuestas del servidor	40
12	Resultados	41
12.1	Conexión con la plataforma	41
12.2	Extracción de datos	45
12.3	Pruebas de localización	45
13	Plan de negocio	47
13.1	Plan de negocio	47
13.2	Presupuesto	48
14	Impacto Medioambiental	48
15	Conclusiones	48

1 Lista de figuras

Índice de figuras

1	Diagrama de módulos	25
2	Diagrama de funciones	26
3	Plataforma de prueba	26
4	Conexión Sensor Gas	28
5	Conexión Sensor Luz	29
6	Conexión Sensor Humedad y Temperatura	31
7	Conexión Sistema GPS	34
8	Diagrama de la Plataforma	35
9	Object JSON (Fuente:www.json.org)	37
10	Array JSON (Fuente:www.json.org)	37
11	Prueba PUT	41
12	Visualización de la plataforma mediante Sentilo	42
13	Sensor de temperatura visualizado mediante Sentilo	42
14	Sensor de humedad visualizado mediante Sentilo	43
15	Sensor de Gas visualizado mediante Sentilo	43
16	Sensor de luz visualizado mediante Sentilo	44
17	Localización de la plataforma visualizada mediante Sentilo	44
18	Prueba GET	45
19	Prueba GET	46
20	Localización de la plataforma visualizada mediante Sentilo	47

2 Lista de Tablas

Índice de cuadros

1	Interfaces Configurables Intel Edison	23
2	Rangos de Detección MQ-2	27
3	Rango de Detección del Sensor Phidget 1127	28
4	Rango de Detección del Sensor TH02	30
5	Consumo Microstack GPS	31
6	Parámetros de una solicitud PUT Sentilo	37
7	Parámetros de las observaciones de Sentilo	38
8	Petición HTTP para publicar datos en Sentilo	38
9	Parámetros GET Sentilo	39
10	Petición HTTP para adquirir datos de Sentilo	40
11	Respuestas servidor Sentilo	40
12	Listado de componentes	48

3 Introducción

3.1 Objetivos

Este proyecto se basa en el diseño de una plataforma de sensores móviles que irá incorporada en un vehículo eléctrico, para monitorizar los contaminantes y condiciones medioambientales relevantes para los usuarios en entornos urbanos. El propósito de la plataforma es obtener una relación de porcentajes de las distintas áreas que se monitorizan y de esta manera hacer una estadística de la contaminación de un entorno respecto a otro. El hecho de ser una plataforma móvil conlleva una serie de ventajas. Al ser móvil, se evita alterar la infraestructura del entorno para colocar sensores fijos y se puede monitorizar un área mayor con un número menor de dispositivos. Esto también facilita el mantenimiento de las plataformas y en caso de ser necesario, la extracción de datos, puesto que no hace falta dirigirse al lugar de instalación para llevar a cabo estas operaciones. El sistema se comunica con una plataforma central mediante WiFi para publicar y almacenar los datos en tiempo real, entre ellos se mostrará la localización del dispositivo, de esta manera se pueden detectar las zonas más afectadas y tomar las medidas necesarias. La plataforma también mostrará datos de interés al conductor del vehículo, como la velocidad, ubicación, nivel de batería, entre otros.

El proyecto se presentará en varias partes, siendo ésta la primera y teniendo como objetivo implementar la plataforma con las siguientes funcionalidades básicas:

- Comunicación mediante WiFi a una plataforma central para mostrar los datos adquiridos.
- Monitorización de algún tipo de Gas contaminante (en este caso gases inflamables).
- Monitorización de parámetros medioambientales(humedad, temperatura y nivel de luz).
- Sistema de posicionamiento.

Para el desarrollo del mismo se utilizará la plataforma Edison desarrollada por Intel y como plataforma para la publicación y almacenamiento de los datos se utilizará SentiIo desarrollada por Opentrends.

3.2 Plan de Trabajo

El desarrollo de este proyecto se divide en cuatro grandes partes: Investigar sobre los principales factores contaminantes y medioambientales de un entorno urbano, desarrollo de la plataforma sin la comunicación con Sentilo, ni funcionalidad GPS, implementar la comunicación con Sentilo, implementar el GPS. Cada una de estas contiene una o varias tareas que se exponen a continuación.

Investigación inicial	WP1
Documentación sobre los principales factores contaminantes y medioambientales en los entornos urbanos y los tipos de sensores que se utilizan para monitorizarlos.	Fecha estimada inicio: 21/08/15 Fecha estimada final: 19/09/15
	Fecha inicio: 21/08/15 Fecha final : 19/09/15
Lista de Tareas	
Tarea 1: Investigación sobre los factores contaminantes en un entorno urbano.	
Tarea 2: Determinar los factores medioambientales más relevantes para el usuario	
Tarea 3: Documentación sobre los tipos de sensores utilizados para monitorizar este tipo de condiciones.	
Tarea 4: Investigación sobre como funcionan los sensores de gas y de partículas, qué tipos existen y cuales son los más indicados para el proyecto.	
Tarea 5: Investigación sobre el funcionamiento de determinados tipos de sensores medioambientales.	
Tarea 6: Listado de los componentes necesarios para la plataforma.	
Tarea 7: Selección de la plataforma de desarrollo.	

Configuración de la plataforma de desarrollo		WP2
Configuración inicial de la plataforma de desarrollo Intel Edison		Fecha estimada inicio: 20/09/15 Fecha estimada final: 23/09/15
		Fecha inicio: 20/09/15 Fecha final : 23/09/15
Lista de Tareas		
Tarea 1: Instalación del sistema operativo en la plataforma. Tarea 2: Configuración inicial de la plataforma. Tarea 3: Pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de la plataforma.		

Pruebas con Sensores		WP3
Configuración necesaria de cada sensor para su funcionamiento con la plataforma de desarrollo.		Fecha estimada inicio: 24/09/15 Fecha estimada final: 14/10/15
Posteriormente pruebas de funcionamiento y calibración.		Fecha inicio: 24/09/15 Fecha final : 14/10/15
Lista de Tareas		
Tarea 1: Búsqueda de librerías y programación. Tarea 2: Circuitería necesaria. Tarea 3: Pruebas de funcionamiento. Tarea 4: Calibración		

Desarrollo del Programa Principal		WP4
Desarrollo del sistema de control de los sensores, en primera instancia sin ningún dispositivo GPS, ni comunicación con la plataforma Sentilo.		Fecha estimada inicio: 15/10/15 Fecha estimada final: 13/11/15
		Fecha inicio: 15/10/15 Fecha final : 13/11/15
Lista de Tareas		
Tarea 1: Desarrollo del programa principal. Tarea 2: Pruebas de funcionamiento.		

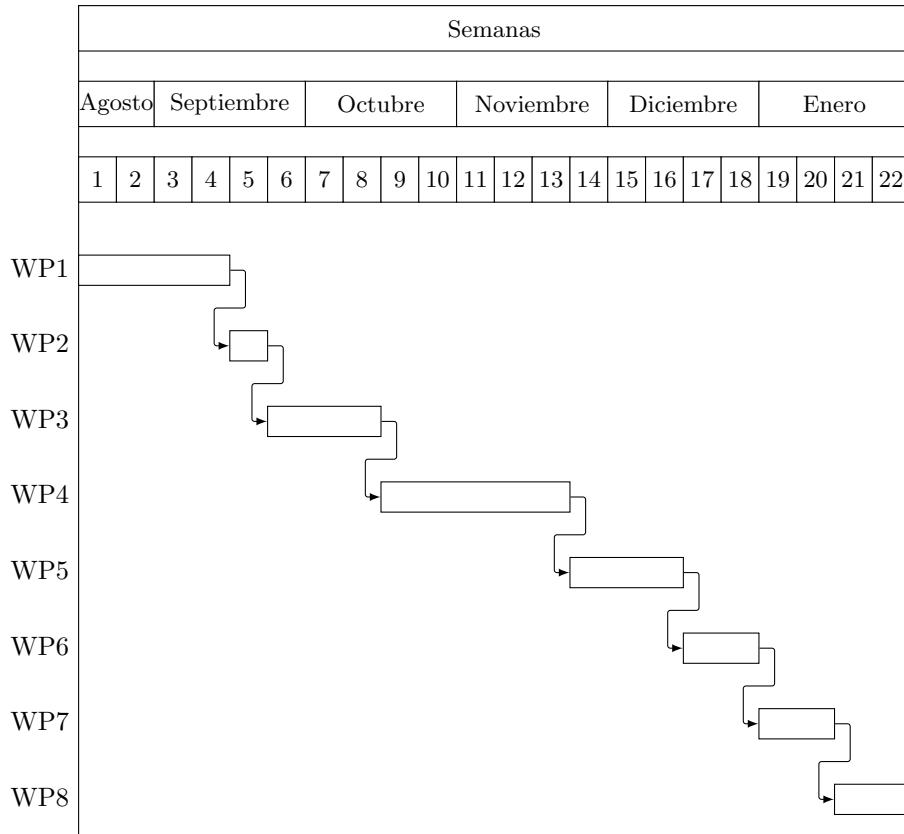
Desarrollo Sentilo		WP5
Configuración del servidor Sentilo, así como la adaptación del programa para el funcionamiento con el mismo.		Fecha estimada inicio: 14/11/15 Fecha estimada final: 8/12/15
		Fecha inicio: 14/11/15 Fecha final : 8/12/15
Lista de Tareas		
Tarea 1: Configuración del Servidor Sentilo. Tarea 2: Implementación de la comunicación con el servidor. Tarea 3: Adaptación del programa principal. Tarea 4: Pruebas de funcionamiento.		

