



# Quinto Congreso Nacional de Riego y Drenaje COMEII-AURPAES 2019

Septiembre 2019 | Mazatlán, Sinaloa



**AURPAES, S.C.**  
Asociación Estatal de Asociaciones de Usuarios de Riego  
Productores Agrícolas del Estado de Sinaloa S.C.



**IMTA**  
INSTITUTO MEXICANO  
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

## ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DE INTERNET DE LAS COSAS PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS DESDE SISTEMAS DE BOMBEO EN UNIDADES DE RIEGO

### AUTORES

**Alberto González Sánchez; Jesús de la Cruz Bartolón; Ernesto Olvera Aranzolo;  
Ramiro Vega Névarez; Edson Giovanni Rodríguez Gómez**

Fecha de presentación **19/septiembre/2019**  
**Mazatlán, Sinaloa, México**



**SINALOA**  
GOBIERNO DEL ESTADO



**CONAGUA**  
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA



**AURPAES, S.C.**  
Asociación Estatal de Asociaciones de Usuarios de Riego  
Productores Agrícolas del Estado de Sinaloa S.C.



**SADER**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA  
Y DESARROLLO RURAL



**SINALOA**  
SECRETARÍA DE  
AGRICULTURA  
Y GANADERÍA

**AMERD**  
ASOCIACIÓN MEXICANA DE EMPRESAS DE RIEGO Y DRENAJE A.C.



**IMTA**  
INSTITUTO MEXICANO  
DE TECNOLOGÍA  
DEL AGUA

**inifap**  
Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



**ANUR**  
ASOCIACIÓN NACIONAL DE  
USUARIOS DE RIEGO, A.C.



**UNIVERSIDAD  
DE LOS MOCHIS**





# Contenido

- Introducción
  - Problemática
  - Propuesta
- Metodologías
- Resultados y Discusión
- Conclusiones



# Introducción

- Los acuíferos aportan 35.9% del agua anual utilizada en la agricultura, y el 38.9% para otros usos consuntivos
- En las últimas décadas se ha intensificado el uso de agua subterránea para actividades de agricultura
- Esto ha causado la sobreexplotación del recurso



# Introducción

- CONAGUA ha realizado estudios de disponibilidad de agua y su capacidad de recarga (DOF 20/04/2015, 04/01/2018), que son base para el otorgamiento o limitación de títulos de concesión
- En la práctica no hay un mecanismo de monitoreo a nivel de pozo que permita verificar los títulos sean respetados
- Problemas con la medición directa: ausencia de medidores, personal dedicado a las lecturas, falta de interés por parte del productor



# Problemática

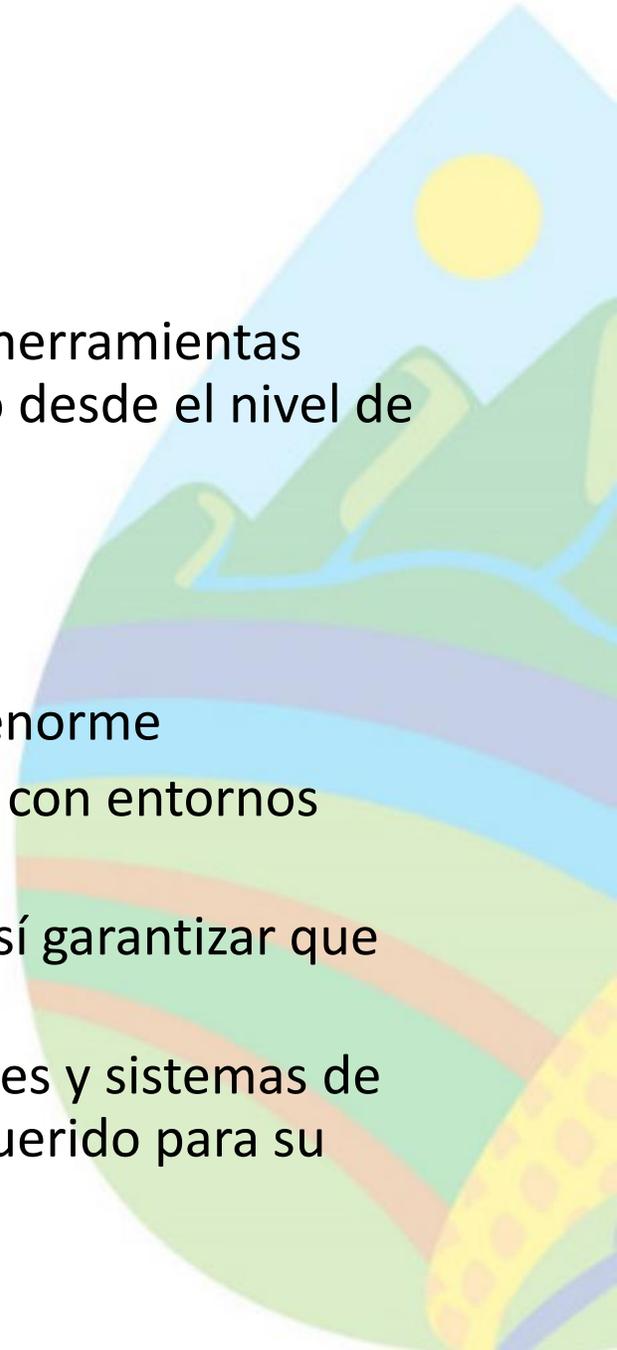
Estas condiciones llevan a afirmar a algunos autores que las extracciones subterráneas en México no son medidas, y en general se desconocen los verdaderos niveles de sobreexplotación a los que han llegado la mayoría de los acuíferos (Flores-López & Scott, 2000; Oswald, 2011).





# Problemática

- Dada esta problemática, se requiere la creación y aplicación de nuevas herramientas informáticas que faciliten la consulta o estimación del volumen extraído desde el nivel de pozo
- Características
  - Bajo costo, pues el número de aprovechamientos subterráneos es enorme
  - Contar con esquemas de aplicación en red, esto por compatibilidad con entornos físicos naturalmente distribuidos
  - Esquema de transmisión de datos debe ser redundante y fiable, y así garantizar que la información llega a su destino
  - Compatibles con las herramientas ya instaladas en campo (medidores y sistemas de bombeo), esto con el objetivo de reducir el monto de inversión requerido para su implementación



# Propuesta: Internet de las cosas

- Internet de las Cosas (*Internet of Things, IoT*) es una tecnología que reúne muchas de las características anteriormente mencionadas
- Puede referirse tanto a:
  - La red global resultante que interconecta objetos inteligentes por medio de tecnologías basadas en Internet,
  - El conjunto de tecnologías de soporte necesarias para realizar dicha interconexión (incluidos, por ejemplo, identificadores de radiofrecuencia (*RFID*), sensores / actuadores, dispositivos de comunicación máquina a máquina, etc.) y
  - El conjunto de aplicaciones y servicios que aprovechan dichas tecnologías (Atzori et al., 2010).





