



DISEMINACIÓN DE TECNOLOGÍA EUROPEA DE REDES INTELIGENTES DE AGUA POTABLE EN MÉXICO HC1609.1 Informe final

COORDINACIÓN DE HIDRÁULICA
SUBCOORDINACIÓN DE HIDRÁULICA URBANA




Dr. Velitchko G. Tzatchkov
M.I. José Manuel Rodríguez Varela

México, 2016



 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 1 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

1 Índice

1	Índice.....	1
2	Resumen ejecutivo	3
3	Objetivos	5
4	Antecedentes	7
4.1	El concepto de ciudad inteligente (Smart City)	7
4.2	Tecnología IoT (Internet of Things, Internet de las Cosas)	9
4.3	Procesadores para IoT	10
4.4	Sistemas de transmisión de datos	11
4.5	Colaboración internacional del IMTA en desarrollo de tecnología de redes inteligentes de agua potable	13
5	Metodología.....	15
5.1	Estudio bibliográfico y análisis de tecnologías existentes	15
5.2	Programas europeos de investigación en redes inteligentes de agua potable	20
5.2.1	Ctrl+SWAN.....	20
5.2.2	ICT4water (ICT and water management).....	22
5.2.3	Plataforma Tecnológica Europea de Suministro de Agua y Saneamiento (WssTP).	26
5.2.4	Smart Water for Europe (SW4EU).....	27
5.3	Compañías extranjeras que ofrecen tecnología relevante en México	28
5.3.1	Fundación s::can Messtechnik GmbH	28
5.3.2	Sierra Wireless	29
5.3.3	BluTower	30
5.3.4	Itron.....	30
5.3.5	Otras compañías en México	31
5.4	Instituciones mexicanas con que se puede colaborar en el tema	31
5.4.1	Infotec, Centro Público de Investigación Conacyt.....	31
5.4.2	Centro de Desarrollo Innovación y Transferencia de Tecnología.....	33
5.4.3	Instituto Mexicano del Edificio Inteligente	33
5.5	Plataformas IoT de registro y almacenaje de datos en la nube.....	33
5.5.1	Ubidots.....	33
5.5.2	Otras plataformas.....	34
5.6	Capacitación recibida	35
5.7	Contactos establecidos y visitas de expertos externos recibidas	35
5.8	Investigación para el desarrollo de tecnología propia IMTA.....	36
5.8.1	Propuestas de integración de componentes IoT con medidores de agua, aprovechables para tecnología propia	36
5.8.2	Propuestas y pruebas de tecnología propia IoT para integración de componentes IoT con medidores de agua	43
5.8.3	Prototipo de interfaz Internet tipo IoT de medidores con memoria interna	44
5.8.4	Pruebas de interfaz Internet para medidores sin memoria interna	49
5.8.5	Monitoreo de los datos en Internet	53
5.8.6	Construcción de un stand para pruebas de la tecnología de medidores inteligentes en el laboratorio de la DEPFI-IMTA Campus Morelos.....	56
6	Resultados	65
6.1	Identificación de tecnologías de redes inteligentes a ser desarrollada en México.....	65
6.2	Convenio de colaboración IMTA- Infotec	65
6.3	Estand para pruebas de la tecnología de medidores inteligentes	66
6.4	Apoyo al proyecto IMTA Verde.....	66

 	<p align="center">Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México</p>	 <p align="right">IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
<p align="center">Página 2 de 97</p>	<p align="center">México, 2016</p>	<p align="right">Clave: HC1609.1</p>

6.5	Artículos publicados en revistas arbitradas e indizadas y/o congresos internacionales ..	66
7	Conclusiones	69
8	Bibliografía	71
9	Anexos	73
9.1	Anexo 1 Configuración de red en Arduino YUN	73
9.2	Anexo 2 Términos de referencia para Diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de interfaz de medidores de agua con Internet tipo IoT (tecnología propia IMTA).....	75
9.3	Anexo 3 Oficio de contestación de la Secretaría de la Función Pública a la solicitud de autorización de orden de servicio.....	81
9.4	Anexo 4 Convenios de colaboración IMTA-Infotec (en revisión por parte de Infotec)	83

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 3 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

2 Resumen ejecutivo




Con el objetivo de promover en México el desarrollo de tecnología propia relativa a la integración de telemetría con sensores especializados para sectorización dinámica y control de la calidad del agua en las redes de distribución, se estudian las posibilidades de aplicar la tecnología de Internet de las Cosas (IoT (Internet of Things) por sus siglas en inglés) en el campo de la macro y micromedición y calidad del agua, dentro del concepto de ciudades inteligentes, por medio de un análisis de las tecnologías para este fin existentes en Europa, y otras que ofrecen diferentes compañías en México.

Se presentan la iniciativa de ciudades inteligentes y el concepto de la tecnología Internet de las Cosas (IoT, Internet of Things), con los procesadores para IoT más populares (Arduino y Raspberry Pi), en relación con los medidores inteligentes de agua, así como los sistemas de transmisión de datos y las plataformas existentes de IoT de registro y almacenaje de datos en la nube, de las se seleccionó Ubidots. Se describen los programas, grupos de trabajo y proyectos europeos de investigación en redes inteligentes de agua potable, en uno de los cuales (Ctrl+SWAN) participa el IMTA, y algunas compañías extranjeras que ofrecen tecnología relevante en México. Se establecieron contactos, se recibieron visitas de representantes y cotizaciones de varios de ellos. De igual manera, se describen instituciones mexicanas con que se ha identificado que se puede colaborar en el tema, en primer lugar el centro público de investigación Infotec, que ha desarrollado tecnología original mexicana de bajo costo para transferir a la nube (a Internet) información de lecturas de sensores de aparatos, basada en una combinación de la tecnología Arduino con un producto (micro chip) propio llamado Cloudino. Se planteó la firma de dos convenios de colaboración entre el IMTA e Infotec al respecto.

Como parte de la investigación para el desarrollo de tecnología propia IMTA se presentan varias soluciones de tipo Internet de las Cosas, que se han encontrado, basadas en un sensor magnético de efecto Hall o un sensor óptico reflexivo. Con esta base, se identifica tecnología electrónica e informática a desarrollar, adecuada para redes inteligentes de agua potable, basada en las placas electrónicas Arduino y Raspberry Pi, y plataformas de bajo costo o gratuitas de manejo de datos en la nube. Se definieron la tecnología y los requerimientos para convertir medidores con memoria interna existentes (básicamente macromedidores), y se elaboraron los términos de referencia para la fabricación de un prototipo de interfaz de medidores de agua tipo IoT (tecnología propia IMTA), que tendrá también la función adicional de registro de datos en memoria USB para los casos de interrupción de servicio de Internet en el lugar. Se realizaron también pruebas sobre medidores sin memoria interna (tales como los micromedidores domiciliarios), para implementar una tecnología similar basada en captar por fuera del medidor, con un sensor de efecto Hall, las variaciones del campo magnético que genera el medidor de desplazamiento positivo, de esfera seca, con el giro de la rueda magnetizada que tiene en su interior.

Con fines de seguir trabajando con la implementación de una interfaz IoT de los medidores de agua, y para pruebas y análisis de la aplicabilidad de la tecnología de medidores inteligentes de agua, se construyó un stand (modelo) en el laboratorio de la DEPMI Campus Morelos, con la colocación de 4 medidores de agua de pequeño diámetro de diferentes tipos y diferentes marcas, dos de ellos electromagnéticos de carrete, y dos de tipo doméstico.

El proyecto ha mostrado que con la tecnología Arduino y Raspberry Pi se puede implementar telemetría inteligente de bajo costo, donde los datos pueden ser desplegados en una página Web




 	<p align="center">Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México</p>	 <p align="right"> IMTA <small>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</small> </p>
<p align="center">Página 4 de 97</p>	<p align="center">México, 2016</p>	<p align="right">Clave: HC1609.1</p>

y consultados desde cualquier lugar del mundo en una computadora o en un teléfono celular. Las redes locales con Internet alámbrico e inalámbrico (WiFi) son una alternativa rápida para el envío de los datos vía Internet, en lugares donde se cuenta con este servicio. La comunicación puede ser dos vías. Al estar el dispositivo conectado éste puede ser verificado y reconfigurado remotamente o en un momento dado reiniciado, y se pueden mandar mensajes de alarma a teléfono celular o a correo electrónico. Para sitios remotos donde no hay cobertura de Internet existe la alternativa de la telefonía celular 3G/4G (tecnología inalámbrica de tercera o cuarta generación) o GPRS (por sus siglas en inglés).

Ya en la red, los datos son desplegados en una página Web y por lo tanto pueden visualizados en cualquier dispositivo que tenga acceso a Internet usando Ubidots. Ubidots es un servicio en la nube que permite almacenar y analizar información de sensores en tiempo real. Permite crear aplicaciones para el Internet de las Cosas sin necesidad de tener conocimientos en programación Web o bases de datos. Los valores se actualizan en el explorador Web, en tiempo real, y pueden ser descargados.

Se concluye que el IMTA puede desarrollar tecnologías propias de bajo costo para medidores de agua inteligentes y otros en el ámbito de redes inteligentes de agua potable e Internet de las cosas. Con esto se puede abrir camino para usar tecnología de este tipo en los proyectos que realiza el IMTA, y posteriormente promoverla en Organismos Operadores en México, con beneficios en: a) Redes de agua potable y software relacionado, b) Sensores inteligentes para protección del agua contra contaminación, y c) Mejores prácticas y mejores tecnologías disponibles de redes inteligentes. Tal tecnología en realidad existe, y es ofrecida por compañías de IoT y fabricantes de medidores de agua, pero es cara, y es propietaria, con lo que pone los usuarios en posición de dependencia tecnológica. El concepto de Smart City no solo se centra en los nuevos proyectos de crecimiento urbano: se dirige también a la adecuación de las actuales ciudades en ciudades inteligentes. En la parte de la operación, distribución y medición del agua potable en México la actividad sin embargo es muy incipiente y principalmente cuenta con contratar tecnología de compañías extranjeras. En ese sentido, es urgente desarrollar y utilizar esta tecnología en la construcción de una mejor ingeniería mexicana. Con esto se evitará quedar como simples receptores tecnológicos por falta de desarrollos propios y de una adecuada apropiación tecnológica.

En el tiempo en que duró el proyecto, año 2016, se publicaron 7 artículos en revistas arbitradas e indizadas y/o congresos internacionales, y un capítulo en libro, todos ellos con autoría o coautoría del responsable del mismo. Cinco de estos artículos fueron publicados con investigadores europeos, de la Segunda Universidad de Nápoles y del Politecnico di Bari, ambos en Italia, y de la Universidad Politécnica de Valencia, España.



 	<p align="center">Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México</p>	 <p align="right">IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
<p align="center">Página 5 de 97</p>	<p align="center">México, 2016</p>	<p align="right">Clave: HC1609.1</p>



3 Objetivos

El objetivo general es promover la aplicación en México de tecnología innovadora desarrollada en Europa por un grupo de trabajo en que participa el IMTA, relativa a la integración de telemetría con sensores especializados para sectorización dinámica y control de la calidad del agua en las redes de distribución.

Como objetivos particulares se plantea estudiar las posibilidades de aplicar la nueva tecnología de Internet de las Cosas (IoT (Internet of Things) por sus siglas en inglés) en el campo de la macro y micromedición de agua, dentro del concepto de ciudades inteligentes, por medio de un análisis de las tecnologías existentes que ofrecen diferentes compañías especializadas en México, así como de desarrollo de tecnología propia.

Con el proyecto se pretende abrir camino para usar tecnología de este tipo en los proyectos que realiza el IMTA, y posteriormente promoverla en Organismos Operadores en México, con beneficios en: a) Redes de agua potable y software relacionado, b) Sensores inteligentes para protección del agua contra contaminación, y c) Mejores prácticas y mejores tecnologías disponibles de redes inteligentes.

 <p>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p> 	<p>Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México</p>	 <p>IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
<p>Página 6 de 97</p>	<p>México, 2016</p>	<p>Clave: HC1609.1</p>

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 7 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

4 Antecedentes

4.1 El concepto de ciudad inteligente (Smart City)

Una Smart City, o ciudad inteligente, se puede describir como aquella ciudad que aplica las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) con el objetivo de proveerla de una infraestructura que garantice:

- Un desarrollo sostenible.
- Un incremento de la calidad de vida de los ciudadanos.
- Una mayor eficacia de los recursos disponibles.
- Una participación ciudadana activa.

Por lo tanto, son ciudades que son sostenibles económica, social y medioambientalmente. La Smart City nace de la necesidad de mantener una armonía entre estos aspectos.



La Organización Internacional de Normalización (ISO) proporciona hasta cuatro definiciones para el término "Ciudad Inteligente" en la revisión del Comité Técnico Conjunto (JTC) 1 sobre los temas específicos de Ciudades Inteligentes (ISO / IEC JTC 1, 2014). Una de las definiciones aceptadas por la ISO es la proporcionada por el grupo de trabajo general de normalización nacional de ciudades inteligentes de China: "Smart cities: un nuevo concepto y un nuevo modelo, que aplica la nueva generación de tecnologías de la información, como Internet de Cosas, Computo en la Nube, Datos a Gran Escala e Integración de Información Geográfica/Espacial, para facilitar la planificación, construcción, gestión y servicios inteligentes de las ciudades. El desarrollo de Ciudades Inteligentes puede beneficiar el desarrollo sincronizado, la industrialización, la informatización, la urbanización y la modernización agrícola y la sostenibilidad del desarrollo de las ciudades. El objetivo principal para el desarrollo de Smart cities es perseguir:

- Conveniencia de los servicios públicos;
- Delicadeza de la gestión de la ciudad;
- Vivibilidad del entorno de vida;
- Inteligencia de las infraestructuras;
- Eficacia a largo plazo de la seguridad de la red."

Se prevé que en el 2050 un 85% de la población mundial viva en ciudades. Este hecho hace que en las siguientes décadas los núcleos urbanos tengan que afrontar un número creciente de problemas ligados a este hecho, como:

- El abastecimiento energético.
- Las emisiones de CO₂.
- La planificación del tráfico automovilístico.
- La provisión de bienes y materias primas.
- La prestación de servicios sanitarios y de seguridad a todos quienes residan en estos enormes y masificados centros de población.

La filosofía Smart City se está llevando a cabo, cada vez más, en proyectos que implicarán la transformación de muchas ciudades, en Smart cities.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 8 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1



Para que una ciudad reúna las condiciones de una Smart City, esta ciudad inteligente debe tener:

- Un desarrollo económico sostenible.
- Una buena gestión de los recursos naturales a través de acción participativa.
- Un compromiso firme entre la administración pública y los ciudadanos.
- Un compromiso con su entorno, elementos arquitectónicos de vanguardia, y donde las infraestructuras están dotadas de las soluciones tecnológicas más avanzadas para facilitar la interacción del ciudadano con los elementos urbanos, haciendo su vida más fácil.

Este modelo ideal de una ciudad inteligente se basa, principalmente, en los siguientes subsistemas:

- **Generación distribuida:** Consiste en que la ciudad inteligente posea generación eléctrica repartida por el territorio: el abastecimiento es individualizado (micro-generación), no centralizado.
- **Smart Grids:** Se conoce como Smart Grids a las redes inteligentes interconectadas, las cuales poseen una circulación bidireccional de datos entre el service center (centro de control) y el usuario.
- **Smart Metering:** Se trata de la medición inteligente de los datos de gasto energético y de agua de cada usuario, a través de teledispositivos donde se realizan las lecturas a distancia y a tiempo real.
- **Smart Buildings:** Como modelo de eficiencia, los edificios deben ser inteligentes. Edificios domóticos que respetan el medio ambiente y que poseen sistemas de producción de energía integrados.
- **Smart Sensors:** Los sensores inteligentes tendrán la función de recopilar todos los datos necesarios para hacer de la ciudad una Smart City. Son parte fundamental para mantener la ciudad conectada e informada, y hacer que cada subsistema cumpla su función.
- **eMobility:** Implantación del vehículo eléctrico, y los respectivos puestos de recarga públicos y privados.
- **Tecnologías de la información y la comunicación (TIC):** Son las tecnologías de la información que ayudarán a la hora de controlar los diferentes subsistemas que componen la Smart City, mediante las cuales los ciudadanos y las entidades administrativas pueden participar activamente en el control de la ciudad.
- **Smart Citizen:** Los ciudadanos son sin duda la parte fundamental de una Smart City, ya que sin su participación activa no es posible poder llevar a cabo estas iniciativas.

El concepto de Smart City no sólo se centra en los nuevos proyectos de crecimiento urbano: se dirige también a la adecuación de las actuales ciudades en ciudades inteligentes. En México existen cuatro ciudades inteligentes en proceso: Maderas en Querétaro, Ciudad Creativa y Tequila en Jalisco y Smart Puebla, según expertos del Consejo Nacional de Clústeres de Softwares y Tecnología. Por otro lado, la Ciudad de México destaca como una de las ciudades que más promueve la creación de edificios verdes e inteligentes. En la parte de la operación, distribución y medición del agua potable la actividad sin embargo es muy incipiente y principalmente cuenta con contratar tecnología de compañías extranjeras. En ese sentido, es urgente que las universidades, institutos y centros públicos de investigación, empresas de la iniciativa privada y el gobierno en sus tres niveles se asocien, cada uno con el papel que les corresponde, para desarrollar y utilizar esta tecnología en la construcción de una mejor ingeniería mexicana. Con esto se evitará quedar como simples receptores tecnológicos y seguir expuestos a experiencias poco positivas, como

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 9 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

han sucedido en otras ocasiones, por falta de desarrollos propios y de una adecuada apropiación tecnológica (Arreguín Cortes 2016).



4.2 Tecnología IoT (Internet of Things, Internet de las Cosas)

La Internet de las cosas es un término amplio que se utiliza para describir situaciones en las que la conectividad a Internet y las capacidades informáticas se extienden a dispositivos, sensores y objetos cotidianos que no se consideran habitualmente computadoras (por ejemplo: productos de consumo, autos y camiones, componentes industriales, monitores de salud portátiles y colecciones de dispositivos que funcionan juntos para crear conceptos tales como “ciudades inteligentes” y “casas inteligentes”). Estos objetos recolectan datos de sus alrededores que luego se transmiten y analizan de manera remota para crear nuevas perspectivas, entregar servicios y controlar otros dispositivos. También suele referirse como el Internet de *todas* las cosas o Internet *en* las cosas. Si los objetos de la vida cotidiana tuvieran incorporadas etiquetas de comunicación, podrían ser identificados y gestionados por otros equipos, de la misma manera que si lo fuesen por seres humanos.

El Internet de las cosas hace posible que objetos, como comunicadores, cámaras, sensores, actuadores y demás, se comuniquen globalmente mediante el uso de la red de redes. Se trata de una red que interconecta por Internet objetos físicos que contienen sistemas embebidos. Un sistema embebido (anglicismo de *embedded*) o empotrado (integrado, incrustado) es un sistema de computación diseñado para realizar una o algunas pocas funciones dedicadas, frecuentemente en un sistema de computación en tiempo real. Al contrario de lo que ocurre con los ordenadores de propósito general (como por ejemplo una computadora personal o PC) que están diseñados para cubrir un amplio rango de necesidades, los sistemas embebidos se diseñan para cubrir necesidades específicas, o lo que es lo mismo, hardware especializado que le permite no sólo la conectividad al Internet, sino que además programar eventos específicos en función de las tareas que le sean dictadas remotamente. Los sistemas embebidos son chips y circuitos que comparados con, por ejemplo, un smartphone, podrían parecernos muy rudimentarios, pero que cuentan con todas las herramientas necesarias para cumplir labores especializadas específicas.

Se trata una revolución en las relaciones entre los objetos y las personas, incluso entre los objetos directamente, que se conectarán entre ellos y con la Red y ofrecerán datos en tiempo real. No hay un tipo específico de objetos conectados al Internet de las cosas. En lugar de eso se les puede clasificar como objetos que funcionan como sensores y objetos que realizan acciones activas. Claro, los hay que cumplen ambas funciones de manera simultánea. En cualquier caso el principio es el mismo y la clave es la operación remota. Cada uno de los objetos conectados a Internet tiene una IP específica y mediante esa IP puede ser accedido para recibir instrucciones. Así mismo, puede contactar con un servidor externo y enviar los datos que recoja.

El Internet de las cosas ha abierto un mundo de oportunidades a la hora de desarrollar iniciativas de ciudades inteligentes. El concepto de ciudades inteligentes sería casi imposible de entender sin tecnología como el IoT. Este las ayuda a emplear los recursos de forma más eficiente y ofrecer servicios a los ciudadanos que mejoren su calidad de vida. Internet y la tecnología móvil son los mejores aliados con los que las ciudades inteligentes cuentan en nuestros días. Así, de la misma forma que en Internet las personas ya no sólo se comunican con personas, en las ciudades inteligentes nos encontramos, y nos encontraremos cada vez más, un entorno en el que las máquinas son capaces de tomar decisiones sencillas y comunicarse entre sí para gestionirlas y ejecutarlas. Es el llamado M2M (“Machine to Machine”), la base del “Internet de las cosas”.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 10 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

Si partimos de los tres componentes tecnológicos de la estructura de una ciudad inteligente — sensorización, comunicación e inteligencia—, podemos encontrar ejemplos de este “Internet de las cosas” en cada uno de ellos. Una ciudad está repleta de infraestructuras a que se pueden agregar elementos sensorizados, como en los coches, los semáforos o en los edificios para medir el volumen del tráfico y las infracciones viales, la temperatura y la humedad, la pluviometría o la contaminación.

Las ciudades inteligentes serán una realidad gracias al Internet de las Cosas. Las tres tecnologías que deben evolucionar para que funcione el IoT en Smart cities son:



- **Procesadores:** Uno de los requisitos de los equipos que intervienen en IoT es que sean pequeños y por tanto sus procesadores deben serlo también y con una mayor capacidad de desempeño.
- **Sensores:** Los sensores que traen la información que deseamos del entorno, deben de igual manera ser pequeños y eficientes, sensores táctiles, acelerómetros, de inclinación, potenciómetros, de humedad y temperatura, altitud, presión, etc. Deben ser estándar para que las plataformas puedan recoger y analizar los datos recogidos. El reto de las empresas fabricantes es poder sensor todo aquellos que requiera medirse bajo las nuevas necesidades del mercado, y deben considerar un bajo costo.
- **Comunicación de bajo consumo:** Una vez se tiene almacenada la información, ésta requiere ser compartida con otras plataformas para su procesamiento y análisis.

4.3 Procesadores para IoT

Los procesadores para IoT más populares son Arduino y Raspberry Pi.

Microcontrolador Arduino

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (en inglés “open source”) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Consta de una placa de componentes eléctricos, donde se encuentran conectados los controladores que gestionan los demás complementos y circuitos ensamblados en la misma. Contiene además un lenguaje de programación para poder ser utilizado y programado a nuestra necesidad, por lo que se puede decir que Arduino es una herramienta “completa”, ya que sólo debemos instalar y configurar con el lenguaje de programación de esta placa los componentes eléctricos que queramos para realizar el proyecto que tenemos en el ámbito del diseño de sistemas electrónicos-automáticos. Las posibilidades de realizar proyectos basados en esta plataforma tienen como límite la imaginación de quien opera esta herramienta. Se le puede conectar una amplia variedad de sensores eléctricos, como cámaras VGA, sensores de sonido, seguidores de línea, botones de control de sensores, e incluso, otras placas de micro controladores (mejor conocidos como Shields), que pueden adaptarse fácilmente gracias a que Arduino cuenta con entradas de pines analógicos y digitales para integrar estos componentes sin necesidad de alterar el diseño original de esta placa. Cuenta con la ventaja de tener entre sus elementos principales puertos seriales de entrada /salida (input/output), lo que le permite conectarse por medio de un cable USB a una computadora para poder trabajar con ella desde nivel software, ya que es dónde se le darán las “órdenes” que ejecutarán cada uno de los componentes conectados a la placa, e incluso, para operar como un dispositivo más (dependiendo de la configuración que hayamos establecido y para que se quiere utilizar). Necesita de una fuente de alimentación externa, por lo que también se encuentra

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 11 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

incorporada una entrada para conectar un cable con entrada similar al USB, donde será conectado a un otro dispositivo que tenga entrada USB, o hasta en el mismo dispositivo. La plataforma Arduino combina todo esto con el lenguaje de programación que sirve para controlar los distintos sensores que se encuentran conectados a la placa, por medio de instrucciones y parámetros que nosotros establecemos al conectar la placa a un ordenador. Este lenguaje que opera dentro de Arduino se llama Wiring, basado en la plataforma Processing y primordialmente en el lenguaje de programación C/C++. Otra ventaja es que el software puede descargarse desde el sitio Web oficial de Arduino, ya que opera bajo licencia libre y está disponible a todo público.

Arduino dispone de una amplia variedad de placas y shields para usar dependiendo de nuestras necesidades (un shield es una placa compatible que se puede colocar en la parte superior de los Arduinos y permite extender sus capacidades), desde la más conocida y documentada Arduino Uno (con precio de unos 460 pesos mexicanos a la hora de escribir este informe) hasta Arduino YUN (con precio de 1,930 pesos) que tiene conectividad Ethernet y WiFi integrada y ranura para micro-SD, muy práctico para IoT.

Microprocesador Raspberry Pi



A diferencia de la tarjeta Arduino, que esencialmente tiene la función de un microcontrolador, la tarjeta electrónica Raspberry Pi es una computadora de bajo costo, desarrollada en el Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi, inicialmente con el objetivo de estimular la enseñanza de ciencias de la computación en las escuelas. Siendo una computadora, requiere de sistema operativo pero no cuenta con memoria propia para alojarlo por lo que hay que añadirle siempre un medio de almacenamiento (como por ejemplo una tarjeta de memoria Micro SD). La fundación de Raspberry Pi pone a disposición desde su página Web el sistema operativo Raspbian, una distribución de Linux basada en Debian, pero también podemos recurrir a muchas de las distribuciones específicas que la comunidad de usuarios ha desarrollado para diversos fines.

En función del modelo que se escoja, se dispone de más o menos opciones de conexión, pero siempre al menos un puerto de salida de video HDMI y otro de tipo RCA (para usar un televisor como monitor), minijack de audio y un puerto USB 2.0 al que conectar un teclado y ratón. En cuanto a conexión de red se refiere, se puede disponer de Ethernet para enchufar un cable RJ-45 directamente al router o recurrir a adaptadores inalámbricos WiFi. El último modelo, Raspberry Pi 3, tiene comunicación WiFi integrada, y precio tentativo 1,575 pesos mexicanos a la hora de escribir este informe.

La Raspberry Pi tiene varios pines llamados GPIO (General Purpose Input/Output) que son el sistema de E/S (Entrada/Salida) de propósito general, es decir, una serie de conexiones que se pueden usar como entradas o salidas para usos múltiples. Los GPIO representan la interfaz entre la Raspberry Pi y los sensores u otras componentes que se quieran conectar para propósitos específicos, con lo que se puede usar como microcontrolador con funciones similares a las de un Arduino.

4.4 Sistemas de transmisión de datos

La información captada de los sensores por medio del microprocesador (como Arduino o Raspberry Pi) se puede transmitir vía radio frecuencia, Bluetooth, telefonía celular (3G/4G/GPRS), Internet o satelital. El rango de comunicación de los equipos en estas opciones es diferente, desde varios metros con Bluetooth, limitada por la cobertura existente en telefonía celular e

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 12 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1



Internet, hasta cobertura global con satelital. Adicional al rango de comunicación un factor adicional que se tiene que considerar es la línea de vista (lo que quiere decir que una antena debe ver la otra sin ninguna obstrucción). Aunque esto no es totalmente necesario, el hecho de tener línea de vista mejora el funcionamiento y rango de alcance.

Muchos de los sistemas de telemetría comerciales emplean Radio Frecuencia (RF). En el caso de la radio frecuencia la distancia a cubrir con el enlace juega un papel importante en la toma de decisión de los equipos a implementar (radio módems). Asimismo, se debe de considerar la topografía del terreno. La mayoría de los equipos indican una distancia de alcance tanto en exteriores como en interiores. Generalmente, se especifica una distancia máxima de alcance con línea de vista. Al intentar cubrir grandes distancias difícilmente se logra cubrir. Esto se puede mejorar construyendo torres con las cuales se puede dar una gran altura o emplear repetidores, sin embargo, esto incrementa los costos de la telemetría. La topología a implementar puede ser simple donde el sensor transmite directa y únicamente a un receptor (cliente-servidor) o varios sensores pueden transmitir a un receptor.

La Tecnología de Internet de las Cosas (IoT) supone transmisión de los datos vía Internet. Las redes locales con Internet alámbrico e inalámbrico (WiFi) son una alternativa conveniente, para la transmisión de datos en lugares donde se cuenta con este servicio. Para la transmisión por Internet la configuración más sencilla es que el sensor o medidor tenga un puerto para conexión Ethernet (para Internet alámbrico) o un puerto o transmisor WiFi (para Internet inalámbrico) y que por lo tanto nos permita desde una computadora (con Internet) tener acceso al medidor y recibir los datos del sistema de medición, o desplegarlos en un sitio Internet donde pueden ser consultados desde cualquier lugar del mundo en una computadora o en un teléfono celular.




Para sitios remotos donde no hay cobertura de Internet existe la alternativa de instalar Internet satelital. El Internet satelital no es una opción económica pero viable para la transmisión de datos. El medidor o data logger se conecta directamente al modem satelital y, con la respectiva configuración, los datos son incorporados a la red (servidor) en donde son almacenados y desplegados gráficamente. A partir de ahí los datos pueden ser consultados mediante diferentes dispositivos (i.e. celular, PC, etc.). Al estar el dispositivo conectado al modem o a la computadora este puede ser verificado y reconfigurado remotamente o en un momento dado reiniciado.



