



Proyecto Final de la Carrera Ingeniería Electrónica con O.S.D.

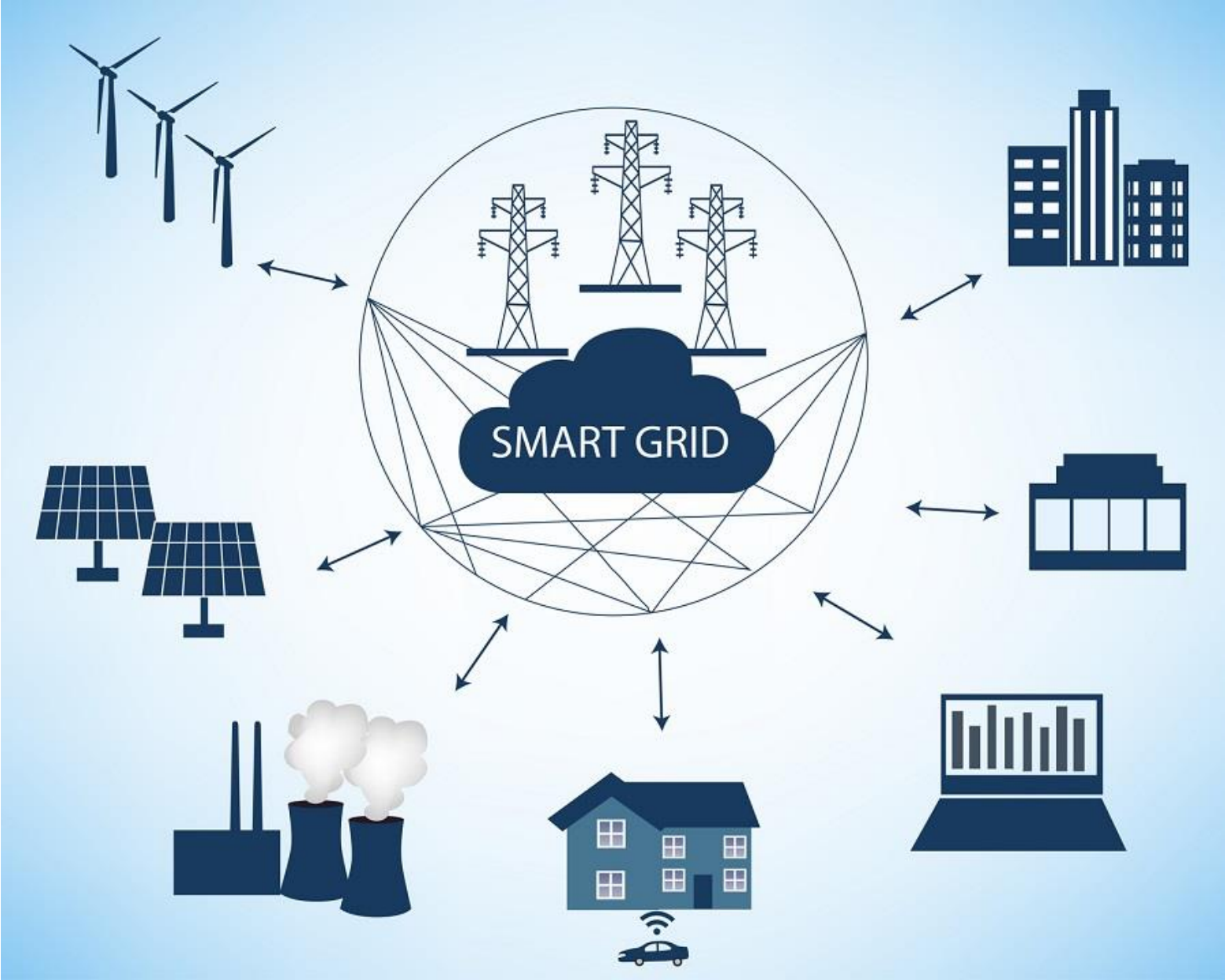
# Medidor de Energía con comunicación multi-protocolo de largo y corto alcance

- Alumno: Marcos Emiliano Postemsky
- Director: Sergio Fernando Hernández Velázquez