Implementación del sistema GPS		WP6
Desarrollo del Sistema GPS, para dotar a la plataforma de un sistema de localización		Fecha estimada inicio: 9/12/15 Fecha estimada final: 18/12/15
		Fecha inicio: 9/12/15 Fecha final : 18/12/15
Lista de Tareas		
Tarea 1: Implementación, prueba y calibración del sistema GPS. Tarea 2: Integración con el resto del sistema.		

Integración y pruebas finales		WP7
Pruebas Finales del funcionamiento del sistema completo		Fecha estimada inicio: 19/12/15 Fecha estimada final: 23/12/15
		Fecha inicio: 19/12/15 Fecha final : 23/12/15
Lista de Tareas		
Tarea 1: Prueba sin la comunicación con Sentilo Tarea 2: Pruebas incluyendo la comunicación con Sentilo.		

Documentación	WP8
Redactar la documentación de la plataforma	Fecha estimada inicio: 24/12/15 Fecha estimada final: 15/1/16
	Fecha inicio: 24/12/15 Fecha final : 15/1/16
Lista de Tareas Tarea 1: Redacción de la documentación	

3.3 Gantt



3.4 Requerimientos del sistema

- Bajo consumo. La plataforma irá incorporada en un vehículo eléctrico, por lo cual, el consumo de la plataforma móvil debe impactar lo menos posible en la duración de la batería.
- Monitorizar factores contaminantes y medioambientales. Utilizar sensores, que le permitan adquirir datos sobre factores contaminantes del entorno y datos medioambientales relevantes para el ciudadano, tales como la temperatura y humedad del aire.
- Ofrecer localización. Al ser una plataforma móvil se desea asociar los datos muestreados a una posición. En primera instancia se plantea un sistema GPS, pero otros métodos como los basados en WiFi también se pueden usar, ya que ofrecen una precisión suficiente y son más rápidos a la hora de ofrecer la localización.

- Comunicación con una plataforma externa. Como forma de mostrar los datos en tiempo real, se utilizará una plataforma central, para reportar datos y poder hacer una gestión de la ubicación de todos dispositivos. Como plataforma se utilizará Sentiyo. La comunicación con la red será por WiFi, GPRS o SigFox.
- Ofrecer comunicación Bluetooth. Para mostrar los datos de interés al conductor del vehículo, se utilizará una conexión Bluetooth con un dispositivo móvil (Smartphone o Tablet), que llevará el conductor.
- Conexión de la plataforma con el vehículo. La plataforma irá conectada a la estación de control del vehículo, de donde se obtendrá información del nivel de batería y otros parámetros relacionados con la velocidad, distancia y fuerza aplicada para el uso del vehículo.
- Sensores insensibles al movimiento y con baja latencia. Los sensores deberán ser lo más insensibles posible al movimiento y dar medidas con latencias bajas para que el cambio de posición no afecte la medida y se pueda relacionar la observación adquirida con la localización de esta.
- Tasa de observación. La plataforma debe adquirir las observaciones con una frecuencia adecuada para poder realizar comparativas entre las diversas zonas por las que pasará.

3.5 Especificaciones del Sistema

- Detecta concentraciones de gas desde 300 a 10,000 ppm dependiendo del tipo de gas. Estos pueden ser: Gas licuado de petróleo, Butano, Propano, Metano ,Alcohol, Hidrógeno, Humo.
- Detecta niveles de luz en un rango de 0 a 1000 lux.
- Indicador de Temperatura en un rango de 0 a 40 °C
- Indicador de Humedad en un rango de 20 a 80 %
- Indicador de posición GPS.
- Comunicación WiFi.
- Comunicación con la plataforma Sentiyo, para la publicación y almacenamiento de datos.
- Tasa de envío de 0.97 observaciones /segundo.

4 Estado del arte

El proyecto plantea el uso de una plataforma móvil de sensores, para la monitorización de diversos factores contaminantes y medioambientales. Con el surgimiento de plataformas para el *Internet de las cosas*, el uso de estas tecnologías es cada vez más factible, puesto que se reduce el coste para el despliegue de las infraestructuras. Todo esto conlleva al uso de estos dispositivos en las Smart City. Estas plataformas tienen su aplicación cuando se busca controlar diversos tipos de factores sin necesidad de colocar sensores fijos. Empresas como Google están desarrollando proyectos similares para controlar la calidad del aire[10], en Cataluña se han utilizado plataformas similares como, la realizada por la empresa i2cat para el ayuntamiento de Sant Vicenç dels Horts[9], que consiste en una plataforma equipada en la red de vehículos públicos (autobuses, coches de policía, etc), que aprovechando su recorrido diario recolectan datos de interés para la población.

Este tipo de dispositivos móviles, que entrarían en el concepto de *Smart Mobility* se han utilizado en aplicaciones para detectar aparcamientos en las ciudades, o como estaciones meteorológicas. No obstante, desde el conocimiento no se había planteado su uso en vehículos de tamaño reducido con acceso a zonas donde los vehículos motorizados no pueden acceder, como serían las áreas peatonales. El sistema planteado en este proyecto también dotará de valor añadido al conductor, mostrando datos relevantes como la posición y factores relacionados con el vehículo como la velocidad y aceleración.

5 Monitorización medioambiental

5.1 Factores contaminantes a monitorizar

La actividad geológica de la Tierra, la acción humana, o incluso la actividad de todos los seres vivos genera una serie de emisiones o residuos que en general son eliminados y reciclados mediante los procesos naturales de la dinámica global del planeta. Cuando la cantidad de sustancias que se emiten al medio sobrepasa la capacidad de reciclaje de la naturaleza aparece la contaminación. Podemos considerar, en un sentido amplio, que la contaminación ambiental es toda actividad, tanto energética como material, que tenga efectos perjudiciales sobre el ecosistema. En los entornos urbanos, la contaminación se ve agravada debido a la sobrepoblación que existe en la mayoría de estos, los procesos industriales, el uso de las estufas y al amplio número de vehículos que utilizan combustibles fósiles para su funcionamiento.

A continuación se muestran los principales factores contaminantes en los entornos urbanos, así como sus fuentes[1]:

Monóxido de Carbono (CO): Gas inodoro, incoloro y altamente tóxico. Se produce por la combustión incompleta de combustibles fósiles (petróleo y derivados, carbón, gas natural). Las principales fuentes de emisión de CO son los motores de combustión interna de los vehículos y en menor medida la actividad industrial y el humo del tabaco.

Dióxido de Carbono (CO₂): Es un gas incoloro, denso y poco reactivo. Se produce al igual que el monóxido de carbono, por la combustión de combustibles fósiles y la actividad industrial (principalmente las fábricas de cemento). Otra importante fuente de emisión de este gas es la quema de bosques. Es uno de los principales gases causantes del efecto invernadero.

Monóxido de nitrógeno (NO): Gas incoloro y poco soluble en agua, este gas puede convertirse en ácido nítrico produciendo así la lluvia ácida. Entre sus principales fuentes se encuentran los fertilizantes artificiales, la combustión de combustibles fósiles y el estiércol.

Dióxido de nitrógeno(NO₂): Es un gas tóxico, irritante y precursor de la formación de partículas de nitrato (Estas llevan a la producción de ácido y elevados niveles de PM 2.5). Se forma como subproducto en los procesos de combustión a altas temperaturas, como en los vehículos motorizados y las plantas eléctricas. También es producido en menor medida por el uso de las estufas y cocinas de gas.

Dióxido de Azufre(SO₂): Es un gas incoloro, irritante, no inflamable, su principal fuente de emisión es la combustión de productos petrolíferos y de carbón. Además de los daños ejercidos sobre la salud, el dióxido de azufre constituye uno de los agentes causantes del deterioro de monumentos históricos.

Metano(CH₄): Es un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global, sus principales fuentes son: la quema de los combustibles fósiles, los vertederos y el sector agrícola (estiércol).

Ozono(O₃): Cuando el ozono se sitúa en la capa más baja de la atmósfera se considera un contaminante. En la superficie terrestre el ozono es producido por óxidos de nitrógeno y por la combustión de hidrocarburos, es decir combustibles fósiles. Su presencia en las capas bajas provoca problemas respiratorios puesto que se trata de un gas tóxico.

Partículas PM10: Material particulado respirable de diámetro menor a 10um. Aquella parte del aire que inhalamos y pasa a través de la tráquea e ingresa al tracto respiratorio como pequeñas partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen. En grandes concentraciones pueden causar problemas respiratorios.

Partículas PM2.5: Material particulado respirable de diámetro menor a 2.5um. Partículas que ingresan en el organismo y se depositan en lo más

profundo de las vías respiratorias como son los sacos alveolares, su origen está principalmente en los vehículos diésel. Al igual que las partículas de 10um causan problemas respiratorios a la población.

Contaminación lumínica: Se define como la emisión directa o indirecta hacia la atmósfera de luz procedente de fuentes artificiales, en distintos rangos espectrales.

Contaminación acústica: Es el exceso de sonido que altera las condiciones normales del ambiente en una determinada zona. Afecta a las personas desplazando el umbral de audición, también afecta al sueño, conducta, nivel de atención y memoria de las personas, en algunos casos, si el nivel de ruido es muy alto puede provocar efectos psicológicos y psicopatológicos (enfermedades de carácter mental).

6 Sensores para la monitorización

6.1 Sensores de gases

Estos sensores miden determinadas concentraciones de gases en el medio ambiente. Los analizadores se basan en general en propiedades características de los gases, tales como conductividad térmica, el paramagnetismo del oxígeno y el coeficiente de absorción infrarroja. Existen diferentes tipos de sensores clasificados según el principio que utilizan para medir estas características o propiedades.

6.1.1 Sensores Electroquímicos

Son un tipo de sensores de gases formados por dos electrodos sumergidos en un medio electrolítico común. El electrolito es aislado de las influencias externas mediante una barrera, que puede ser una membrana permeable al gas, un medio de difusión o un capilar. Durante el funcionamiento, un voltaje polarizado es aplicado a los electrodos y cuando el gas penetra en el sensor una reacción redox (reacción de reducción oxidación), genera una corriente eléctrica proporcional a la concentración del gas.