# Propuesta: Internet de las cosas

- *IoT* es resultado de la selección de diversas tecnologías. Sistemas microelectromecánicos, comunicaciones inalámbricas y la electrónica digital se combinan para dar como resultado la capacidad de detectar, computar y comunicarse de forma inalámbrica, formando redes inalámbricas de sensores que tienen una amplia aplicación en el monitoreo ambiental, monitoreo de infraestructura, monitoreo de tráfico y comercio, entre otros (Akyildiz et al., 2002).
- En el presente año, el IMTA desarrolla un proyecto interno para evaluar el uso de IoT para la adquisición remota de información de las extracciones.
- Primer paso: un análisis a fin de realizar selección adecuada de tecnología para el problema del envío de datos desde los sistemas de bombeo en las unidades de riego



# Metodología

- 1) **Análisis de tecnologías IoT para la adquisición remota masiva de datos de sistemas de bombeo.**
- 2) **Selección de equipos de bombeo para la instalación de los dispositivos IoT.**
- 3) **Adaptar el Sistema de Información de Extracciones Volumétricas en Acuíferos (SIEVA) para realizar la adquisición y consulta de datos de las extracciones**
- 4) **Programación de dispositivo IoT para monitorear el tiempo de funcionamiento de sistemas de bombeo y adquirir información de extracciones volumétricas.**
- 5) **Programar e instalar los dispositivos IoT en los pozos seleccionados**
- 6) **Verificación en campo del funcionamiento de los equipos IoT instalados**
- 7) **Recopilación, verificación y análisis de los datos obtenidos**



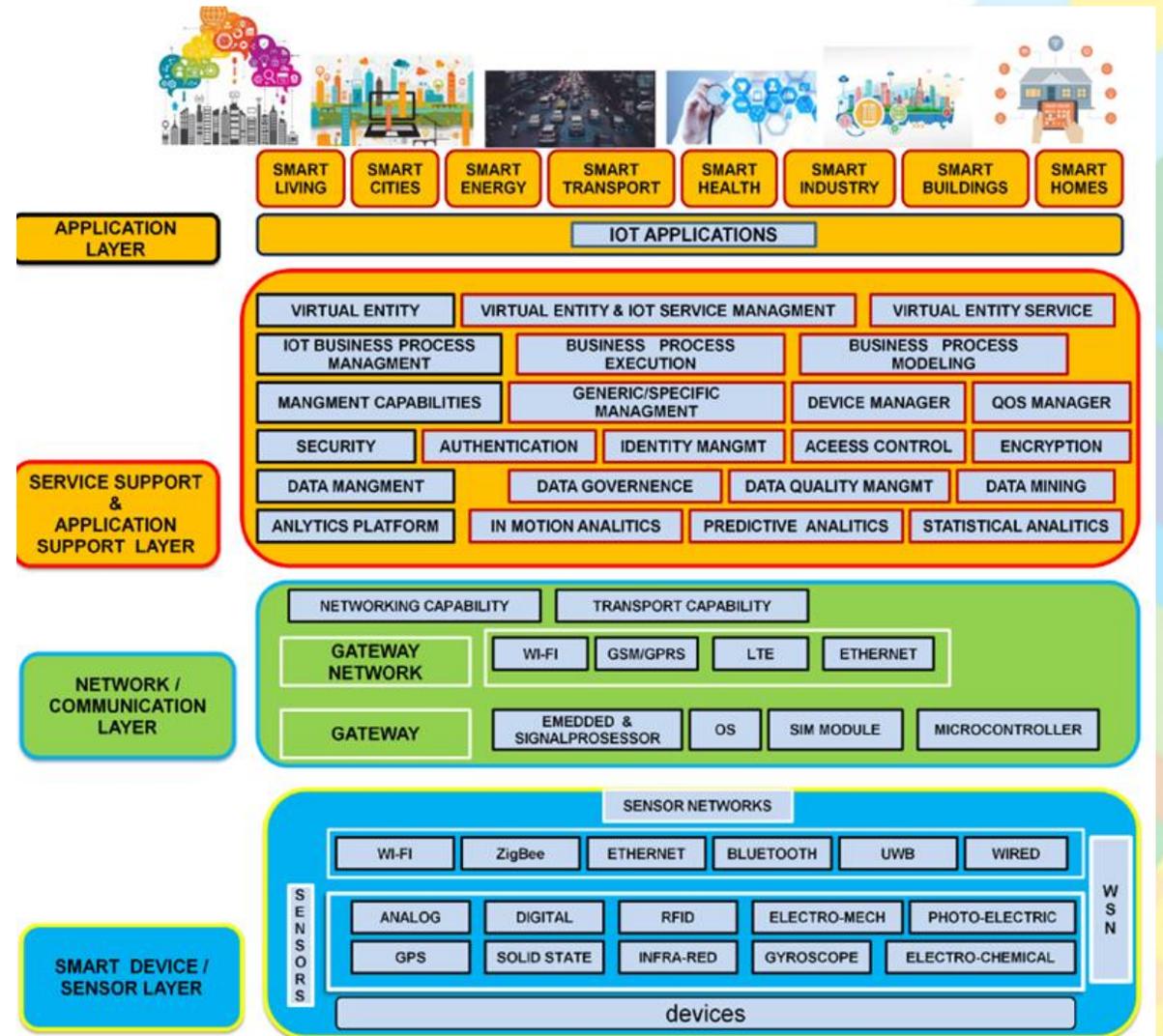
# Análisis de tecnologías IoT para la adquisición remota masiva de datos de sistemas de bombeo