Con la expansión y cobertura de la telefonía celular ésta se ha convertido en una herramienta buena para la transmisión de datos. La forma más común para comunicarse es vía 3G/4G (tecnología inalámbrica de tercera o cuarta generación) o GPRS (por sus siglas en ingles). La tecnología 3G y GPRS permiten a un dispositivo estar conectado permanentemente a Internet y enviar mensajes instantáneos a un servidor. Para la transmisión de datos vía celular se requiere que el dispositivo de medición se conecte a un modem GPRS vía puerto RS232, RS485, USB, etc. Al modem GPRS se le inserta una tarjeta SIM la cual tiene un número de teléfono asignado. Para la transmisión de datos se puede contratar un plan de datos mensual o hacer prepagos por el uso de la transmisión de datos. En el caso de la comunicación 3G/4G este consiste de un dispositivo que se conecta al modem vía USB. Una vez configurado el modem contara con servicio de Internet y, por lo tanto, los datos pueden ser transmitidos a un servidor en la red. Básicamente, los datos del medidor son leídos por el modem y, mediante el celular, son enviados en tiempos definidos por el usuario a un servidor en donde son almacenados en una base de datos y disponibles en Internet. Una vez en la base de datos estos pueden ser graficados y desplegados en una página Web (Morales 2014).

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 13 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

4.5 Colaboración internacional del IMTA en desarrollo de tecnología de redes inteligentes de agua potable

Desde hace varios años, el IMTA está colaborando con la Segunda Universidad de Nápoles en Italia, con la cual también tiene formalizado un convenio de colaboración. La colaboración se ha centrado en la técnica de sectorización de las redes de agua potable, de mucha importancia para México, incluyendo algoritmos y desarrollo de software para el diseño óptimo de la misma, sectorización dinámica y redes inteligentes en el contexto del concepto de ciudades inteligentes. Como resultado de esta colaboración, desde el año 2013 hasta el inicio del presente proyecto, se generaron 11 artículos conjuntos en revistas indizadas, revistas arbitradas y conferencias internacionales, y el IMTA ha sido incluido en el Grupo de Acción Ctrl+SWAN (<http://www.swan.technology/about/network/>) del programa European Innovation Partnerships (<http://www.eip-water.eu/>) liderado por Segunda Universidad de Nápoles, con representantes Dr. Velitchko G. Tzatchkov y M.I. José Manuel Rodríguez Varela. Este grupo de trabajo, del cual se proporciona más información en el siguiente capítulo de este informe, se dedica al desarrollo de tecnologías inteligentes para el monitoreo de la operación y calidad del agua en redes de distribución, con perspectiva a ser aplicados en México. La participación del IMTA sin embargo se limitaba a la parte de metodología y algoritmos para el diseño óptimo de las sectorizaciones así como en proporcionar los datos y modelos de las redes de algunas ciudades mexicanas donde el IMTA ha trabajado en proyectos de sectorización. El presente proyecto es un primer paso para extender la participación del IMTA a la parte de tecnología de redes inteligentes, en el marco de IoT.

  <p>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>	<p>Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México</p>	 <p>IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
<p>Página 14 de 97</p>	<p>México, 2016</p>	<p>Clave: HC1609.1</p>





 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 15 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

5 Metodología

5.1 Estudio bibliográfico y análisis de tecnologías existentes

En el año 2014 la Subcoordinación de Hidráulica Ambiental de IMTA realizó el proyecto interno HC1412.1 denominado “Sistema de telemetría para la transmisión y despliegue de datos en tiempo real del gasto (q) de medidores en canales y presas” (Morales 2014). El objetivo principal del proyecto fue el desarrollo de un sistema de telemetría para la transmisión de datos de aforadores en canales y presas y despliegue de información en tiempo real, pero también se implementó un sistema de transmisión de datos de cuatro de los macromedidores de agua potable instalados en el IMTA. Estos cuatro macromedidores son de marca Badger Meter, de tipo electromagnéticos de carrete, y cuentan con memoria interna, bitácora electrónica (datalogger) y sistema de comunicación MODBUS. El informe del proyecto menciona que para las pruebas de transmisión de datos con diferentes alternativas de comunicación se desarrollaron dos dispositivos que consisten de un microcontrolador (Arduino) y un microprocesador (Raspberry Pi). Ambos dispositivos se implementaron para transmitir a través de celular (3G/GPRS) y se desarrollaron programas de cómputo para leer los datos del sensor para después transmitirlos a la red (base de datos). Ya en la red, los datos son desplegados en una página Web y por lo tanto pueden visualizados en cualquier dispositivo que tenga acceso a Internet. En lo que el sistema de transmisión de datos de cuatro de los macromedidores de agua potable instalados en el IMTA se refiere, con base a la tarjeta Raspberry Pi se configuraron 4 módems para transmitir en tiempo real el gasto y volumen acumulado de estos medidores del IMTA, para lo cual se desarrolló un programa en lenguaje Perl. El sitio Web donde se estaban desplegando los datos era [mediciones.http://flowdata.com.mx](http://mediciones.flowdata.com.mx). Durante los primeros meses del 2016 este sitio Web estaba funcionando desplegando información de los niveles en un río en el estado de Quintana Roo y no funcionaba para los macromedidores del IMTA. A la fecha de escribir este informe el sitio Internet ya no estaba activo por completo. La razón por la cual se dejó de transmitir la información de los medidores del IMTA, según el responsable del proyecto, el Dr. Rubén Morales, es que se dejó de pagar por el servicio de telefonía celular por el cual se enviaba la información. De manera similar, el sitio Internet quedó desactivado porque se dejó de pagar por el dominio y por servicio.

Para establecer su potencial y limitaciones, Morales (2014) llevó a cabo una revisión de los métodos de transmisión de datos y módems que existen en el mercado. Se encontró que el espectro de posibilidades de transmisión de datos en tiempo real es bastante amplio, sin embargo, en algunos casos los precios se incrementaban significativamente. El modem a base de Arduino se encontró como más laborioso en su integración de los diferentes componentes utilizados y requirió del desarrollo de un programa ad hoc para la lectura de datos del medidor y la respectiva transmisión de datos a un servidor o base de datos. En contraste el microprocesador Raspberry Pi presenta alternativas ya incluidas que por lo que no requirió de integración de componentes y por lo tanto sólo de desarrollar programas para la transmisión de datos a un servidor. Ambas tecnologías, Arduino y Raspberry Pi, mostraron ser robustas y son una alternativa viable y más económica en la transmisión de datos. Para hacer más útil la transmisión de datos se desarrollaron dos bases de datos y páginas de despliegue de información de medidores que se encuentran instalados en el campo midiendo variables ambientales y que son desplegados gráficamente en tiempo real. El proyecto mostró que con base a la tecnología Arduino y Raspberry Pi se puede implementar un sistema de telemetría de datos y éstos ser desplegados en una página Web, como una alternativa de solución de bajo costo para implementar sistemas de telemetría.

 	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 
Página 16 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

Con referencia a los sensores para medición de la calidad del agua en línea disponibles en el mercado, una revisión del estado del arte presentada por Lee et al. (2012) se reproduce parcialmente en el Cuadro 1 publicado en Di Nardo et al. (2015). El cuadro original de Lee et al. (2012) definió tres niveles de importancia para los parámetros de calidad del agua, siguiendo tres criterios para asegurar que todos los dispositivos de monitoreo pudieran potencialmente ser usados de manera eficiente para monitorear la calidad del agua en línea. Los niveles de importancia fueron Bajo, Medio y Alto sobre la base de:

- la practicidad de los parámetros para la monitorización en línea, es decir, si el equipo en línea es fácilmente disponible o no, si el parámetro tiene aplicaciones amplias o no, si es necesario un reactivo, etc.
- las indicaciones para los parámetros, por ejemplo, si el parámetro puede interferir con un proceso de tratamiento o si es una sustancia tóxica o venenosa, tal como cianuros, o si es una causa de problemas de salud, como por ejemplo los nitratos.

Por otra parte, los tres criterios adoptados para elegir los sensores fueron los siguientes:

- todos los sensores deben detectar/medir los indicadores de calidad del agua sin el uso de reactivos químicos
- el dispositivo debe tener capacidades en línea y remotas (telemetría)
- el dispositivo debe ser la versión más reciente y actualizada.

A partir de esta clasificación, con la ayuda de empresas pertenecientes al Grupo de Acción Ctrl+SWAN, se propone la revisión en el Cuadro 1, añadiendo los parámetros que requieren el uso de reactivos químicos, que se caracterizan por un tiempo de respuesta corto y por lo tanto permiten mediciones en línea, aunque no totalmente en tiempo real. El formato del cuadro es fundamentalmente el mismo que la propuesta por Lee et al. (2012), pero modificado con parámetros para los que ya están disponibles nuevos sensores en línea, o existen sensores confiables que utilizan reactivos químicos. Ambas clases de dispositivos se han desplazado a la tercera fila, basándose en el conocimiento de los miembros del Grupo de Acción Ctrl+SWAN.

A su vez, en Cuadro 2 se presentan los parámetros cuya medición en línea son objeto de trabajo del Grupo de Acción Ctrl+SWAN (Di Nardo et al. 2015).



Cuadro 1 - Parámetros para medición en línea (revisión de la clasificación de Lee et al. 2012)

Disponibilidad en el mercado	Importancia para la medición en línea del parámetro de calidad del agua		
	Baja	Media	Alta
No hay sensores para medición en línea disponibles	Aldehídos, antimonio, bario, berilio, bromados DBP, cadmio, clorato, clorito, dicloramina, fármaco metabolitos, formaldehído, glifosato, ácidos haloacéticos, bacterias heterotróficas hidrocarburos, malatión, mercurio, molibdeno, parásitos, bacterias y virus, pesticidas, inhibidores de fosfato, selenio, plata, sabor y olor, trihalometanos, vanadio	E. coli, coliformes totales	
Pueden ser estimados indirectamente utilizando sensores disponibles en línea	Carbón orgánico asimilable, ozono, radiactividad, estabilidad, sólidos suspendidos totales, uranio	Plomo	
Hay sensores para medición en línea disponibles	Pigmentos de algas, arsénico, boro, DQO, cloramina, cloro, cobalto, inhibidores de corrosión, dióxido, carbón orgánico disuelto, fluorescencia, sulfuro de hidrógeno, manganeso, dispersión de luz absorción multi-ángulo multispectro, níquel, nitrógeno orgánico, ortofosfato, fosfato, potasio, silicio, silicato, sodio, cloro total, sólidos totales disueltos, toxicidad, absorción ultravioleta, carbón orgánico volátil	Alcalinidad, aluminio, calcio, cromo, cobre, fluoruro, dureza, hierro, magnesio, níquel, nitritos, partículas, fósforo, sulfatos, temperatura, cloro residual total, zinc	Amoníaco, cloruro, color, conductividad, oxígeno disuelto, cloro residual libre, nitrato, potencial de reducción de oxígeno, pH, turbiedad, cianuro total, carbón orgánico total

Cuadro 2 - Lista de parámetros medidos con sensores innovadores en línea, manejados por el Grupo de Acción Ctrl+SWAN.

Parámetro medidos en línea	Miembro del grupo	Métodos o Técnicas	En investigación	En desarrollo	En el mercado
Pesticidas	Novaetech srl, Department of Physics of the University of Naples	Microbalanza de cristal de cuarzo con anticuerpos		X	
Bacterias	Novaetech srl, Department of Physics of the University of Naples	Microbalanza de cristal de cuarzo con anticuerpos	X		
Alcalinidad, amoníaco, dióxido de cloro, cloruro, cloramina, inhibidores de corrosión, oxígeno disuelto, dureza, hidrocarburos, flúor, nitratos, nitritos, ortofosfatos, ozono, fosfato, sodio, silicato, sulfuro, sólidos suspendidos totales, carbón orgánico total, cloro residual total y libre, cianuro, turbiedad, absorción ultravioleta	HACH LANGE	Tecnología amperométrica digital, sondas ópticas y de electrodos selectivos de iones, analizadores fotométricos, absorción UV, sensores electroquímicos, oxidación avanzada radical, análisis de dispersión de luz			X

Alcalinidad, aluminio, amoníaco, arsénico, cromo, cobre, flúor, dureza, hierro, manganeso, nitratos, nitritos, ortofosfatos, silicatos, fenoles volátiles, cianuros totales, nitrógeno, fósforo total	SYSTEA SpA	Aplicación de métodos de espectrofotometría estándar, con el uso de reactivos líquidos			X
Toxicidad aguda	SYSTEA SpA	Bacterias luminiscentes, combinado con medición cuantitativa de parámetros de aplicación estándar de métodos espectrofotométricos/ fluorimétricos		X	
Plomo, cadmio, mercurio	SYSTEA SpA	Métodos fluorimétricos utilizando reactivos líquidos orgánicos específicos		X	
Metales pesados	ISTI-CNR	Materiales de nanofibra, basados en técnicas electroquímicas	X		
Hidrocarburos, nitratos, compuestos orgánicos, fosfatos	IREA-CNR	Guía de ondas de chorro optofluídica	X		
Amoníaco, cloruros, nitratos	IREA-CNR	Resonador de microondas	X		
Amonio, E. coli, metales pesados, nitritos y nitratos, fosfato, coliformes totales	Edgelab srl	Electroquímico	X		
Cadmio, plomo	Promete srl	Bioelectrodos	X		

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 20 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

Se encontró también un documento que describe la implementación de un medidor de consumo de agua para edificios aplicando telemetría con Raspberry pi y gestionado por Web” en La Paz, Bolivia (Chambi Chambi y Griffiths Jauregui 2016). El trabajo propone el diseño de un sistema de telemetría que permita realizar una lectura automática de manera remota vía Web, prototipo con el cual se pueda obtener en tiempo real el consumo registrado en los medidores de agua instalados en los edificios para cada departamento de un edificio, donde por medio de un servidor Raspberry Pi se implementa una serie de aplicaciones que permiten recibir, almacenar y procesar la información en una base de datos, que pueda ser vista mediante una página Web y por lo tanto alcanzables vía Internet. Se aplica un sistema empotrado Raspberry Pi como *datalogger* para el tratamiento de datos con una disponibilidad alta. Las técnicas de base usadas en el diseño del Sistema son: RUP (Rational Unified Process) como metodología de desarrollo, el lenguaje UML (Unified Model Language) para el modelado de la arquitectura, y se han utilizado como solución técnicas apropiadas de la ingeniería de software y de hardware en la aplicación con tecnología Web en base a lenguaje de programación Python y PHP, y otras herramientas para analizar los reportes. Se emplea del sensor de tipo electromagnético, el cual se encarga de capturar los pulsos generados de acuerdo a las revoluciones que genera el flujo hidráulico que se traduce del medidor. Posteriormente se interconecta el módulo GPIO en su entrada digital de datos de la tarjeta Raspberry pi. Se realiza la conversión de los datos obtenidos, a un factor de escala en volumen de consumo de agua, utilizando el lenguaje de programación Python para acceder al GPIO. Se obtiene un conjunto de datos que se almacenan en una base de datos y se realiza mediante fórmulas de conversión el cálculo del consumo por periodos de tiempo. Los resultados generales se despliegan en un entorno Web. No se presentan, sin embargo, detalles de la implementación.



5.2 Programas europeos de investigación en redes inteligentes de agua potable

5.2.1 Ctrl+SWAN

El grupo de acción Ctrl+SWAN se dedica al desarrollo de tecnologías de sistemas de sensores innovadores para ser integrados y aplicados en el diseño de un enfoque innovador para la gestión de redes de distribución de agua, con el objetivo de introducir el concepto de Red Inteligente (Smart Water Network, SWAN por sus siglas en inglés) como un subsistema clave del concepto de Ciudad Inteligente (Smart City). El trabajo del grupo se centra en las técnicas y tecnologías para la monitoreo de los sistemas de abastecimiento de agua a través de sensores y dispositivos innovadores, con el fin de diseñar e implementar modelos de datos ampliados en un sistema confiable en la nube de alerta temprana para una gestión más eficiente del sistema de abastecimiento, incluyendo la nueva técnica para el diseño de distritos hidrométricos (DMAs, por sus siglas de District Metering Areas en inglés) compatibles con el rendimiento hidráulico y optimizados para la protección de la red de agua contra contaminación accidental o intencional (como en los casos de actos terroristas).

Ctrl + SWAN lleva a cabo las siguientes actividades para contribuir a la transformación de los tradicionales Sistemas de Distribución de Agua en las modernas redes inteligentes:

- Desarrollar sensores inteligentes innovadores para ser colocados en una red de distribución de agua para una detección rápida y captar en línea de un conjunto ampliado de parámetros microbiológicos y/o físico-químicos con el fin de monitorear y evaluar la calidad del agua

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 21 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

- Sistemas de apoyo a la toma de decisiones de diseño para definir la sectorización óptima de las redes aplicando el paradigma de "dividir y vencerás" y los criterios de "valor de doble uso" y, en consecuencia, definir esquemas dinámicos de red para mejorar la gestión y la protección de los sistemas de abastecimiento de agua.
- Implementar una plataforma inteligente para recolectar y gestionar datos de los sensores en un sistema de alerta temprana que proporcionará una retroalimentación rápida a un sistema general de gestión del agua que logrará el objetivo de cumplir continuamente con los requisitos de calidad del agua y planificar eficientemente la intervención de mantenimiento. Se basará en plataformas de datos multi-fuente y de la nube incluyendo monitoreo de calidad y cantidad. En un futuro, las plataformas deben incluir datos del ciclo del agua y datos de otros servicios de los dominios interconectados, como electricidad, gas, Internet, etc.

MIEMBROS Y SOCIOS

Son Personas, Universidades, Empresas y Centros de Investigación procedentes de la Comunidad Europea (Inglaterra, Italia, España, Alemania, Grecia, Suiza, etc.) y de otros Países (México y Marruecos).

Universidades



- Segunda Universidad de Nápoles - Departamento de Ingeniería Civil, Diseño, Arquitectura y Medio Ambiente ([SUN - DICDEA](#))
- Segunda Universidad de Nápoles - Departamento de Ingeniería Industrial y de la Información ([SUN - DIII](#))
- Universidad de Nápoles "Federico II" - Departamento de Física
- Universidad IbnTofail de Kenitra
- Universidad de Tesalia
- Universidad de Exeter
- Universidad Politécnica de Valencia (www.upv.es)

Centros de investigación

- BioMEMs (www.biomemsrc.org)
- Consejo Nacional de Investigación (CNR) - Instituto de Ciencias de la Información y Tecnologías, Laboratorio de Señales e Imágenes (ISTI)
- Consejo Nacional de Investigación (CNR) - Instituto para la Detección Electromagnética del Medio Ambiente (IREA)
- Consejo Nacional de Investigación (CNR) - Instituto de Geociencias y Recursos Terrestres (IGG)
- El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)

Compañías

- Aqua-Consult Ingenieros (A-CING) (www.a-cing.com)
- Aqualia, Gestión Integral del Agua (www.aqualia.es)
- BDigital Centro de Tecnología (www.bdigital.org)
- Costrame de Di Maso srl (COSTRAME)

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 22 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

- EdgeLab Srl (www.edgelab.eu)
- Environmental Technologies Srl
- Hach Lange (www.hach-lange.com)
- Hydrodata SpA (Hydrodata)
- INFOSOLUTION SpA (www.infosolution.it)
- Mares Costruzioni e Progetti ITSrl
- MED.HYDRO srl Costa y en Ingeniería Hidráulica e Investigación (www.medhydro.it)
- Srl Novaetech - Instituto Nacional de Astrofísica (INAF) spin off (NOVAETECH)
- Promete Srl - CNR empresa spin-off (PROMETE)
- SENSUS ITALIA (SENSUS)
- Systea - Sistemas de Tecnología Avanzada SpA (Systea)

Uno de los productos del grupo es SWANP 2.0 (Smart WATER Network Partitioning and Protection), la segunda versión de un software hidráulico para modelado, análisis, división y protección de redes de agua. Concretamente, se refiere al diseño de la división de una red de agua en subsistemas más pequeños, por medio de válvulas de seccionamiento y medidores de flujo en las entradas de cada sector. Esto permite mejorar la gestión de los sistemas de distribución de agua que se transforman en Smart WATER Networks (SWANs), que representan los sub-sistemas clave de Smart cities, y es posible si las compañías de agua empiezan a utilizar dispositivos de control remoto, como válvulas y medidores de flujo. Estos instrumentos abren nuevas perspectivas para la gestión de los sistemas de abastecimiento de agua tanto en términos de ahorro de agua como de protección de su calidad. Técnicas basadas en algoritmos de particionamiento de grafos han sido desarrolladas por los autores para mejorar la gestión y protección del agua, implementando el paradigma de "dividir y conquistar".

SWANP 2.0 integra tecnologías multinivel y multiagente para la sectorización de la red de agua y un algoritmo novedoso basado en una función multiobjetivo para la protección de la red de agua de la red de contaminación. Proporciona a los tomadores de decisiones diferentes soluciones que comparan los esquemas de red con algunos índices de rendimiento hidráulico y de protección.



Casos de estudio:

- Redes italianas: Parete, Villaricca, Giugliano en Campania, Pozzuoli
- Redes mexicanas: Matamoros, Chihuahua, San Luis Rio Colorado

5.2.2 ICT4water (ICT and water management)

ICT4water reporta el avance y resultados de un grupo de proyectos de tecnologías de información y comunicación (TIC) y gestión del agua, todos financiados por la Comisión Europea. Su objetivo común es aumentar la eficiencia en la gestión del agua y permitir una mayor cooperación entre reguladores, operadores y usuarios del agua mediante productos y servicios innovadores basados en las TIC (a menudo referidos como tecnologías SMART). Muchos de estos proyectos se centran en explotar las oportunidades para una mayor eficiencia en el suministro y uso de agua por parte de los servicios públicos, industria y los hogares, creadas por el advenimiento de las técnicas SMART.

A la hora de escribir este informe, el sitio Internet de ICT4Water (<http://www.ict4water.eu/index.php/projects-partners/>) presenta información de 19 proyectos, 14 de

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 23 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

ellos en proceso (BlueSCities, DAIAD, FREEWAT, ISS-EWATUS, KINDRA, POWER, PROTEUS, SAFEWATER, SIM4NEXUS, Smarth2O, WaterInnEU, WATERNOMICS, WIDEST y WISDOM) y 5 concluidos (EFFINET, ICeWater, IWIDGET, UrbanWater y WatERP). Los participantes individuales dentro de estos proyectos representan colectivamente a todos los potenciales actores en el mercado del agua SMART, desde empresas globales como IBM y SAP, empresas de agua (organismos operadores) grandes y pequeñas, PYMES, desarrolladores y proveedores a organizaciones gubernamentales, y diferentes universidades, algunas de las cuales figuran en los primeros 100 de “The Times Higher Education World University Rankings”.

Se describen a continuación algunos de los proyectos ICT4Water relevantes para el tema del presente proyecto:

El proyecto “Blueprints for Smart cities” tiene como objetivo desarrollar la metodología para un enfoque coordinado para la integración de los sectores de agua y residuos dentro del programa Smart cities and Communities de la European Innovation Partnerships (EIP) e identifica sinergias de acuerdo con la ideología de Smart City y su complementación con otras áreas prioritarias, como la energía, el transporte y las TIC. El plan de trabajo del proyecto gira en torno a seis paquetes de trabajo: uno dedicado a la gestión, dos a la participación y difusión de las partes interesadas y tres de carácter técnico.




Más información del proyecto Blueprints se puede encontrar en <http://www.bluescities.eu/>.

La visión del proyecto DAIAD es capacitar a los consumidores para auto-monitorear su consumo de agua a través de tecnologías de detección de bajo costo, independientemente de su proveedor de agua, para monitorear cada gota de agua que consumen en sus residencias, convertir esta información en conocimiento práctico, y promover el consumo de agua sustentable. Para lograr esto se dan a la tarea de desarrollar una interfaz de monitoreo intuitiva y orientada al consumidor, así como gestión y análisis de datos a gran escala del consumo de agua en tiempo real.

DAIAD se basa en el principio de que la conciencia del usuario y el cambio de comportamiento autoinducido son los cimientos para producir cambios sostenibles en el consumo de agua para la sociedad en su conjunto. Todas las actividades de investigación y tecnológicas en el proyecto no sólo promueven la conciencia de los usuarios, sino que más bien capacitan a los ciudadanos para que actúen como catalizadores del cambio.

DAIAD desarrolla tecnologías que proporcionan los datos faltantes sobre el consumo de agua, con el uso de nuevos sensores de bajo costo y mantenimiento, para monitorear el consumo de agua en tiempo real, desacoplado de la medición habitual de agua. Esto permitirá a los usuarios adoptar de manera proactiva y voluntaria sensores de monitoreo de agua a bajo costo y formar una masa crítica de consumidores que exigen servicios similares a los proveedores de agua.

DAIAD pretende proporcionar interfaces multimodales sencillas e intuitivas para comunicar eficientemente el consumo de agua y promover cambios sostenibles en el consumo. Esto proporcionará a los consumidores un conocimiento práctico e incentivos para promover un estilo de vida sostenible, interconectando su comportamiento físico con información y estímulos oportunos. Tales instrumentos no sólo modificarán el cambio en el consumidor, sino que, lo más importante, lo mantendrán con el tiempo. Además, DAIAD desarrolla servicios automáticos de gestión y análisis de conocimiento para consumidores y grupos de consumidores, que analizan continuamente el consumo de agua, identifican patrones, ofrecen recomendaciones y ofrecen

 	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA <small>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</small>
Página 24 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

incentivos para fortalecer los cambios sostenibles en el consumo, tanto a través de la auto motivación como de la interacción social.

DAIAD permitirá a los consumidores y grupos de consumidores combinar y compartir su consumo de agua a través de herramientas automatizadas y de preservación de la privacidad, en la Web y en las redes sociales. Estas capacidades contribuyen a reducir aún más el consumo de agua empleando dinámicas sociales y juegos. Los consumidores podrán comparar su consumo de agua con otros pares, desarrollar un sentido de camaradería, recompensa social y una competencia saludable. La inclusión de las redes sociales en DAIAD para compartir el consumo de agua y la interacción activa entre usuarios, fortalece la dinámica social del proyecto, capitaliza los beneficios para la comunidad y difunde estilos de vida sustentables a la Web social. Esta característica extrovertida de DAIAD establece un nuevo medio para transmitir estímulos y motivar a la población en general hacia el uso y la reutilización sostenibles del agua.



DAIAD proporcionará información novedosa sobre cómo, cuándo y por qué los consumidores exigen agua, basada en datos de consumo medido en tiempo real, junto con datos relevantes y similares (por ejemplo, geográficos, meteorológicos o de actitud). Las herramientas desarrolladas de gestión de datos a gran escala darán un salto en los instrumentos técnicos disponibles para la gestión de la demanda de agua. La capacidad de recopilar estas enormes cantidades de datos y analizar el consumo de agua en dimensiones muy detalladas permitirá a los expertos del agua explorar y pronosticar la demanda de agua con más detalles.

En particular, uno de los objetivos es entregar una solución con costo inferior a 100 euros para monitorear el consumo de agua fría/caliente en entornos residenciales, que será fácil de instalar para los no expertos, sin baterías, con bajos requerimientos de mantenimiento y que pueda monitorear con precisión todos los tipos y puntos de consumo de agua. La infraestructura será compatible con los actuales sistemas abiertos de medición inteligente, para permitir la integración en redes/casas inteligentes y la infraestructura de medición de los proveedores de servicios públicos. Además, los datos estarán disponibles a través de estándares abiertos para permitir la integración y servicios de valor agregado. El software desarrollado será capaz de operar tanto en hardware (por ejemplo, PC) como en una infraestructura en nube, ofreciendo flexibilidad en la instalación y la provisión de servicios.

Se investigará y desarrollará la gestión de datos a gran escala provenientes de mediciones masivas del consumo de agua en tiempo real, basada en la nube, lo que implicará el ciclo de vida completo de los datos. El software desarrollado será una solución llave en mano que permitirá a las partes interesadas almacenar y gestionar eficientemente los datos de consumo de agua, realizar análisis, identificar patrones, estimar proyecciones y visualizar información. Se proporcionarán interfaces abiertas para permitir la integración con sistemas de terceros. Además, la integración con las redes sociales proporcionará la publicación automática de los resultados agregados de consumo. Por último, el software estará dirigido a grupos de usuarios no expertos (por ejemplo, comités vecinales, ONG) que voluntariamente deseen participar en prácticas eficientes de gestión del agua.

El sitio Web del proyecto es <http://daiad.eu>.

Proyecto ISS-EWATUS (Integrated Support System for Efficient Water Usage and Resources Management). Se desarrolló una solución inalámbrica de bajo costo para monitorear en tiempo real y en forma remota el consumo de agua, y se instaló en 20 hogares: 10 en Skiathos, Grecia y

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 25 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

10 en Sosnowiec, Polonia. El sistema de monitoreo de consumo de agua doméstico inalámbrico consta de un Wi-Fi enrutador, una pasarela 433-WiFi, y varios colectores de datos inalámbricos. El sistema se puede configurar de forma inalámbrica a través de teléfonos inteligentes, iPad, PC y otros dispositivos móviles. Alternativamente, también se puede utilizar una PC local para configuración a través de una Ethernet estándar. El servidor de datos central remoto es responsable de recibir los datos enviados por el sistema de monitoreo inalámbrico a través de cualquier conexión a Internet. Un software de servidor remoto para recibir los datos se ha desarrollado también como parte del sistema.



Se desarrollaron dos sistemas de apoyo de decisiones en línea (DSS, de sus siglas en inglés). El primero de ellos está enfocado al uso eficiente del agua en el hogar, para ser usado por los propios usuarios. El sistema proporciona retroalimentación sobre el consumo de agua asociado con aparatos individuales. Los usuarios pueden establecer metas para reducir el consumo de agua y supervisar su progreso. El servicio de sugerencias proporciona sugerencias relacionadas con el agua a través de una pantalla llamada Noticias. La función de WaterDiary (Diario del Agua) busca alentar a los miembros del hogar a monitorear su propio consumo. Una función de clasificación de usos del agua ofrece a los usuarios la oportunidad de reportar sus electrodomésticos que usan agua, las prácticas de uso personal del agua y su conciencia ambiental. Sobre la base de sus respuestas, pueden solicitar retroalimentación sobre el tipo de consumidor de agua que son. Esto está diseñado para promover la disonancia cognitiva donde el comportamiento es inconsistente con la conciencia. El malestar que invoca esta disonancia puede alentar a los usuarios a adoptar medidas de reducción y eficiencia recomendadas.