Se pueden utilizar sensores electroquímicos específicos para detectar la mayoría de los gases tóxicos comunes, incluidos CO, H₂S, CL₂, SO₂, etc.

Los sensores electroquímicos son compactos, requieren muy poca energía, muestran una gran linealidad y repetibilidad. Generalmente tienen una larga vida útil, normalmente de uno a tres años. Poseen un rápido tiempo de respuesta y el intervalo de los límites de detección oscila entre 0.02 y 50 ppm según el tipo de gas especificado.

6.1.2 Sensores Semiconductores

Este sensor fabricado con materiales semiconductores, opera por la propiedad de adsorción de gas, en la superficie de un óxido calentado, depositado en la base de un sílice. La absorción de la muestra de gas en la superficie del óxido, seguida de una oxidación catalítica, termina en un cambio de la resistencia eléctrica del material oxidado, que puede relacionarse con la concentración del gas.

6.1.3 Sensores por conductividad térmica

Consisten en la disposición de al menos dos filamentos con propiedades conductoras y térmicas (Termistores), formando parte de un *Puente de Wheatstone*. Cada filamento se ubica en una célula independiente y el conjunto está a una temperatura definida.

En la célula de referencia se encierra una cantidad determinada de un gas estándar (por ejemplo aire). En la célula de medida penetra el gas a detectar. Su conductividad térmica, diferente de la del gas de referencia, hace que la temperatura del filamento se altere y, en consecuencia, se desequilibre el circuito *Puente de Wheatstone*, permitiendo así obtener una medida que se puede relacionar con la concentración del gas que se desea detectar.

6.1.4 Sensores Catalíticos

Consiste en un pequeño elemento denominado *pellistor/perla* que está formado por un filamento de platino calentado eléctricamente. Este filamento está recubierto primeramente con una base cerámica y posteriormente por una dispersión catalítica de Paladio.

Cuando una mezcla de aire y gas inflamable se pone en contacto con la superficie caliente del catalizador, se produce una combustión que aumenta la temperatura de la *perla*, lo cual altera la resistencia del filamento del platino, que a su vez es medida en un circuito tipo *Puente de Wheatstone* el cambio de resistencia está directamente relacionado con la concentración del gas presente.

6.1.5 Sensores Infrarrojos

El sensor infrarrojo de punto, se basa en el hecho de que muchos gases combustibles tienen bandas de absorción en el espectro infrarrojo.

Esta técnica funciona bajo el principio de absorción de infrarrojos, de doble longitud de onda, según el cual, la luz atraviesa la mezcla de dos longitudes de onda, una de las cuales se ajusta al pico de absorción del gas que se pretende detectar, mientras que la otra no. Las dos fuentes de luz se pulsan alternativamente y se guían a lo largo de un camino óptico común, para que

salgan a través de una ventana con protección anti deflagración y a continuación a través del gas para volver a la unidad. Aquí un detector compara las fuerzas de las señales de los haces de referencia. A partir de esto se proporciona una medida de la concentración del gas.

6.2 Sensores de partículas

Los sensores de partículas son instrumentos que detectan y cuentan partículas, estos se clasifican según el método en el que se basen para su funcionamiento, que puede ser: la dispersión de luz, oscurecimiento de la luz, Principio de Coulter o imagen directa[2].

6.2.1 Basados en bloqueo de la luz

El bloqueo de la luz (oscurecimiento) es un método contador de partículas óptico, es útil para detectar y dimensionar las partículas de tamaño mayor a 1 micrómetro y se basa en la cantidad de luz que bloquean las partículas, al pasar por la zona de detección del mismo. Este tipo de técnica permite una alta resolución y una medición fiable.

6.2.2 Basados en la dispersión de la luz

El método de dispersión de luz (light scattering) es capaz de detectar partículas de tamaños menores. Esta técnica se basa en la cantidad de luz que es redirigida por una partícula, que pasa a través de la zona de detección del contador de partículas. Esta redirección se llama dispersión de luz. La sensibilidad de detección típica de este método es de 0,05 micrómetros.

6.2.3 Basados en el Principio de Coulter

El término principio Coulter hace referencia al uso de un campo eléctrico para contar y dimensionar partículas que se encuentran en suspensión en un líquido conductor.

6.2.4 Imagen directa

La proyección de imagen directa es una técnica que utiliza la luz emitida por un láser como fuente, para iluminar una celda donde las partículas están de paso. La técnica no mide la luz bloqueada por las partículas sino que mide el área de las partículas que funcionan como un microscopio. La luz transmitida a través del fluido es proyectada en una cámara electrónica con óptica de enfoque macro. Las partículas en la muestra bloquearán la luz y las siluetas resultantes serán

fotografiadas por la cámara. De esta manera se puede determinar el tamaño preciso de las partículas que pasan por la lente.

6.3 Sensores medioambientales

Estos sensores abarcan un amplio rango de diferentes dispositivos que nos permiten controlar factores como son: el nivel de sonido, nivel de luz, campo magnético, temperatura, humedad, entre otros. Algunos de estos factores si exceden un cierto nivel pueden llegar a considerarse perjudiciales para la salud. Para este proyecto nos centraremos en los sensores de luz y sonido (para medir niveles de contaminación lumínica y acústica respectivamente). También utilizaremos los sensores de temperatura y humedad puesto que son datos relevantes para los usuarios y se pueden estudiar los efectos de la contaminación sobre estas magnitudes.

6.3.1 Sensores de Humedad

La humedad se define como la cantidad de agua, vapor de agua o cualquier otro líquido que está presente en la superficie o el interior de un cuerpo o en el aire.

Según el principio de funcionamiento existen varios tipos de sensores de humedad:

- **Mecánicos:** Aprovechan los cambios de dimensiones que sufren ciertos tipos de materiales en presencia de la humedad.
- **Basados en sales higroscópicas:** Deducen el valor de la humedad en el ambiente a partir de una molécula cristalina que tiene mucha afinidad con la absorción de agua.
- **Por conductividad:** Si se tiene una superficie cualquiera en presencia de una mezcla gaseosa con vapor de agua, siempre habrá una cierta cantidad de moléculas de agua presentes en dicha superficie. La presencia de agua permite que a través de la superficie circule una corriente, en ello se basan estos sensores para determinar la húmeda.
- **Capacitivos:** Se basan sencillamente en el cambio de la capacidad que sufre un condensador en presencia de humedad.
- **Infrarrojos:** Estos disponen de 2 fuentes infrarrojas que lo que hacen es absorber parte de la radiación que contiene el vapor de agua.
- **Resistivos:** Aplican un principio de conductividad de la tierra. Es decir, cuanta más cantidad de agua hay en la muestra, más alta es la conductividad de la tierra.

6.3.2 Sensores fotoeléctricos

Se define luz como toda radiación electromagnética que se propaga en formas de ondas en cualquier espacio

Existen varios tipos de sensores fotoeléctricos según su funcionamiento:

- **Fotorresistencia:** Componente electrónico cuya resistencia disminuye con el aumento de intensidad de luz incidente
- **Fotodiodo:** Semiconductor construido con una unión PN, sensible a la incidencia de la luz visible e infrarroja.
- **Fototransistor:** Sensible a la luz, normalmente a los infrarrojos. La luz incide sobre la región de base, generando portadores en ella. Esta carga de base lleva el transistor al estado de conducción.
- **Célula fotoeléctrica:** Es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía lumínica (fotones) en energía eléctrica (flujo de electrones libres) mediante el efecto fotoeléctrico, permitiendo de esta manera saber el nivel de luz incidente.
- **Sensor CCD (dispositivo de carga acoplada):** Al igual que las células fotovoltaicas se basan en el efecto fotoeléctrico. El número de electrones producido es proporcional a la cantidad de luz recibida.
- **Sensor CMOS:** Como su nombre lo indica, basados en tecnología CMOS. Al igual que el sensor CCD, se basa en el efecto fotoeléctrico. Está formado por numerosos fotositos (conjunto de foto-sensores), uno para cada píxel, que producen una corriente eléctrica que varía en función de la intensidad de luz recibida. En el CMOS, a diferencia del CCD se incorpora un amplificador de la señal eléctrica en cada fotosito y es común incluir el conversor digital en el propio chip.

6.3.3 Sensores de Temperatura

La temperatura es una medida del promedio de energía cinética de las partículas en una unidad de masa, expresada en unidades de grados en una escala estándar.

Existen varios tipos de sensores de temperatura, los más comunes son:

- **Termopar:** Se compone de dos metales diferentes, unidos en un extremo. Cuando la unión de los dos metales se calienta o enfriá, se produce una tensión que es proporcional a la temperatura.
- **RTD (resistance temperature detector):** Se basa en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura.
- **Termistor:** Se basa en la variación de la resistividad que presenta un semiconductor con la temperatura. Existen de 2 tipos: los NTC (Negative

Temperature Coefficient) y los PTC (Positive Temperature Coefficient), cuando la temperatura aumenta, los tipo PTC aumentan su resistencia y los NTC la disminuyen.

6.3.4 Sensores Acústicos

Las ondas sonoras se manifiestan por las variaciones de presión y velocidad que ellas generan. En la mayoría de los casos el campo acústico en un punto es el resultado de la superposición de ondas sonoras que han experimentado reflexiones múltiples. Los micrófonos son los sensores que facilitan la conversión de una señal acústica en eléctrica. Esto pueden ser de varios tipos siendo los más utilizados:

- **Capacitivos:** Está formado por una placa delgada o membrana llamada diafragma, tal que es susceptible de moverse por acción de las variaciones de presión sonora, y por otra placa posterior fija y paralela al diafragma. Los movimientos de éste, respecto de la placa posterior provoca variaciones de presión, Las variaciones de presión provocan a su vez variaciones de la capacidad eléctrica que se traducen en variaciones de tensión.
- **Piezoeléctricos:** Este tipo de micrófono utiliza la fuerza producida por la presión del aire para deformar un material piezoeléctrico que a su vez genera carga eléctrica. Este también contiene un diafragma que se utiliza como colector de fuerza para aplicarla sobre el cristal.