---



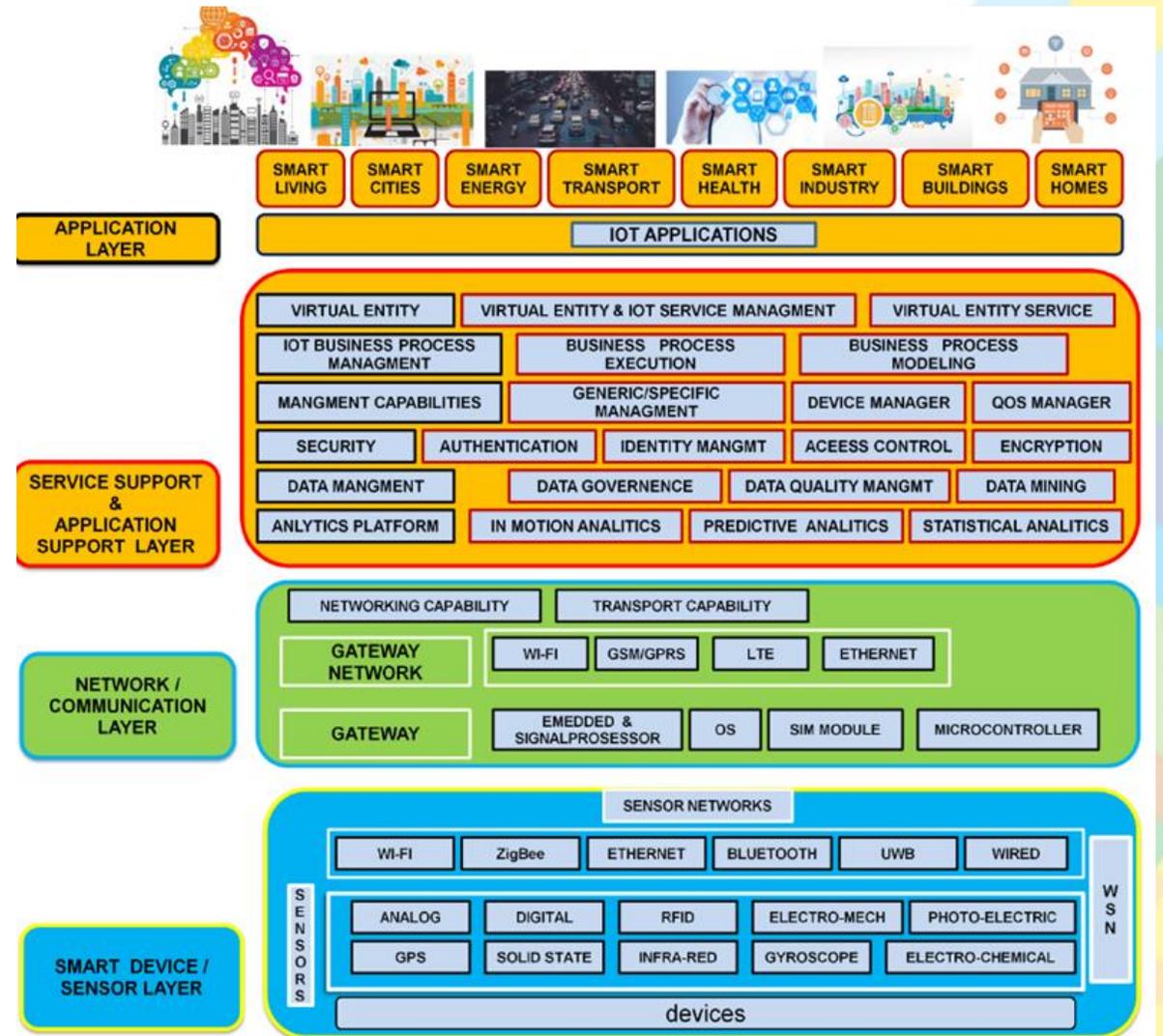
# La Arquitectura de Internet de las Cosas

- Diferentes capas de tecnologías soporte y la especificación de cómo se relacionan entre sí para lograr escalabilidad, modularidad y una configuración para la implementación en diferentes escenarios (Patel & Patel, 2016)
- Capa de percepción
- Capa de red
- Capa del servicio de administración
- Capa de aplicación



# La Arquitectura de Internet de las Cosas

- Diferentes capas de tecnologías soporte y la especificación de cómo se relacionan entre sí para lograr escalabilidad, modularidad y una configuración para la implementación en diferentes escenarios (Patel & Patel, 2016)
- Capa de percepción
- Capa de red
- Capa del servicio de administración
- Capa de aplicación





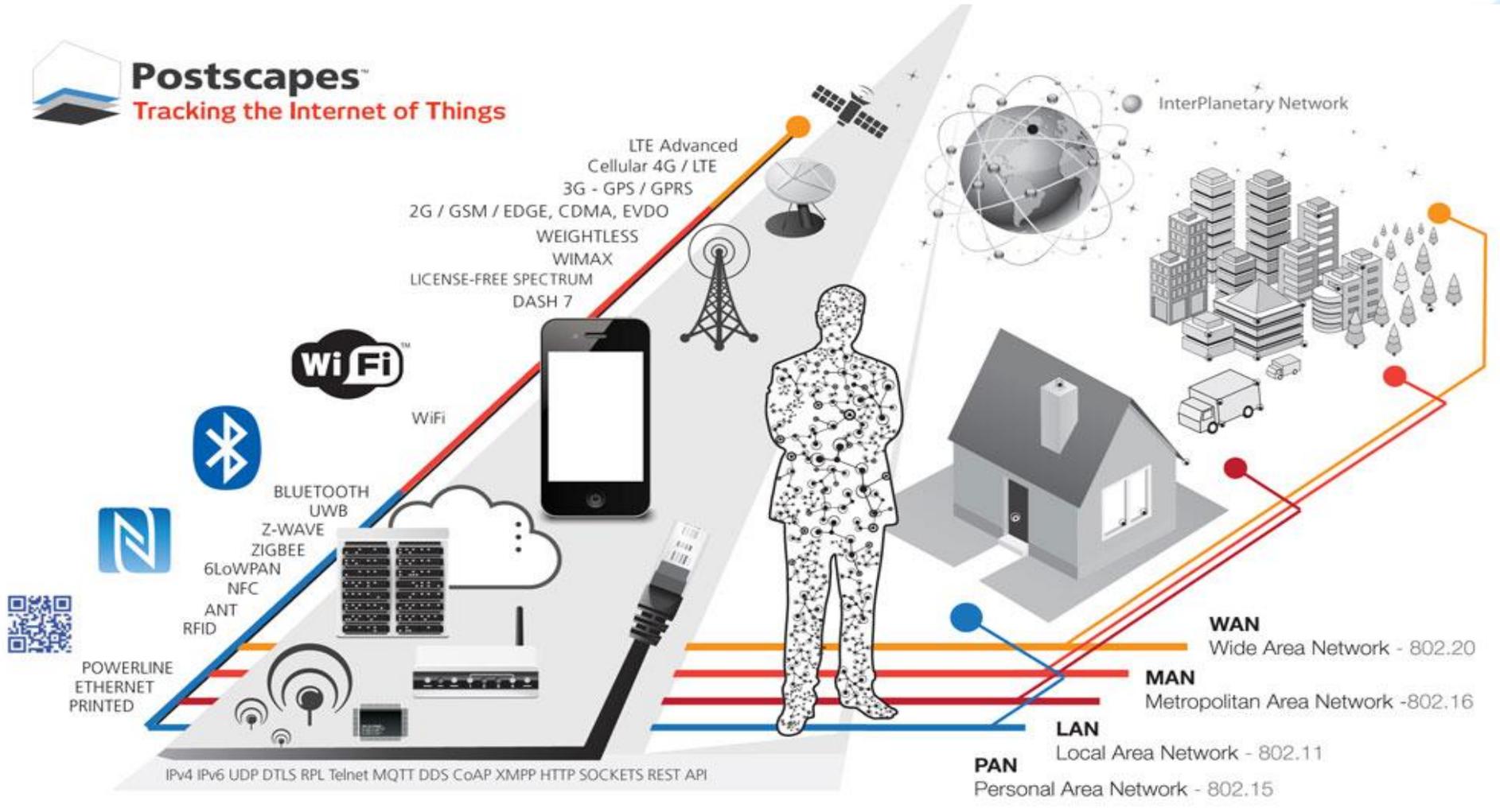
## Elementos en la implementación *IoT*

- Red de comunicación
- Modelo de comunicación
- Hardware
  - Dispositivos de comunicación y adquisición de datos
  - Dispositivos “sensoriales”
- Software