El segundo sistema es una herramienta de monitoreo, previsión y asesoramiento para simular y controlar la eficacia de prácticas de manejo sostenible del agua urbana, para ser usado por el sistema de agua potable de la ciudad. Este sistema se probó con los datos de las dos ciudades piloto: Sosnowiec, Polonia y la ciudad de la isla de Skiathos, Grecia. El sistema ofrece la posibilidad de realizar simulaciones sobre las prácticas de demanda de agua, en una variedad de escalas de tiempo, y utilizar un repertorio de metodologías de pronóstico inteligente sobre datos históricos. Los resultados se utilizan para proporcionar la entrada a un modelo hidráulico para la red de distribución de agua basado en la bien conocida herramienta de simulación EPANET, con el objetivo de inducir prácticas de gestión a ser aplicadas a las categorías de usuarios de agua dentro de cada área de servicio de acuerdo con parámetros seleccionados.

El sitio Web del proyecto es <http://isewatus.eu/>.

PROTEUS (AdaPtative micROfluidic and nano-enabled smart systems for waTEr qUality Sensing). Es un proyecto financiado por el nuevo programa marco para la investigación de la Comisión Europea H2020. Investiga la integración inteligente de sensores químicos basados en nanotubos de carbono, sensores físicos basados en sistemas Microelectro-mecánicos MEMS junto con un motor cognitivo que proporciona una reconfigurabilidad rápida. Los productos elaborados se probarán en el contexto del monitoreo del agua.

PROTEUS incluye competencias de las áreas de sistemas inteligentes integrados, Internet de Cosas, computación basada en la nube, y sensores inalámbricos de largo alcance en el campo de los servicios de agua. En este sentido, PROTEUS tiene como objetivo ofrecer una reducción del orden de 10 veces, tanto en el tamaño como en el costo de la función unitaria, en comparación con el estado actual de la técnica. Para ello, se integrará un mayor número de funciones a un costo reducido y se entregará una plataforma reconfigurable de sensores microfluidicos y nano

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 26 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

para el monitoreo cognitivo de la calidad del agua. El innovador software incorporado proporcionará la reconfigurabilidad de la placa de detección para soportar varios objetivos de aplicación diferenciados, mientras que las capacidades cognitivas manejarán los requerimientos en evolución durante la explotación. La autonomía energética se realizará cosechando la energía del flujo de agua. Además, el bajo costo de los componentes de detección adicionales permitirá la redundancia que aumenta la vida útil

El sitio Web de PROTEUS (<http://www.proteus-sensor.eu/>) desafortunadamente no proporciona algún informe de avance del proyecto.

El proyecto SAFEWATER (<https://www.safewater-project.eu/>) tiene como objetivo general desarrollar una plataforma integral y pragmática para gestionar la seguridad del agua potable, reducir el tiempo de reacción y responder eficazmente a una emergencia de contaminación, cubriendo así las etapas de Detección, Respuesta y Recuperación. Se plantean cinco objetivos técnicos y de gestión:



- Objetivo 1: Mejorar la preparación a través de capacidades mejoradas de detección de eventos, incluyendo algoritmos de aprendizaje de máquina de sensores virtuales y capacidades de aprendizaje sin supervisión para entrenar el sistema.
- Objetivo 2: Fortalecer las capacidades actuales de respuesta y recuperación de los sistemas de gestión de la seguridad del agua potable mediante una nueva generación de sistemas de apoyo a las decisiones en tiempo real.
- Objetivo 3: Desarrollar nuevos y mejorar los actuales sensores para agua potable.
- Objetivo 4: Desarrollar soluciones adecuadas y focalizadas para diferentes contextos de uso.
- Objetivo 5: Optimizar la eficiencia interna y el impacto externo.

Un desafío único en SAFEWATER es la definición de varios productos y resultados del proyecto clasificados (hasta un nivel confidencial de la Unión Europea), por lo que no todos los resultados del proyecto pueden ser compartidos con el público.

En 2016 ICT4Water publicó el documento Ict4water Roadmap 2016 que presenta las principales deficiencias y desafíos que deben abordarse en el futuro desarrollo del sector TIC para el manejo del agua, que son: Datos a Gran Escala, Infraestructuras de Datos, Enlaces con Ciudades Inteligentes, Nexo Agua-Alimentos-Energía, y Estandarización. El informe propone una hoja de ruta tecnológica que sugiere la creación de un mercado único digital sin fronteras para los servicios de agua para fomentar la transición de las tecnologías TIC en el sector del agua desde la escala piloto hasta la amplia aceptación del mercado.

5.2.3 Plataforma Tecnológica Europea de Suministro de Agua y Saneamiento (WssTP)

La Plataforma Tecnológica Europea de Suministro de Agua y Saneamiento (WssTP, por sus siglas en inglés) es una de las plataformas tecnológicas creadas en el marco del plan de acción adoptado por la Comisión Europea en 2004. La plataforma pretende federar a las partes interesadas en el agua en todos los sectores y disciplinas para mejorar la coordinación y colaboración en torno al desarrollo de soluciones tecnológicas conjuntas para la gestión integrada de los recursos hídricos.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 27 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

WssTP se compone de 160 miembros y una red de más de 700 personas de la industria, la investigación, proveedores de tecnología, políticos y usuarios de agua. Entre los programas que opera WssTP se encuentran los programas de Gestión sostenible del agua dentro y fuera de las grandes zonas urbanas y gestión sostenible del agua para la industria, y un grupo de trabajo de Sensores y Monitoreo. Este grupo de trabajo se ocupa de la gestión de los datos sobre el agua y el medio, la utilización de sensores existentes o el desarrollo de nuevos sensores innovadores, siendo componente central de un sistema más amplio basado en telecomunicaciones, monitoreo en línea, gestión de datos y modelado avanzado y toma de decisiones. En 2012 WssTP publicó el informe “Sensors and Monitoring. State-of-the-art and research needs” (WssTP 2012). De acuerdo con este informe, se pueden observar dos tendencias:

- Cada vez más parámetros se pueden medir en tiempo real
- El tamaño, el costo, el consumo de energía, la frecuencia de mantenimiento y calibración de los sensores está disminuyendo drásticamente



Además, las micro-baterías y las telecomunicaciones inalámbricas se están volviendo cada vez más eficientes. En un futuro próximo, esto llevará a la industria del agua incrementar el número de sensores, pasando de la actual relativa falta de datos, a lo que se ha denominado "desbordamiento de datos".

En el monitoreo, este desbordamiento de datos inducirá la necesidad de una modificación profunda de la eficiencia de las herramientas de validación de datos, de interpretación de las mediciones y de la toma de decisiones (en tiempo real), proporcionalmente al volumen de datos.

La investigación no se centra únicamente en los nuevos desarrollos (tales como medir la toxicidad o la detección de microorganismos) sino también en la mejora de la solidez y reproducibilidad de los resultados obtenidos como mejoras en el hardware de los sistemas de sensores y detectores, optimizar el tamaño y el consumo de energía, apoyar el proceso de miniaturización, la transmisión de datos, procesamiento y apoyo a la toma de decisiones. El objetivo es desarrollar una nueva generación de sensores en tiempo real, optimizados para ser autosuficientes en términos de energía y telecomunicaciones (autónoma, calibración automática, nivel adecuado de exactitud y precisión, baja potencia, tamaño). Las nuevas generaciones de sensores deben poder utilizarse conjuntamente con los sensores existentes. Aspectos que deben ser estudiados también son la aceptación por parte del usuario, los costos operativos y de mantenimiento del usuario, y la seguridad.

5.2.4 Smart Water for Europe (SW4EU)

En el proyecto de innovación europeo SmartWater4Europe participan 21 entidades, con el objetivo de diseñar las redes de agua del futuro, entre las que figuran empresas del sector del agua líderes en Europa (la española Acciona, la holandesa Vitens y la británica Thames Water), universidades (como la Universidad de Lille, Francia), y centros tecnológicos. El proyecto cuenta con un presupuesto superior a 10 millones de euros. En el primer año desde su puesta en marcha, implantado por Acciona Agua en Burgos, España, el proyecto ha convertido esa ciudad en pionera en el mundo en contar con una “red inteligente de suministro de agua”. La “red inteligente” ha permitido detectar y resolver alarmas por consumos anómalos, fugas y averías, ha mejorado el control de la calidad del agua y ha permitido la lectura a distancia de micromedidores.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 28 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

Hasta el momento, en Burgos más de 10.500 personas y un centenar de empresas, entre industrias y comercios, se benefician de este sistema piloto de sensorización y análisis de datos que permite la detección y reparación temprana de averías, mejora el control de la calidad del agua y permite la lectura a distancia de los micromedidores, facilitando la detección de consumos anómalos y fugas. Esta “red inteligente” de distribución de agua monitorea los 56 km de tuberías en que se han integrado los sistemas. Para ello, se han instalado 1,500 micromedidores inteligentes, sensores de última generación que controlan la calidad de agua en puntos estratégicos de la red de distribución y alertan de cualquier cambio en su composición, y 129 dispositivos concentradores responsables de transmitir las señales al centro de control. Además, se ha diseñado e implantado una plataforma de software que integra los datos proporcionados por estos dispositivos (las lecturas remotas de los micromedidores de los usuarios, un Sistema de Información Geográfica, la información del telecontrol, los sensores que monitorizan la calidad del agua, etc.) y los analiza en función de algoritmos y modelos matemáticos que contemplan variables como la predicción de la demanda. El sistema de gestión está gobernado por una plataforma de “Business Intelligence” que permite detectar en tiempo real cualquier avería, atasco o fuga y conocer el punto en que se produce, lo que reduce el tiempo necesario hasta su localización y reparación y redundante en la reducción de las incidencias que causan molestias a los ciudadanos (cortes de agua, caídas de presión, cortes de tráfico para la reparación de averías, etc.).



Además, esta “red inteligente de agua” aporta beneficios medioambientales ya que la detección temprana de fugas reduce la cantidad de agua potable no utilizada para consumo final. Desde el punto de vista económico, estas redes inteligentes proporcionan la posibilidad de mejorar los modelos de gestión del servicio y optimizar los planes de inversión en función de las necesidades reales. SmartWater4Europe tiene una duración de cuatro años, y, una vez concluida la fase de despliegue e implantación de la tecnología, llevada a cabo por los departamentos de Automatización y Control y de Investigación y Desarrollo de Acciona Agua en colaboración con Aguas de Burgos, los tres años restantes se dedicarán al análisis y cuantificación de los datos obtenidos con este sistema, de cara a evaluarlo y perfeccionarlo con el fin de generar modelos rentables que permitan extrapolar la experiencia a otras localidades.

5.3 Compañías extranjeras que ofrecen tecnología relevante en México

5.3.1 Fundación s::can Messtechnik GmbH

Está ubicada en Viena, Austria, desde 1999, con filiales en EUA, España, Francia y China. Se dedica al diseño y manufactura de instrumentación óptica (sondas espectrofotométricas sumergibles) para el monitoreo y control de la calidad del agua en línea. Pionero en establecer espectrometría en línea como método aceptado para distintos parámetros en varios países. Proveedor de un amplio rango de sensores de “conexión y medición inmediata” de calidad de agua, con terminales con distintas opciones de conectividad, visualización y transferencia de datos, software de validación de datos y emisión de alarmas. Su visión es medir la calidad del agua a gran escala y en tiempo real.

Los productos de s::can son inteligentes, robustos y no requieren, o requieren muy poco mantenimiento. Un rayo de luz se hace pasar a través del agua y se mide la adsorción; gracias a un detector es posible determinar un gran número de parámetros de calidad del agua sin hacer uso de ningún químico. No consumen reactivos ni partes desechables. Pueden instalarse

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 29 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

directamente en las tuberías. Cuenta con software para la detección de eventos de contaminación. Permite el monitoreo de la calidad del agua en tiempo real en redes de distribución de agua, en una gran cantidad de parámetros físico-químicos. Pretende ser la única compañía en la industria completamente “on-line”.

Como parte del proyecto, la ciudad de Burgos utiliza la tecnología s::can para controlar la calidad del agua potable en su red de distribución. La red de Burgos está equipada con una estación de monitoreo (llamada “nano::station”) para monitorear 11 parámetros y emitir alarmas cuando la calidad del agua potable difiere de los parámetros normales. La nano::station se compone de un sensor óptico i::scan de monitor UV254, color (verdadero y aparente), carbono orgánico total (COT), carbono orgánico disuelto (COD), turbidez (utilizando métodos ISO y/o EPA) y temperatura, un chlori::lyser para controlar el cloro libre, un pH::lyser para medir el pH y un condu::lyser para medir la conductividad. La nano::station está equipada con una célula de flujo, accesorios de montaje y tuberías en un panel compacto. Es una estación libre de reactivos y su diseño permite un monitoreo continuo, ya que la limpieza automática está integrada y se activa antes de cada medición (cada dos minutos). Los cuatro sensores están conectados a un terminal con::cube donde se ejecutan los programas moni::tool (para el funcionamiento básico) y ana::tool (para configurar las alarmas una vez que los datos son validados). La comunicación y alarmas desde la nano::station al usuario final se pueden realizar a través de protocolos como MODBUS TCP/RTU, PROFIBUS DP, salidas analógicas (4-20mA), 3G, Ethernet, etc. La nano::station se integró por primera vez al centro de control de Acciona Agua por el MODBUS TCP que fue transferido a través de la red 3G y una red virtual protegida (VPN) de la estación al centro de control remoto durante la fase de validación. Hoy en día todos los datos son transferidos por Ethernet a la red interna de Aguas de Burgos.



A pesar de que s::can tiene más de 7,000 sistemas instalados mundialmente, en lugares como Madrid, Barcelona, Zurich, Viena, Paris, en Europa; San Francisco, Boston, Nueva York, Los Ángeles, y otros en EUA; China; Canada; Rio Ganges en India, etc., su introducción en Latinoamérica aún es incipiente.

5.3.2 Sierra Wireless

Sierra Wireless es una compañía multinacional de comunicaciones inalámbricas, diseñador de equipos y fabricante, con sede en Richmond, British Columbia, Canadá. También tiene oficinas y operaciones en California, Francia y Guangdong y Hong Kong de la República Popular de China. Sierra Wireless vende computación móvil y de máquina a máquina (M2M), y productos de comunicaciones que funcionan a través de redes celulares. Sierra Wireless vende módems banda ancha móvil (2G, 3G y 4G), enrutadores y puertas de enlace, así como software, herramientas y servicios.

Los productos y tecnologías de Sierra Wireless se utilizan en una variedad de mercados e industrias, incluyendo la automoción y el transporte, la energía, agricultura, salud, infraestructura, informática móvil y consumidores, creación de redes, ventas y seguridad. Además, mantiene una red de expertos en la banda ancha móvil y M2M.

Entre los productos de Sierra Wireless, Raven RV50 de MODEM AirLink es el más relevante para el presente proyecto. El Raven RV50 es el gateway LTE de más bajo consumo en la industria. Fácil de instalar y fácil de manejar, el gateway de enlace industrial Raven RV50 está diseñado para conexiones de infraestructura. Ideal para aplicaciones de tipo industrial en materia de

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 30 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

energía, servicios públicos e infraestructura en ciudades inteligentes, el Raven RV50 proporciona conectividad remota en tiempo real para SCADA, sistemas de gestión de distribución y dosificación. Con la cobertura de LTE en las principales redes globales, el Raven RV50 trae los beneficios de la conectividad de banda ancha para los entornos más difíciles, donde el servicio no es una opción y la energía eléctrica es a menudo escasa. El ancho de banda LTE hace que sea una alternativa viable a las tecnologías cableadas e inalámbricas.

En el marco del presente proyecto se contactó con el distribuidor de Raven RV50 en México, como se describe más adelante en este informe. El equipo resultó bastante caro para los fines del proyecto.

5.3.3 BluTower

BluTower es un proveedor global de sistemas de lectura de medidores inalámbricos (Tecnología AMR/AMI, de las siglas de Automatic Meter Reading/ Advanced Metering Infrastructure en inglés) para los servicios de agua, electricidad y gas. También suministra medidores de agua con capacidades combinadas de medición y transmisión de datos.

Los sistemas AMR de BluTower están empleados comercialmente en varios países, incluyendo Estados Unidos, México, Australia, Nueva Zelanda, Francia, Alemania, Irlanda y el Reino Unido.



Blue Tower Communications Ltd. se encuentra en Aldershot, Reino Unido, desde donde se realiza el diseño y la ingeniería, con oficinas en los EE.UU. y una red de distribución internacional que abarca el Reino Unido, América del Norte, México, Europa y Australasia. BluTower, Inc tiene oficinas en Ocala, FL. La oficina de Ocala brinda ventas primarias y soporte técnico para el mercado de utilidades.

En el marco del presente proyecto se contactó con el distribuidor de BluTower en México, como se describe más adelante en este informe, y se obtuvo cotización. El equipo también resultó bastante caro para los fines del proyecto.

5.3.4 Itron

Itron Inc. es una compañía global de tecnología que provee sistemas inteligentes de medición y servicios que medir, monitorear y administrar la electricidad, gas natural y agua. Cerca de 8,000 empresas de servicios públicos en más de cien países utilizan su tecnología. Dentro del catálogo de productos de Itron Smart Meter se incluyen electricidad, gas, agua y medición de la energía térmica y tecnología de control, sistemas de comunicaciones, software y servicios profesionales.

Itron está representada en México por la empresa Tecnogestión del agua S.A. de C.V. Ofrecen medidores de agua residenciales, comerciales e industriales, así como de gas, incluyendo medidores inteligentes con lectura remota por radio y herramientas de software. Entre otros productos, ofrecen una solución para la recolección móvil de datos compuesta por múltiples componentes que incluye módulos de radio, terminales portátiles, lectura móvil y software de PC para transferir los datos desde y hacia sistemas centrales. Los módulos se montan directamente en los medidores de agua o gas y se puede planificar la migración desde la recolección de datos móvil a una red fija de radio.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 31 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

5.3.5 Otras compañías en México

Dorot y Badger Meter son otras compañías extranjeras, con representación y ventas en México, que ofrecen soluciones de medición de caudales, en micromedición y macromedición, entre los cuales medidores inteligentes con interfaz por radio o Internet.

5.4 Instituciones mexicanas con que se puede colaborar en el tema

5.4.1 Infotec, Centro Público de Investigación Conacyt



Infotec es un Centro Público de Investigación perteneciente a la red de centros del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). Sus dos sedes están en la Ciudad de México y en la Ciudad de Aguascalientes. Su misión es hacer posible que las organizaciones y personas se desarrollen mediante el apropiamiento de las TIC, y su visión ser un Centro Público de Investigación, Innovación, y Servicios que haga posible la instrumentación de proyectos clave para acelerar el progreso de México en la Sociedad de la Información y el Conocimiento.

La investigación que se desarrolla en Infotec tiene por finalidad la generación de conocimiento y su aplicación en el campo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para el desarrollo de productos y servicios tecnológicos, y de modelos y metodologías destinados al crecimiento nacional. Cuenta con diversos ámbitos del conocimiento, los cuales representan tendencias en TIC, a nivel global, y derivan en proyectos de investigación que inciden de manera directa en el desarrollo de sectores clave del país. Estos son:

- Desarrollo de las TIC: generación de productos, diseños, procesos o servicios con aplicación de las TIC.
- Gestión innovadora de las TIC: proyectos asociados a la implementación y evaluación de las tecnologías en contextos industriales, gubernamentales y/o sociales.
- Regulación de las TIC: análisis de la relación entre el marco constitucional y legal asociado a las TIC y su impacto en los derechos humanos, la propiedad intelectual, la seguridad, entre otros.
- Apropiación de las TIC: estudios e investigaciones que aportan conocimiento sobre los procesos para incorporar las tecnologías en la vida diaria

Entre los desarrollos de Infotec se encuentra Cloudino, con fecha de creación 2015, que es una plataforma para el Internet de las Cosas de código abierto que permite conectar a Internet diferentes microcontroladores (Atmel AVR, PIC, Intel Edison, etc.) de forma simple y transparente y adaptarse a los estándares tanto de desarrollo de software como de hardware. Cloudino provee todos los componentes necesarios para una rápida inclusión en el mundo del Internet de las Cosas, sin la necesidad de conocimientos especializados.

Cloudino es un concepto, una solución, el eslabón para lograr una comunicación entre el Internet y los dispositivos que se conectan al Internet de las Cosas. Se trata de una solución tipo Cloud que se conecta con FIWARE (plataforma Open Source impulsada por la Unión Europea para el desarrollo y despliegue global de aplicaciones de Internet del Futuro), que se describe más adelante en este informe, para darle el soporte de software y almacenamiento de la información y programación. Funge como arquitectura de conectividad que une y permite la comunicación con la solución Cloud y los múltiples dispositivos o módulos de circuito embebido que controlan sensores y actuadores.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 32 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

El Cloudino no es un escudo Arduino, es otro procesador trabajando en paralelo; dedicado sólo a la capa de red, incluyendo los protocolos de la IO, dejando la tarjeta Arduino dedicada a la conectividad con los sensores y actuadores, mientras que permite la reprogramación de Arduino a través de WiFi o nube.

Cloudino consta de tres partes: software que está embebido en un chip, hardware para lograr una interfaz que controle y programe un Arduino, y software y protocolos de comunicación para la administración de la información en Web, involucrando diferentes y nuevos conceptos tecnológicos, por ejemplo Cloud.

Hardware de Cloudino

El hardware de Cloudino consta de un circuito que se conecta vía WiFi al Internet, logrando enlazar datos a través de sensores y controlar actuadores con base en un código diseñado desde la interfaz Web. Este circuito también podrá conectarse a un Arduino para programarlo y extender sus capacidades. La Ilustración 1 muestra un Cloudino.

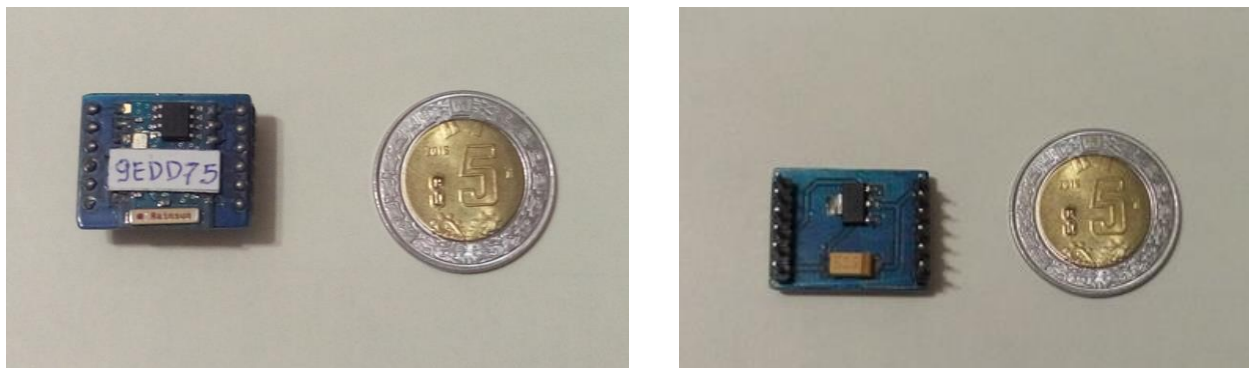


Ilustración 1 Un Cloudino.



Software de Cloudino

Cloudino cuenta con una interfaz gráfica de desarrollo en Web, así como un intérprete traductor para codificar y enviar la programación al dispositivo (al Cloudino) de forma transparente, permitiendo hacerle actualizaciones y mejoras en línea. También cuenta con un administrador de dispositivos y reglas que permiten definir escenarios de uso de acuerdo al entorno físico que se quiere controlar. Por ejemplo, un control de seguridad para casa habitación, control ocupación de estacionamientos, domótica, hidroponía, ciudades inteligentes, automatización (control y monitoreo en la industria y producción), entre otras más.

Con Cloudino el Arduino podrá ser programado remotamente para controlar a su vez actuadores y sensores, llevando datos e información a la nube para procesar e interpretar en Internet múltiples formas según las diversas aplicaciones que se puedan crear.

Ventajas

- Realiza una conexión fácil de Arduino en la nube.
- Utiliza un IDE de Arduino modificado para Cloudino.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 33 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

- Conexión de señales analógicas y digitales por medio de sensores (Gyroscopios, GPS, acelerómetros) y actuadores (LEDS o motores electricos) a bajo costo.

5.4.2 Centro de Desarrollo Innovación y Transferencia de Tecnología

El Centro de Desarrollo Innovación y Transferencia de Tecnología (CEDITTEC) es parte del Parque Tecnológico del Tecnológico de Monterrey Campus Cuernavaca, ubicado en Xochitepec, Morelos. Sus objetivos son fomentar la vinculación de alumnos y profesores del Campus con el sector productivo en proyectos enfocados a la sociedad digital actual, investigar y desarrollar proyectos relacionados con las Tecnologías de la Información y la Comunicación, que deriven en la generación de conocimiento académico y que contribuyan a la solución práctica de problemas reales que apoyan a la sociedad y sus instituciones.

Su misión es desarrollar proyectos tecnológicos innovadores que vinculen a la academia con el sector productivo, que representen soluciones prácticas para la sociedad e impulsen el desarrollo económico del país, a través de la integración de ideas y personas afines a las tecnologías de información y de mecatrónica con un enfoque tecnológico hacia los retos de la sociedad digital de nuestro tiempo tanto en habitat como en productividad.

5.4.3 Instituto Mexicano del Edificio Inteligente



El Instituto Mexicano del Edificio Inteligente y Sustentable, A.C. (IMEI) es una organización no lucrativa que agrupa a profesionales y empresas vinculados con el concepto del cual toma nombre. Su objetivo es difundir los conceptos relacionados con la planeación, construcción, equipamiento y operación de Edificios Inteligentes y Sustentables, con el fin de promover el uso adecuado de tecnologías y fortalecer al mercado mediante la promoción de negocios benéficos para inversionistas, proveedores de bienes y servicios así como para usuarios finales.

Las principales actividades del IMEI son conferencias, un diplomado anual sobre tecnología de los edificios inteligentes y sustentables, congreso anual, cursos especializados; publicación de boletines, libros y reportes, así como programas de certificación de individuos, organizaciones y edificios. En algunas de estas actividades, aparte de los edificios inteligentes, se manejan conceptos y soluciones de ciudades inteligentes.

5.5 Plataformas IoT de registro y almacenaje de datos en la nube

5.5.1 Ubidots

Ubidots es un servicio en la nube que permite almacenar y analizar información de sensores en tiempo real. Permite crear aplicaciones para el Internet de las Cosas sin necesidad de tener conocimientos en programación Web o bases de datos, por medio de librerías de Arduino que tienen el propósito de ahorrar el tiempo y el código necesario para enviar datos de sensores a la nube de Ubidots. Sólo se tiene que añadir la librería al IDE de Arduino. Una vez instalada la librería, con simplemente escribir una línea con el comando "save_value" se guarda un valor en la nube de Ubidots. Una vez que se ejecute el código, los valores se actualizan en el explorador Web, en tiempo real.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 34 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

Cuando se envían datos de sensores a Ubidots se pueden crear fácilmente artilugios (widgets en inglés) para verlos en tiempo real, enviar notificaciones SMS o Email, o leerlos desde aplicaciones externas, con las APIs correspondientes.

La plataforma Ubidots soporta varios tipos de tablas y se puede utilizar para almacenar datos en la nube. Ofrece visualización de datos con un tablero incorporado, gestión de reglas (o gestión de eventos). Con el tablero incorporado, es posible ver en tiempo real el gráfico construido sobre los datos enviados por el dispositivo. Soporta varios tipos de visualización.

Para hacer uso de Ubidots hay que abrir una cuenta de usuario. La cuenta puede ser libre (sin pagar), conservando las lecturas en la nube por 3 meses y para hasta 20 sensores, y 60 lecturas por minuto.

5.5.2 Otras plataformas

Carriots



Esta es otra plataforma que permite a los dispositivos inteligentes enviar y almacenar datos. Utiliza el concepto de flujo de datos para permitir que los dispositivos envíen datos. Esta plataforma también tiene un sistema de gestión de reglas para que pueda implementar la lógica personalizada directamente en la Web y puede enviar mensajes de correo electrónico, SMS y Twitter. Permite también cuenta libre.

Laboratorio Nacional de Internet del Futuro

Forma parte de FIWARE que es una plataforma, impulsada por la Unión Europea, para el desarrollo y despliegue global de aplicaciones de Internet del Futuro. FIWARE intenta proveer de una arquitectura totalmente abierta, pública y libre así como de un conjunto de especificaciones que permita a los desarrolladores, proveedores de servicios, empresas y otras organizaciones desarrollar productos que satisfagan sus necesidades. FIWARE fue financiado por el VII Programa Marco de la Unión Europea dentro de su proyecto de colaboración público-privada para el Internet del Futuro.

A principios de 2012, el consorcio europeo formado por Telefónica I+D (España), Orange y las consultoras Engineering y Atos anunció un proyecto para desarrollar estándares de FIWARE para Smart Cities. Como resultado de las negociaciones de CONACYT, Infotec e ITESM, México forma parte de la Infraestructura del FI-PPP (Future Internet Public-Private Partnership). Se trata del primer nodo en América Latina que adopta la Plataforma de la Unión Europea. Telefónica I+D (España) será la responsable de brindar capacitación en la instalación y funcionamiento del FI-LAB en Infotec. Dentro de esta iniciativa, también forman parte CENIDET y la empresa mexicana Grupo Plenum.

Ubicado en Cuernavaca, Morelos, el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET) ofrece programas de posgrado, para egresados de licenciaturas afines que estén interesados en prepararse para la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico. El Centro ofrece la posibilidad de realizar trabajos de investigación en convenio con otras instituciones como el Instituto de Investigaciones Eléctricas y el Centro de Investigación en Energía.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 35 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

El nodo FIWARE Lab de México está formado por dos nodos: experimental y productivo. Esta infraestructura está ya habilitada y unida a la infraestructura de FIWARE para que el sector privado, la academia y el gobierno. El Nodo se encuentra alojado en el Centro de Datos de Infotec Aguascalientes. Con la implementación del nodo FIWARE Lab de México se puso en marcha un laboratorio con infraestructura de software y hardware para experimentación, desarrollo y validación de proyectos innovadores basados en los estándares abiertos de FIWARE.