7 Sistema de localización global

El sistema de posicionamiento global (GPS) es un sistema que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto con una precisión de hasta centímetros.

El GPS funciona mediante una red de 24 satélites en órbita sobre el planeta tierra, a 26560 km de altura, con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la Tierra. Tiene por objetivo calcular la posición de un punto cualquiera en un espacio de coordenadas (x,y,z), partiendo del cálculo de las distancias del punto a un mínimo de tres satélites cuya localización es conocida. La distancia entre el usuario (receptor GPS) y un satélite se mide multiplicando el tiempo de vuelo de la señal emitida desde el satélite por su velocidad de propagación. Para medir el tiempo de vuelo de la señal de radio es necesario que los relojes de los satélites y de los receptores estén sincronizados, pues deben generar simultáneamente el mismo código. Ahora bien, mientras los relojes de los satélites son muy precisos los de los receptores son osciladores de cuarzo de bajo coste y por tanto imprecisos . Las distancias con errores debidos al sincronismo se denominan pseudodistancias. La desviación en los relojes de los

receptores añade una incógnita más, que hace necesario un mínimo de cuatro satélites para estimar correctamente las posiciones [3].

8 Plataforma Sentilo

Sentilo es una plataforma diseñada por Opentrends para recolectar, difundir y dar acceso a la información generada por los sensores desplegados en una ciudad. Sentilo ha sido implementada completamente con software open-source, de esta manera cualquier ciudad puede interconectar sus sensores sin tener que desarrollar su propia plataforma, lo que también permite abaratrar los costes en la implementación de la infraestructura [4].

Ventajas de Sentilo:

- Plataforma de suscripción y notificación.
- Sistema de alertas.
- Token de autenticación.
- Gestión de permisos.
- Consola web de gestión.
- Almacenamiento en tiempo real.
- Modular y extensible
- Entidad de *Agente*, para validar los datos que recibe la plataforma y ver si cumple una serie de requisitos configurados en el catálogo web.
- REST API para la comunicación con el cliente.

9 Plataforma de desarrollo Intel Edison

9.1 Características

Intel Edison es un SoC (system on a chip), su tamaño reducido y bajo consumo lo hace ideal para desarrollos referentes al *Internet de las cosas* o tecnologías portátiles[5]. En este caso hemos seleccionado esta plataforma como una alternativa a la raspberry-pi de tamaño reducido, menor consumo y que tiene incorporada la capacidad de conexión Wifi y Bluetooth. Además nos ofrece la librería MRAA para la conexión serie de dispositivos y UPM que es una librería de alto nivel que opera con MRAA para el uso de determinados sensores[6].

La plataforma opera de manera interna con un sistema Linux, lo que nos permite utilizar cualquier tipo de lenguaje de programación y nos aporta todas las funcionalidades de éste sistema operativo.

9.1.1 Especificaciones Técnicas

- SoC : 22 nm Intel SoC, dual-core, dual-threaded Intel Atom CPU a 500 MHz y microcontrolador de 32-bit Intel Quark a 100 MHz
- RAM: 1GB LPDDR3
- Almacenamiento: 4GB eMMC
- WiFi: Broadcom 43340 802.11 a/b/g/n, Funcionamiento a 2.4 o 5 GHz, antena integrada.
- Bluetooth: Bluetooth 4.0
- Alimentación: 3.3 4.5 V
- Consumo:Standby (Sin radio) : 13mW, Standby (Bluetooth 4.0) :21.5mW, Standby (Wi-Fi) :35 mW
- Rango de temperaturas operativo: 0 a 40°C
- SO: Yocto Linux
- Interfaces: 40 GPIO, configurables de la siguiente manera:

Tarjeta SD	1 Interfaz
UART	2 Controladores
I2C	2 Controladores
SPI	1 Controlador
I2S	1 Controlador
GPIO	12 Adicionales
USB 2.0	1 Controlador

Cuadro 1: Interfaces Configurables Intel Edison

10 Desarrollo del proyecto

Para el desarrollo del proyecto, hemos elegido una serie de sensores con el objetivo de cumplir los requerimientos básicos, que nos permitan realizar la prueba de concepto con ésta plataforma.

La comunicación con los sensores se realizará utilizando los puertos de la plataforma. Una vez obtenidos los datos, se procesarán y se utilizará el módulo WiFi para enviarlos a la plataforma de almacenamiento y visualización de los datos.

Para el funcionamiento de la plataforma se implementa el sistema descrito a continuación.

Por cada sensor, la obtención de la observación se realizará de la siguiente manera. Se recogerán las observaciones de cada sensor uno a uno, de manera secuencial. En cada fase se obtendrá la observación de uno de los sensores y a su vez las coordenadas de posicionamiento global mediante el sistema GPS. Luego se procederá a crear una conexión con la plataforma Sentilo y se enviará el valor de la observación, junto con la localización donde fue adquirida. Una vez se tiene la respuesta de estado del servidor Sentilo, se procede a cerrar la conexión y repetir el proceso para el siguiente recurso. Cuando se han adquirido las observaciones de todos los sensores el proceso se repite.

Se ha elegido este funcionamiento puesto que, al ser una primera aproximación de la plataforma para realizar una prueba de concepto, ésta facilita la integración de distintos dispositivos y sensores. Para un modelo final de la misma el envío de las observaciones se realizará simultáneamente, todas en una misma petición.

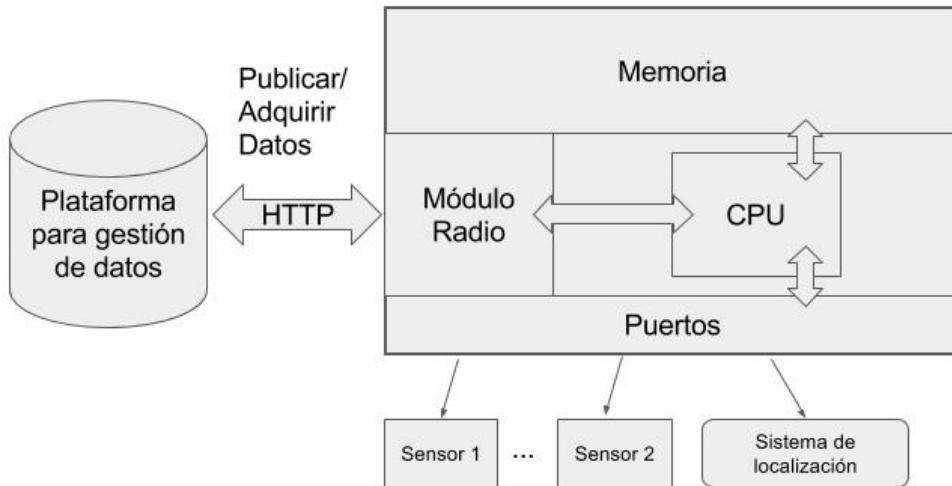


Figura 1: Diagrama de módulos

El sistema funciona de la siguiente manera. Las funciones, `get_gas_data`, `get_light_data`, `get_tmp_data` y `get_hmd_data`, se encargan de obtener las observaciones de los sensores de gas, luz, temperatura y humedad respectivamente. La función `get_gps_data` se encarga de obtener la línea del CSV que nos interesa (GPGGA), desde la salida del GPS. Luego se procede a utilizar la función `parse_gps` para obtener la latitud y longitud. Una vez se obtienen los datos que se desea enviar a Sentilo se proceden a utilizar las funciones `build_data`, `send_data`, `sentilo_send` y `send_to_sentilo`, para enviar los datos al servidor. `build_data` se encarga de construir la estructura interna del JSON (las parejas nombre/valor), que irá incluida dentro del cuerpo de la petición HTTP que se enviará a Sentilo. Se llama una instancia de esta función por cada valor que se desea encapsular dentro del JSON, una vez se tienen todos se utiliza la función `send_data` para crear el cuerpo de la petición completo. Por último se llama la función `sentilo_send` que crea la petición HTTP utilizando como cuerpo de esta los datos ya en formato JSON que se obtienen de la función `send_data`. Una vez se tiene ya la petición creada se utilizará la función `send_to_sentilo` que es la encargada de enviar la petición a Sentilo y esperar la respuesta del servidor.