# Redes de comunicación (1/2)



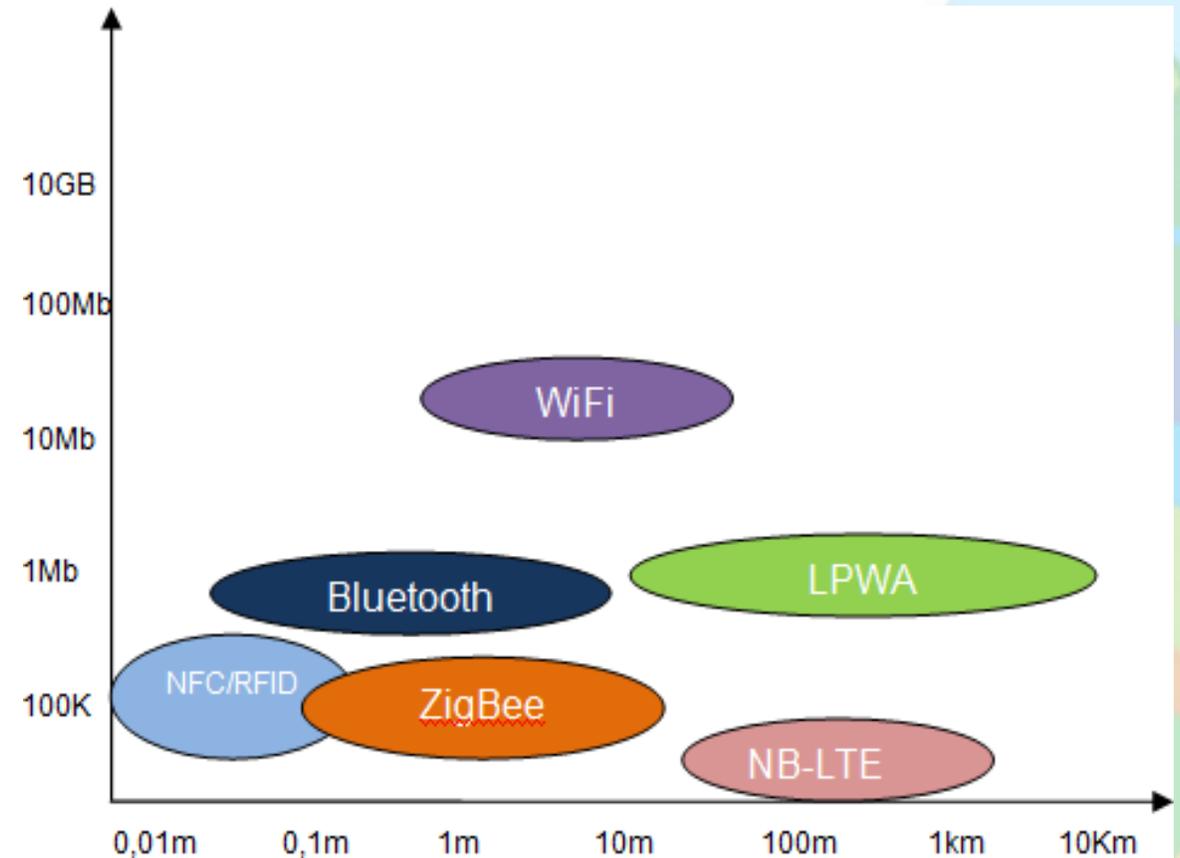
## Redes de comunicación (2/2)

### Low Power Wide Area (LPWA)

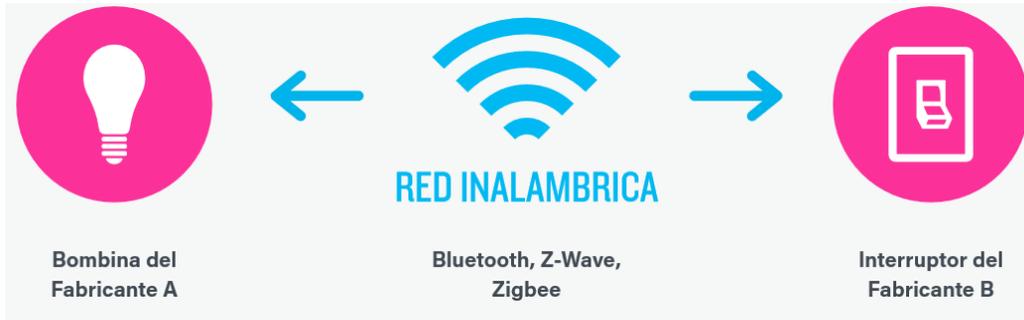
Se caracteriza por conectar dispositivos de bajo consumo energético, bajos requerimientos de ancho de banda y operación a grandes distancias (González García, 2017)

Representantes:

- LoRA y LoRaWAN
- SigFox
- NWave



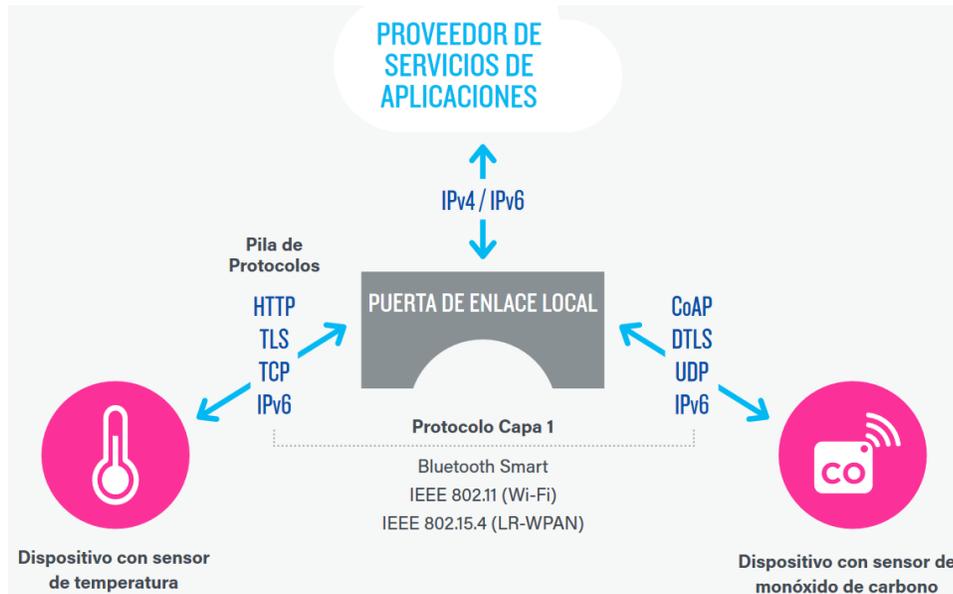
# Modelos de comunicación



1) Dispositivo a dispositivo



2) Dispositivo a la nube



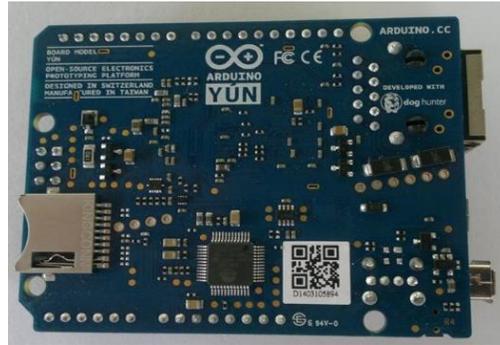
3) Dispositivo a puerta de enlace



4) Dispositivo a puerta de enlace

## Dispositivos de comunicación (hardware)

- Arduino



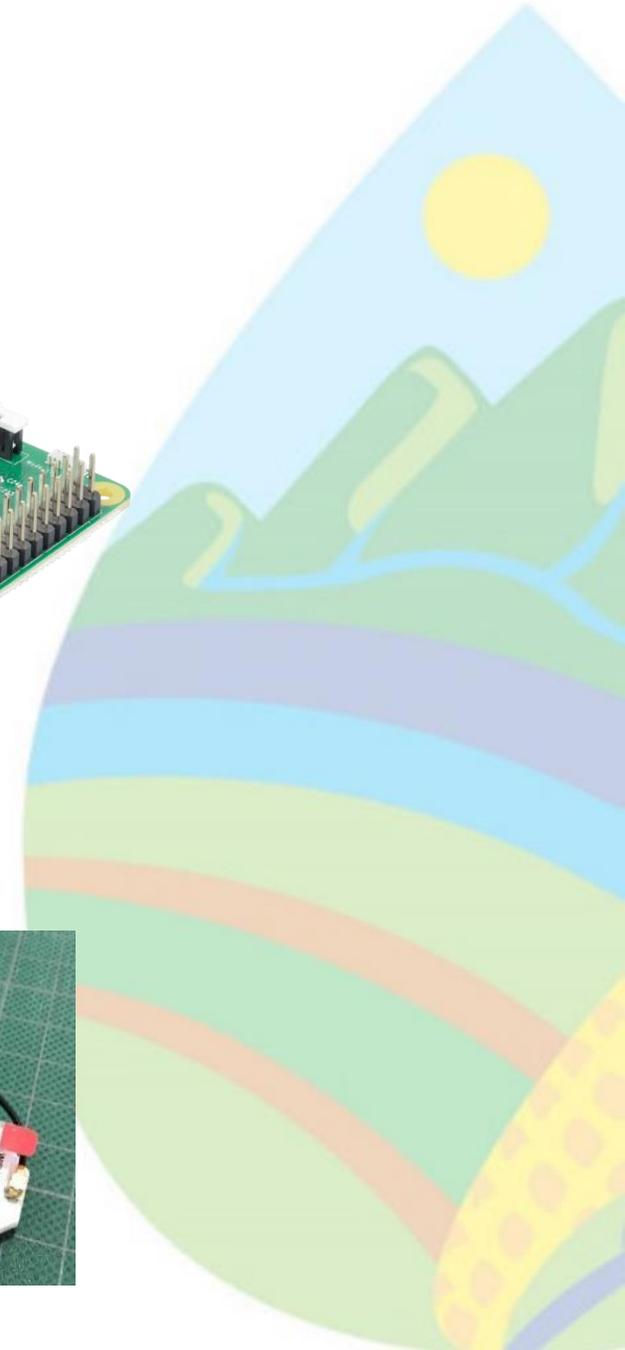
- Raspberry



- Clicker



- WiFi LoRa

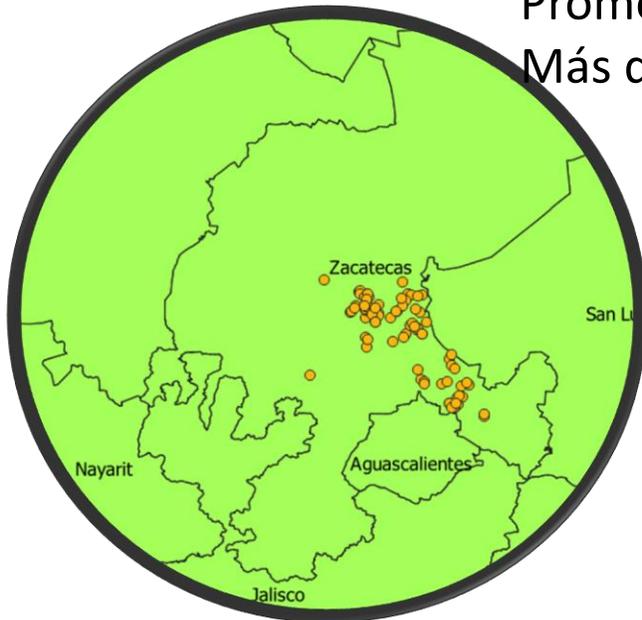




## Selección de tecnologías *IoT* para sistemas de bombeo

- Para la distancia, se hizo un análisis a la información de 90 pozos localizados en Zacatecas.

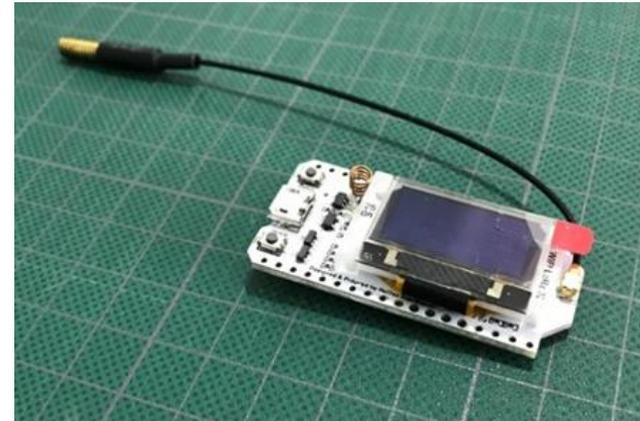
Distancia mínima: 248 m.  
Promedio: 3.16 km.  
Más distantes: 27 km.