5.6 Capacitación recibida

Para estar en condiciones de colaborar en esta tecnología, el responsable del proyecto asistió a varios cursos, entre ellos un curso básico sobre Arduino, uno sobre instrumentación Internet de medidores de agua con tecnología Arduino, enfocado al presente proyecto, y otro similar con tecnología Raspberry Pi. Asistió también a presentaciones y talleres sobre la tecnología Cloudino desarrollada por Infotec.

Los cursos sobre Arduino y Raspberry Pi incluyeron manejo de las tarjetas Arduino UNO, Arduino YUN y Raspberry Pi, salidas y entradas digitales y analógicas, el lenguaje de programación de Arduino, sistema operativo y programación de Raspberry Pi, armado de circuitos y ejercicios.

La capacitación en IoT con Arduino YUN empleando la plataforma Ubidots incluyó:



- Creación de cuenta de Ubidots para realizar los ejercicios.
- Explicación del paradigma de Ubidots para manejo de datos. (Fuente, Variable, Etiqueta, Token)
- Interfaz de Ubidots para Vistas y Fuentes.
- Biblioteca de Ubidots para Arduino YUN.
- Ejercicio con ADC que genere valores que serán visualizados en Ubidots mediante las vistas GRÁFICA, INDICADOR y MÉTRICA.
- Ejercicio con Led controlado desde Ubidots mediante la vista CONTROL.
- Eventos en Ubidots.
- Ejercicio para enviar a la nube mediciones obtenidas por medio de un sensor instrumentado para monitorear el gasto hidráulico.

Para la instrumentación del medidor se hicieron pruebas con un sensor de efecto Hall y con un sensor infrarrojo (diodo infrarrojo y fototransistor), con envío a la nube de los datos.

El responsable del proyecto atendió también el Webinar "Water Loss Control: Transforming Water Management and Monitoring With the IoT" organizado por la American Water Works Association (AWWA) y presentado por Sierra Wireles, líder mundial en la tecnología IoT (Internet of Things). En este Webinar se presentó un caso de éxito en la implementación de dicha tecnología en una isla del Pacífico.

5.7 Contactos establecidos y visitas de expertos externos recibidas

Se estableció contacto con la sede de Infotec ubicada en la Ciudad de México, y se exploraron posibilidades de usar su tecnología Cloudino en el proyecto. Se recibió visita en el IMTA del Gerente de Innovación de Infotec y un colaborador del mismo, en que se les mostró parte de la infraestructura de macromedición del instituto, con vistas de colaborar en su instrumentación de manejo via Internet. Se discutieron las posibilidades de colaboración IMTA-Infotec, y su

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 36 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

formalización mediante un convenio marco y convenios específicos entre ambos institutos. Se revisaron, con la ayuda del área jurídica del IMTA, los formatos de convenio marco y convenio específico que maneja Infotec, y se elaboró una contrapropuesta de convenio marco, actualmente en revisión por parte de Infotec.

En colaboración con el proyecto IMTA Verde, se evaluó la tecnología de micromedición automatizada que ofrece la compañía Elster Iberconta, para su eventual aplicación en dicho proyecto. Se encontró que esta tecnología no maneja envío de las lecturas a Internet, por lo que no resultó adecuada para el proyecto.

Personal de la compañía 330 Ohms, con que el responsable del proyecto ha recibido capacitación en la implementación de monitoreo via Internet de medidores, visitó las instalaciones del IMTA, revisó las condiciones del medidor de agua marca Badger Meter instalado en el Pozo IMTA, y realizó algunas pruebas. Se formularon en resultado los requerimientos para una orden de servicio compañía para la implementación de una interfaz de comunicación y monitoreo en Internet de los 8 medidores Badger Meter instalados en el IMTA, con opción de almacenar la información de los medidores también en memoria USB.

Se recibió la visita al IMTA de Liliana Morfín Huber, Gerente Regional de Ventas de la compañía austriaca c::scan que ofrece productos propios para el monitoreo en línea de parámetros de la calidad del agua por medio de sondas-sensores ópticas sumergibles e interfaz de envío a Internet. Se estudió la tecnología que ofrecen, y se discutieron las posibilidades de su aplicación de manera piloto en el IMTA, con fines académicos. La compañía desea fortalecer su presencia en América Latina, para lo cual c::scan está dispuesta de proporcionar los equipos sin costo para el IMTA, como lo ha hecho en colaboraciones con centros afines en otras regiones.

Representantes de Dorot México visitaron el IMTA, invitados en relación con el proyecto IMTA Verde y el presente proyecto. Se les explicaron las necesidades de los dos proyectos y se discutió la posibilidad de emplear sus productos. Alegaron que ofrecen el servicio de monitoreo por Internet de las lecturas de sus medidores equipados con esta característica, sin costo adicional, y de por vida. No han enviado cotización. Se contactó también a Badger Meter que tampoco ha enviado cotización.

Se contactó a representantes de Sierra Wireless y de BluTower, en Estados Unidos de Norteamérica y a sus representantes en México, se recibió y analizó información de sus productos, y se recibió cotización de ellos.

5.8 Investigación para el desarrollo de tecnología propia IMTA

5.8.1 Propuestas de integración de componentes IoT con medidores de agua, aprovechables para tecnología propia

Se presentan a continuación varias soluciones de tipo Hágalo Ud. mismo (en inglés DIY, siglas de Do It Yourself), principalmente de aficionados de la mecatrónica e Internet de las Cosas, que se han encontrado en Internet.

En https://www.mysensors.org/build/pulse_water se propone contar la cantidad de giros que hace un medidor de agua doméstico por medio de uno de dos sensores de diferente tipo. Uno de ellos es un sensor magnético de efecto Hall, mostrado solo en las Ilustraciones 2 y 3, y en la Ilustración

4 en un módulo con interruptores y terminales que facilitan su instalación. El costo del sensor es equivalente a unos 60 pesos mexicanos. Esta variante es aplicable a medidores que generan campo magnético variable con cada giro.

El otro sensor posible de utilizar es el sensor TCRT5000 que es un sensor óptico reflexivo que consta de un emisor de luz infrarroja y un fototransistor. Este sensor está formado por un LED infrarrojo y un foto-transistor, sujetos por una pieza de plástico. Su funcionamiento es simple, pero efectivo. El LED emite luz infrarroja continuamente y ésta rebota en los objetos que tiene delante, de forma que vuelve hacia el foto-transistor, provocando que varíe la cantidad de corriente que circula por el circuito según la cantidad de luz que reciba, y por consiguiente la tensión en una de sus patas. Su nombre en inglés es TCRT5000 IR Barrier Line Track Sensor, y cuesta alrededor de un dólar estadounidense. Se muestra en la Ilustración 5, y en la Ilustración 6 en un módulo con interruptores y terminales que facilitan su instalación. El fototransistor detecta la luz que es reflejada cuando un objeto se mueve enfrente del sensor. El TCRT5000 dispone de un encapsulado que bloquea la luz, la carcasa de plástico cuenta con 2 sujetadores en forma de clip para que su montaje sea más sencillo. Enfocado hacia el indicador de la cantidad de vueltas del medidor, este sensor debe detectar el momento en que ocurre cada giro.

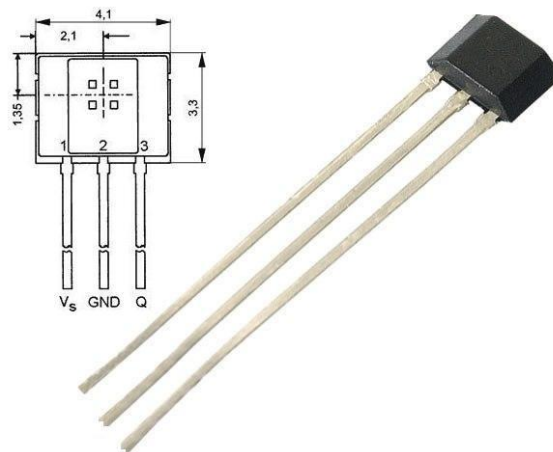


Ilustración 2 Sensor magnético de efecto Hall (dimensiones en mm)

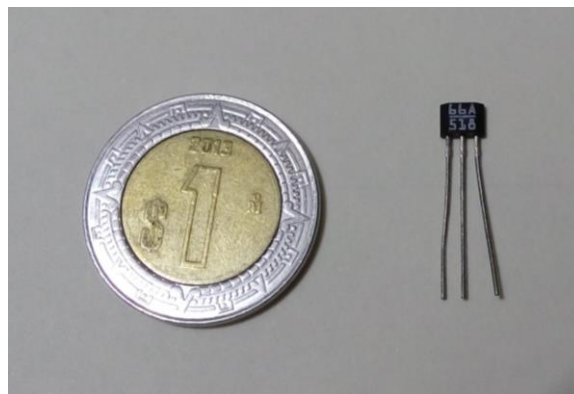


Ilustración 3 Sensor magnético de efecto Hall. Se observa su tamaño, comparado con una moneda de un peso mexicano.

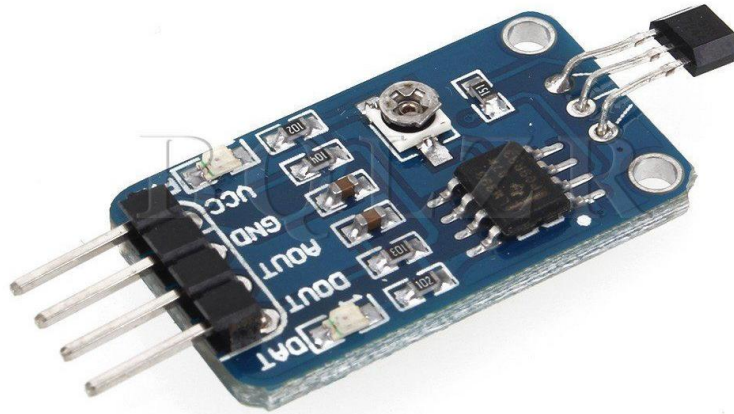


Ilustración 4 Módulo con sensor magnético de efecto Hall

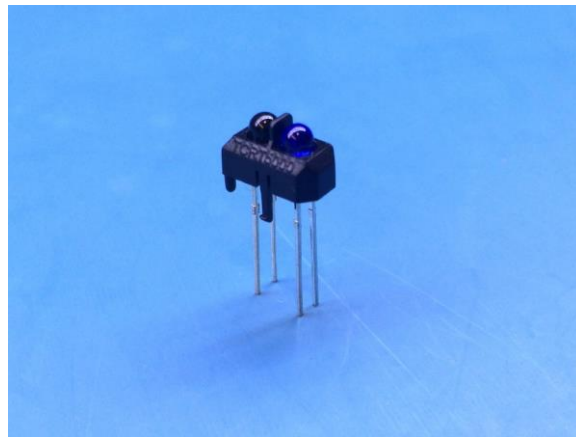


Ilustración 5 Sensor TCRT5000 IR Barrier Line Track Sensor

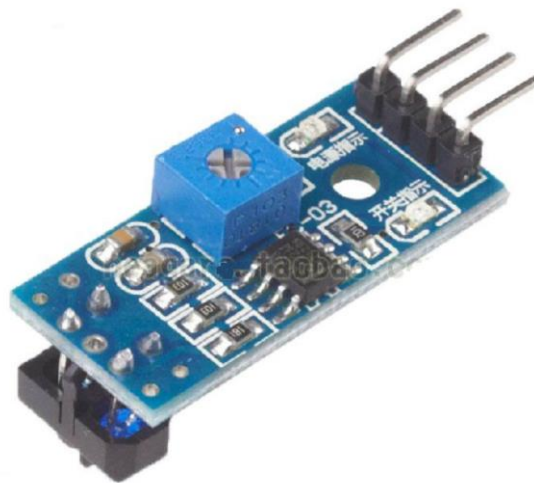


Ilustración 6 Módulo con sensor TCT5000 IR Barrier Line Track Sensor

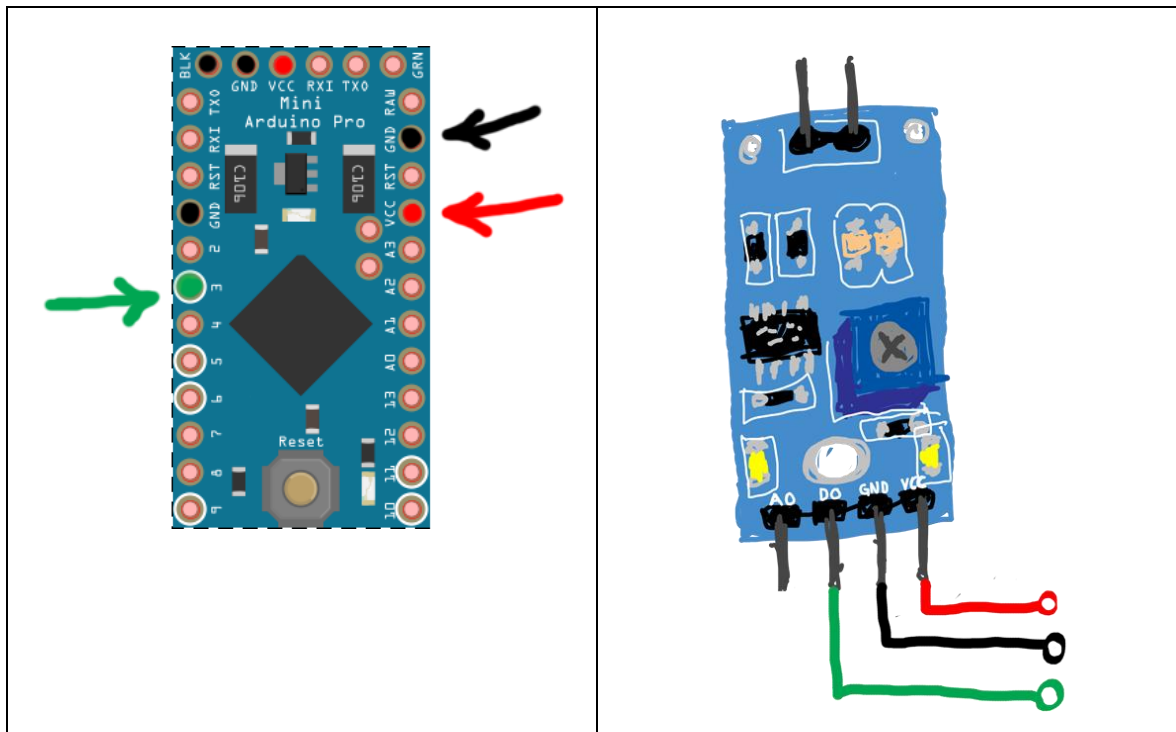


Ilustración 7 Conexión de los sensores de pulsos con un Arduino

Cualquiera de los sensores se conecta con un Arduino en la forma que se muestra en la Ilustración 7, el Arduino se programa para contar los pulsos de demanda (giros del medidor), convertirlos a gasto (para un volumen dado por pulso), y enviarlos a la nube. No se presenta información de la precisión y sensibilidad de los sensores para aplicaciones prácticas.

Otra aplicación que utiliza el sensor óptico reflexivo TCRT5000 para obtener las lecturas de un medidor de agua doméstico es <http://jheyman.github.io/blog/pages/WirelessWaterMeter/>. La Ilustración 8 (parte izquierda) muestra la carátula del medidor utilizado, en que se observa un pequeño círculo, de mitad color rojo y mitad color plateado, que se mueve cuando el agua pasa a través del medidor. Para detectar cada vuelta de esta rueda se coloca un foquito (una LED) y un fotodiodo que se conectan con un Arduino que manda los registros de manera inalámbrica a algún servidor, local o en la nube. La Ilustración 8 (parte derecha) muestra la carátula equipada. Se experimentó con diferentes frecuencias de registro de las lecturas, obteniéndose como adecuada una frecuencia de 10 Hz, es decir, de 100 ms entre lecturas.

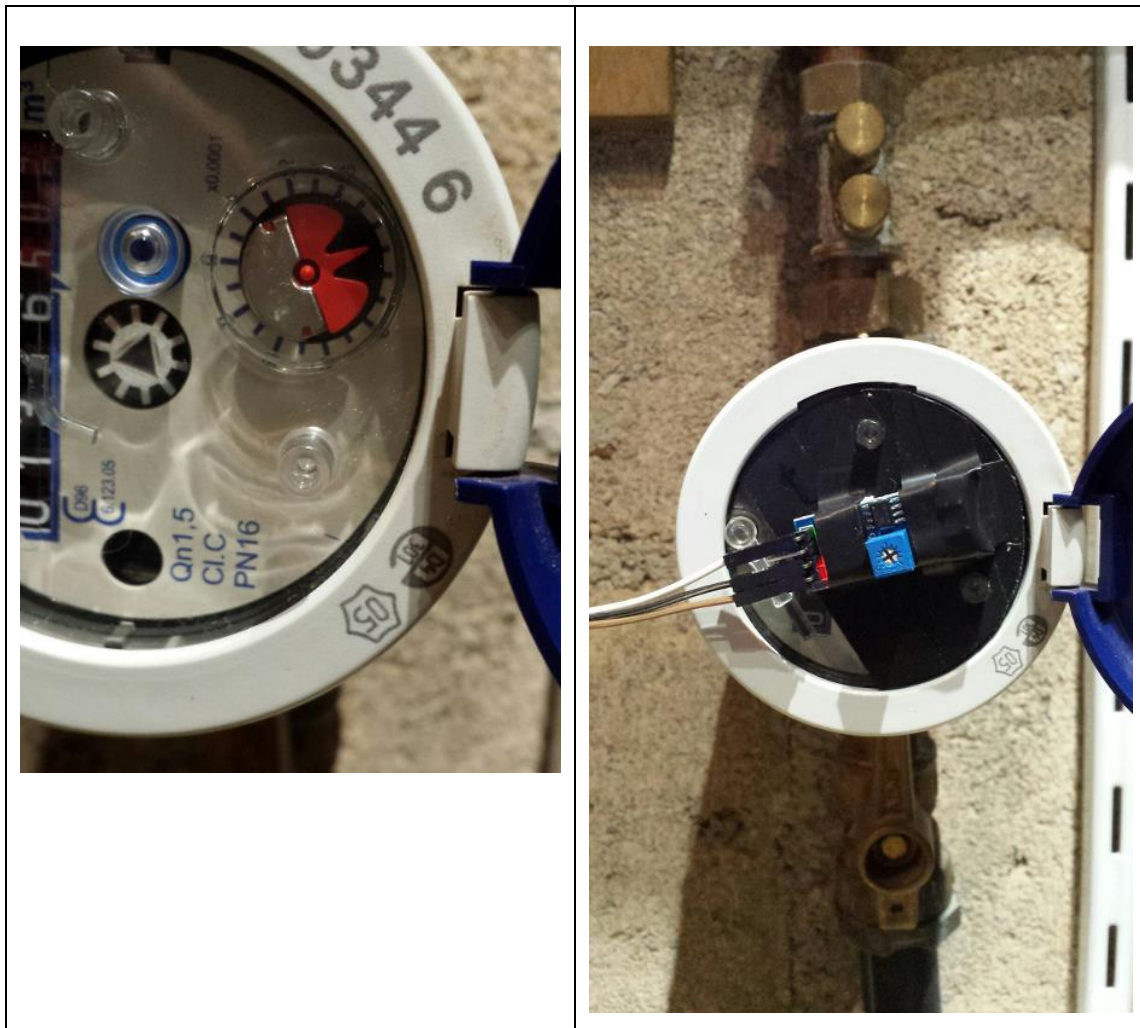


Ilustración 8 Carátula original del medidor de agua (izquierda). Carátula equipada con dispositivo de lectura remota con Arduino (derecha).

En <http://www.edcheung.com/automa/water.htm> una persona describe cómo utilizó con éxito un sensor de efecto Hall simple y económico para obtener y transmitir lecturas del medidor de agua de su casa. Al cambiar el medidor por uno nuevo, sin embargo, este sensor ya no pudo detectar el giro del medidor, debido a que el campo magnético era mucho más débil, y tuvo que reemplazarlo por otro sensor mucho más caro, de marca Vernier. La Ilustración 9 muestra el medidor de agua con el sensor amarrado a él.





Ilustración 9 Medidor de agua con sensor de efecto Hall anexo.

Otra aplicación de interfaz WiFi con un medidor de agua, esta vez con sensor Magnetometer Sparkfun y microcontrolador Sparkfun Photon se muestra en la Ilustración 10, tomada de <http://seductiveequations.com/2015/11/09/water-meter.html>.



Ilustración 10 Interfaz WiFi para un medidor de agua, implementada con sensor Magnetometer Sparkfun y microcontrolador Sparkfun Photon

En <http://www.instructables.com/id/Monitoring-residential-water-usage-by-reading-muni/> se propone una solución para monitorear el consumo de agua, con costo de entre 5 y 10 dólares americanos según el proponente, usando el medidor existente en forma no invasiva. Se basa en detectar las fluctuaciones del campo magnético en el medidor con un sensor de efecto Hall. En sus experimentos utilizó un sensor de efecto Hall de Honeywell SS494B, que está disponible en

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 42 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

línea (en los Estados Unidos) por 3 a 4 dólares. Otros sensores deben funcionar también, sólo deben ser de modelos analógicos, con sensibilidad comparable o mejor. La Honeywell SS494B promete ser lo suficientemente sensible para proporcionar alrededor de 5 mV por 1 gauss. Para un marco de referencia, el campo magnético natural de la tierra mide alrededor de 0.5 gauss, un imán de refrigerador es de aproximadamente 50 gauss, y un imán de neodimio está en 1,000 de gauss.

Honeywell SS494B es un sensor de efecto Hall muy sensible, en cuanto a sensores de efecto Hall de bajo costo, pero su rango de medición aún alcanza más de 400 gauss. Dependiendo de la construcción del medidor de agua, si es de metal o plástico, la intensidad del campo magnético fuera del medidor puede ser tan baja como 1 gauss o menos. Esto presenta un desafío, ya que 1 gauss o menos está en el extremo inferior del rango de medición del sensor de efecto Hall.

El sensor tiene 3 pines: alimentación (Vcc), tierra y salida. La salida de este sensor de efecto Hall de Honeywell, simplemente alimentado desde una fuente de + 5 v, se encuentra en torno a + 2.5 v, o aproximadamente la mitad de Vcc. Esto se denomina voltaje de salida quiescente, o en otras palabras, es el voltaje que el sensor de efecto Hall emitirá cuando no hay campo magnético presente. Pero si se tiene un imán delante del sensor, el campo magnético tirará de la tensión de salida hacia tierra (0 v) o Vcc (5 v), dependiendo de la polaridad del campo magnético. Si midiera intensidades de campo de 1 gauss o menos, el Honeywell SS494B no se desviaría más de ~ 5 mV del voltaje de salida quiescente. Por lo tanto, para usar un Arduino para medir tan pequeñas fluctuaciones de voltaje, y con buena resolución, se requerirá amplificación. Para amplificar la señal procedente del sensor de efecto Hall, un amplificador operacional de propósito general como el LM324 funcionará bien. En sus experimentos usó un op-amp LM324 ampliamente disponible (en los Estados Unidos), y barato (menos de 25 centavos de dólar).

Existe también, comercialmente disponible, un sensor de flujo de media pulgada hecho de plástico (Ilustración 11). En <https://www.packtpub.com/books/content/Internet-connected-smart-water-meter-0> se describe cómo implementarle una interfaz tipo Internet de las cosas. Tal sensor no obstante no es relevante para el presente proyecto, dado que implicaría sustituir los medidores existentes instalados.



Ilustración 11 Sensor de flujo de media pulgada para aplicaciones IoT hecho de plástico

5.8.2 Propuestas y pruebas de tecnología propia IoT para integración de componentes IoT con medidores de agua

Para los fines del presente proyecto, los medidores de agua se dividen en dos tipos: medidores con memoria interna y medidores sin memoria interna.

Los medidores con memoria interna tienen una componente electrónica en que se guardan tres tipos de datos:

- datos reservados cuyos valores se establecen en fábrica y no pueden ser modificados
- datos configurables cuyos valores se modifican y guardan con cada configuración o reconfiguración del equipo
- datos de las variables por medir, tales como el gasto y eventualmente la presión, temperatura y otras que le medidor mide, de acuerdo con su objetivo y características

Con más detalle, la Ilustración 12 muestra los tipos de acceso autorizado en los registros de un medidor Budget Meter modelo M2000. El contenido de todos los registros puede ser leído no obstante.



- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • FIRMWARE – Typically, read-only registers. This means only the flow meter firmware has the privilege to update the register • FACTORY – Includes registers that can only be written by the factory • ADMIN – Registers that require admin level access • SERVICE – Registers that require service level access • USER – Registers that require user level access • NONE – Register is always unprotected |
|---|

Ilustración 12 Tipos de acceso autorizado en los registros de un medidor Budget Meter modelo M2000

La memoria está organizada en cierta cantidad de registros, donde cada registro tiene su dirección definida con un número hexadecimal. Cada registro ocupa 16 bits. Ilustración 13 muestra los tipos de datos de los registros de un medidor Budget Meter modelo M2000. Para los datos de 32 bits se ocupan dos registros consecutivos.

Register Type	Description	Number of MODBUS Registers
UCHAR16	Unsigned Character (16 bits)	1
UCHAR16[x]	Unsigned Character Array	x
UINT16	Unsigned Integer (16 bits)	1
SINT16	Signed Integer (16 bits)	1
UINT32	Unsigned Integer (32 bits)	2
FLOAT32	Floating Point (32 bits)	2

Ilustración 13 Tipos de datos en los registros de un medidor Budget Meter modelo M2000.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 44 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

Aparte de la memoria interna, este tipo de medidores cuenta con interfaz de comunicación (tipo RS232/RS485 u otra), con tres conexiones:

- **GND.** Es la tierra.
- **RX:** Señal de recepción. Son los datos que se reciben (entrada)
- **TX:** Señal de transmisión. Por aquí salen los datos (salida)

La interfaz de comunicación soporta protocolos estándar, tales como MODBUS y otros.

Los medidores con memoria interna son normalmente macromedidores y son caros. Ejemplos son los medidores electromagnéticos de carrete marca Badger Meter, ABB y Dorot. La solución tecnológica que se propone para monitorearlos consiste en leer el valor del gasto de la memoria interna del medidor y enviarlo a Internet con cierta frecuencia.

Los micromedidores que se instalan en los domicilios normalmente no tienen memoria interna. Para estos medidores habría que agregar un sensor que capte el gasto que mide el medidor, antes de enviarlo a Internet.

En las siguientes subsecciones se describen las soluciones tecnológicas examinadas para estos dos tipos de medidor. En los dos casos, para el monitoreo vía Internet y el almacenamiento de las lecturas se ocupa una solución en la plataforma Ubidots, que también se describe en una subsección.

5.8.3 Prototipo de interfaz Internet tipo IoT de medidores con memoria interna

La solución tecnológica que se propone para monitorearlos vía Internet se puede describir en lo siguiente:

- Ubicar los registros de la memoria interna en que se guarda el gasto medido, y otras variables de interés que el medidor eventualmente registra (tales como presión, temperatura, etc.). Esta información se toma de manuales de manejo avanzado del medidor que su fabricante publica. Como un ejemplo, para la línea de medidores Badger Meter M2000 viene en el manual denominado “M-Series® M2000 MODBUS Memory Map”.
- Agregar la librería “Modbus RTU libraries for Arduino” (se puede bajar de Internet sin costo), o similar, al software de Arduino instalado en una computadora
- Programar un Arduino YUN, con el uso de esta librería, para leer el contenido de los registros de memoria de interés, convertirlo a número(s) decimal(es), y enviarlo a la nube con la frecuencia deseada
- Conectar el Arduino YUN con red WiFi deseada. La conexión puede hacerse también vía Ethernet, si se desea
- Unir, por medio de cables, las conexiones GND (tierra) y TX (señal de transmisión) con los pines GND (tierra) y RX (señal de recepción) del Arduino YUN
- Abrir una cuenta en Ubidots, u otra plataforma en la nube, y configurarla para recibir la lecturas
- Dejar instalado el Arduino YUN y monitorear permanentemente las lecturas en Ubidots, u otra plataforma

Se escogió Arduino YUN porque es un modelo de Arduino que tiene incorporada conectividad directa con WiFi/Ethernet. El Anexo 1 de este informe explican los pasos a seguir para conectar el Arduino YUN a una red WiFi. La solución puede implementarse también con una Raspberry Pi, en que caso la programación sería diferente.

Está tecnología será aplicable para cualquier marca y tipo de medidor con memoria interna. Existen, por supuesto, modems comerciales que pueden hacer las mismas funciones, empezando con módems de los propios fabricantes de los medidores, pero éstos están ligados con software propietario de monitoreo y obligan al usuario comprar todo en paquete al mismo proveedor del medidor.

La compañía mexicana especializada 330 Ohms, con que el responsable del proyecto tomó cursos de capacitación en IoT, acudió al IMTA para asistir en las pruebas de la tecnología propuesta. Las pruebas se llevaron a cabo en el Pozo IMTA, que está equipado con un macromedidor electromagnético de carrete de 12 pulg. Marca Badger Meter. Las ilustraciones 14 a 19 muestran diferentes elementos de la instalación y de las pruebas. Para facilitar la conexión del Arduino YUN con los cables, la compañía 330 Ohms elaboró una pequeña placa, con algunos elementos para adaptar el voltaje de la señal de la interfaz RS485 del medidor al voltaje que maneja el Arduino YUN. Esta placa se enchufa encima del Arduino YUN, como se muestra en las ilustraciones 15, 18 y 19.

Hubo ciertas dificultades para llevar a cabo las pruebas. La señal del WiFi del IMTA resultó muy débil en el lugar del Pozo IMTA, por lo que se recurrió a conectarse a WiFi por medio de un celular, algo que limitó el tiempo de las mismas.

Se intentó luego hacer las pruebas en otro lugar del IMTA, en la esquina del Edificio de la Coordinación de Riego y Drenaje, donde se tienen instalados otros dos macromedidores electromagnéticos de carrete de la misma marca Badger Meter, pero tampoco se tuvo buena señal. Se buscará el apoyo de la Subcoordinación de Informática del IMTA, para aumentar la señal en el lugar de las pruebas.