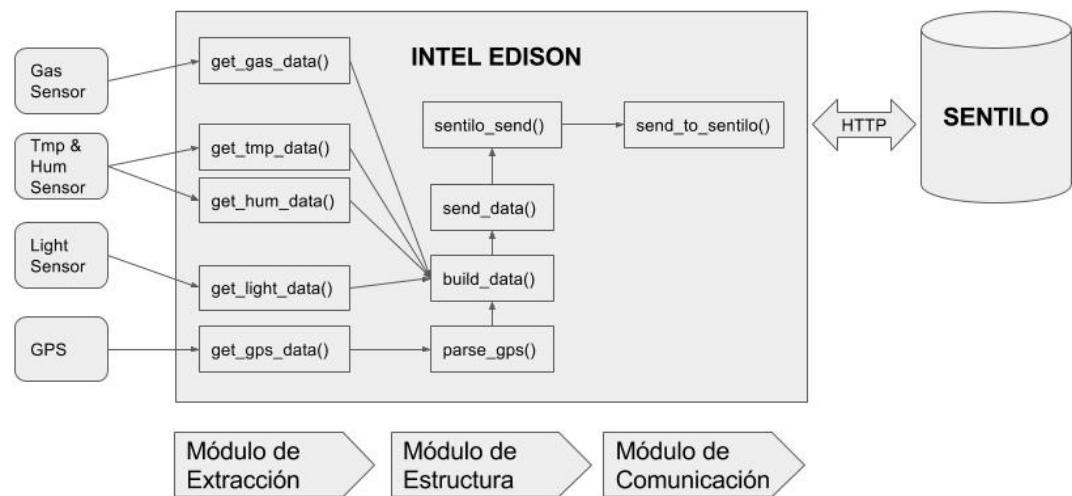


Figura 2: Diagrama de funciones

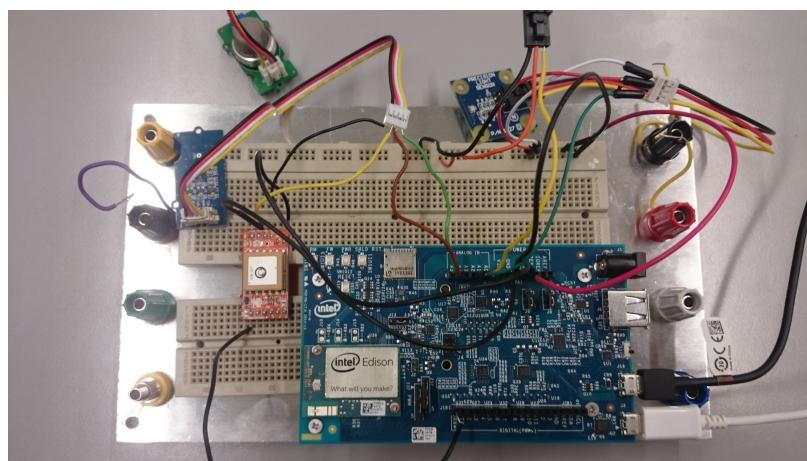


Figura 3: Plataforma de prueba

10.1 Sensor de Gas MQ-2

Sensor de gas sensible a diversos tipos de gases inflamables.

10.1.1 Especificaciones técnicas

- **Tipo:** Sensor catalítico, capaz de detectar: Gas licuado de petroleo, Butano, Propano, Metano, Alcohol, Hydrogeno y Humo.
- **Alimentación:** 5V
- **Tipo de Conexión:** Analógica.
- **Resistencia de carga:** Ajustable (para calibrar la sensibilidad).
- **Rango temperatura de funcionamiento:** Desde -20°C hasta 50°C
- **Capacidad de detección:**

Gas	Umbral
GLP, Propano, Humo	200ppm-5000ppm
Butano	300ppm-5000ppm
Metano	5000ppm-20000ppm
Hidrógeno	300ppm-5000ppm
Alcohol	100ppm-2000ppm

Cuadro 2: Rangos de Detección MQ-2

10.1.2 Implementación

Conectaremos este sensor al pin analógico 0, y utilizando la librería UPM desarrollada por Intel[6] podemos acceder fácilmente al valor analógico a la salida de éste. Si se desea obtener la concentración en ppm, se debe realizar la conversión necesaria basándose en la gráfica de sensibilidad que se muestra en el datasheet del sensor (ver función get_gas_data del código en el anexo).

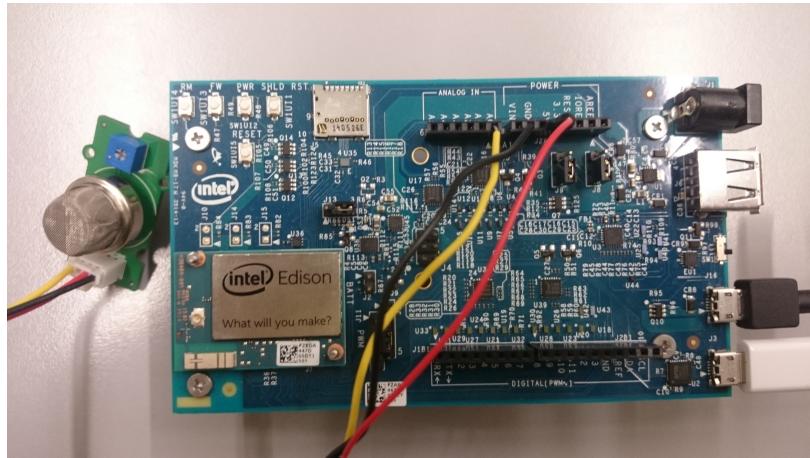


Figura 4: Conexión Sensor Gas

10.2 Sensor de Luz Phidget 1127

Sensor de luz capaz de medir el nivel de luz visible en lux.

10.2.1 Especificaciones técnicas

- **Alimentación:** 3.3V min, 5V max
- **Tipo de conexión:** Analógica
- **Tiempo Max de respuesta:** 20 ms
- **Consumo:** 2mA
- **Rango temperatura operativo:** Desde -30°C hasta 85°C
- **Capacidad de detección:**

Voltaje	Nivel de Luz
3.3V	1lux - 660lux
5V	1lux - 1000lux

Cuadro 3: Rango de Detección del Sensor Phidget 1127

10.2.2 Implementación

Conectaremos este sensor a la entrada analógica 1 de la plataforma. Este componente no requiere ningún tipo de conversión para obtener el valor del nivel de luz en lux, su salida ya es directamente este valor. Para extraerlo utilizaremos la librería MRAA propia de Intel [6] (ver función get_light_data del código en el anexo).

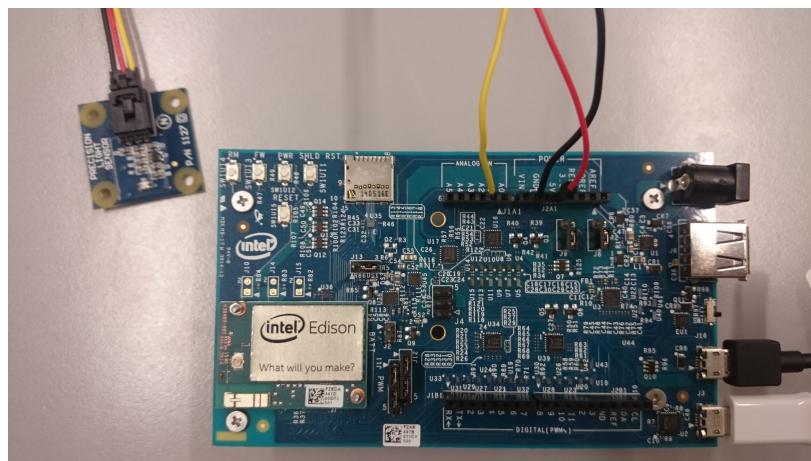


Figura 5: Conexión Sensor Luz

10.3 Sensor de Temperatura y Humedad Grove (TH02)

Sensor de temperatura y humedad TH02

10.3.1 Especificaciones Técnicas

- **Tipo:** Analógico I2C
- **Alimentación:** 2.1V min, 3.6 max
- **Consumo:** 350 uA
- **Rango de temperatura operativo:** Desde -40°C a 85°C
- **Capacidad de detección:**

Humedad	0 % - 80 % RH
Temperatura	0 - 70 °C

Cuadro 4: Rango de Detección del Sensor TH02

10.3.2 Implementación

Conectaremos las dos salidas de este sensor a las entradas analógicas 4 y 5 de la plataforma y utilizaremos la librería UPM [6] para extraer los valores de los sensores de humedad y temperatura (Véase las funciones get_tmp_data y get_hum_data del código en el anexo).

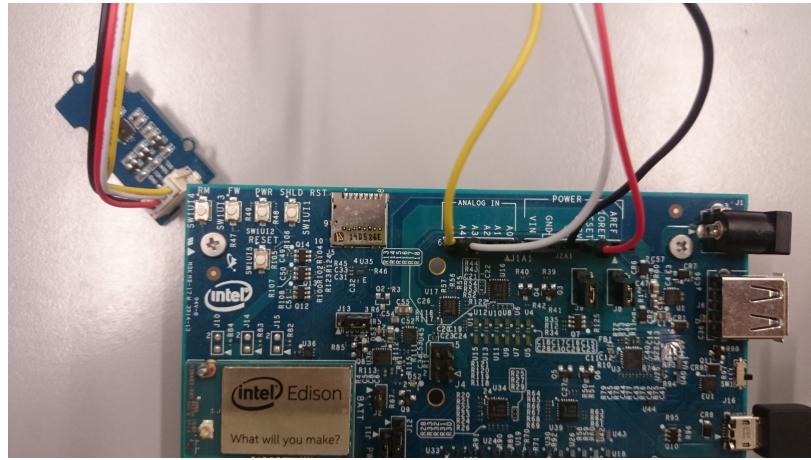


Figura 6: Conexión Sensor Humedad y Temperatura

10.4 Sistema GPS Element14 Microstack

Sistema GPS de bajo consumo, que trabaja a 1575.42 MHz (receptor), 22 canales de tracking y 66 canales de adquisición.

10.4.1 Especificaciones Técnicas

- **Alimentación:** 2.8V min, 4.3V max.
- **Bajo consumo:**

Modo	Consumo
Acquisition mode	25mA
Tracking	20mA
AlwaysLocate	3mA

Cuadro 5: Consumo Microstack GPS

- **Intervalos de actualización:** 1Hz-10Hz
- **Rango de temperatura operativo:** desde -40°C hasta 85°C
- **Altitud Máxima:** 18km

10.4.2 Extracción de posición

Los sistemas GPS se rigen de la especificación NMEA 0183[7]. El protocolo NMEA 0183 es un estándar a través del cual los instrumentos marítimos y también la mayoría de los receptores GPS pueden comunicarse los unos con los otros. Ha sido definido, y está controlado, por la organización estadounidense *National Marine Electronics Association*.