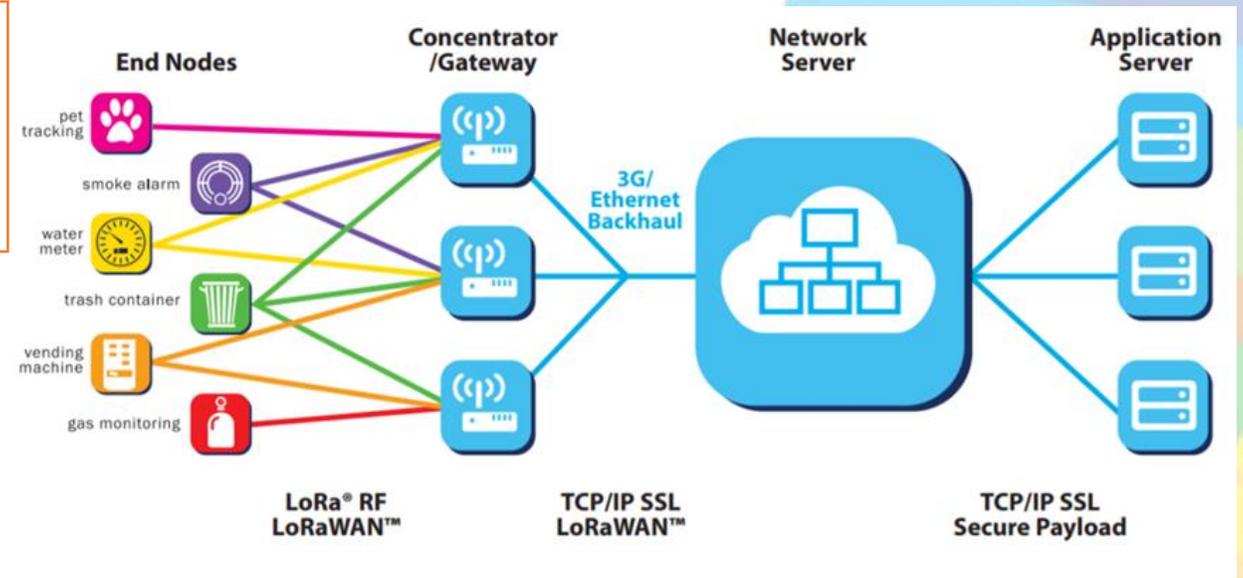
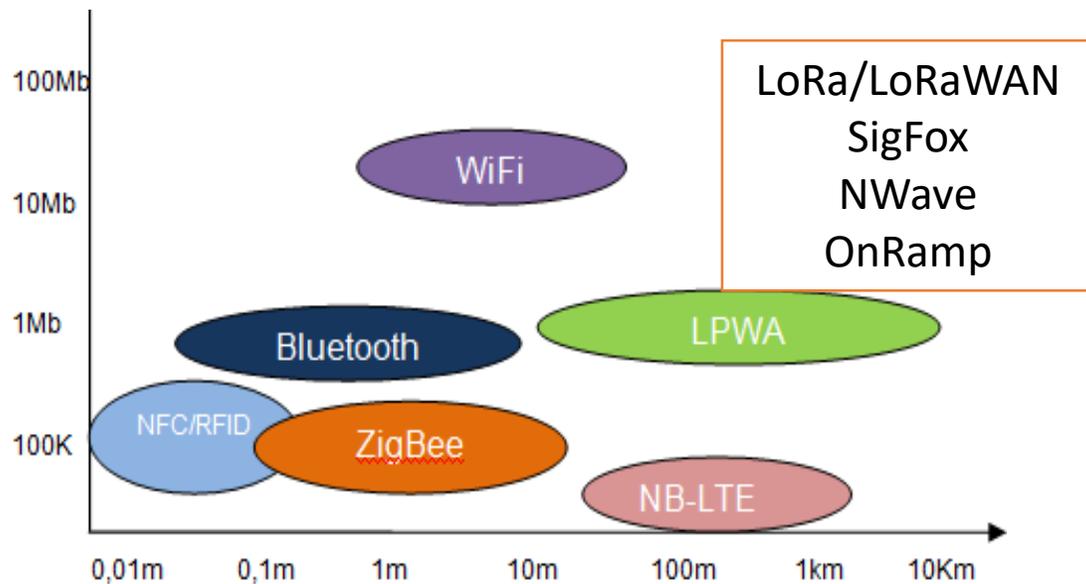
Rango	Pozos promedio en el radio	Cantidad de pozos fuera de alcance	Pozos fuera de alcance (%)
<50km	50.98	0	0
<20 km	18.40	2	2.38
<10 km	7.83	3	3.57
<5 km	2.74	8	9.52
<3 km	1.62	21	25.00
<2 km	0.93	36	42.86
<1 km	0.31	59	70.24
<0.5 km	0.12	74	88.10
<0.3 km	0.05	80	95.24
<0.2 km	0.02	82	97.62

# Selección de tecnologías *IoT* para sistemas de bombeo

- También se consideró el rendimiento energético y que no hay necesidad de un ancho de banda excesivo