Ilustración 14 Programación del Arduino YUN y conexión a una red WiFi en el Pozo IMTA



Ilustración 15 Arduino YUN con placa de conexión para pruebas en el Pozo IMTA



Ilustración 16 Conexión del Arduino YUN con el tablero del medidor Badger Meter en el Pozo IMTA

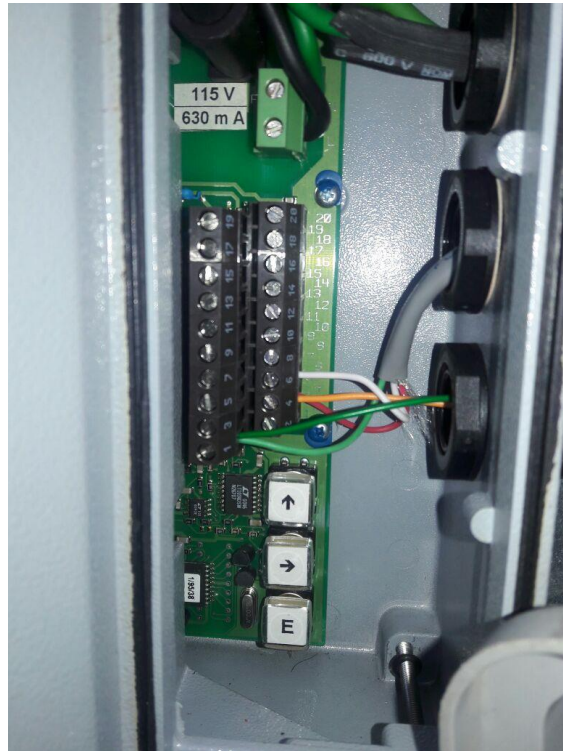


Ilustración 17 Cables de conexión del Arduino YUN con el tablero del medidor Badger Meter en el Pozo IMTA.



Ilustración 18 Conexión del Arduino YUN con el tablero del medidor Badger Meter en el Pozo IMTA, sobre un protoboard.

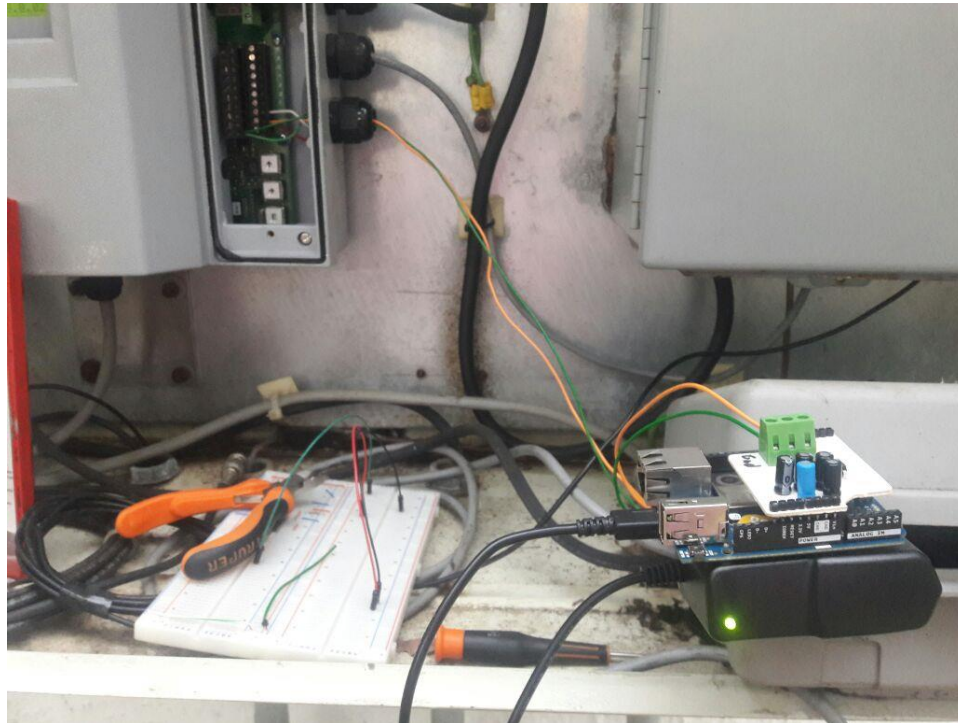




Ilustración 19 Arduino YUN conectado con el tablero del medidor Badger Meter en el Pozo IMTA.

Con base en esta primera experiencia, y pensando que el servicio de WiFi/Internet puede sufrir interrupciones, y que habrá también lugares donde no habrá WiFi/Internet, se planteó ampliar la tecnología a tres modos de operación: almacenamiento en la nube solamente, en tarjetas USB o Micro SD solamente, o en ambas la nube y las tarjetas USB o Micro SD. El dispositivo tendrá un interruptor externo que permita cambiar de un modo a otro, y también mecanismo y software para expulsar las tarjetas USB o Micro SD sin pérdida de la información registrada. Se elaboraron los términos de referencia para la fabricación de un prototipo de este tipo, a ser instalado y probado en los 8 medidores con memoria interna que hay instalados en el IMTA. El Anexo 2 de este informe muestra los términos de referencia elaborados. Se elaboró también una orden de servicio con base en estos términos de referencia, y se recibieron cotizaciones de 3 compañías mexicanas, y del Centro de Desarrollo Innovación y Transferencia de Tecnología (CEDITTEC) del Parque Tecnológico del Tecnológico de Monterrey Campus Cuernavaca, para formular un presupuesto base. Cabe señalar que CEDITTEC cotizó mucho más caro (alrededor de 10 veces más caro) que las empresas.

La elaboración de un prototipo de esta solución tecnológica, que podría ser instalada en los medidores existentes en el IMTA, y en principio en los nuevos que se instalarán en el proyecto IMTA Verde donde habrá muchos más medidores (alrededor de 40, pensando en tener uno en cada edificio, aparte de los en el pozo y en los tanques) involucra la compra de varias componentes (de bajo costo), y de algunos trabajos de electrónica (también de bajo costo), tales como preparar placas de conexión, soldaduras y cajitas de protección para los Arduinos, así como de apoyo en las pruebas en el IMTA con equipos electrónicos de que el IMTA no dispone. Se consultó la Subcoordinación de Informática del IMTA la partida presupuestaria que aplicaba, que respondió al respecto que aunque fueran de bajo costo, varios de los conceptos y componentes de la orden de servicio corresponden a partidas de los TIC, por lo que procede solicitar

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 49 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

autorización a la Secretaría de Función Pública para esta orden de servicio. El Anexo 3 a este informe contiene el oficio de respuesta de la Secretaría de Función Pública, que se recibió en noviembre 2016, en que determina no procedente la solicitud porque “Como parte de la licitación deberá considerarse la prueba del concepto” y que una vez que la Comisión (del IMTA) aclare, adjunte la información necesaria y atienda el punto anterior, se estará en condiciones de emitir el pronunciamiento respectivo.

5.8.4 Pruebas de interfaz Internet para medidores sin memoria interna

A esta categoría pertenecen los micromedidores domésticos ordinarios. El tipo de micromedidor de agua más común que es instalado por los municipios es un medidor de agua de desplazamiento positivo. Este tipo de diseño de medidor de agua normalmente incorpora una rueda, como parte del mecanismo interno, con uno o más imanes unidos a la rueda. Cuando el agua fluye a través del medidor, esta rueda gira, conduciendo el registro. El registro es la parte que se encuentra en la parte superior del medidor de agua, analógica o digital, que muestra cuánta agua se ha utilizado. Esta unidad magnética entre el medidor de agua y el registro se utiliza en la mayoría de los medidores de agua domésticos. Para medir el flujo de agua, sólo se tiene que controlar si la rueda está girando, y qué tan rápido. Puesto que la rueda tiene imanes unidos a ella, se espera que el campo magnético de los imanes será detectable desde el exterior del recinto del medidor de agua.

La Ilustración 20 muestra un medidor de agua tipo doméstico, marca Neptune de 5/8”, sin desarmar. Las Ilustraciones 21 a 23 muestran el mismo medidor separado en sus dos partes: cámara húmeda y cámara seca. Se observa que no hay conexión mecánica (un eje) que pase de la cámara húmeda a la cámara seca. Este es el principio de los así llamados medidores de esfera seca, a diferencia de los medidores de esfera húmeda donde la relojería está sumergida en el agua.



Ilustración 20 Medidor de agua tipo doméstico, marca Neptune, sin desarmar



Ilustración 21 Medidor de agua tipo doméstico, marca Neptune, separado en dos partes: cámara húmeda y cámara seca

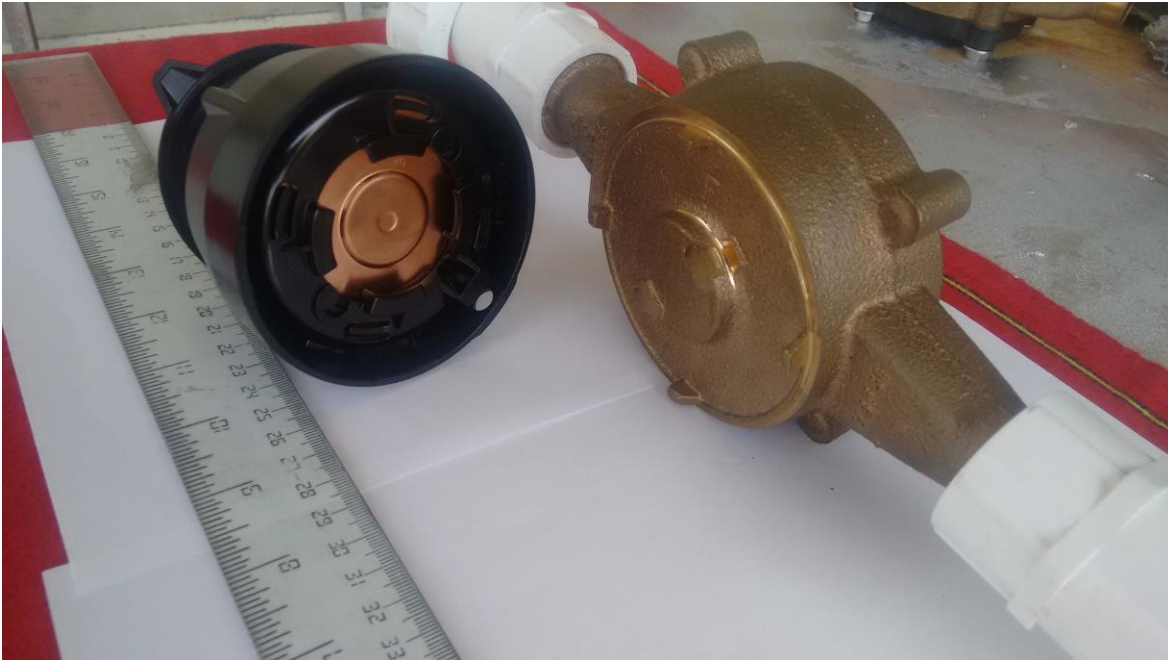


Ilustración 22 Medidor de agua doméstico, separado en cámara húmeda y cámara seca






Ilustración 23 Medidor de agua doméstico, separado en cámara húmeda y cámara seca

La Ilustración 24 muestra el mismo medidor con la cámara húmeda desarmada. Se observa la pequeña rueda color negro en la parte superior del eje del elemento que gira con el paso del agua por el medidor. Esta rueda tiene incorporados imanes. Con base en la implementación dada en <http://www.instructables.com/id/Monitoring-residential-water-usage-by-reading-muni/>, descrita en la sección 5.8.1 de este informe, se procedió a realizar pruebas de captar las variaciones del campo magnético por fuera del medidor, por medio de un sensor de efecto Hall.



Ilustración 24 Medidor de agua tipo doméstico, marca Neptune, con cámara húmeda desarmada

 	<p align="center">Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México</p>	 <p align="right">IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
<p align="center">Página 52 de 97</p>	<p align="center">México, 2016</p>	<p align="right">Clave: HC1609.1</p>

Como una primera prueba elemental, se armó un circuito, en protoboard, consistente en un Arduino, el sensor de efecto Hall, y una LED, de forma tal que se encendiera la LED si el sensor captaba variación en el campo magnético en el medidor de agua. La Ilustración 25 muestra el código correspondiente del Arduino. Se procedió entonces a colocar el sensor, en diferentes posiciones, y hacer girar la propela del medidor, y con esto la pequeña rueda magnetizada en la cámara húmeda del mismo. La Ilustración 26 muestra el sensor, con los cables de conexión con el Arduino, y las demás componentes del medidor desarmadas. La LED se encendía, es decir, el sensor captaba las variaciones del campo magnético solamente cuando se colocaba muy cerca de la rueda magnetizada, y no las captaba estando fuera del medidor. Se probó con sensor de efecto Hall de otra marca, que se pudo encontrar en el mercado nacional. y el resultado fue el mismo. Queda pendiente probar con otros sensores con mayor sensibilidad, que se puedan conseguir, o agregar un amplificador de la señal.

```

const int HALLPin = 5;
const int LEDPin = 13;

void setup() {
  pinMode(LEDPin, OUTPUT);
  pinMode(HALLPin, INPUT);
}

void loop() {
if(digitalRead(HALLPin)==HIGH)
  {
    digitalWrite(LEDPin, HIGH);
  }
else
  {
    digitalWrite(LEDPin, LOW);
  }
}

```

Ilustración 25 Código de Arduino para encender una LED cuando se detecta variación en el campo magnético en el medidor de agua.



Ilustración 26 Medidor de agua tipo doméstico, marca Neptune, con cámara húmeda desarmada

Independientemente de esto, se implementó el arreglo para enviar las lecturas a la nube, en dos variantes, con un Arduino YUN y una Raspberry Pi 2 (equipada con antena WiFi). En los dos casos, el proceso es el siguiente:

- Se determina el volumen que corresponde a una vuelta de la rueda (y con esto de la aguja) del medidor. Por lo general el medidor hace una vuelta por litro
- El Arduino YUN o la Raspberry Pi se programan para leer la cantidad de vueltas que hace la rueda del medidor en cierto tiempo, por ejemplo en un minuto
- Se calcula el volumen, como producto de la cantidad de vueltas y el volumen que corresponde a una vuelta
- Se calcula el gasto, como el volumen dividido entre el tiempo
- Se envía a la nube con la frecuencia deseada

5.8.5 Monitoreo de los datos en Internet

El responsable del proyecto creó una cuenta libre en Ubidots a su nombre. Con las cuentas libres de Ubidots se pueden monitorear hasta 20 equipos, con hasta 60 lecturas por minuto, se guardan los datos registrados hasta por 3 meses, así como otras limitaciones. La interfaz de monitoreo de Ubidots incluye 3 partes (Vistas): Dashboard (Tablero), Sources (Fuentes) y Events (Eventos). En la vista Sources se muestran los equipos que se están monitoreando, con sus variables. En este caso se dio de alta un equipo, que corresponde a un medidor de agua del IMTA equipado con Arduino YUN, con 3 variables por monitorear en el proyecto: Gasto, Presión y otra variable (Ilustraciones 27 y 28). La vista Dashboard (Tablero) muestra los propios valores de las variables monitoreadas, con varias formas de visualización (Ilustración 29) que el usuario puede seleccionar. Finalmente, en la Vista Events (Eventos) se especifica qué acciones tomar cuando alguna de las variables se pasa de los límites que el usuario puede establecer (Ilustración 30). En este caso se seleccionó mandar mensaje a un número celular.

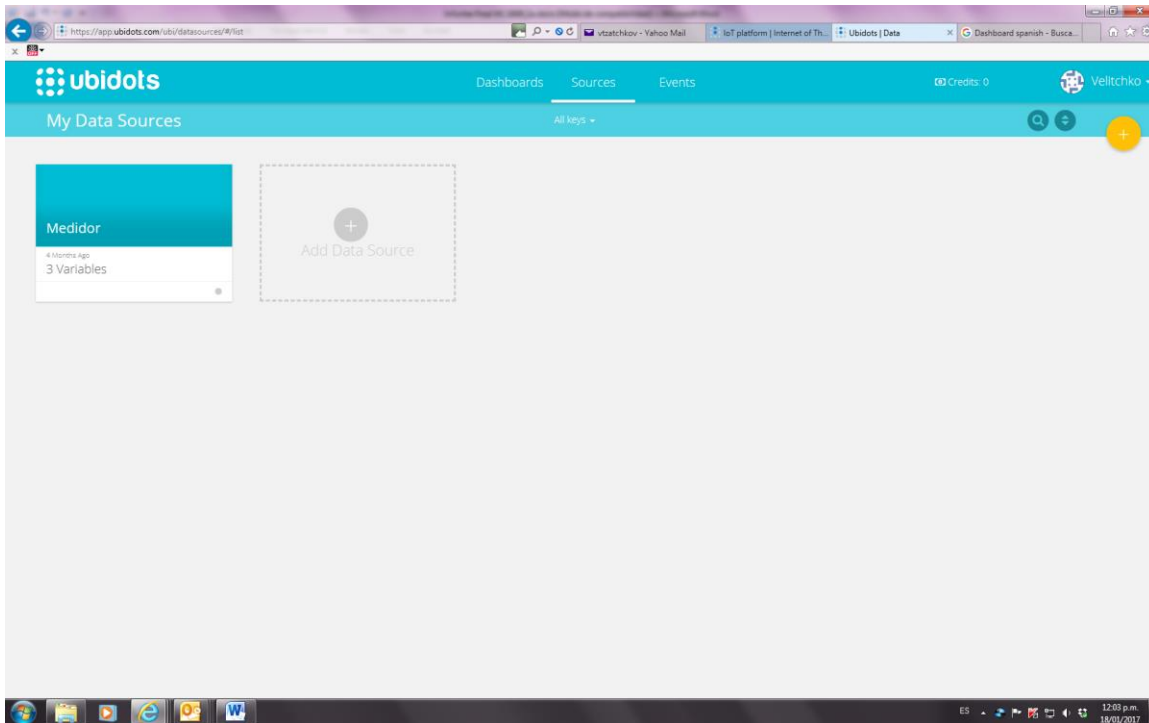


Ilustración 27 Vista Sources (Fuentes) en Ubitos, que contiene un equipo con 3 variables para monitorear para el proyecto

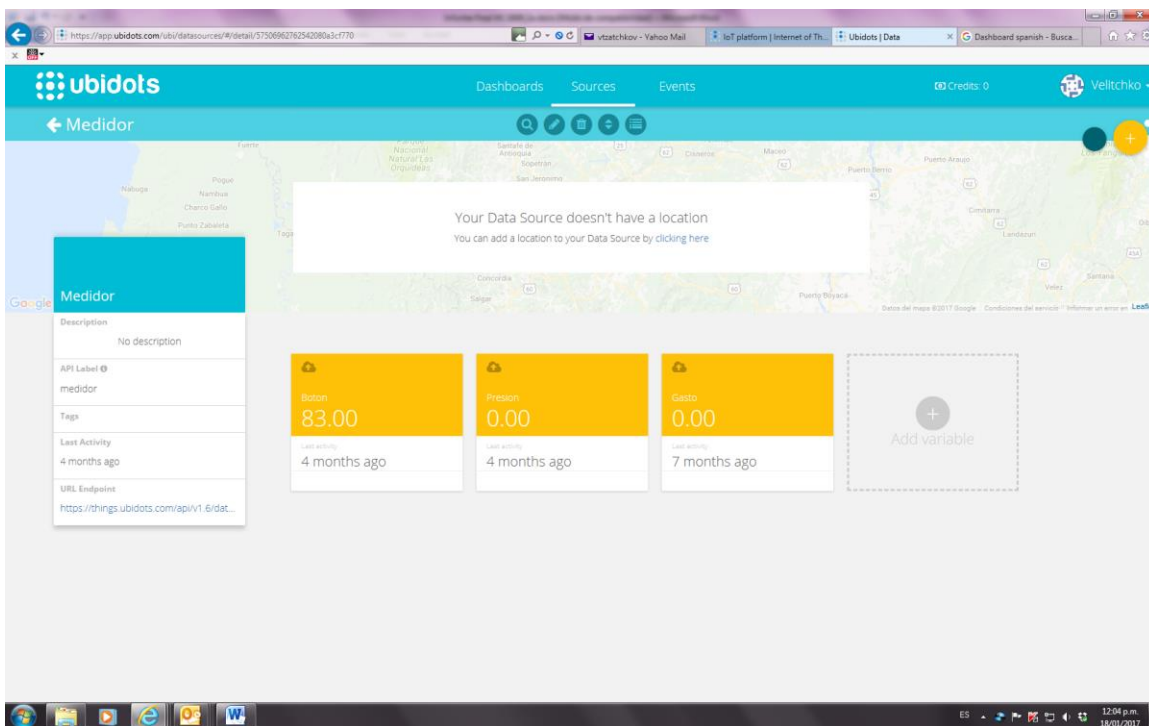


Ilustración 28 Variables para monitorear en el proyecto, Vista Sources (Fuentes) en Ubitos.

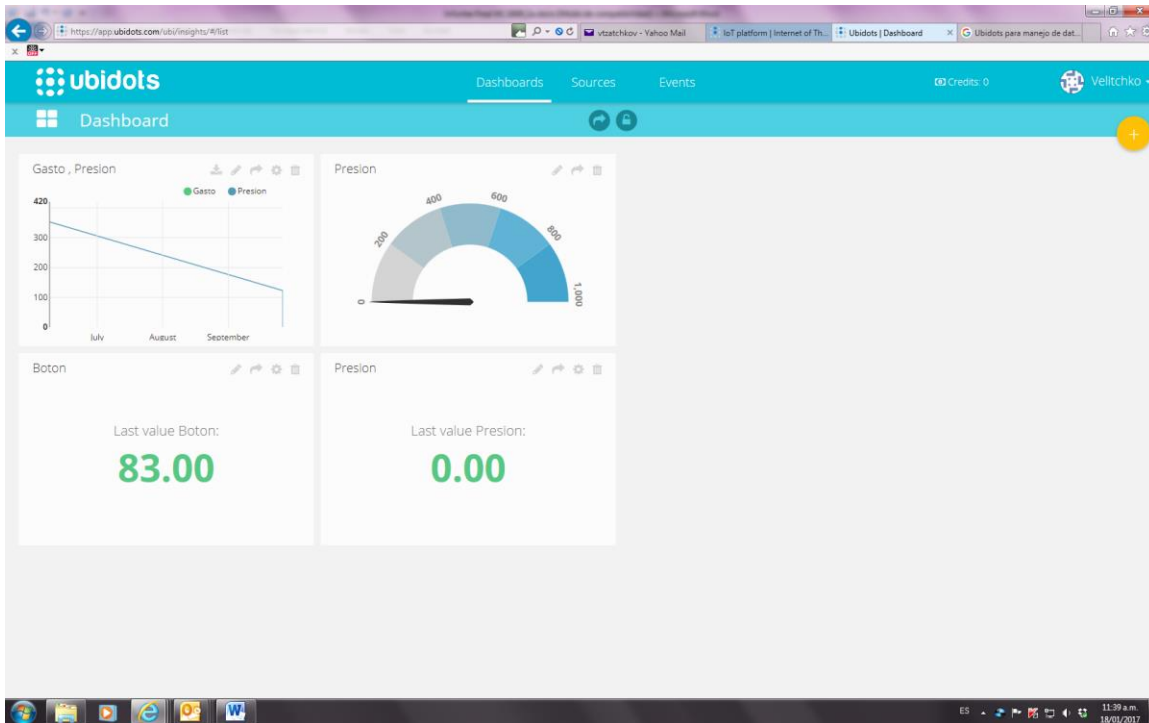


Ilustración 29 Vista Dashboard (Tablero) en Ubitos, con varias formas de visualizar los parámetros monitoreados

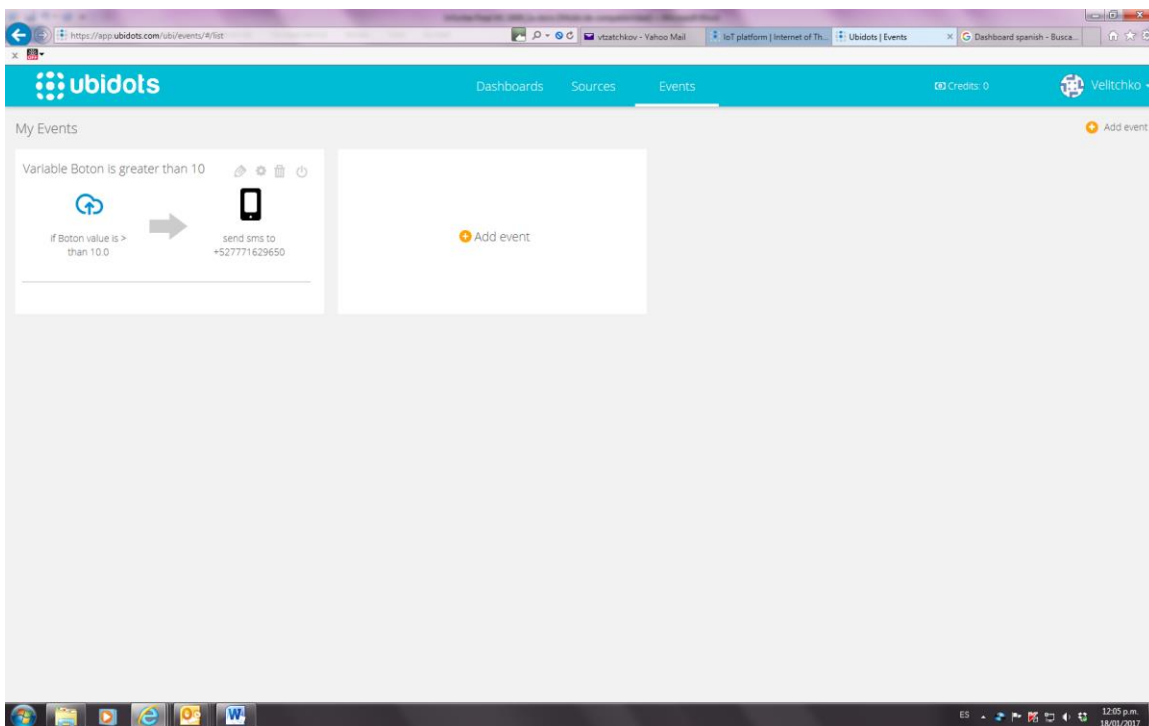


Ilustración 30 Vista Events (Eventos) en Ubitos, con especificación de mandar mensaje a celular cuando alguna de las variables se pasa de límite.

Se consiguió una biblioteca de interacción con Ubidots, se programó el proceso de envío a la nube de las lecturas del medidor, y se realizaron pruebas.

5.8.6 Construcción de un stand para pruebas de la tecnología de medidores inteligentes en el laboratorio de la DEPMI-IMTA Campus Morelos

Con fines de seguir trabajando con la implementación de una interfaz IoT de los medidores de agua, y para pruebas y análisis de la aplicabilidad de la tecnología de medidores inteligentes de agua, se construyó un stand (modelo) en el laboratorio de la DEPMI Campus Morelos, con la colocación de 4 medidores de agua de pequeño diámetro de diferentes tipos y diferentes marcas, dos de ellos electromagnéticos de carrete, y dos de tipo doméstico.

Los medidores, que se muestran en la Ilustración 31, están instalados en una estructura metálica en la que se soldaron en la parte inferior cuatro PTR y una lámina de hierro para soportarlos. Los PTR son varillas que están alineadas paralelamente por debajo de la lámina de hierro.

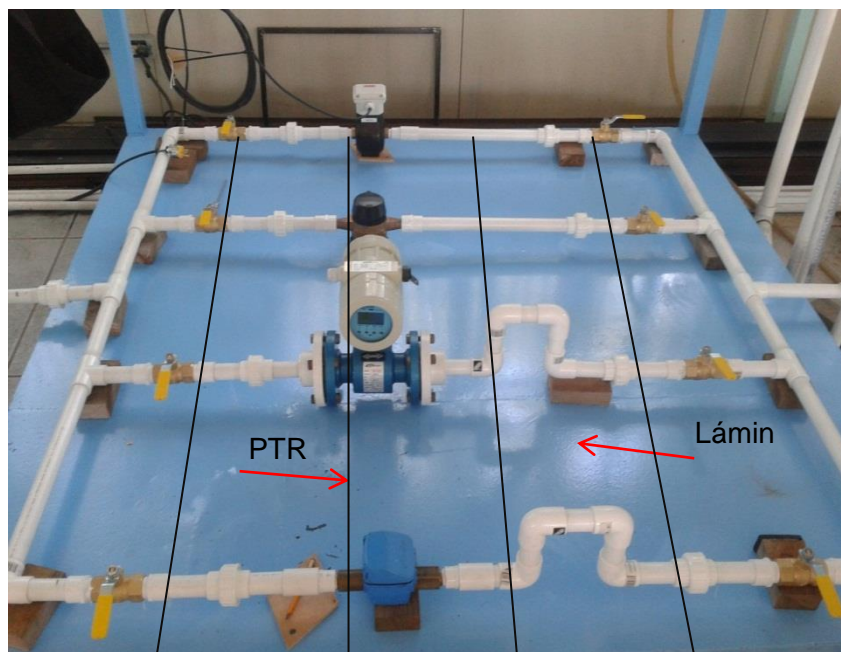


Ilustración 31 Medidores instalados sobre las varillas de PTR y la lámina

Para alimentar el sistema principal (cuatro medidores, válvulas, y demás accesorios) se tienen instalado en el laboratorio dos tinacos, de 450 litros cada uno, a una altura de seis metros. En la Ilustración 32 se pueden observar estos tinacos.



Ilustración 32 Tinacos de 450 litros cada uno, instalados a una altura de seis metros de altura.

La fuente principal para alimentar a los tinacos proviene de un tanque de capacidad 1,200 litros, el cual alimenta a los tinacos con una bomba de 1 HP de potencia. Para unir la bomba con los tinacos se utilizó 12 metros de tubería de PVC de 1 pulgada (ver lustración 33).