A la salida del puerto serie del GPS, obtenemos un CSV donde cada fila está denominada de manera diferente (GPXXX), estas indican información sobre la conexión, el sistema GPS en sí y los satélites de la red.

Para obtener la posición global, utilizaremos los datos bajo el nombre del identificador GPGGA, en el cual se encuentran los datos del sistema de posicionamiento, entre ellos la latitud y la longitud. El formato del identificador GPGGA es el siguiente:

\$GPGGA, hhmmss.ss, llll.ll, a, yyyyy.yyy, a,x,xx,x.x,x.x,M,x.x,M,x.x,xxxx

hhmmss.ss = UTC

llll.ll = Latitud

a = N o S

yyyyy.yyy = Longitud

a = E or W

x = Calidad (0= GPS no fijo, 1= GPS fijo, 2= Dif. GPS fijo)

xx = Número de satélites en uso

x.x = Dilución de precisión horizontal. La dilución se refiere a la baja calidad de la señal debido a la distancia de los satélites

x.x = Altitud sobre el nivel del mar

M = Unidad de la altitud (metros)

x.x = Separación Geoidal

M = Unidad de la separación Geodial (metros)

x.x = Tiempo en segundos desde la última actualización DGPS

xxxx = Checksum

Los datos que nos interesan son los que están subrayados, a partir de esto se puede obtener la posición del dispositivo.

Suponemos que tenemos lo siguiente:

GPGGA,194530.000,3051.8007,N,10035.9989,W,1,4,2.18,746.4,M,-22.2,M,,*6B

Los datos que nos interesan para obtener la posición son:

3051,8007, N, 10035,9989, W

La primera parte (separado por comas), debemos dividirla en dos. Los 6 dígitos de menor peso y lo restantes, en este caso sería 30 y 51.8007, el 30 indica los grados (este campo puede tener uno, dos o tres dígitos) y 51.8007 el tiempo en minutos en esa dirección. Para que todo concuerde debemos pasar los minutos a grados, para ello dividimos los minutos entre 60 y sumamos el resultado a los grados iniciales, por lo tanto:

$$51,8007 / 60 = 0,86335$$

$$30 + 0,86335 = 30,86335$$

De esta manera obtenemos la latitud, que en este caso sería 30.86335, luego tenemos que basarnos en la segunda parte (N en este caso), para obtener el signo de la latitud, en el caso que se encuentre una **N** debemos dejar la latitud positiva, si tenemos una **S** debemos colocarla negativa. Para obtener la longitud debemos hacer la misma transformación que en la primera parte, sólo que esta vez con la tercera. Obtendríamos como resultado: 100.5999, para el signo debemos basarnos en la cuarta parte, si se encuentra una **E** debemos dejarla positiva, en caso contrario, de encontrarse una **W** debemos colocarla negativa.

De esta forma partiendo de 3051.8007,N,10035.9989,W obtenemos la **latitud 30.86335** y la **longitud -100.5999**, con lo cual tenemos la posición.

10.4.3 Implementación

Conectaremos la salida del GPS a la entrada UART (Rx), de la plataforma. Luego utilizando la librería MRAA[6] obtendremos la salida de éste (ver función get_gp_data del código en el anexo), y procederemos a realizar la adquisición de datos de la manera indicada en el apartado anterior, para extraer la localización (función parse_gps del código en el anexo).

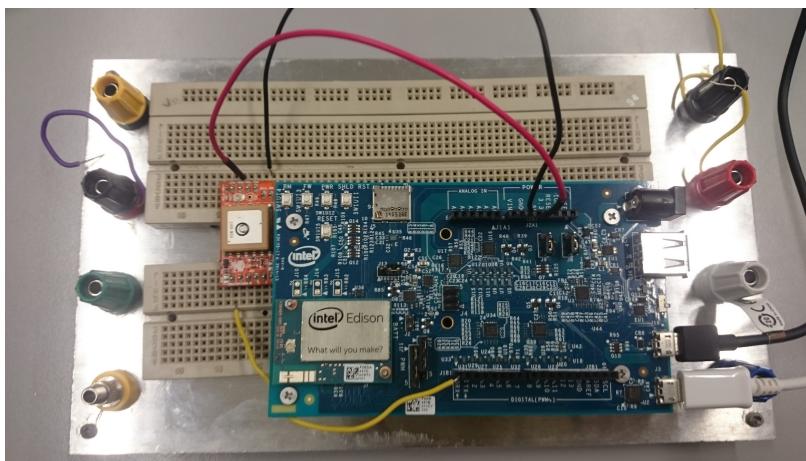


Figura 7: Conexión Sistema GPS

10.5 Pruebas de integración

Como ya se ha comentado en la parte de desarrollo, para facilitar la adición o extracción de los sensores en la plataforma, la obtención de los recursos se realizará de manera secuencial.

Se obtendrán las observaciones de los recursos junto con la posición en la que fueron adquiridas, una a la vez por cada sensor, es decir, se obtendrá una pareja de valor/posición por cada recurso, uno a la vez de manera ordenada. Por lo tanto, si se tienen cuatro recursos, al servidor Sentilo le llegará una observación del mismo recurso cada cuatro segundos (el tiempo que tarda en muestrear los demás recursos antes de volver al mismo).

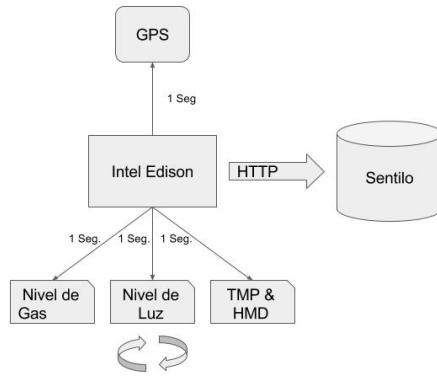


Figura 8: Diagrama de la Plataforma

11 Conexión con la plataforma Sentilo

La plataforma Sentilo[4] es la que nos permitirá mostrar, tanto los datos adquiridos por los sensores, como la posición de la plataforma en tiempo real mediante su plataforma web. También los almacena en su base datos, lo que nos permite acceder a estos mediante peticiones HTTP y nos ofrece otras funcionalidades como: Alertas, notificaciones, y gestión de permisos entre otras.

11.1 Configuración de la plataforma

Para utilizar Sentilo necesitaremos un servidor previamente configurado, en este caso utilizaremos el servidor del Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad Politécnica de Cataluña.

Antes de comenzar con el uso del servidor debemos dar de alta a nuestro dispositivo [Anexo1]. Para el alta de un sistema en Sentilo se necesitan 3 entidades: proveedor, componente y sensores. El proveedor representa un grupo de componentes. El componente corresponde a un elemento hardware o software con localización geo-espacial (fija o móvil), que puede estar compuesto por uno o más sensores. Los sensores son elementos software o hardware con la habilidad de generar datos.

Procederemos a crear las distintas entidades necesarias para el funcionamiento de una plataforma de sensores en Sentilo. Para ello primero debemos de ingresar en el catálogo web de Sentilo como administradores. Una vez allí nos dirigimos a la opción *Administrador* y dentro de ésta al subapartado *proveedores*, y creamos un proveedor nuevo para nuestra red. Luego en el mismo menú, en el subapartado de componente, damos de alta a nuestra plataforma y la asociamos al proveedor previamente creado. Por último en el apartado de sensores y actuadores damos de alta a los sensores de la aplicación y los vinculamos a nuestra plataforma [4].

11.2 Conexión con Sentilo

La comunicación con Sentilo se hace vía HTTP y los datos deben estar en formato JSON o XML. Como método de identificación se utiliza un sistema de tokens. Cuando se crea un proveedor en el catálogo web de Sentilo, se le asigna un token de autorización. Para que la plataforma pueda realizar alguna operación con el servidor, este token debe ir incluido en la cabecera HTTP, en el campo “identity key”.

Como identificador de recurso, Sentilo utiliza el nombre que se proporcionó a la entidad al momento de ser creada (ya sea una proveedor, componente o sensor). El acceso a los recursos de Sentilo se realiza mediante este identificador.

11.2.1 JSON

JSON (JavaScript Object Notation) es un formato ligero de intercambio de datos. Leerlo y escribirlo es simple para humanos, mientras que para las máquinas es simple interpretarlo y generarlo. Está basado en un subconjunto del Lenguaje de Programación JavaScript. JSON es un formato de texto que es completamente independiente del lenguaje, pero utiliza convenciones que son ampliamente conocidas por los programadores de la familia de lenguajes C. Estas propiedades hacen que JSON sea un lenguaje ideal para el intercambio de datos [8]. JSON está constituido por dos estructuras:

- Una colección de pares de nombre/valor (objetos).
- Una lista ordenada de valores (array).

En JSON, se presentan de estas formas:

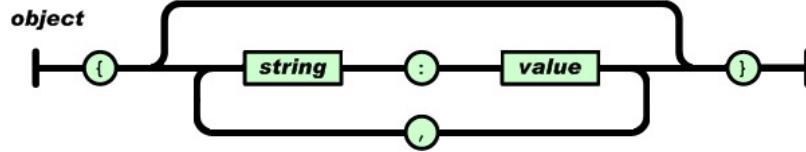


Figura 9: Object JSON (Fuente:www.json.org)

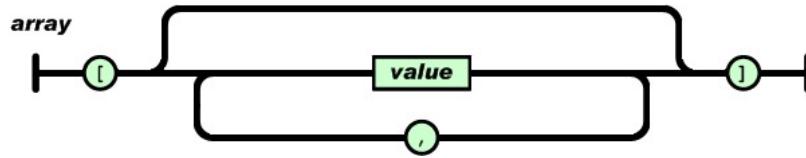


Figura 10: Array JSON (Fuente:www.json.org)

Para publicar datos en Sentilo se debe enviar un objeto llamado *observation* y dentro de este una cadena de objetos correspondientes al valor de las observaciones (parejas nombre/valor), a publicar de cada uno.