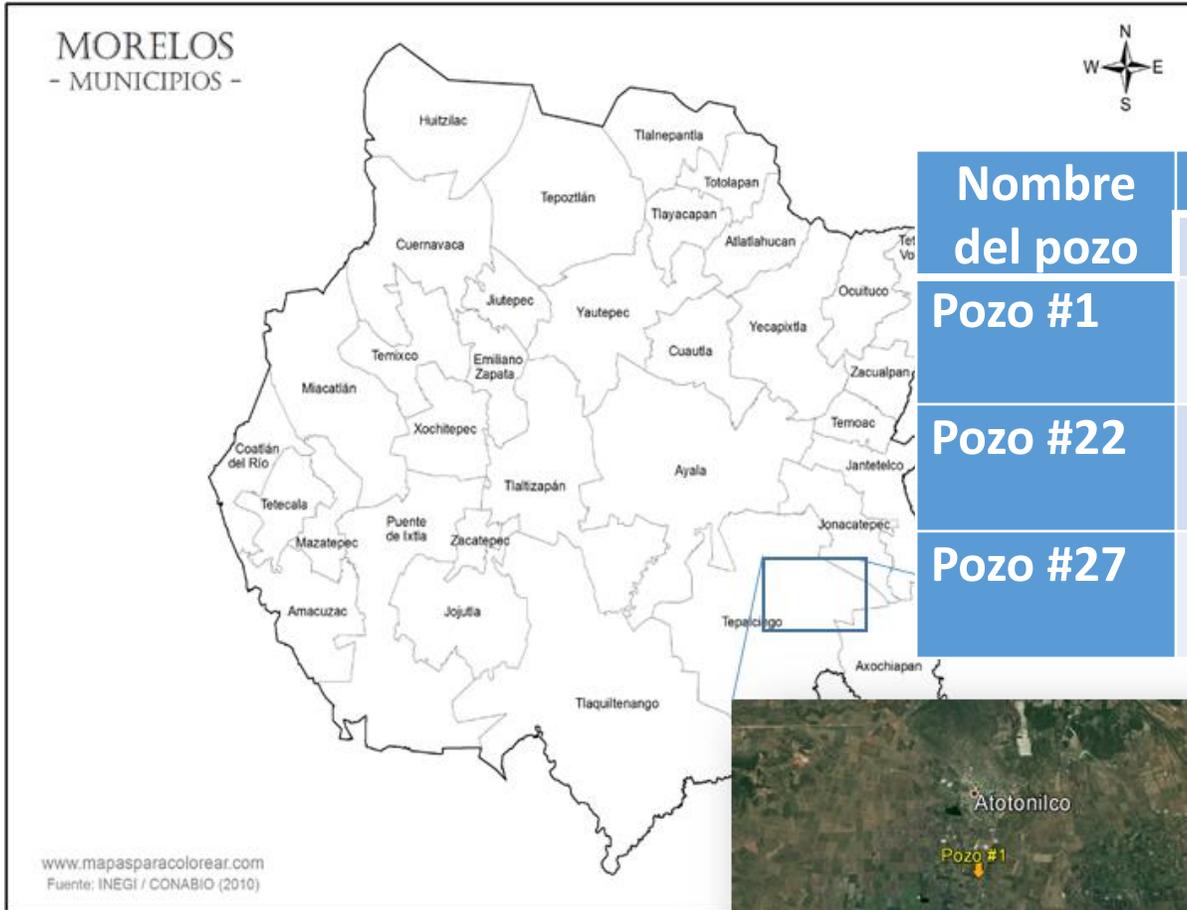


WiFi Esp32  
 LoRa 433 Mhz  
 240MHz, 540  
 Kb SRAM





# Selección de equipos de bombeo para la instalación de los dispositivos IoT (1/3)



Nombre del pozo	Coordenadas		Responsable o representante
	Latitud	Longitud	
Pozo #1	18°37'49.98"N	98°49'56.00"O	Javier Bolaños Vázquez
Pozo #22	18°36'50.23"N	98°49'20.87"O	Rodolfo Citlalapa Martínez
Pozo #27	18°36'57.62"N	98°49'41.88"O	Adrián Alejo Coyote Belona





# Selección de equipos de bombeo para la instalación de los dispositivos IoT (2/3)





# Selección de equipos de bombeo para la instalación de los dispositivos IoT (3/3)

**IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA**

**Internet de las cosas (IoT) aplicada a la medición de las extracciones subterráneas**  
**FORMATO DE REGISTRO UNIDADES DE RIEGO (FRU)**

**IDENTIFICACIÓN**

Fecha (dd/mm/aaaa): \_\_\_\_\_ Folio: \_\_\_\_\_

Unidad de Riego: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_

Título de concesión: \_\_\_\_\_ Anexo: \_\_\_\_\_ Acuífero: \_\_\_\_\_

Volumen concesionado (Mm3): \_\_\_\_\_ Latitud (grados): \_\_\_\_\_

Titular: \_\_\_\_\_ Longitud (grados): \_\_\_\_\_

Domicilio: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_

---

**TRANSFORMADOR**

Marca: \_\_\_\_\_ Capacidad (KVA): \_\_\_\_\_ Tensión (V): \_\_\_\_\_

---

**MOTOR**

Marca: \_\_\_\_\_ Potencia (HP): \_\_\_\_\_

---

**BOMBA**

Marca: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_

---

**MEDIDOR VOLUMÉTRICO**

Marca: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ Volumen acumulado (Miles de m3): \_\_\_\_\_

Número de serie: \_\_\_\_\_

---

**ARRANCADOR**

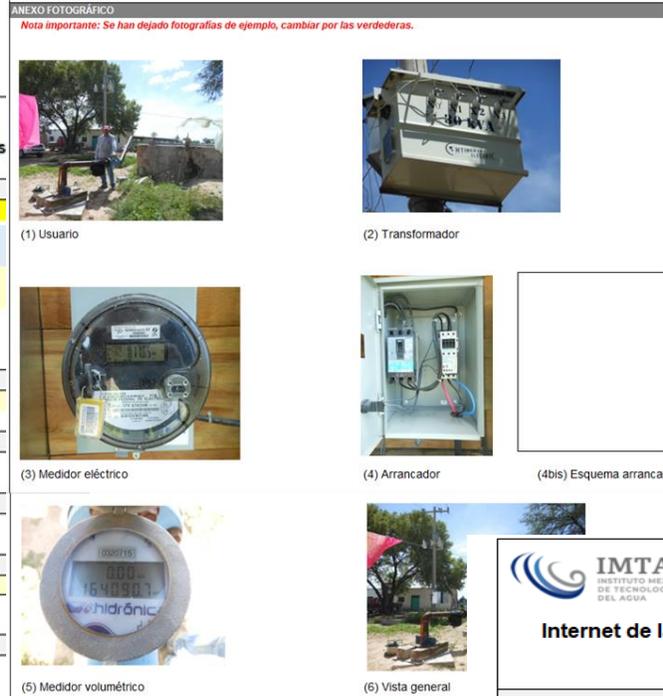
Marca: \_\_\_\_\_ Capacidad (Amp): \_\_\_\_\_

---

**SUMINISTRO ELÉCTRICO**

Para llenar esta sección, se requiere que el usuario proporcione una copia de su recibo CFE, EL CUAL DEBERÁ SER ENTREGADO CON ESTE FORMULARIO.

No. de registro público de usuario (RPU): _____	Amperaje de operación promedio (A): _____
Número de medidor CFE: _____	Voltaje de operación promedio (V): _____
Demanda contratada (kW): _____	Factor de potencia promedio (adim): _____
Tarifa contratada (clave): _____	Potencia calculada (KW): _____ 0.00
Costo de tarifa contratada (\$/kWh): _____	Potencia medida (KW): _____
Consumo promedio mensual de energía eléctrica (\$): _____ 0.00	
Consumo promedio mensual de energía eléctrica (kWh): _____	



PROPORCIONA LA INFORMACIÓN

USUARIO

**IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA**

**FORMATO DE REGISTRO DE VISITAS AL POZO (FRVP)**

Título de concesión: \_\_\_\_\_

**INFORMACIÓN PERIÓDICA**

Número de VISITA	Fecha	Presión indicada en medidor (kg/cm²)	Nivel dinámico (m)	Consumo (kWh)
1				
2				
3				
4				
5				

**CUANTIFICACIÓN DEL GASTO**

*Nota importante: El método volumétrico y de escuadra aplican solo si hay descarga libre.*

Número de VISITA	Volumen acumulado en el medidor instalado			Anotar según el método empleado para medir el volumen					
	Hora	Gasto (l/s)	Volumen acumulado (m3)	Método volumétrico		Método ultrasónico		Método escuadra	
	Hora	Gasto (l/s)	Volumen acumulado (m3)	Hora	Gasto (l/s)	Hora	Gasto (l/s)	Hora	Gasto (l/s)
1									
2									
3									
4									
5									

**CONSUMO ENERGÉTICO MENSUAL**

Consumos en los últimos 12 meses (acorde al recibo CFE)

Recibo CFE		
Año	Mes	Consumo mensual (kWh)

**IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA**

**Internet de las cosas (IoT) aplicada a la medición de las extracciones subterráneas**  
**FORMATO DE REGISTRO PRODUCCIÓN AGRÍCOLA (FR-PA)**

**DESGLOSE DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**Ciclo: Primavera-Verano (Pasado, 2018-2019)**

Cultivo	Superficie (ha)	Lámina de riego (cm)	Rendimiento (ton/ha)	Producción (ton)	Volumen (m3)	Precio medio rural (\$/ton)	Costo de producción (\$/ha)
1				0.00	0.00		
2				0.00	0.00		
3				0.00	0.00		
4				0.00	0.00		
5				0.00	0.00		
6				0.00	0.00		
7				0.00	0.00		
8				0.00	0.00		
9				0.00	0.00		
10				0.00	0.00		
<b>Total</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>#!DIV/0!</b>	<b>#!DIV/0!</b>