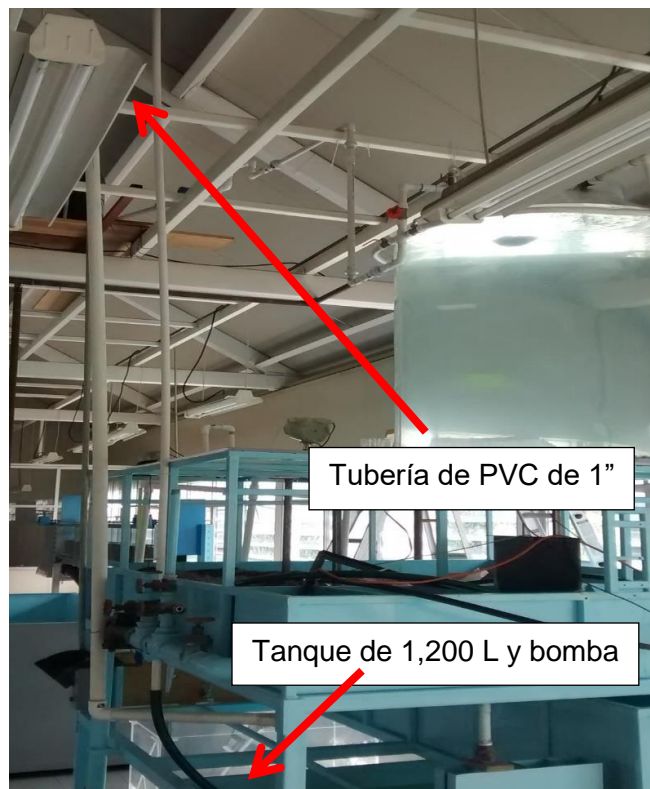


Ilustración 33. Tanque de almacenamiento de 1,200 litros, bomba de 1 HP y tubería de 1" que llega a los tinacos elevados.

Después de los tanques elevados se instalaron dos tramos de tubería de PVC de 1" para alimentar de agua los medidores (ver Ilustración 34 e Ilustración 35). En esta tubería se instalaron dos válvulas de 1" para bifurcar el agua hacia un tinaco en acrílico o hacia los medidores (ver Ilustración 36).

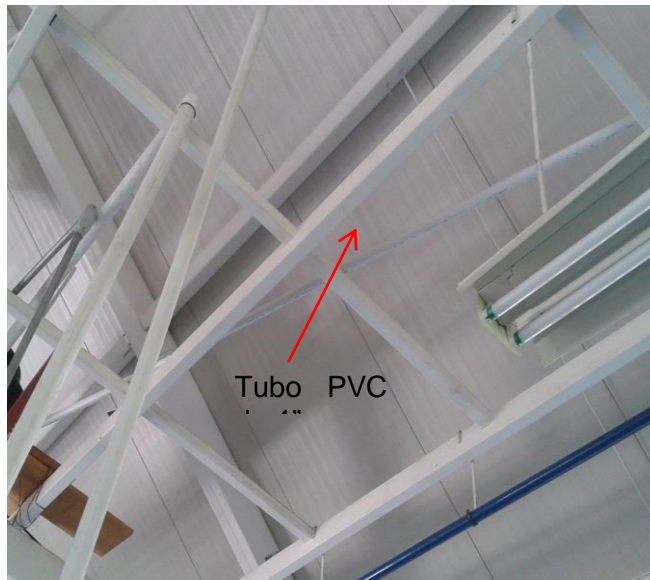


Ilustración 34. Tubería de pvc de 1" que alimenta a los medidores.

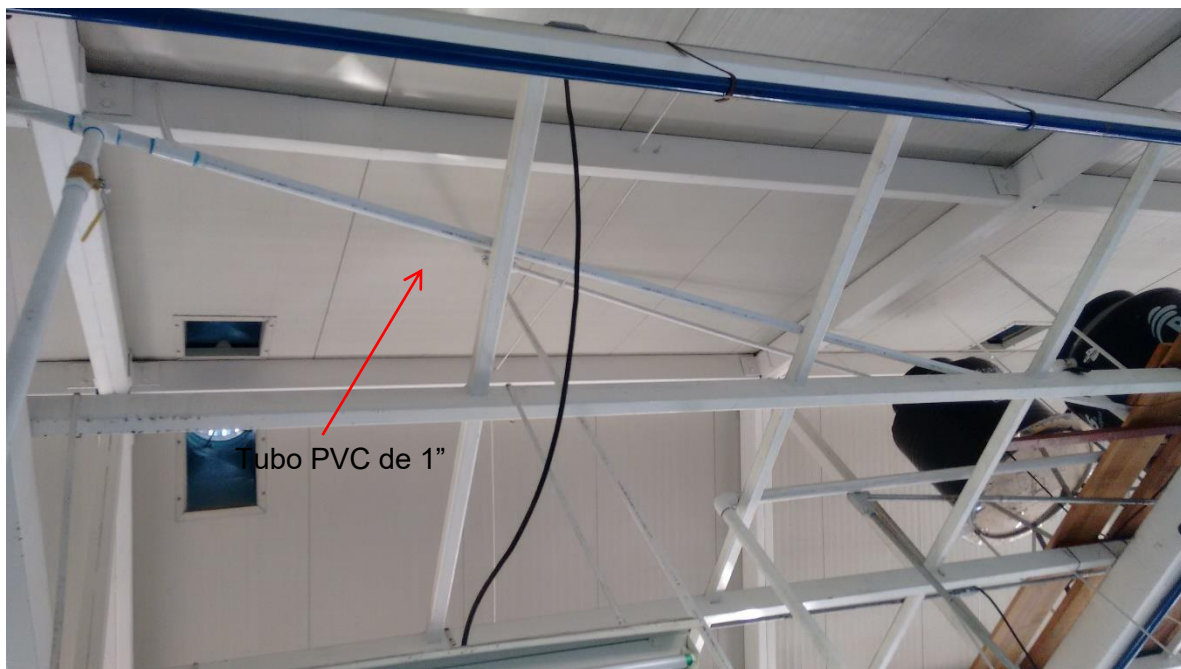


Ilustración 35. Tubería de PVC de 1" que alimenta a los medidores.



Ilustración 36. Válvulas de paso para tinaco en acrílico y los medidores.

Para el sistema de medidores se instalaron cuatro válvulas de paso de 1" y cuatro tuercas unión antes de cada medidor (ver Ilustración 37). Similarmente se hizo lo mismo después de cada medidor.



Ilustración 37. Válvulas y tuerca unión antes de cada medidor

Los medidores instalados son de las siguientes marcas:

- 1.) Medidor digital Contazara de 1". Para su buen funcionamiento a la salida de este medidor se realizó un cuello de ganso (Ver Ilustración 38 y Ilustración 39).
- 2.) Medidor electromagnetico Dorot de 2". Para su instalación se realizaron reducciones de 1" a ambos lados para ser acoplado. También se realizó un cuello de ganso a la salida (ver Ilustración 39 y Ilustración 40).
- 3.) Medidor Neptune. Es un medidor normal de 5/8" que no necesitó de alguna tubería especial para la instalación (ver Ilustración 41).
- 4.) Medidor electromagnetico ABB de 1/2". Para su instalación se requirió ampliación de 1" a ambos lados. Este medidor consta de dos cuerpos: el sensor y el registrador. El sensor se instaló en la línea de la tubería (ver Ilustración 42) y el registrador que se instaló aparte en uno de los barros de la estructura metalica (ver Ilustración 43).

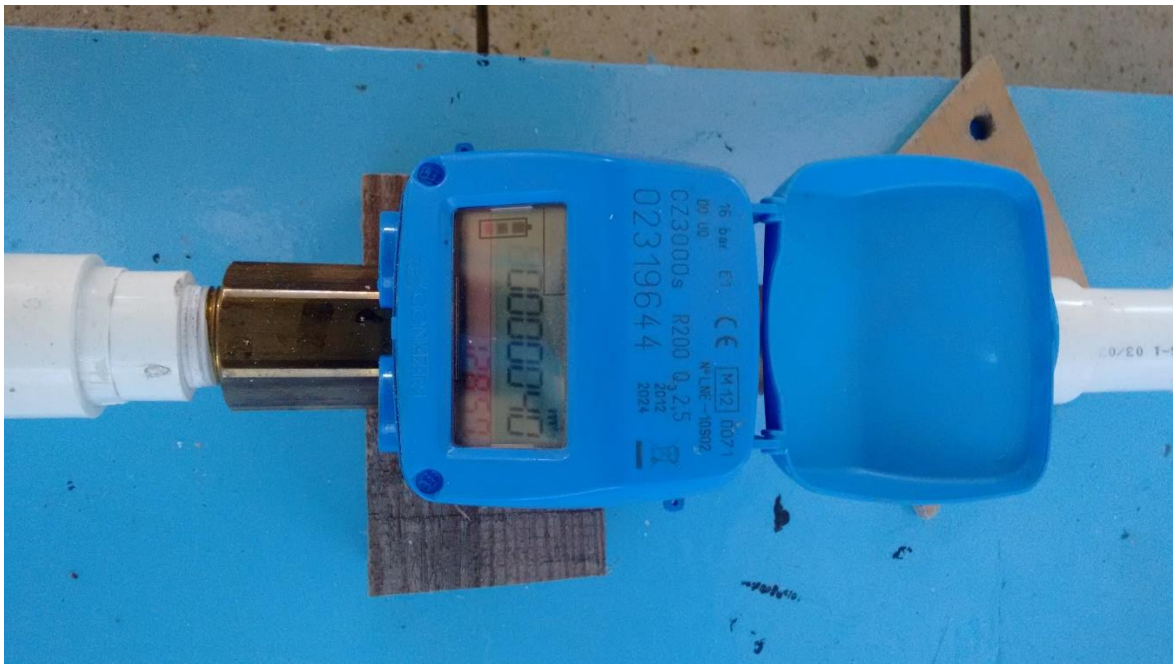


Ilustración 38. Medidor Contazara

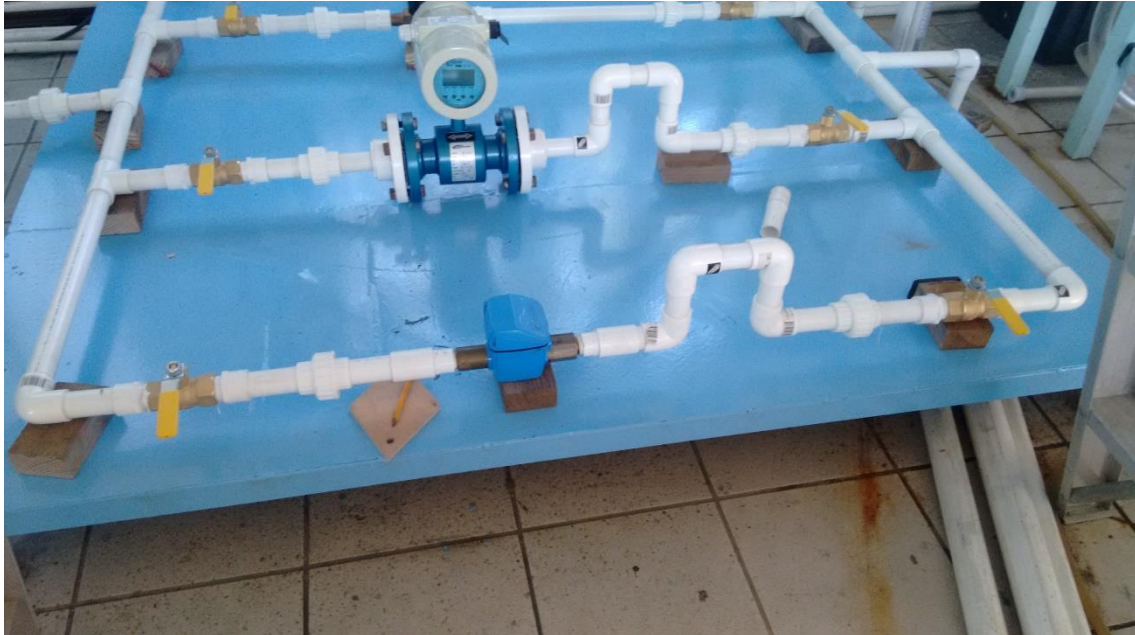


Ilustración 39. Medidor Contazara y Medidor Dorot con cuello de ganzo.



Ilustración 40. Medidor electromagnético Dorot de 2".

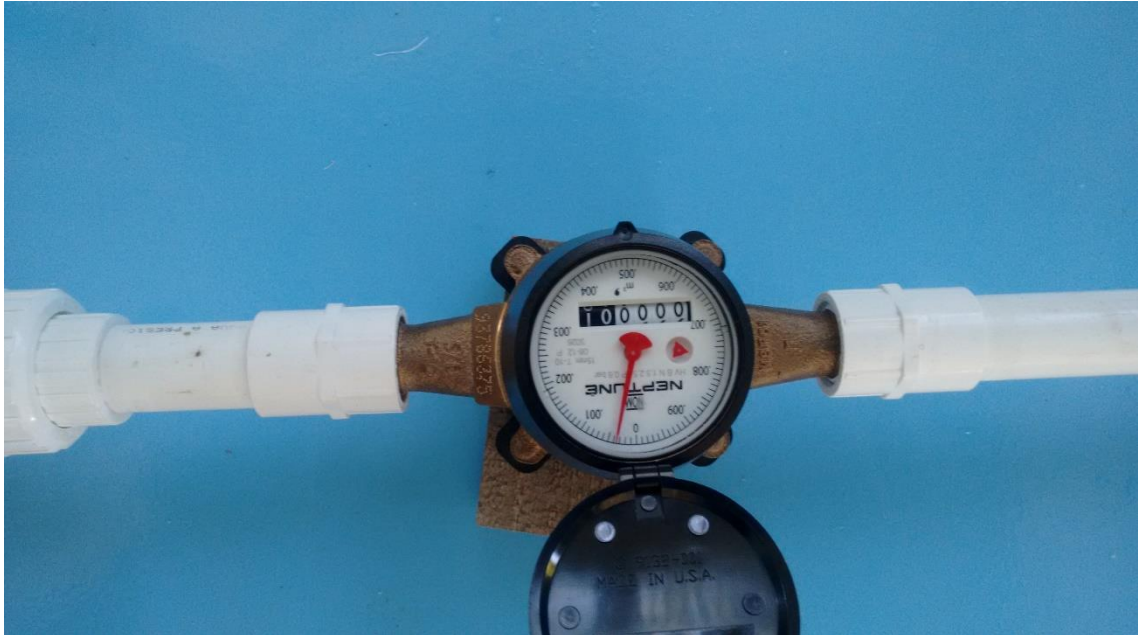


Ilustración 41. Medidor Neptune.

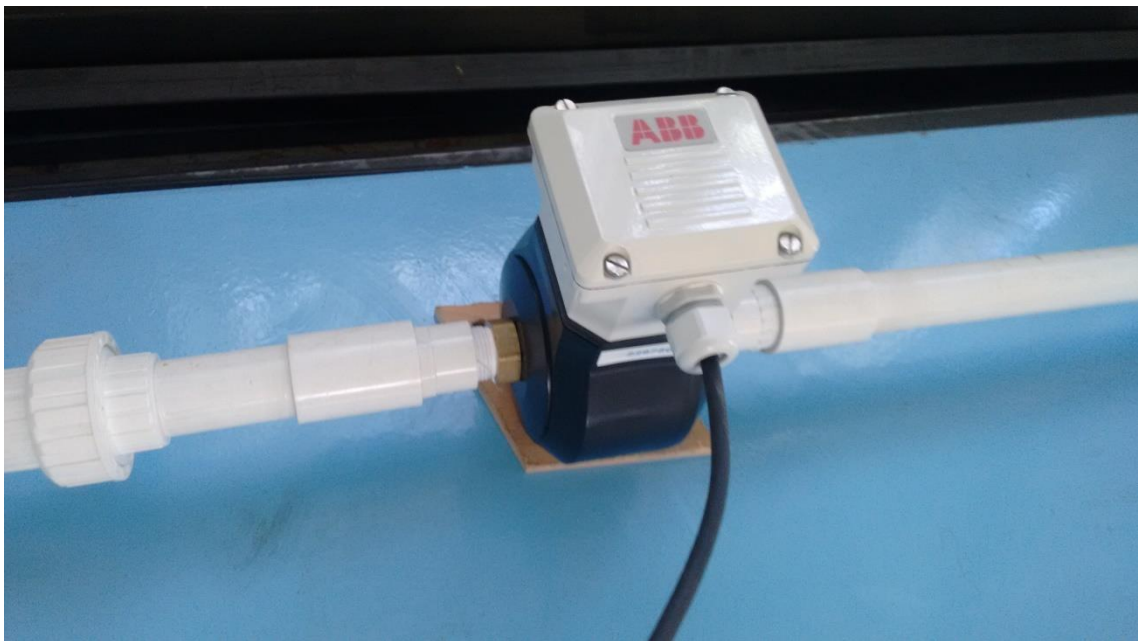






Ilustración 42. Sensor del medidor electromagnético ABB.



Ilustración 43 Registrador del medidor electromagnético ABB.

  <p>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>	<p>Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México</p>	 <p>IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
<p>Página 64 de 97</p>	<p>México, 2016</p>	<p>Clave: HC1609.1</p>

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 65 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

6 Resultados

6.1 Identificación de tecnologías de redes inteligentes a ser desarrollada en México

Se identificó la base tecnología electrónica e informática para el desarrollo de tecnología propia IMTA de monitoreo de medidores de agua, basada en las placas electrónicas Arduino y Raspberry Pi, en el ámbito de redes inteligentes de agua potable e Internet de las cosas, en dos vertientes:

- para medidores con memoria interna
- para medidores sin memoria interna.



Los medidores del primer tipo son ante todo macromedidores. Los del segundo tipo son, en primer lugar, los micromedidores domésticos.

Se definieron la tecnología y todos los requerimientos para el primer tipo de medidores, y se elaboraron los términos de referencia para la fabricación de un prototipo de interfaz de medidores de agua tipo IoT (tecnología propia IMTA), que tendrá también la función adicional de registro de datos en memoria USB. Los términos de referencia se muestran en el Anexo 2 de este informe e incluyen instalación y pruebas sobre los 8 medidores Badger Meter instalados en el IMTA, aunque la tecnología es aplicable a otras marcas de medidores del mismo tipo. Se recibieron cotizaciones de una orden de servicio para la implementación, con base en estos términos de referencia, de tres empresas y del Centro de Desarrollo, Innovación y Transferencia de Tecnología (CEDITTEC) perteneciente al Parque Tecnológico del Tecnológico de Monterrey Campus Cuernavaca. Tratándose de partidas clasificadas en los rubros de los TIC, se elaboró y envió la documentación respectiva para solicitar la autorización a la Secretaría de la Función Pública (documento para la dictaminación de contrataciones de TIC - Formato APCT F2 y estudio costo-beneficio). La Secretaría de la Función Pública, a través de su director de promoción e integración de Gobierno Digital y su subdirector de evaluación de tecnologías de la información y comunicaciones, sugirieron modificaciones que se atenderán a futuro. El Anexo 3 de este informe contiene la contestación de la Secretaría de la Función Pública. Cabe señalar que actualmente se requiere la autorización de la Secretaría de la Función Pública no solo para ordenes de servicio, sino también para la compra de materiales y componentes de la categoría TIC, aunque éstas sean de bajo costo.

Referente a la segunda vertiente tecnológica, para medidores sin memoria interna, se realizaron pruebas para captar por fuera del medidor, por medio de un sensor de efecto Hall, las variaciones del campo magnético que genera un medidor de desplazamiento positivo, de esfera seca, con el giro de la pequeña rueda magnetizada que tiene en su interior, de la misma manera como lo han hecho en otros países. Las pruebas resultaron insatisfactorias por lo que queda pendiente probar con otros sensores con mayor sensibilidad, que se puedan conseguir en el mercado nacional o internacional, o agregar un amplificador de la señal. Tales componentes son de bajo costo, pero requieren de todas formas autorización de la Secretaría de la Función Pública.

6.2 Convenio de colaboración IMTA- Infotec

Se identificó un centro público de investigación nacional, ubicado en la Ciudad de México y en la Ciudad de Aguascalientes, que ha desarrollado tecnología original mexicana de bajo costo para transferir a la nube (a Internet) información de lecturas de sensores de aparatos, basada en una combinación de la tecnología Arduino con un producto (micro chip) propio llamado Cloudino. Se

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 66 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

estableció contacto con Infotec y se explorarán las posibilidades de usar esta tecnología en el IMTA. Se planteó la firma de dos convenios de colaboración entre el IMTA e Infotec al respecto, convenio marco y convenio específico. Se formularon los dos convenios de colaboración, se revisaron por el área jurídica del IMTA, y se entregaron para revisión jurídica por parte de Infotec. El Anexo 4 de este informe contiene copia de los dos convenios.

6.3 Estand para pruebas de la tecnología de medidores inteligentes

El estand para pruebas de la tecnología de medidores inteligentes, construido en el laboratorio de la DEPMI-IMTA Campus Morelos, puede ser usado para seguir experimentando con la interfaz IoT de los medidores de agua y para pruebas y análisis de la aplicabilidad de la tecnología de medidores inteligentes de agua.

6.4 Apoyo al proyecto IMTA Verde



En colaboración con el proyecto IMTA Verde, se evaluó la tecnología de macto y micromedición automatizada e inteligente que ofrecen varias compañías representadas en México, para su eventual aplicación en este proyecto y en el proyecto IMTA Verde.

El responsable del proyecto dirigió la estancia técnica en el IMTA de 12 estudiantes de licenciatura en Ingeniería Civil de diferentes universidades mexicanas, en el marco del programa Verano de la Investigación Científica DELFIN 2016. Tres de los estudiantes participaron en el proyecto IMTA Verde, en el levantamiento de las redes hidráulicas existentes del IMTA, y los demás en otros proyectos del IMTA. Se impartió un curso sobre EPANET de 12 horas a los 12 estudiantes.

6.5 Artículos publicados en revistas arbitradas e indizadas y/o congresos internacionales

En el tiempo en que duró el proyecto, año 2016, se publicaron los siguientes artículos con autoría o coautoría del responsable del mismo, Dr. Velitchko G. Tzatchkov:

1. Velitchko G. Tzatchkov, Óscar T. Vegas Niño, Víctor J. Bourguett Ortiz, “Metodología para evaluar la confiabilidad del suministro en la distribución de agua y su incremento”, XXVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Lima, Perú, 26 al 30 de septiembre de 2016
2. Óscar T. Vegas Niño, Fernando Martínez Alzamora, Velitchko G. Tzatchkov, “Aplicación de la teoría de grafos a la identificación de subsistemas hidráulicos en redes de distribución de agua”, XXVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Lima, Perú, 26 al 30 de septiembre de 2016
3. Di Nardo A., Di Natale M., Giudicianni C., Santonastaso G.F., Velitchko G. Tzatchkov., José Manuel Rodríguez Varela, Alcocer Yamanaka V.H. “Water supply network partitioning based on simultaneous cost and energy optimization”, 2nd EWaS International Conference, Chania, Creta, Grecia, 1- 4 June, 2016.
4. Armando Di Nardo, Michele Di Natale, Carlo Giudiciannia, Giovanni Francesco Santonastaso, Velitchko Tzatchkov, José Manuel Rodríguez Varela, Victor Hugo Alcocer Yamanaka, “Water Supply Network Partitioning Based on Simultaneous Cost and Energy Optimization”, Procedia Engineering, vol. 162, nov. 2016.
5. A. Di Nardo, M. Di Natale, C. Giudicianni, D. Musmarra, José Manuel Rodríguez Varela, G.F. Santonastaso, A. Simone, Velitchko G. Tzatchkov, “Redundancy Features of Water Distribution Systems”, 18 Conferencia Internacional Water Distribution Systems Analysis, Cartagena, Colombia, 24 al 28 de julio 2016, organizada por la Universidad de los Andes,

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 67 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

Colombia y el Environmental and Water Research Institute de la American Society of Civil Engineers.

6. Velitchko G. Tzatchkov, A. Martin-Dominguez , R. D. Hernandez-Lopez, “Residence Time Distribution and Disinfectant Mixing in Private Water Tanks”, capítulo en el libro “Environmental Science and Sustainable Development”, World Scientific Publishing Co. Singapore et al. 2016, p. 190-197.
7. R. D. Hernandez-Lopez, V. G. Tzatchkov, A. Martin-Dominguez, V. H. Alcocer-Yamanaka, “Study of hydraulics and mixing in roof tanks used in intermittent water supply”, IWA Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development, Vol. 6, No. 4, Dic. 2016
8. Velitchko G. Tzatchkov, Víctor H. Alcocer-Yamanaka, “Modelación de la variación del consumo de agua potable con métodos estocásticos”, Revista Tecnología y Ciencias dl Agua, vol. VII, núm. 3, p. 115-133, mayo-junio de 2016.



Los primeros cinco de estos artículos fueron publicados con investigadores europeos, de la Segunda Universidad de Nápoles y del Politecnico di Bari, ambos en Italia, y de la Universidad Politécnica de Valencia, España.

En el artículo en la revista internacional indizada Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development de la IWA, el autor principal es estudiante de doctorado del responsable del proyecto.

Por otro lado, el responsable del proyecto realizó el arbitraje de 6 artículos para revistas internacionales arbitradas e indizadas, entre las cuales están Journal Water Science and Technology, Urban Water Journal, Journal Mathematical Problems in Engineering, Revista Tecnología y Ciencias del Agua, y Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales UNAM.

El responsable del proyecto realizó una comisión internacional, a Colombia para presentar un artículo elaborado de manera conjunta con autores de la Segunda Universidad de Nápoles y el Politecnico di Bari. En la conferencia estuvo presente el Comité de Historia de la Modelación de las Redes de Distribución de Agua Potable de la American Society of Civil Engineers de los Estados Unidos de Norteamérica, con representante el Dr. Steven Buchberger de la Universidad de Cincinnati quién realizó en el lugar una entrevista videograbada al responsable del proyecto, de casi media hora. Esta entrevista fue seleccionada para formar parte del video documento permanente de Historia de la Modelación de las Redes de Distribución de Agua Potable que será publicado este año por la American Society of Civil Engineers de los Estados Unidos de Norteamérica, en reconocimiento de las investigaciones realizadas en la materia por el comisionado en el IMTA.

  <p>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>	<p>Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México</p>	 <p>IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
<p>Página 68 de 97</p>	<p>México, 2016</p>	<p>Clave: HC1609.1</p>



 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 69 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

7 Conclusiones

El IMTA puede desarrollar tecnologías propias de bajo costo para medidores de agua inteligentes, y para otros elementos del ámbito de redes inteligentes de agua potable e Internet de las cosas. Con esto se puede abrir camino para usar tecnología de este tipo en los proyectos que realiza el IMTA, y posteriormente promoverla en Organismos Operadores en México, con beneficios en: a) Redes de agua potable y software relacionado, b) Sensores inteligentes para protección del agua contra contaminación, y c) Mejores prácticas y mejores tecnologías disponibles de redes inteligentes. Tal tecnología en realidad existe, y es ofrecida por compañías de IoT y fabricantes de medidores de agua, pero es cara y propietaria, con que pone los usuarios en posición de dependencia tecnológica, obligándolos a comprar todo el paquete de tecnología. El concepto de Smart City no solo se centra en los nuevos proyectos de crecimiento urbano: se dirige también a la adecuación de las actuales ciudades en ciudades inteligentes. En México, en la parte de la operación, distribución y medición del agua potable esta actividad sin embargo es muy incipiente y principalmente cuenta con contratar tecnología de compañías extranjeras. En ese sentido, es urgente desarrollar y utilizar esta tecnología en la construcción de una mejor ingeniería mexicana. Con esto se evitará quedar como simples receptores tecnológicos por falta de desarrollos propios y de una adecuada apropiación tecnológica.

En esta relación, en el proyecto se identificó tecnología electrónica e informática a desarrollar, adecuada para redes inteligentes de agua potable, basada en las placas electrónicas Arduino y Raspberry Pi, y plataformas de bajo costo o gratuitas de manejo de datos en la nube. Se definieron la tecnología y los requerimientos para convertir medidores con memoria interna existentes (básicamente macromedidores), y se elaboraron los términos de referencia para la fabricación de un prototipo de interfaz de medidores de agua tipo IoT (tecnología propia IMTA), que tendrá también la función adicional de registro de datos en memoria USB para los casos de interrupción de servicio de Internet en el lugar. Se realizaron también pruebas sobre medidores sin memoria interna (tales como los micromedidores domiciliarios), para implementar una tecnología similar basada en captar por fuera del medidor, con un sensor de efecto Hall, las variaciones del campo magnético que genera el medidor de desplazamiento positivo, de esfera seca, con el giro de la rueda magnetizada que tiene en su interior. Las pruebas resultaron insatisfactorias, dado que el sensor captaba las variaciones del campo magnético solamente cuando se colocaba muy cerca de la rueda magnetizada, y no las captaba estando fuera del medidor. Queda pendiente probar con otros sensores con mayor sensibilidad, que se puedan conseguir en el mercado nacional o internacional, o agregar un amplificador de la señal.

El proyecto ha mostrado que con la tecnología Arduino y Raspberry Pi se puede implementar telemetría inteligente de bajo costo, donde los datos pueden ser desplegados en una página Web y consultados desde cualquier lugar del mundo en una computadora o en un teléfono celular. El espectro de posibilidades de transmisión de datos a Internet en tiempo real es bastante amplio. Las redes locales con Internet alámbrico e inalámbrico (WiFi) son una alternativa rápida para el envío de los datos vía Internet, en lugares donde se cuenta con este servicio. La comunicación puede ser dos vías. Al estar el dispositivo conectado al modem o a la computadora este puede ser verificado y reconfigurado remotamente o en un momento dado reiniciado, y se pueden mandar mensajes de alarma a teléfono celular o a correo electrónico. Para sitios remotos donde no hay cobertura de Internet existe la alternativa de la telefonía celular 3G/4G (tecnología inalámbrica de tercera o cuarta generación) o GPRS (por sus siglas en inglés). La tecnología 3G y GPRS permiten a un dispositivo estar conectado permanentemente a Internet y por lo tanto pueden enviar mensajes a un servidor. Para la transmisión de datos vía celular se requiere que el

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 70 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1



dispositivo de medición se conecte a un modem GPRS vía puerto RS232, RS485, USB, etc. Al modem GPRS se le inserta una tarjeta SIM la cual tiene un número de teléfono asignado. Para la transmisión de datos se puede contratar un plan de datos mensual o hacer prepagos por el uso de la transmisión de datos.