11.2.2 Publicar datos en Sentilo

Para publicar datos en Sentilo se debe seguir el siguiente modelo:

```
http : // < your_api_server.com > /data/ < provider_id > / < sensor_id >
```

El método utilizado en la petición debe ser un PUT, se deben tener permisos de escritura y para el formato de los datos se debe utilizar JSON o XML.

En los datos se incluyen los siguientes parámetros:

Parámetro	Descripción	Opcional
Observación	Lista de observaciones a publicar.	No
Localización	Coordenadas en las cuales el sensor obtuvo la observación.	Sí

Cuadro 6: Parámetros de una solicitud PUT Sentilo

Así mismo cada observación tiene una serie extra de parámetros:

Parámetro	Descripción	Opcional
Valor	Valor de la observación a registrar	No
Localización	Coordenadas en las cuales el sensor obtuvo la observación	Sí
Marca Horaria	Fecha y hora en la cual se realizó la observación	Sí

Cuadro 7: Parámetros de las observaciones de Sentilo

Hay que tener en cuenta, que si un sensor envía una observación sin especificar la hora de adquisición, se utilizará como tiempo de toma de la muestra, la hora actual a la que es recibida la observación en el servidor.

Un ejemplo de una solicitud, para publicar el valor del sensor con identificador EDISONGAS, del proveedor INTEL, de una observación sin especificar el tiempo, sería el siguiente:

PUT /data/INTEL/EDISONGAS HTTP/1.1
Host: 147.83.39.63
IDENTITY_KEY: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx"
Content-Length: 35"
Content-Type: application/json"
{."observations": [{"value": "150"}]}

Cuadro 8: Petición HTTP para publicar datos en Sentilo

11.2.3 Extraer datos de Sentilo

De manera similar al apartado anterior, también se pueden extraer los datos de las observaciones desde el servidor Sentilo utilizando peticiones HTTP. Para ello se debe seguir el siguiente modelo:

`http : // < your_api_server.com > /data/ < provider_id >? < parameter >=< value >`

Para esta operación se debe utilizar un método GET, tener permisos de lectura y como formato de datos utilizar JSON o XML. En los datos se incluyen los siguientes parámetros:

Parámetro	Descripción	Opcional
from	Indica el instante de tiempo desde el cual se quieren obtener las observaciones	Sí
to	Indica el instante de tiempo hasta el cual se quieren obtener las observaciones	Sí
limit	Indica el número máximo de observaciones a recoger de cada sensor	Sí

Cuadro 9: Parámetros GET Sentilo

A la hora de adquirir las observaciones del servidor Sentilo se deben tener en cuenta algunos aspectos:

El límite máximo de muestras a extraer, está fijado por los parámetros de configuración de la plataforma web. En caso de que el límite máximo fijado por la petición sea mayor que el fijado en el catálogo, se devolverá el valor máximo fijado por la plataforma.

El formato de la hora debe ser: dd/MM/yyyyTHH:mm:ss. En caso de no indicar ninguna fecha, el servidor devolverá la última observación guardada.

Si sólo se indica el parámetro *limit* a la hora de hacer una petición, el servidor retornará las peticiones comenzando por la última, hasta llegar al número solicitado.

Un ejemplo de una solicitud, para extraer los últimos 5 valores del sensor con identificador EDISONGAS, del proveedor INTEL, sería el siguiente:

GET /data/INTEL/EDISONGAS?limit=5 HTTP/1.1
Host: 147.83.39.63
IDENTITY_KEY: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx"
Content-Length: 0"
Content-Type: application/json"

Cuadro 10: Petición HTTP para adquirir datos de Sentilo

11.2.4 Respuestas del servidor

Las respuestas de la plataforma de Sentilo se manejan mediante códigos de estado HTTP, estos pueden ser los siguientes:

Código de Error	HTTP	Descripción
200	Todo Correcto	La solicitud se ha aceptado y procesado correctamente
4XX	Error en el cliente	Error en la solicitud (Formato incorrecto)
401	No autorizado	Solicitud no autorizada (Credenciales incorrectos o en blanco)
403	Prohibido	No autorizado para la acción solicitada
5XX	Error en el Servidor	Error procesando la solicitud

Cuadro 11: Respuestas servidor Sentilo

En caso de error, en el cuerpo de la respuesta se incluirá una descripción del problema detectado.

12 Resultados

El primer prototipo de la plataforma cumple con los requerimientos básicos que se han propuesto. Para empezar a utilizar la plataforma debemos conectarla a la red WiFi que utilizaremos, luego sólo tenemos que ejecutar el script de inicio.

Al iniciar la plataforma es recomendable dejar un margen de 120 segundos para que todos los sensores se estabilicen y el GPS obtenga la posición del dispositivo. Antes de obtener la posición exacta desde el GPS, la plataforma enviará una establecida por defecto hasta que reciba los datos actualizados. Desde que se realiza un cambio en algún parámetro de observación de la plataforma, hasta que se visualiza en Sentilo, se tarda 4 segundos aproximadamente.

En la plataforma de Sentilo se mostrarán las últimas observaciones recibidas, así como la localización de la plataforma.

12.1 Conexión con la plataforma

A continuación se muestra cómo se publica una observación del sensor de luz, identificado con el id *EDISONLIGHT* del proveedor Intel, que en este caso lleva el id *sentinel_bike*:

```
PUT /data/sentinel_bike/EDISONLIGHT HTTP/1.1
Host: 147.83.39.63
IDENTITY_KEY: 4786ce9fcae8204c1e5222cb64abeebcf765b7b9eb63612238505bf434ac658e
Content-Length: 68
Content-Type: application/json

{"observations": [{"value": "361", "location": "41.325697 002.016925"}]}

Establishing socket connection...
  Socket connection Established!
    HTTP/1.1 200 OK
Content-Type: application/json
Date: Wed, 20 Jan 2016 15:30:12 GMT
Server: "SentiloServer/1.0"
Content-Length: 0

Socket connection closed!
```

Figura 11: Prueba PUT

Desde el catálogo web del servidor Sentilo se visualizan las observaciones enviadas de la siguiente manera:



Figura 12: Visualización de la plataforma mediante Sentilo

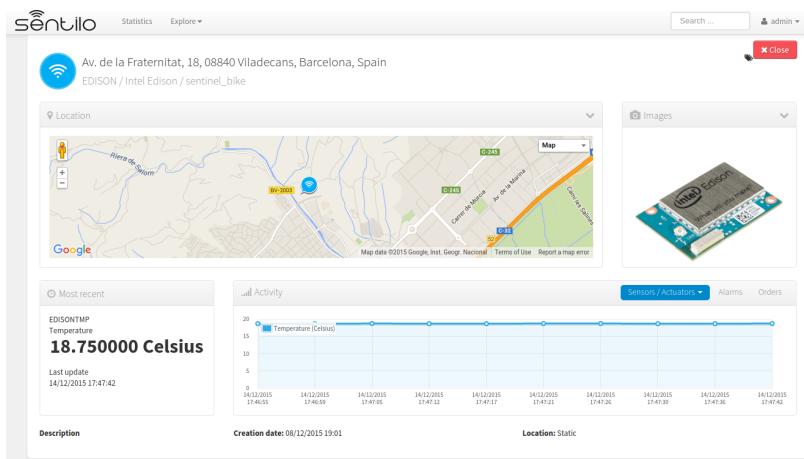


Figura 13: Sensor de temperatura visualizado mediante Sentilo

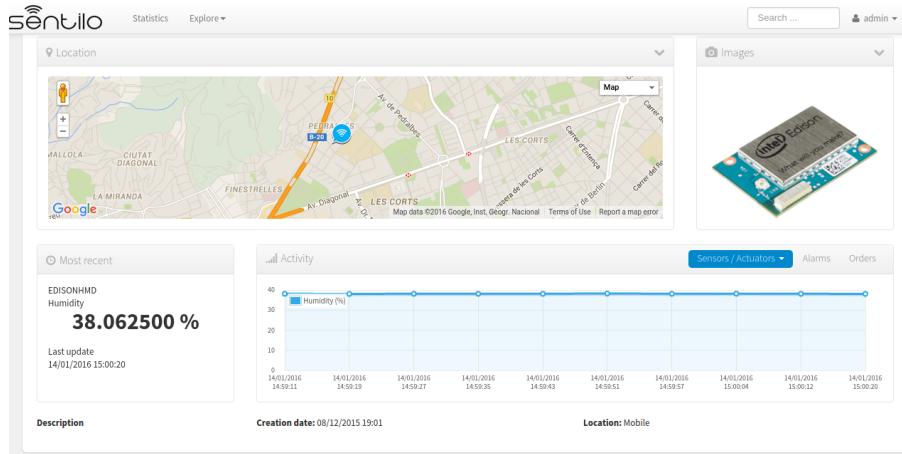


Figura 14: Sensor de humedad visualizado mediante Sentilo

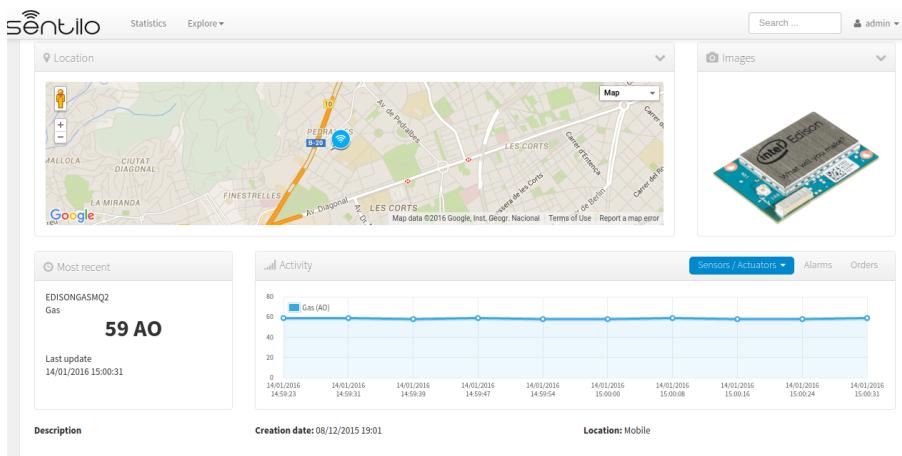


Figura 15: Sensor de Gas visualizado mediante Sentilo

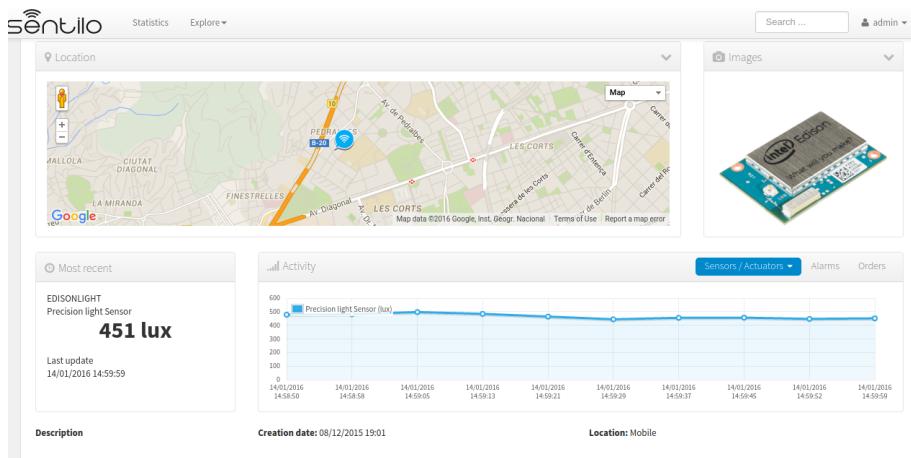


Figura 16: Sensor de luz visualizado mediante Sentilo



Figura 17: Localización de la plataforma visualizada mediante Sentilo

12.2 Extracción de datos

De manera similar a la publicación de las observaciones, también se pueden obtener los datos guardados en la plataforma Sentilo. En el siguiente ejemplo se obtienen las últimas cinco observaciones del sensor de luz. Estas son enviadas en la respuesta de estado del servidor de Sentilo en formato JSON, como se puede apreciar en la captura.

```
GET /data/sentinel_bike/EDISONLIGHT?limit=5 HTTP/1.1
IDENTITY_KEY: 4786ce9fcae8204c1e5222cb64abeebcf765b7b9eb63612238505bf434ac658e
Host: 147.83.39.63:8081

-----
HTTP/1.1 200 OK
Content-Type: application/json; charset=UTF-8 ← 2
Date: Wed, 20 Jan 2016 15:15:01 GMT
Server: "SentiloServer/1.0"
Content-Length: 435

[{"observations": [{"value": "510", "timestamp": "16/01/2016T10:34:56", "location": "41.325697 002.016925"}, {"value": "489", "timestamp": "14/01/2016T16:44:53", "location": "41.388217 002.112752"}, {"value": "465", "timestamp": "14/01/2016T16:44:45", "location": "41.388177 002.11263"}, {"value": "441", "timestamp": "14/01/2016T16:44:38", "location": "41.38816 002.1129"}, {"value": "458", "timestamp": "14/01/2016T16:44:30", "location": "41.388152 002.112915"}]}
```

Figura 18: Prueba GET

Como se puede observar en la captura, se envía la petición HTTP(1), en la cual se solicitan las cinco últimas observaciones publicadas del sensor con identificador EDISONLIGHT, del proveedor sentinel_bike. Luego se tiene la respuesta de estado del servidor (2), y en el cuerpo de la misma se tienen los valores solicitados en formato JSON(3).

12.3 Pruebas de localización

A continuación se muestran algunas pruebas de localización realizadas con el sistema GPS. Estas pruebas se han realizado en un entorno rodeado de edificios puesto que la plataforma será utilizada en entornos similares.

En la primera prueba se ha dejado la plataforma estática, para determinar la variación de la posición mostrada respecto a la verdadera (indicada con una X en la captura).

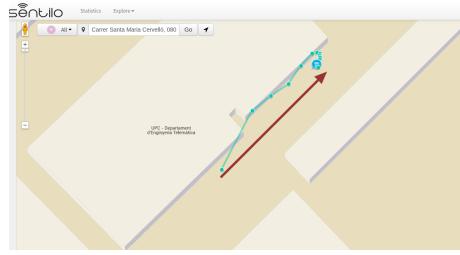


Figura 19: Prueba GET

Como se puede apreciar en la captura, se tiene un margen de error en la ubicación de hasta 2 metros aproximadamente. A continuación se realizara una prueba similar pero con la plataforma en movimiento. En esta se puede apreciar que el error no mejora con el movimiento, las flechas indican el camino original.



(a)



(b)

Figura 20: Localización de la plataforma visualizada mediante Sentilo

13 Plan de negocio

13.1 Plan de negocio

La plataforma está orientada para empresas con grandes áreas a monitorizar (fábricas, plantaciones, etc) y organizaciones como ayuntamientos. Con éste sistema podrán monitorizar en grandes áreas de interés, una serie de factores que crean convenientes, sin necesidad de utilizar sensores fijos. También se obtiene un mecanismo, para saber las condiciones ambientales con las cuales conviven sus trabajadores en el día a día. A su vez, gracias al sistema de localización también se puede utilizar la plataforma como un método de control de flotas.

13.2 Presupuesto

A continuación se muestran un listado de los componentes utilizados para el desarrollo del primer prototipo:

Componente	Precio Aproximado
Ordenador	500€
Plataforma Intel Edison	50€
Placa de desarrollo Arduino para Edison	50€
Sensor de Gas MQ2	5€
Sensor de Luz 1127	5€
Sensor de Temperatura y Humedad Grove TH02	10€
MicroStack GPS	30€
Utensilios varios	50€

Cuadro 12: Listado de componentes

Suponiendo un total de 20 horas laborables semanales, una paga estándar de un ingeniero junior de 8 euros la hora y una duración estimada de desarrollo del prototipo de 22 semanas. Se obtiene un total de 3520 euros. Si a esto le sumamos el precio de los componentes y 500 euros en gastos de recursos energéticos, se obtiene un total de desarrollo del primer prototipo de: 4720 euros.

14 Impacto Medioambiental

La plataforma supone una alternativa para monitorizar los factores contaminantes en entornos urbanos. De esta manera se pueden determinar las zonas en las que se produce más contaminación y tomar las medida necesarias para reducirlas, lo que conlleva una mejora en la calidad del aire y un menor impacto en el medio ambiente y en la capa de ozono.

15 Conclusiones

En esta primera etapa del proyecto se ha realizado una primera aproximación de la plataforma, en la que se demuestra que es capaz de operar utilizando varios tipos de sensores vía diferentes tipos de comunicaciones. También es capaz de transmitir los datos sensados junto con la posición en la que fue adquirida la observación, a una plataforma web mediante comunicación wifi.

Sobre la plataforma Intel Edison, comentar su gran versatilidad, lo que ha facilitado el desarrollo de esta aplicación. La incorporación del sistema Linux permite utilizar todo tipo de lenguajes de programación y también añade las funciones propias de este sistema a la plataforma. A esto también hay que añadir las librerías propias desarrolladas por Intel (MRAA), que han sido de gran utilidad para las comunicaciones serie.

Se prevé el desarrollo de otras funcionalidades, como son, las que ofrecen valor añadido al conductor de vehículo. Entre estas, la comunicación por bluetooth con algún dispositivo que posee el conductor, para indicar el nivel de batería, la velocidad del vehículo, su posición, entre otros. También el uso de sensores de gas específicos para los contaminantes que se desean monitorizar y la implementación de otros tipos de sistemas de localización como la ubicación mediante Wifi.

Referencias

- [1] Ferran Ballester (2005, April) *Contaminación atmosférica, cambio climático y salud* Revista Española de Salud Pública.
- [2] Alfonso Quijano Parra, José Alejandro Orozco M. (1995) *Monitoreo de material particulado-fracción respirable* Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas.
- [3] A.Pozo Ruz, A.Ribeiro, M.C.García Alegre, L.García, D.Guinea, F.Sandoval* (2008) *Sistema de posicionamiento global, descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro* Dpto. de Tecnología Electrónica E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación. Universidad de Málaga.
- [4] Sentilo.io (2015, Agosto) *Documentación necesaria para la comunicación con Sentilo*. URL: <http://www.sentilo.io/xwiki/bin/view/APIDocs/WebHome>.
- [5] software.intel.com (2015) *Configuración inicial de la plataforma Intel Edison*. URL: <https://software.intel.com/en-us/articles/assemble-intel-edison-on-the-arduino-board>
- [6] iotdk.intel.com (2015) *Documentación sobre las librerías propias de Intel*. URL: <http://iotdk.intel.com/docs/>
- [7] gpsinformation.org (2013) *Documentación sobre el funcionamiento del GPS y la extracción de datos del mismo*. URL: <http://gpsinformation.org>

- [8] json.org (2015) *Documentación sobre JSON*. URL: <http://json.org>
- [9] Orange Smart City (2011) *Proyecto de implantación de una plataforma en vehículos móviles*. URL: <http://www.i2cat.net/es/proyectos/orange-smart-city>
- [10] Google Outreach (2015) *Proyectos de Google sobre el medioambiente*. URL: <https://www.google.com/earth/outreach/index.html>