## Conclusiones

- El análisis realizado permitió seleccionar una tecnología para los requerimientos en el envío masivo de datos desde los sistemas de bombeo
- Una muestra aleatoria de 90 unidades de riego permitió determinar el parámetro de la distancia para la selección
- Se observa que las redes de bajo consumo de área extensa (LPWA), y en concreto la tecnología LoRa, ofrecen grandes ventajas en cuanto a costo, cobertura y rendimiento energético sobre otras tecnologías
- Esta selección deberá ser validada con una implementación práctica, en la cual se verifiquen las características de los dispositivos y la red de comunicación seleccionados
- El esquema de implementación debe ser diseñando un esquema de malla que facilite su crecimiento, y con una programación robusta en el manejo de redundancia y comunicación confiable
- **Es una tecnología a probar, que puede coadyuvar en el monitoreo de las extracciones a un bajo costo, con la meta de ser una herramienta confiable para el uso sustentable de los acuíferos.**



# Referencias

- Adelantado, F., Vilajosana, X., Tuset-Peiro, P., Martinez, B., Melia-Segui, J., & Watteyne, T. (2017). Understanding the Limits of LoRaWAN. *IEEE Communications Magazine*. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600613>
- Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E. (2002). Wireless sensor networks: a survey. *Computer Networks*, 38(4), 393–422. [https://doi.org/10.1016/S1389-1286\(01\)00302-4](https://doi.org/10.1016/S1389-1286(01)00302-4)
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Bliznakoff, D. (2014). *IoT: TECNOLOGÍAS, usos, tendencias y desarrollo futuro*. repositorio UOC. Universitat Oberta de Catalunya.
- Buyya, R., Buyya, R., Yeo, C. S., Yeo, C. S., Venugopal, S., Venugopal, S., ... Brandic, I. (2009). Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. *Future Generation Computer Systems*, 25(June 2009), 17. <https://doi.org/10.1016/j.future.2008.12.001>
- Cendón, B. (2017). Las redes más usadas en el IoT. Recuperado el 28 de abril de 2019, de <http://www.bcendon.com/las-redes-mas-usadas-en-el-iot/>
- Cubas, F., Llano, M., & de Rosenzweig, L. J. (2017, agosto). El misterio del agua subterránea en México. *agua.org.mx*. Recuperado de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/08/El-misterio-del-agua-subterranea-en-Mexico.pdf>
- Desai, A., Parmar, J. K., & Chaudhary, S. (2012). Internet of Things: Architecture and Research Challenges. *CSI Communications*, (June), 1–52. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2073.2247>
- Ganchev, I., Ji, Z., & O'Droma, M. (2014). A Generic IoT Architecture for Smart Cities. <https://doi.org/10.1049/cp.2014.0684>
- García Muelas, C. (s/f). *Integración de Redes Telemáticas IoT con Raspberry pi*. Universitat Oberta de Catalunya. Recuperado de <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/40187/6/cgmuelasTFC0115memoria.pdf>
- Gessner, C., Roessler, A., & Kottkamp, M. (2008). UMTS Long Term Evolution (LTE) Technology Introduction: Rohde & Schwarz Products, 2008. Recuperado el 25 de abril de 2019, de [https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl\\_downloads/dl\\_application/application\\_notes/1ma111/1MA111\\_4E\\_LTE\\_technology\\_introduction.pdf](https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/1ma111/1MA111_4E_LTE_technology_introduction.pdf)
- Giusto, D., Iera, A., Morabito, G., & Atzori, L. (2010). *The Internet of Things. The Internet of Things - 20th Tyrrhenian Workshop on Digital Communications*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1674-7>
- González García, A. J. (2017). *IoT: Dispositivos, tecnologías de transporte y aplicaciones*. Universitat Oberta de Catalunya. Recuperado de <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/handle/10609/64286>
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>



# Referencias

- CONAGUA. (2009, diciembre 23). ACUERDO por el que se dan a conocer los trámites y formatos que aplica la Comisión Nacional del Agua. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5126145&fecha=23/12/2009](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5126145&fecha=23/12/2009)
- CONAGUA. (2015, abril 20). ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5389380&fecha=20/04/2015](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5389380&fecha=20/04/2015)
- CONAGUA. (2016). *Estadísticas del Agua en México*. Ciudad de México: SEMARNAT. Recuperado de [http://201.116.60.25/publicaciones/EAM\\_2016.pdf](http://201.116.60.25/publicaciones/EAM_2016.pdf)
- Hakim, A. El. (2018). Internet of Things ( IoT ) System Architecture and Technologies, (March), 0–5. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17046.19521>
- Khan, R., Khan, S. U., Zaheer, R., & Khan, S. (2012). Future internet: The internet of things architecture, possible applications and key challenges. En *Proceedings - 10th International Conference on Frontiers of Information Technology, FIT 2012* (pp. 257–260). <https://doi.org/10.1109/FIT.2012.53>
- Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2012.02.016>
- Panigrahi, P. (2017). LoRa Architecture. *3GLTEInfo*.
- Patel, K. K., & Patel, S. M. (2016). Internet of Things-IOT Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges. *Ijesc*. <https://doi.org/10.4010/2016.1482>
- Ramya, C. M., Shanmugaraj, M., & Prabakaran, R. (2011). Study on ZigBee technology. En *ICECT 2011 - 2011 3rd International Conference on Electronics Computer Technology*. <https://doi.org/10.1109/ICECTECH.2011.5942102>
- Rose, K., Eldridge, S., & Lyman, C. (2015). The internet of things: an overview. *Internet Society*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Salazar, J., & Silvestre, S. (2014). Internet de las cosas. *Universidad Católica*.
- Sánchez López, T., Ranasinghe, D. C., Harrison, M., & McFarlane, D. (2012). Adding sense to the Internet of Things: An architecture framework for Smart Object systems. *Personal and Ubiquitous Computing*. <https://doi.org/10.1007/s00779-011-0399-8>
- Tan, L., & Wang, N. (2010). Future Internet: The Internet of Things. En *ICACTE 2010 - 2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering, Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/ICACTE.2010.5579543>



GRACIAS



Quinto  
Congreso Nacional  
de Riego y Drenaje  
**COMEII-AURPAES 2019**

Septiembre 2019 | Mazatlán, Sinaloa



**AURPAES, S.C.**  
Asociación Nacional de Asociaciones de Usuarios de Riego  
Productores Agrícolas del Estado de Sinaloa S.C.

## Contacto

**Alberto González Sánchez,  
Jesús de la Cruz Bartolón,  
Ernesto Olvera Aranzolo,  
Ramiro Vega Névarez,  
Edson Giovanni Rodríguez Gómez**

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

[alberto\\_gonzalez@tlaloc.imta.mx](mailto:alberto_gonzalez@tlaloc.imta.mx)