Ya en la red, los datos son desplegados en una página Web y por lo tanto pueden visualizados en cualquier dispositivo que tenga acceso a Internet. Ubidots es un servicio en la nube que permite almacenar y analizar información de sensores en tiempo real. Permite crear aplicaciones para el Internet de las Cosas sin necesidad de tener conocimientos en programación Web o bases de datos, por medio de librerías de Arduino que tienen el propósito de ahorrar el tiempo y el código necesario para enviar datos de sensores a la nube de Ubidots. Sólo se tiene que añadir la librería al IDE de Arduino. Los valores se actualizan en el explorador Web, en tiempo real.

Se identificaron instituciones mexicanas con quienes se puede colaborar en tal iniciativa, entre ellas el centro público de investigación Infotec, que ha desarrollado tecnología original mexicana de bajo costo para transferir a la nube (a Internet) información de lecturas de sensores de aparatos, basada en una combinación de la tecnología Arduino con un producto (micro chip) propio llamado Cloudino. Esta tecnología puede ser empleada por el IMTA, para lo cual se planteó la firma de dos convenios de colaboración entre el IMTA e Infotec al respecto, convenio marco y convenio específico, que llevan tiempo en revisión jurídica por parte de Infotec, y no se han firmado.

La colaboración en el tema con universidades e institutos europeos, en que la participación del IMTA se limitaba a la parte de metodologías y algoritmos para el diseño óptimo de las sectorizaciones, así como proporcionar datos de las redes de algunas ciudades mexicanas, ha sido productiva en términos de generación de artículos. pero existen obstáculos para pruebas de su tecnología electrónica en México, relacionadas con la necesidad de comprar e importar sensores y otras componentes. Esto es una razón más de trabajar en desarrollar tecnología propia mexicana. Los insumos para implementar soluciones IoT se pueden encontrar en el mercado nacional, y generalmente son de bajo costo, pero la mayoría de ellos, igual que los servicios de contratación relacionados, están clasificadas en partidas presupuestarias de los rubros de los TIC para lo cual actualmente siempre hay que solicitar autorización de la Secretaría de la Función Pública, aun en los casos cuando éstos son de bajo costo, algo que hay que tener en cuenta en programar las actividades de cualquier proyecto que involucre tales trabajos e insumos.

El estand para pruebas de la tecnología de medidores inteligentes, construido en el laboratorio de la DEPMI-IMTA Campus Morelos en el presente proyecto, puede ser usado para seguir experimentando con la interfaz IoT de los medidores de agua y para pruebas y análisis de la aplicabilidad de la tecnología de medidores inteligentes de agua. Por otro lado, el proyecto IMTA Verde, en que se considera renovar, modernizar y equipar toda la infraestructura hidráulica del IMTA Verde, puede servir de un gran laboratorio para evaluar y probar la tecnología de macto y micromedición automatizada e inteligente, y ejemplo para los organismos operadores de agua en el país.

 <p>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>	<p>Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México</p>	 <p>IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
<p>Página 71 de 97</p>	<p>México, 2016</p>	<p>Clave: HC1609.1</p>

8 Bibliografía

Arreguín Cortés, F.I., López Perez, M., Marengo Mogollón, H., Mejía Maravilla, E., García Villanueva, N. H., y Aguilar Chávez, A. “Oportunidades informáticas y tecnológicas”, *H₂O Gestión del Agua*, Julio-Septiembre 2016, México.

Chambi Chambi J. F. y Griffiths Jauregui, J. M. (2016). “Medidor de consumo de Agua para Edificios Aplicando Telemetría con Raspberry pi y gestionado por Web”, La Paz, BOLIVIA. Disponible en <http://independent.academia.edu/JavierGriffiths>

Di Nardo, V.H. Alcocer-Yamanaka, C. Altucci, R. Battaglia, R. Bernini, S. Bodini, I. Bortone, V.J. Bourguett-Ortiz, A. Cammissa, S. Capasso, F. Cascetta, M. Cocco, M. D’acunto, B. Della Ventura, F. De Martino, A. Di Mauro, M. Di Natale, M. Doveri, B. El Mansouri, R. Funari, F. Gesuele, R. Greco, P. Iovino, R. Koenig, T. Korakis, C.S. Laspidou, L. Lupi, M. Maietta, D. Musmarra, O. Paleari, G.F. Santonastaso, D. Savic, A. Scozzari, F. Soldovieri, F. Smorra, F.P. Tuccinardi, V.G. Tzatchkov, L.S. Vamvakeridou-Lyroudia, R. Velotta, S. Venticinque, B. Vetrano (2015). “New Perspectives for Smart Water Network monitoring, partitioning and protection with innovative On-line Measuring Sensors”, E-proceedings of the 36th IAHR World Congress 28 June – 3 July, 2015, The Hague, the Netherlands.

Di Nardo A., Di Natale M., Santonastaso G.F., Venticinque S. (2013). An automated tool for smart water network partitioning. *Water Resources Management*, 27, 4493-4508.



Di Nardo A., Di Natale M., Musmarra, D., Santonastaso G.F., Tzatchkov V.G. and Alcocer Yamanaka V.H. (2015). Dual-use value of network partitioning for water system management and protection from malicious contamination. *Journal of Hydroinformatics*, 17(3), 361–376.



ISO/IEC JTC 1, I. technology. (2014). Information technology Smart cities. Smart cities - Preliminary Report 2014.

Lee, A., Francisque, A., Najjaran, H., Rodriguez, M.J., Hoorfar, M., Imran, S.A., Sadiq, R. (2012). “Online monitoring of drinking water quality in a distribution network: a selection procedure for suitable water quality parameters and sensor devices, *Int J Syst Assur Eng Manag*, 3(4), 323–337.

Morales, R.A. (2014). “Sistema de telemetría para la transmisión y despliegue de datos en tiempo real del gasto (q) de medidores en canales y presas”, Informe final del proyecto HC1412.1, Subcoordinación de Hidráulica Ambiental, IMTA.

WssTP (2012). “Sensors and Monitoring. State-of-the-art and research needs”, June 2012, The European Water Platform.

  <p>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>	<p>Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México</p>	 <p>IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
<p>Página 72 de 97</p>	<p>México, 2016</p>	<p>Clave: HC1609.1</p>

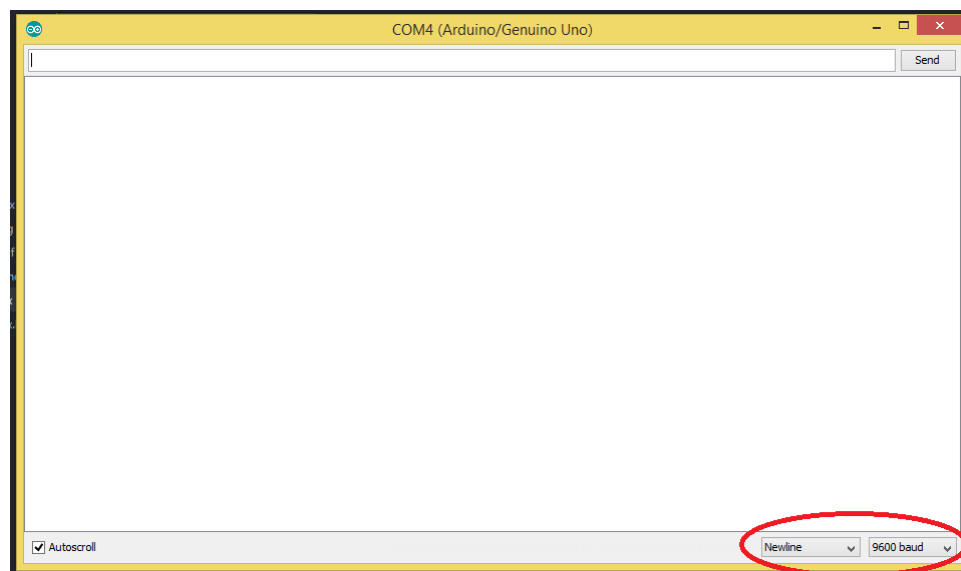
 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 73 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

9 Anexos

9.1 Anexo 1 Configuración de red en Arduino YUN




Se enumeran los pasos para configurar la red de un Arduino YUN:

1. Abrir el IDE de Arduino.
2. En el menú **Archivo**, seleccionar **ejemplos** - > **Bridge** - > **Yun- FirstConfig**.
3. En el menú **Herramientas**, seleccionar **Tarjeta** - > **Arduino YUN**.
4. En el menú **Herramientas**, seleccionar en **Puerto** el puerto correspondiente al Arduino YUN.
5. Cargar el programa a la tarjeta.
6. Abrir el **Monitor Serial** en el IDE de Arduino y



1. Se mostrará un diálogo y después de unos minutos se encenderá el led 13 e indicará que no se encontró ninguna red.
2. Se debe ingresar el nombre de la red y dar *Enter*.
3. Se debe ingresar la contraseña de la red y dar *Enter*.
4. Se debe ingresar el tipo de cifrado de la red y dar *Enter*. Las opciones son **WEP**, **WPA** y **WPA2**. Lo más probable es que se trate de esta última.
5. Se debe asignar un nombre al dispositivo y dar *Enter*. Esto con la finalidad de diferenciarlo de otros dispositivos que pudiesen estar conectados a la misma red.
6. Se debe asignar una contraseña al dispositivo y dar *Enter*. Esto sirve para evitar que cualquiera en la red pueda entrar y cambiar la configuración.
7. Finalmente se debe ingresar **MX** como respuesta al código del país y dar *Enter*. Esto configura la conexión de acuerdo a los canales asignados a WiFi en México.

Hecho esto, el dispositivo intentará conectarse a la red e indicará si lo logra o no. En caso de no lograrlo, se debe desconectar el dispositivo de la alimentación y cerrar el **Monitor Serial** y volver abrirlo para ejecutar de nueva cuenta el diálogo de configuración de red. El fallo puede estar en el tipo de cifrado de la red, en que la red no llega al lugar donde se

 	<p align="center">Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México</p>	 <p align="right">IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
<p align="center">Página 74 de 97</p>	<p align="center">México, 2016</p>	<p align="right">Clave: HC1609.1</p>

ubica el dispositivo o que el nombre de la red o su contraseña no fueron ingresados de manera correcta.

Una vez que quede configurada la red, se puede reprogramar el Arduino YUN con un nuevo sketch sin afectar la configuración de la red.

9.2 Anexo 2 Términos de referencia para Diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de interfaz de medidores de agua con Internet tipo IoT (tecnología propia IMTA)

ANEXO 1 REQUISITOS TÉCNICOS CARÁTULA

<p>FECHA 20 de octubre 2016</p>	<p>CONCEPTO Diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de interfaz de medidores de agua con Internet tipo IoT (Internet of Things) con función adicional de registro de datos en memoria USB</p>
<p>PERIODO DE EJECUCIÓN 18 de noviembre al 31 de diciembre 2016</p>	<p>LUGAR DE EJECUCIÓN En las oficinas del Prestador del Servicio y en Jiutepec, Morelos</p>
<p>ANTICIPO No aplica</p>	<p>TIPO DE PROCEDIMIENTO Adjudicación Directa Art. 42 último párrafo de la Ley de Adquisiciones Arrendamientos y Servicio del Sector Público TIPO DE CONTRATO: Abierto NO (X) SI ()</p>
<p>OBJETIVO: "EL PRESTADOR DE SERVICIO" deberá diseñar y fabricar un prototipo de interfaz para los macromedidores de agua marca Badger Meter instalados en el IMTA tipo internet of Things (IoT), con función principal de enviar sus lecturas a Internet en tiempo real y con función adicional de registro de las mismas en memoria USB.</p> <p>DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR: Se elaborarán 8 interfaces, una por cada uno de los 8 medidores de agua electromagnéticos de carrete marca Badger Meter que se tienen instalados en el IMTA.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseño y fabricación de prototipo de interfaz IoT con función de registrador de datos para validación de funcionamiento en pruebas de campo. • Visita al IMTA para instalación y prueba de prototipo. A partir del prototipo se generarán las ocho interfaces IoT con función de registrador de datos definitivos. • Fabricación de ocho interfaces IoT con función de registrador de datos. • Visita al IMTA para instalación de las interfaces IoT con función de registrador de datos. • Elaboración del Informe final. <p>La interfaz registrará el momento en que la información del sensor es obtenida para agregar esta información que se almacenará y/o transferirá por Internet.</p> <p>La interfaz podrá ser conectada mediante WiFi a una red de internet proporcionada por el IMTA, a través de la cual se enviará la información obtenida por el sensor.</p> <p>Se incluirán también dos cámaras para Raspberry Pi para pruebas posteriores, con las siguientes características: Dimensiones aproximadas 25mm x 20mm x 9mm y su peso esta alrededor de los 3g,</p>	

 <p>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>	<p>Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México</p>	 <p>IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
<p>Página 76 de 97</p>	<p>México, 2016</p>	<p>Clave: HC1609.1</p>

haciéndola perfecta para aplicaciones móviles u otras aplicaciones donde el peso y tamaño son importantes. El sensor tiene una resolución de 5 megapíxeles, y tiene un lente de enfoque fijo incluido. En términos de imágenes estáticas la cámara es capaz de tomar imágenes estáticas por pixel de 2596x1944, y también soporta vídeo en 1080p30, 720p60, 640x480p60/90.

ENTREGABLES:

- 8 interfaces, con pruebas de su funcionamiento
- 2 cámaras para Raspberry Pi
- Informe Final en dos tantos en formato original y archivo en medio electrónico (CD), detallando las actividades realizadas, los principales resultados y conclusiones.

FORMA DE PAGO:

Dos pagos, el primer pago correspondiente al 50%. Se pagara al 50% de avances de la prestación del servicio y el segundo pago a la conclusión y entrega del informe final, dichos pagos se realizarán dentro de los 20 días naturales contando a partir de la entrega de la factura respectiva, previa aceptación y autorización del Solicitante del Servicio

CRITERIO DE EVALUACIÓN:

Se adjudicará a quien presente la cotización más baja y que cumpla con las especificaciones en los presentes Términos de Referencia.

SUMINISTRO DE MATERIALES:



No aplica

**VO. BO.
SUBCOORDINADOR DE HIDRÁULICA
URBANA**

**ELABORÓ
SOLICITANTE DEL SERVICIO**

M EN I. JOSÉ MANUEL RODRÍGUEZ VARELA

DR. VELITCHKO G. TZATCHKOV

 <p>SEMARNAT SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>	<p align="center">Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México</p>	 <p align="right">IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
<p align="center">Página 77 de 97</p>	<p align="center">México, 2016</p>	<p align="right">Clave: HC1609.1</p>

ANEXO 1 REQUISITOS TÉCNICOS DE LA CONVOCATORIA

1.- CONCEPTO

Diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de interfaz de medidores de agua con Internet tipo IoT (Internet of Things) con función adicional de registro de datos en memoria USB

2.- OBJETIVO

“EL PRESTADOR DE SERVICIO” deberá diseñar y fabricar un prototipo de interfaz para los macromedidores de agua marca Badger Meter instalados en el IMTA tipo internet of Things (IoT), con función principal de enviar sus lecturas a Internet en tiempo real y con función adicional de registro de las mismas en memoria USB.

3. LUGAR DE EJECUCIÓN

En las oficinas del Prestador del Servicio y en Jiutepec, Morelos.

4. PERIODO DE EJECUCIÓN

24 de octubre al 30 de noviembre del 2016

5. TIPO DE CONTRATO

Abierto NO (X) SI ()

6.-DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR

- a) Diseño y fabricación de prototipo de interfaz IoT con función de registrador de datos para validación de funcionamiento en pruebas de campo.
- b) Visita al IMTA para instalación y prueba de prototipo. Al concluir las pruebas el prototipo será regresado al prestador de servicio para su análisis y ajuste.
- c) A partir del prototipo se generarán las ocho interfaces IoT con función de registrador de datos definitivas.
- d) Fabricación de ocho interfaces IoT con función de registrador de datos.
- e) Visita al IMTA para instalación de las interfaces IoT con función de registrador de datos.
- f) El número de interfaces a instalar está sujeta a la cantidad de sensores disponibles.
- g) Se incluirán también dos cámaras para Raspberry Pi para pruebas posteriores.
- h) Elaboración de informe.

La interfaz registrará el momento en que la información del sensor es obtenida para agregar esta información que se almacenará y/o transferirá por Internet. La interfaz podrá ser conectada mediante WiFi a una red de internet proporcionada por el IMTA, a través de la cual se enviará la información obtenida por el sensor. La interfaz almacenará la información recopilada en una memoria USB que podrá ser consultada para descargar los datos históricos de

las mediciones tomadas con el sensor utilizado. El dispositivo contará con un botón para detener el almacenamiento de información en la memoria USB y desmontarla, para hacer segura su extracción y no comprometer los datos almacenados ni el correcto funcionamiento de la memoria USB. El dispositivo contará con un selector que permitirá configurar la frecuencia con que la información obtenida del sensor es almacenada en la memoria USB y transmitida por medio de internet. La interfaz contará con Leds para indicar el estado en que se encuentra el sistema. La interfaz contará con un contenedor para protegerla. Se incluirán también dos cámaras para Raspberry Pi para pruebas posteriores.

7.- REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS O ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

7.1.-CALENDARIO DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD O ACCIÓN	SEMANAS					
	1	2	3	4	5	6
Diseño y fabricación de prototipo	X	X				
Visita al IMTA para instalación y prueba de prototipo	X	X	X	X		
Fabricación de ocho interfaces IoT con función de registrador de datos	X	X	X	X	X	
Visita al IMTA para instalación de las interfaces IoT con función de registrador de datos				X	X	X
Elaboración de informe	X	X	X	X	X	X
Avance Físico programado %	5	10	50	60	80	100



7.2- ENTREGABLES

Al término de los trabajos el Prestador del Servicio deberá entregar:

- 8 interfaces, con pruebas de su funcionamiento
- 2 cámaras para Raspberry Pi
- Informe Final impreso en dos tantos en formato original y archivo en medio electrónico (CD), detallando las actividades realizadas, los principales resultados y conclusiones.

8. VERIFICACIÓN Y ACEPTACIÓN DE LOS SERVICIOS

EI Prestador del Servicio entregará un informe final. Los avances serán reportados al Solicitante del Servicio para su autorización de visto bueno, así como la entrega de los archivos generados. Se verificará el cumplimiento del servicio conforme a los entregables establecidos en los presentes términos de referencia. EI Prestador del Servicio entregará toda la información y reportes, derivado de este estudio y el Solicitante del Servicio hará las observaciones que sean pertinentes de manera escrita,

 SEMARNAT SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 79 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

considerando la satisfacción de los requerimientos y la oportunidad de su entrega.

Al concluir las actividades correspondientes, el Solicitante del Servicio, emitirá su conformidad para el pago correspondiente del servicio.

El Pago, sólo resultará procedente cuando la información entregada corresponda a los entregables que hayan sido debidamente devengados.

9. FORMA DE PAGO

Dos pagos, el primer pago correspondiente al 50% se pagara al 50% de avances de la prestación del servicio y el segundo pago a la conclusión y entrega del informe final, dichos pagos se realizarán dentro de los 20 días naturales contando a partir de la entrega de la factura respectiva, previa aceptación y autorización del Solicitante del Servicio.

10.- CRITERIO DE EVALUACIÓN

Se adjudicará a quien presente la cotización más baja y que cumpla con las especificaciones de los Términos de Referencia.

11. PRESENTACIÓN DE PROPOSICIÓN ECONÓMICA ANEXO 2



No se considerará para fines de pago la cantidad de servicio realizado por "EL PRESTADOR DE SERVICIO" fuera de lo establecido en los presentes términos de referencia y/o las indicaciones del Solicitante del Servicio.

"EL PRESTADOR DE SERVICIO", debe presentar su propuesta económica por cada uno de los elementos resumidos en el ANEXO 2.

Vo. Bo.
SUBCOORDINADOR DE HIDRÁULICA
URBANA

ELABORÓ
SOLICITANTE DEL SERVICIO

M. EN I. JOSÉ MANUEL RODRÍGUEZ VARELA **DR. VELITCHKO G. TZATCHKOV**

 SEMARNAT SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 80 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

"ANEXO 2"
 PROPUESTA ECONÓMICA



COTIZACIÓN		
No.	Actividad	Precio
1	Diseño y fabricación de prototipo.	
2	Visita al IMTA para instalación y prueba de prototipo.	
3	Fabricación de ocho interfaces IoT con función de registrador de datos.	
4	Visita al IMTA para instalación de las interfaces IoT con función de registrador de datos.	
5	2 cámaras para Raspberry Pi	
		Subtotal
		IVA 16%
		Total

DATOS DE LA COTIZACIÓN:

VIGENCIA DE LA COTIZACIÓN:

FECHA DE LA COTIZACIÓN:

FIRMA DE LA COTIZACIÓN.

 <p>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>	<p>Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México</p>	 <p>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
<p>Página 81 de 97</p>	<p>México, 2016</p>	<p>Clave: HC1609.1</p>

9.3 Anexo 3 Oficio de contestación de la Secretaría de la Función Pública a la solicitud de autorización de orden de servicio



Ciudad de México, a 18 de Noviembre del 2016
 Subsecretaría de la Función Pública.
 Unidad de Gobierno Digital.
 Dirección General Adjunta de Servicios Digitales.
 Dirección General Adjunta de Estrategia y Normatividad de Gobierno Digital.
 Dirección de Promoción e Integración de Gobierno Digital.

Número de referencia: UGD/DGAENG/DPIGD/409/2317/2016

Lic. José Benites Chacón
 Subdirector de Informática y Telecomunicaciones

PRESENTE

Instituto Mexicano de Tecnologías del Agua

Me refiero a su oficio OficioNum.RJE.07.04.-090, turnado a esta Dirección para su atención, por el que solicita el dictamen correspondiente para la contratación del "Adquisición de licencias de uso de software y contratación de servicios TIC 2016".

Sobre el particular y con fundamento en el artículo 37 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de diciembre de 1976, y reformada el 18 de julio de 2016; artículos 10, 18, 47 y 48 del Reglamento Interior de la Secretaría de la Función Pública; Artículo 9 del Acuerdo que tiene por objeto emitir las políticas y disposiciones para la Estrategia Digital Nacional, en materia de tecnologías de la información y comunicaciones, y en la de seguridad de la información, así como establecer el Manual Administrativo de Aplicación General en dichas materias; publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de mayo del año 2014 y su Acuerdo modificatorio publicado en el mismo medio de difusión oficial el 4 de febrero de 2016; se expone lo siguiente:

De acuerdo al análisis de la información presentada en el oficio referido se desprende que:

- El Instituto Mexicano de Tecnologías del Agua (IMTA), requiere la contratación de la "Adquisición de licencias de uso de software y contratación de servicios TIC 2016", la cual contempla lo siguiente: Diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de interfaz de medidores de agua con Internet tipo IoT (Internet of Things) con función adicional de registro de datos en memoria USB.

Del análisis de la información presentada en oficio referido, esta instancia determina no procedente la solicitud por lo siguiente:

- Como parte de la licitación deberá considerarse la prueba del concepto.

Considerando lo anterior, esta instancia dictamina como no favorable desde el punto de vista técnico la solicitud de IMTA; y determina que una vez que la Comisión aclare, adjunte la información necesaria y atienda los puntos anteriores, se estará en condiciones de emitir el pronunciamiento respectivo.

Sin más por el momento, le reitero las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

ATENTAMENTE

Arturo Omar Solano González|Diseño fabricación y pruebas de un prototipo de interfaz de medidores de agua con Internet tipo IoT (Internet of Things) con función adicional de registro de datos en memoria USB|31-10-2016 23:47:51

COcsEmipYH6llzYRppzCzd/ixyKKZvr7q+dyLx2zFfybjmQhiZBmhyKUCDP/P1A9L40VAVXJjFwccYjczYrvxdOu/4L0x1wrQv4kHNYVEMTpMeTE1CPvaQ/aEL//I3IRRP6X9IHJGlrPS8vFuucM8UjujRISGw2rZ+UzGzYY-

DIRECTOR DE PROMOCIÓN E INTEGRACIÓN DE GOBIERNO DIGITAL

Adrián Bringas Reyes|Diseño fabricación y pruebas de un prototipo de interfaz de medidores de agua con Internet tipo IoT (Internet of Things) con función adicional de registro de datos en memoria USB|18-11-2016 18:39:26

bDpuq5PHxW6XU17AHBdBFJwME67RTBRLhxFJ5paeivpuerYv7dbOx1AZLzYkGv/Lzv0EWjh9c30M0L0oVrSi3AijFIX3Obrhrf9LCXT8Z6i0oghTrRpGFRCZkI9QfFebbCjhXTC2f+UFxTVPxTQj9GIhuvpoGDlrEwlQvuFOBKLLBYvAVAcgx2v2zFUvkz2/IQLVB3721L7cQZdlB6zOIUHLlwpG5QhHmg6jmmI2NZeivTMqGpZA/mcTrpMq7OGqAvfCGLdew52+Z366rD2Z2+dzSKzEw+WzQwiOk1iVr4ezLW4f/uwl48GG4/BK+aR3jEN64knWFLxTCuA0AA---

SUBDIRECTOR DE EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE LA FUNCIÓN PÚBLICA





El presente acto administrativo es una de forma de mediación y uso de un medio electrónico de la función pública emitido por el artículo 7º y 15º de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública Federal y el artículo 12 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública Federal.

Por un acto administrativo de carácter de conocimiento se emiten de forma electrónica de conformidad con lo establecido en la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública Federal y el artículo 11 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública Federal en el ejercicio de las funciones de la Secretaría de la Función Pública.

La versión electrónica de este documento garantiza la integridad y autenticidad de los datos a través de la siguiente URL: <https://251145154077/actos-administrativos> para lo cual será necesario proporcionar el número de identificación B2660-deugd-133 y código de acceso: QKVD5jY3MDMx0ULTMQ==. De igual manera podrá verse el documento electrónico por medio de código QR para lo cual se recomienda descargar una copia de este tipo de código QR a su dispositivo móvil.

Cde. Wilfrido Yandú Martínez Muñoz - Titular de la Unidad de Gobierno Digital - Presente

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 83 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1



9.4 Anexo 4 Convenios de colaboración IMTA-Infotec (en revisión por parte de Infotec)

CONVENIO GENERAL DE COOPERACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA, QUE CELEBRAN, POR UNA PARTE, EL INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA, EN LO SUCESIVO “EL IMTA”, REPRESENTADO EN ESTE ACTO POR EL DR. FELIPE IGNACIO ARREGUÍN CORTÉS, EN SU CARÁCTER DE DIRECTOR GENERAL Y POR LA OTRA PARTE, CENTRO DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN, A QUIEN EN LO SUCESIVO SE LE DENOMINARÁ “Infotec”, REPRESENTADA EN ESTE ACTO POR EL _____, EN SU CARACTER DE DIRECTOR, A QUIENES EN FORMA CONJUNTA SE DENOMINARÁN COMO “LAS PARTES”, CONFORME A LAS SIGUIENTES:

DECLARACIONES

I. “EL IMTA” declara que:

- I.1 Es un Organismo Público Descentralizado del Gobierno Federal, con personalidad jurídica y patrimonio propios, creado por Decreto Presidencial, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de octubre de 2001, y Centro Público de Investigación por resolución conjunta de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, publicada en el Diario Oficial de la Federación el dieciséis de diciembre de dos mil nueve.
- I.2 Tiene por objeto: realizar investigación, desarrollar, adaptar y transferir tecnología, prestar servicios tecnológicos y preparar recursos humanos calificados para el manejo, conservación y rehabilitación del agua, a fin de contribuir al desarrollo sustentable del país. Y, entre sus funciones se encuentran: I. Realizar, orientar, fomentar, promover y difundir programas y actividades de investigación y de desarrollo, adaptación y transferencia de tecnología y de formación de recursos humanos calificados, que contribuyan a asegurar el aprovechamiento y manejo sustentable e integral del agua. II. Desarrollar proyectos de investigación y de educación y capacitación especializadas de interés para otras instituciones, los cuales se realizarán bajo convenios y contratos específicos, XV. Ejecutar toda clase de actos y celebrar toda clase de contratos y convenios necesarios para el cumplimiento de su objeto.
- I.3 El Dr. Felipe Ignacio Arreguín Cortés, en su carácter de Director General, tiene la facultad de representar a “El IMTA”, así como celebrar el presente Convenio en los términos del nombramiento otorgado por el C. Enrique Peña Nieto, Presidente de los Estados Unidos Mexicanos, expedido el dieciséis de junio del dos mil quince y que a la fecha no le ha sido revocado, y de los artículos 5°, 9° y 10° del Decreto por el que se



 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 84 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

crea el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de octubre de 2001.

- I.4 Que tiene establecido su domicilio legal para efectos de este instrumento jurídico en Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Colonia Progreso, C.P. 62550, Municipio de Jiutepec, en el Estado de Morelos, mismo que se señala para los fines y efectos legales de este Convenio.

II. “Infotec” declara que:

- II.1 Es un Fideicomiso Público constituido mediante contrato de fecha 30 de diciembre de 1974, y por Convenios Modificatorios de fecha 21 de octubre de 1994, 5 de septiembre de 1997, 10 de noviembre de 2000, 18 de enero del 2007, 29 de mayo de 2009 y 6 de diciembre de 2011, por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, como Fideicomitente, y por Nacional Financiera, S.N.C., como Fiduciaria, con el propósito de establecer un mecanismo de comunicación y de transferencia de los conocimientos científicos y tecnológicos, existentes en el país y en el extranjero. Asimismo y de conformidad con lo estipulado en la Ley de Ciencia y Tecnología, es de precisarse que mediante acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 16 de agosto de 2000, la Secretaría de Educación Pública y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología resolvieron conjuntamente reconocer como Centros Públicos de Investigación a diversas entidades paraestatales, entre las que figuran el Fondo de Información y Documentación para la Industria Infotec.
- II.2 De conformidad con lo estipulado en la cláusula Quinta, fracción XVI del Convenio Modificatorio a su Contrato Constitutivo de fecha 6 de diciembre de 2011, en cumplimiento de sus fines “Infotec” podrá llevar a cabo, entre otras acciones, el establecimiento de relaciones de colaboración, cuando sea conveniente, con instituciones afines públicas, académicas, de investigación o privadas, nacionales o internacionales, para promover, organizar y participar de forma conjunta o independiente en la formación de recursos humanos altamente especializados a través de programas de posgrado, especializaciones, diplomados, cursos, talleres, seminarios, congresos, entre otros programas, sobre los temas relacionados con sus fines.
- II.3 En cumplimiento de su objeto suscribe el presente Convenio General de Cooperación Científica y Técnica con “EL IMTA”, a efecto de coordinar esfuerzos, recursos y capacidades para el desarrollo de proyectos y acciones de interés y beneficio mutuo relacionadas con el desarrollo de proyectos tecnológicos, así como para establecer relaciones de investigación, teniendo como objetivo principal la cooperación técnica, el diseño de sistemas, y soluciones de servicios con base tecnológica de conformidad con el portafolio de servicios de Infotec.
- II.4 El XXXXXXXX en su carácter de Apoderado Legal, quien tiene facultades suficientes para celebrar el presente Convenio, tal y como lo acredita con la Escritura Pública

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 85 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

número -----, de fecha -----, expedida por el Notario Público número -- del Distrito Federal, Lic. -----, en la que se hace constar el otorgamiento de un poder para actos de administración, manifestando “bajo protesta de decir verdad” que a la fecha, dichas facultades no le han sido revocadas ni modificadas en forma alguna.

II.5 Cuenta con el registro federal de contribuyentes número FID-741230-A22.

II.6 Para efectos del presente documento señala como domicilio legal el ubicado en: Avenida San Fernando número 37, colonia Toriello Guerra, Delegación Tlalpan, código postal 14050, en esta Ciudad de México, Distrito Federal.

III. De “LAS PARTES” que:

III.1 Reconocen la importancia de impulsar y potenciar la cooperación entre ambas instituciones y están convencidas de la necesidad en promover conjuntamente programas de educación, capacitación, cooperación científica y técnica en el sector del agua, así como la realización de investigaciones para promover y estimular el desarrollo sustentable.



III.2 Estando interesadas en actividades de desarrollo sustentables en áreas afines de sus respectivas misiones, a través de Proyectos de Investigación y Desarrollo, se reconocen mutuamente la personalidad jurídica y la capacidad legal que ostentan, mismas que al momento de suscribir el presente Convenio General de Cooperación Científica y Técnica en lo sucesivo “Convenio”, no les han sido revocadas, modificadas, ni limitadas en forma alguna.

Por lo anterior y con fundamento en los artículos 1792, 1797 y 1859 del Código Civil Federal, “Las Partes” se encuentran de acuerdo en celebrar el presente Convenio General de Cooperación Científica y Técnica, en lo sucesivo “CONVENIO”, y que están conformes en comprometer a sus representadas en términos de las siguientes:

CLÁUSULAS

PRIMERA.- OBJETO

El presente “Convenio” tiene como objeto establecer las bases generales de colaboración entre el “Infotec” y “EL IMTA” para el desarrollo de actividades conjuntas, como lo son entre otras: la organización y desarrollo de proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico; estudios técnicos; programas de especialización y actualización profesional en áreas de interés común y que correspondan al sector del agua, siendo estas actividades enunciativas más no limitativas.

 <p>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>	<p>Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México</p>	 <p>IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
<p>Página 86 de 97</p>	<p>México, 2016</p>	<p>Clave: HC1609.1</p>

SEGUNDA.- PROGRAMAS DE TRABAJO

“Las Partes” se comprometen a presentar programas de trabajo, en los cuales se concretarán las actividades a desarrollar y contendrán: calendarización, personal participante, presupuestos requeridos, financiamiento, procedimientos de evaluación y seguimiento de la marcha de las actividades programas, así como todos los datos y documentos necesarios para determinar los fines y alcances de cada uno de los programas, los cuales se desarrollarán en el marco de este “Convenio” y serán formalizados a través de Convenios Específicos, debidamente firmados por los representantes legales; los cuales formarán parte integral del presente “Convenio”.

TERCERA.- MODALIDADES DE COOPERACIÓN



Para la realización del objeto del presente “Convenio”, “Las partes” se comprometen a considerar el desarrollo de actividades de cooperación especialmente dirigidas, pero no limitadas a las modalidades siguientes:

- a). Iniciativas relacionadas con la investigación, tales como:
 - I. Desarrollo de proyectos de investigación conjunta.
 - II. Prestación de asistencia técnica y/o científica, previo acuerdo de las partes.
 - III. Intercambio de información, previo acuerdo entre las partes.
- b). Iniciativas de educación continua, así como de capacitación y formación del personal académico y estudiantes, tales como:
 - I. Estancias temporales de personal académico, científico o técnico, y de estudiantes, de una de las partes a las instalaciones de la otra parte, para llevar a cabo estancias de investigación, visitas académicas o alguna otra actividad de interés mutuo, previo acuerdo entre las partes.
 - II. Capacitación técnica y científica.
 - III. Apoyo a la enseñanza y capacitación de estudiantes e investigadores, para incrementar su capacidad y conocimientos.
 - IV. Prácticas profesionales, Veranos de investigación y Estancias Laborales
- c). Iniciativas de difusión de conocimiento, tales como:
 - I. Participación del personal académico y/o estudiantes de las partes en seminarios, simposios y otras reuniones científicas y académicas.
 - II. Eventos académicos especiales de corta duración, realizados de manera conjunta por las partes.
 - III. Elaboración conjunta de productos académicos.
- d). Otras iniciativas específicas que mutuamente acuerden las partes.

CUARTA.- RECURSOS

Cada una de las partes cubrirá, según se convenga en los Convenios Específicos, los gastos y viáticos de sus Representantes en los grupos de trabajos, cuando sea necesario que se efectúen desplazamientos fuera de la sede Institucional.

“Las partes” podrán gestionar ante instituciones públicas o privadas, nacionales o internacionales, la obtención de recursos necesarios para financiar, total o parcialmente, el

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 87 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

desarrollo de las actividades que se realicen en el marco del presente “Convenio” y sus Convenios específicos, cuando lo consideren necesario.

Este “Convenio” no obliga a “Infotec” ni a “**EL IMTA**” a realizar algún gasto no especificado en este documento. Dichas obligaciones, en caso de existir se cubrirán como parte de los Convenios específicos y los planes de trabajo anuales, que deberán llevarse a cabo con base en este “Convenio”.

QUINTA.- RESPONSABLES

Para el adecuado desarrollo y seguimiento de las actividades a que se refiere el presente “Convenio”, “Las partes” designan como Responsables a las personas siguientes:

Por “EL IMTA”: _____ Coordinador de _____ o quien lo sustituya en el cargo.

Por “Infotec”: Dr., _____ Director _____, o quien lo sustituya en el cargo.

Las funciones de los Responsables, serán:

- a) Dar seguimiento a las acciones derivadas de los programas de trabajo que las partes hayan aprobado y establecido en los convenios específicos;
- b) Coordinar la elaboración, alcances y firma de los convenios específicos emanados del presente instrumento;
- c) Dar seguimiento a los programas de trabajo y evaluar sus resultados, y
- d) Las demás que acuerden las partes.



SEXTA.- CONFIDENCIALIDAD

“Las partes” acuerdan expresamente mantener confidencialidad de la información y productos que surjan de los proyectos de investigación y de las actividades que de manera conjunta deriven de este convenio, así como de toda la información que no sea del dominio público y a la que podrían tener acceso en el marco de este documento, para lo cual se firmará un convenio de confidencialidad.

SÉPTIMA.- PROPIEDAD INTELECTUAL

“Las Partes” convienen en que la propiedad intelectual que pudiera derivarse de la realización de las actividades desarrolladas en el marco del presente “Convenio”, corresponderá a la parte cuyo personal haya realizado el trabajo. Si son el resultado de un trabajo conjunto, las partes compartirán la titularidad de los derechos de acuerdo con su participación en las actividades. En todo momento las partes otorgarán el debido reconocimiento a las personas que participaron en el desarrollo de las mismas.

La divulgación o publicación de los datos y resultados obtenidos con motivo de este convenio, a través de publicaciones, conferencias, informes o cualquier otra forma, deberá obtener la autorización, expresa y por escrito de ambas partes. Queda expresamente entendido que “Las Partes” podrán utilizar los resultados obtenidos de las actividades

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 88 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

amparadas por el presente instrumento, en sus áreas académicas y para fines de difusión y desarrollo institucional, siempre y cuando no se establezca otra condición en los convenios específicos.

OCTAVA.- RELACIONES LABORALES

“Las Partes” acuerdan que el personal o los miembros de cada una de ellas que sean designados para la realización conjunta de cualquier acción, continuará en forma absoluta bajo la dirección, dependencia y subordinación de la parte con la que tengan establecida su relación laboral, independientemente de estar desempeñando sus actividades en las instalaciones de la parte a la que fue asignada, por ende, cada una de ellas asumirá su responsabilidad por este concepto y en ningún caso se considerarán patrones solidarios o sustitutos.

Si en la realización de un programa interviene personal que preste sus servicios a instituciones o personas distintas a “Las partes”, aquél continuará siempre bajo la dirección y dependencia de dicha institución o persona, por lo que su intervención no originará relación alguna de carácter laboral ni con “EL IMTA” ni con “Infotec.

NOVENA.- RESPONSABILIDAD CIVIL

Queda expresamente pactado que ninguna de “Las partes” tendrá responsabilidad civil por daños y perjuicios que pudieran causarse recíprocamente por causas de fuerza mayor o casos fortuitos que impidieran la continuación de las actividades previstas en el presente convenio, pudiendo reanudarse hasta su total conclusión, en las mismas condiciones y circunstancias cuando desaparezcan las causas que motivaron su suspensión .

DÉCIMA.- VIGENCIA

La vigencia del presente “Convenio” será de cinco años a partir de la fecha de su firma, y se renovará de forma automática, por periodos iguales siempre y cuando “Las Partes”, no manifiesten lo contrario por escrito de cualquiera de ellas. .



DÉCIMA PRIMERA.- MODIFICACIONES

El presente convenio podrá ser modificado o adicionado por acuerdo entre las partes, dichas modificaciones constarán por escrito debidamente firmado por sus representantes legales y obligarán a las partes a partir de la fecha de su firma.

DÉCIMA SEGUNDA.- TERMINACIÓN ANTICIPADA

Cualquiera de las partes podrá dar por terminado el presente convenio dando aviso por escrito a la otra, con 30 días naturales de anticipación a la fecha prevista para tal efecto. En caso de terminación anticipada, las acciones y proyectos iniciados mediante convenios específicos en el marco del presente “Convenio” deberán continuar hasta su terminación conforme al programa, términos y calendario acordados en el mismo.

DÉCIMA TERCERA.- INTERPRETACIÓN Y CONTROVERSIAS

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 89 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1



Este “Convenio” se suscribe en un espíritu de cooperación y buena fe en razón de lo cual las diferencias que llegaren a presentarse en cuanto a su interpretación, alcance y cumplimiento serán resueltas por los responsables a que se refiere la cláusula quinta del presente convenio y en caso de no resolverse, esta será resuelta por los representantes legales.

Leído que fue el presente “Convenio” y debidamente enteradas las partes de su contenido y alcance legal, lo rubrican al margen y lo firman al calce por triplicado, en la ciudad de _____, a los ___ días del mes de _____ del año 2016.

**POR EL INSTITUTO MEXICANO DE
TECNOLOGÍA DEL AGUA**

**POR EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN E
INNOVACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN**

**DR. FELIPE IGNACIO ARREGUÍN CORTÉS
DIRECTOR GENERAL**

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 90 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

CONVENIO ESPECIFICO QUE CELEBRA POR UNA PARTE EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN, EN LO SUCESIVO, “Infotec” REPRESENTADO EN ESTE ACTO POR EL MTRO. SERGIO CARRERA RIVA PALACIO, DIRECTOR EJECUTIVO, Y POR LA OTRA PARTE, EL INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA, A QUIEN EN LO SUCESIVO SE LE DENOMINARÁ “EL IMTA”, REPRESENTADO EN ESTE ACTO POR EL M.A. JOSÉ RAÚL SAAVEDRA HORITA COORDINADOR DE HIDRÁULICA EN SU CARÁCTER DE APODERADO LEGAL, Y A QUIENES DE MANERA CONJUNTA SE LES DENOMINARÁ “LAS PARTES”, QUIENES SE COMPROMETEN AL TENOR DE LOS SIGUIENTES ANTECEDENTES, DECLARACIONES Y CLÁUSULAS:



ANTECEDENTES

1. Con fecha _____ 2016, el Centro de Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y Comunicación y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, celebraron un Convenio General de Cooperación Científica y Técnica en lo sucesivo “Convenio”, con el objeto de “Establecer las bases generales de colaboración entre “EL Infotec” y “EL IMTA” para el desarrollo de actividades conjuntas, en áreas de interés común y que correspondan al sector agua”.
2. Que conforme a lo establecido en la Cláusula Segunda del “Convenio”, las partes se encuentra de acuerdo en celebrar el presente Convenio Específico.

DECLARACIONES

I. De “EL Infotec” que:

- I.1** Ratifica sus declaraciones señaladas en el “Convenio”.
- I.2** El Mtro. Sergio Carrera Riva Palacio en su carácter de Director Ejecutivo de “Infotec” cuenta con facultades necesarias para la celebración del presente Convenio, tal y como lo acredita en la escritura pública número 45,900 de fecha 1 de junio de 2011, otorgada ante la fe del Notario Público No. 131 del Distrito Federal, Lic. Gabriel Benjamín Díaz Soto, en el que se otorgan facultades legales para actos de administración, mismas que manifiesta bajo protesta de decir verdad que a la fecha no le han sido revocadas, restringidas o modificadas en forma alguna
- I.3** Tiene su domicilio en San Fernando Número 37, Colonia Toriello Guerra, Delegación Tlalpán, C.P. 14050, ciudad de México.
- I.4** Los trabajos a realizar se encuentran dentro de los fines para las que fue creado.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 91 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

I.5 Cuenta con la capacidad técnica, material y humana para la realización del objeto del presente Convenio.

I.6 Tiene como Registro Federal de Contribuyentes: FID-741230-A22.

II. De “EL IMTA” que:

II.1 Ratifica sus declaraciones señaladas en el “Convenio”.

II.2 El M.A. José Raúl Saavedra Horita en su carácter de Coordinador de Hidráulica tiene la facultad de representar a “EL IMTA”, así como celebrar el presente convenio en los términos de los artículos 4º fracción II, 12, 13 fracción IX Y 14 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de abril de 2007 y su modificación de fecha 21 de abril de 2014 y del Poder General para Actos de Administración contenido en el instrumento notarial número 62,135, Vol. MMLXXXL, pág. 11 de fecha 01 de Octubre de 2015, ante la Fe del Lic. Gregorio Alejandro Gómez Maldonado, Titular de la Notaría Número Uno de la Novena Demarcación Notarial del Estado de Morelos y bajo protesta de decir verdad manifiesta que a la fecha no le ha sido revocado.

II.3 Dentro de su estructura orgánico-administrativa se encuentra la Subcoordinación de Hidráulica Urbana, área que será la encargada de dar cumplimiento al objeto del presente instrumento y cuyo titular es el M. en I. José Manuel Rodríguez Varela.

II.4 Tiene su domicilio legal en Avenida Paseo Cuauhnáhuac número 8532, Colonia Progreso, C.P. 62550, Municipio de Jiutepec, Estado de Morelos, mismo que señala para todos los fines y efectos legales de este Convenio.



II.5 Tiene como Registro Federal de Contribuyentes: IMT011031BB3.

II.6 Que desarrolla proyectos de diseminación de tecnologías modernas de monitoreo vía Internet del consumo de agua potable y otros parámetros hidráulicos de los sistemas de agua potable en la República Mexicana. Estos proyectos incluyen en si trabajos de equipamiento de medidores de agua existentes para monitoreo de sus lecturas vía INTERNET y definición de requerimientos para el equipamiento con sensores e interfaz de medidores de agua nuevos con el mismo fin, para lo cual “El IMTA” no cuenta con personal técnico especializado y material correspondiente.

III. De “LAS PARTES”

III.1 Que ratifican en todas y cada una de sus partes el “Convenio”.

III.2 Que se reconocen su personalidad jurídica y sus facultades para la celebración de este Convenio Específico.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 92 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

III.3 Que expresan su conformidad en celebrar el presente Convenio, con el objeto de realizar el **“EQUIPAMIENTO DE MEDIDORES DE AGUA EN EL IMTA PARA MONITOREO DE SUS LECTURAS VIA INTERNET”**.

En virtud de lo anterior y con fundamento en los artículos: 3, 17, 26, 38 y 45 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 17, 22 y 59 de la Ley Federal de las Entidades Paraestatales; 1º párrafo quinto de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público; 1º, 2º, 3º, 5º, 9º y 10 del Decreto por el que se crea el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de octubre de 2001; 3, 4 fracción V, 12, 13 fracción IX y 17 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de abril de 2007 y su modificación publicado en el mismo medio de difusión el 21 de abril de 2014; 47, 48 y 53 Ley de Ciencia y Tecnología; y resolución conjunta emitida por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 16 de diciembre de 2009; 1792, 1797, 1830 y 1859 del Código Civil Federal, “Las Partes” se encuentran de acuerdo en celebrar el presente Convenio Específico al tenor de las siguientes:

CLAUSULAS



PRIMERA.- OBJETO.

“EL Infotec” y “EL IMTA” convienen en conjuntar acciones y recursos con el objeto de realizar el **“EQUIPAMIENTO DE MEDIDORES DE AGUA EN EL IMTA PARA MONITOREO DE SUS LECTURAS VIA INTERNET”**.

SEGUNDA.- ACCIONES A REALIZAR.

Para la realización del objeto del presente Convenio Específico, se comprenderán de manera enunciativa más no limitativa las siguientes acciones:

- I. Equipamiento de 8 medidores de agua existentes instalados en el IMTA para monitoreo de sus lecturas vía Internet, que ya cuentan con sensor y sistema de comunicación integrado RS232, MODBUS RTU
- II. Página Internet para el despliegue continuo de la información que generan los 8 medidores equipados
- III. Definición y pruebas de sensores e interfaz para los nuevos medidores de agua a ser adquiridos por el IMTA (40 medidores) para que tengan la capacidad de monitoreo de sus lecturas vía Internet. Estos nuevos medidores deben ser más económicos por lo que pueden no contar con sistema de comunicación integrado, como los existentes, si tal sistema de comunicación integrado resulta muy costoso.
- IV. Especificaciones para los nuevos medidores de agua a ser adquiridos por el IMTA (40 medidores) para que tengan la capacidad de monitoreo de sus lecturas vía Internet.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 93 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

- V. Lista de materiales y catálogo de conceptos para el equipamiento de los nuevos medidores de agua a ser adquiridos por el IMTA (40 medidores), para que tengan la capacidad de monitoreo de sus lecturas vía Internet.
- VI. Instructivo para la ejecución del equipamiento de los nuevos medidores de agua a ser adquiridos por el IMTA para que tengan la capacidad de monitoreo de sus lecturas vía Internet

TERCERA.- ANEXO TÉCNICO.

El detalle de las acciones, metas, montos, responsables, calendario de ejecución, forma y calendario de pago, resultados y demás aspectos inherentes a los alcances del presente Convenio Específico, se especifican en el Anexo Técnico, mismo que firmado por las partes, forma a su vez parte integrante de este instrumento.

CUARTA.- APORTACIÓN ECONÓMICA.

Para la realización de las acciones objeto del presente Convenio Específico, se tiene prevista una erogación total de \$_____ (_____ de pesos 00/100 M.N., incluido el IVA), incluyendo el IVA, provenientes de recursos de proyectos fiscales 2016 de “**EL IMTA**”. Dichos recursos serán ejercidos por “**EL IMTA**” y se destinarán para llevar a cabo las acciones objeto del presente Convenio Específico.

QUINTA. - OBLIGACIONES DE “EL Infotec”.





“**EL INFOTEC**” se compromete a:

- a) Ejecutar el proyecto, objeto de este convenio, con apego a lo establecido en el Anexo Técnico
- b) Establecer los mecanismos que se requieran para su ejecución
- c) Ejercer los recursos aportados por “**EL IMTA**”, aplicándolos a la realización de las acciones indicadas en el presente Convenio Específico y en su Anexo Técnico.
- d) Proveer los materiales e insumos necesarios para la consecución del objeto de este convenio
- e) Reportar cada 30 días naturales a “**EL IMTA**” sobre los porcentajes de avance físico y financiero de las acciones objeto del presente Convenio Específico.
- f) Entregar a “**EL IMTA**” los resultados del proyecto en término de cada etapa, debidamente documentados, según se indica en el Anexo Técnico

SEXTA.- OBLIGACIONES DE “EL IMTA”.

“**EL IMTA**” se compromete a:

- a) Aportar los recursos fiscales correspondientes, en el monto y términos señalados en la Cláusula Cuarta de este Convenio Específico y en el Anexo Técnico.
- b) Dar reconocimiento y/o crédito a “**EL Infotec**” por las actividades realizadas y la documentación generada, en la inteligencia de que los documentos y resultados que se obtengan serán propiedad de “**LAS PARTES**”

 	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 
Página 94 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

- c) Llevar a cabo el seguimiento, control y evaluación de las acciones y la correcta aplicación de los recursos que aporte, conforme a la normatividad aplicable.

SÉPTIMA.- SUPERVISIÓN.

La supervisión de la ejecución de las acciones del presente Convenio Específico corresponderá por parte de “**EL Infotec**” al C. _____ y por “**EL IMTA**” al **M. en I. José Manuel Rodríguez Varela, Subcoordinador de Hidráulica Urbana**. Estos supervisores están facultados únicamente para tomar acuerdos por escrito que permitan la eficaz y oportuna ejecución de los trabajos.

OCTAVA.- RELACIONES LABORALES.

Se entiende que el personal que aporte cada una de “**LAS PARTES**” para la realización de las acciones materia de este Convenio Específico, está relacionado exclusivamente con aquella que lo empleó y estará bajo su dirección y dependencia, por lo que no se crearán relaciones de carácter laboral con la otra, y ningún caso se le considerará como patrón sustituto o solidario.

NOVENA.- PAGOS.

“**LAS PARTES**” convienen en que las acciones objeto del presente Convenio Específico se paguen de conformidad con lo establecido en el Anexo Técnico, conforme al avance de los trabajos respectivos de acuerdo al programa o cronograma de actividades, con periodicidad no mayor de un mes, siendo la fecha de corte el último día natural de cada mes.

Una vez autorizada la factura, así como el reporte mensual de trabajo correspondiente, “**EL IMTA**” pagará a “**EL Infotec**” el importe de la misma, dentro de un plazo no mayor de 20 (veinte) días naturales contados a partir de su ingreso a la ventanilla del trámite correspondiente. Dichos pagos serán realizados mediante transferencia electrónica de fondos a la cuenta número _____ a nombre de _____ de la Institución Bancaria denominada _____, con CLABE _____.

DÉCIMA.- SUSPENSIÓN.





Procederá la suspensión provisional del presente Convenio Específico:

- a) Por acuerdo de “**LAS PARTES**”.
- b) Por caso fortuito o fuerza mayor que suspenda las actividades objeto de este Convenio Específico.

En estos casos “**LAS PARTES**” podrán acordar por escrito, el diferimiento correlativo por el mismo tiempo que duró la suspensión, siempre que no exceda el ejercicio presupuestal en curso.

DÉCIMA PRIMERA.- TERMINACIÓN ANTICIPADA.

Procederá la terminación anticipada del presente Convenio Específico:

 	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 
Página 95 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

- a) Por ajuste presupuestal o la voluntad expresa de alguna de las partes, quien deberá de notificar a la contra parte con quince días hábiles de anticipación. En este supuesto **“EL IMTA”** deberá cubrir a **“EL Infotec”** el monto correspondiente por los trabajos ejecutados hasta el día designado para la terminación, siempre y cuando los mismos cumplan con las especificaciones establecidas en el Anexo Técnico.
- b) Por caso fortuito o fuerza mayor que ponga término a las actividades objeto de este Convenio Específico.

En cualquiera de los casos antes señalados, en cuanto sea posible, **“LAS PARTES”** deberán celebrar el instrumento jurídico correspondiente.

DÉCIMA SEGUNDA.- RESCISIÓN.

Procederá la rescisión del presente Convenio Específico:

- a) Por incumplimiento de alguna de las partes en cualquiera de las cláusulas del presente Convenio Específico o en las acciones que le son encomendadas en el presente y en su Anexo Técnico.
- b) Por el atraso de **“EL Infotec”** en las acciones relativas al Convenio Específico, por segunda ocasión de conformidad con el programa correspondiente.




En estos casos **“EL IMTA”** notificará por escrito a **“EL Infotec”** respecto del incumplimiento detectado.

“El Infotec” cuenta con el término de cinco días hábiles contados a partir del momento de la notificación para manifestar lo que a su derecho corresponda.

Independientemente de que **“El IMTA”** manifieste o no, lo que a su derecho convenga, una vez fenecido el término otorgado, **“EL Infotec”** cuenta con diez días hábiles para resolver respecto al incumplimiento; resolución que de igual manera deberá notificar a **“El Infotec”**.

DÉCIMA TERCERA.- INFORMACIÓN RESERVADA O CONFIDENCIAL

“EL INFOTEC” y **“EL IMTA”**, acuerdan que el intercambio de información en cualquiera de sus modalidades y relativa cumplir con el objeto del presente Convenio Específico, su anexo Técnico o que se genere en la realización de su objeto, en caso de considerarla clasificada como Reservada o confidencial, deberá señalarse el expediente o el documento que contenga esta información y la clasificación que le corresponda, debiendo justificar el derecho que se tenga de clasificar como reservada o confidencial, de conformidad con las disposiciones aplicables, observando especialmente el contenido de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental en sus artículos 1, 2, 3, 6, 7, 12, 13, 14, 16, 18, 19 y 43; Así como el 26 y 27 de su reglamento. La clasificación de información deberá hacer referencia al tiempo de clasificación y del posible daño que se causaría en caso de su divulgación.

 	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 96 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

DÉCIMA CUARTA.- PROPIEDAD INTELECTUAL.

Los derechos patrimoniales y de la propiedad intelectual que se generen de los trabajos objeto del presente instrumento corresponderán a la parte que los haya producido o a ambas en proporción a sus aportaciones y se dará el debido reconocimiento a quienes hayan intervenido en la realización de los mismos, en términos de las disposiciones jurídicas aplicables.

“**LAS PARTES**” reconocen que son propietarias de cierta información que podrá ser utilizada en sus actividades para la ejecución del presente instrumento, dicha información es y seguirá siendo propiedad única y exclusiva de la parte a la que le pertenece, por lo que ningún derecho o interés sobre esta se le transfiere a la contraparte con motivo de este Convenio Específico, solo el derecho a usarla en la forma y términos establecidos en este instrumento, por lo que “**LAS PARTES**” se obligan a no contravenir la titularidad de los derechos de la contraparte sobre dicha información.

Asimismo, convienen que tanto las publicaciones como las coproducciones y la difusión del objeto del presente Convenio Específico se realizarán de común acuerdo, estipulando que gozarán cada uno de los derechos que otorgan tanto las leyes en materia de derechos de autor y propiedad industrial en los Estados Unidos Mexicanos, y en materia de propiedad intelectual en el extranjero.

DÉCIMA QUINTA.- RESPONSABILIDAD CIVIL.

Queda expresamente pactado que “**LAS PARTES**” no tendrán responsabilidad civil por daños y perjuicios que pudieran darse como consecuencia de caso fortuito o fuerza mayor, en su caso se procederá a ajustar los programas correspondientes.

DÉCIMA SEXTA.- FISCALIZACIÓN.

Cualquier instancia fiscalizadora en ejercicio de sus atribuciones, podrá verificar en cualquier tiempo que las acciones objeto del presente instrumento, se realicen conforme a lo convenido y se dé cumplimiento a lo establecido en las leyes aplicables; realizar las visitas e inspecciones que estime pertinentes; solicitar los datos e informes relacionados con los actos de que se trate.

DÉCIMA SÉPTIMA.- VIGENCIA.



La vigencia del presente Convenio Específico, será a partir de la fecha de su firma y hasta el ___ de ____ del 2016.

DÉCIMA OCTAVA.- MODIFICACIONES.

El presente Convenio Específico podrá ser modificado o adicionado por acuerdo entre “Las Partes”, dichas modificaciones deberán constar por escrito, debidamente firmado por sus representantes legales y obligarán a “Las Partes” a partir de la fecha de su firma.

DECIMA NOVENA. JURISDICCIÓN.

Las dudas o controversias que se originen con motivo de la interpretación, instrumentación o cumplimiento del presente Convenio Específico, se resolverán de forma administrativa de común acuerdo entre “**LAS PARTES**”, y en el caso de conflictos que no puedan resolver por este medio, se sujetarán a la jurisdicción de los Tribunales Federales con residencia en la Ciudad de

 SEMARNAT SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Diseminación de tecnología europea de redes inteligentes de agua potable en México	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 97 de 97	México, 2016	Clave: HC1609.1

Cuernavaca, Morelos, renunciando a la que les pudiera corresponder en razón de su domicilio presente o futuro, o por cualquier otra causa.

Leído que fue por “LAS PARTES” que en el presente Convenio Específico intervienen y enteradas de su contenido y alcance legal, lo firman en cuatro ejemplares, en la Ciudad de México, el día _____ de ____ del año dos mil dieciséis

**POREL CENTRO DE INVESTIGACIÓN E
 INNOVACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA
 INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN**

**POR EL INSTITUTO MEXICANO
 DE TECNOLOGÍA DEL AGUA**

 C. _____
 DIRECTOR EJECUTIVO

M.A. JOSÉ RAÚL SAAVEDRA HORITA
 COORDINADOR DE HIDRÁULICA

ENCARGADOS DE LA SUPERVISIÓN

ING. JAVIER SOLÍS GONZÁLEZ
 GERENTE DE DESARROLLO DE NUEVOS
 PRODUCTOS Y SERVICIOS

**M. I. JOSÉ MANUEL RODRÍGUEZ
 VARELA**
 SUBCOORDINADOR DE HIDRÁULICA
 URBANA