# Índice de contenidos

- ▶ **Introducción**
- ▶ Objetivos
- ▶ Diseño medidor de energía
- ▶ Hardware
- ▶ Firmware
- ▶ Red Inteligente
- ▶ Pruebas y resultados
- ▶ Conclusiones
- ▶ Trabajos futuros

# Smart Grids



# ¿Cómo podría el cliente formar parte?

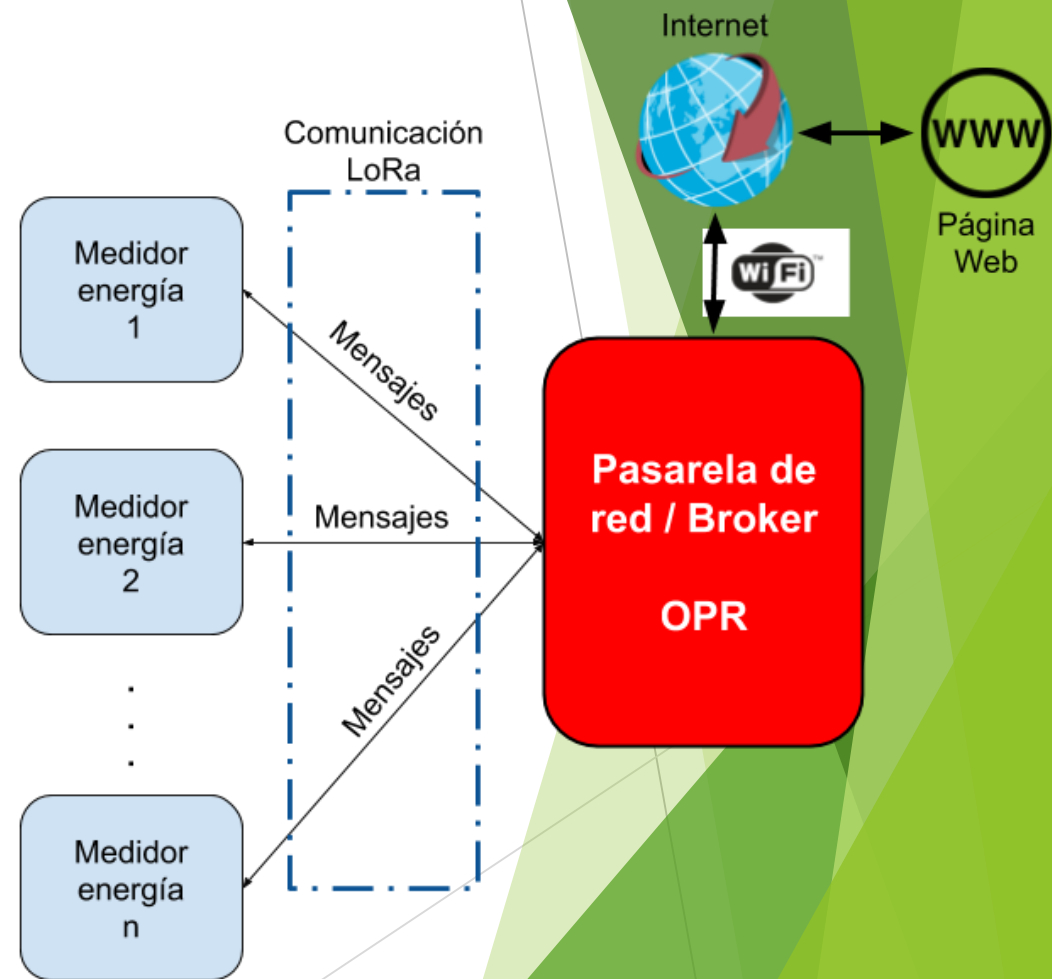
- ▶ Ningún intento de aumentar la eficiencia energética, ya sea a través de la reducción del consumo o el cambio de carga, tendrá éxito sin la participación final del cliente.
- ▶ Desbloquear este posible feedback directo es imprescindible.

# Índice de contenidos

- ▶ Introducción
- ▶ **Objetivos**
- ▶ Diseño medidor de energía
- ▶ Hardware
- ▶ Firmware
- ▶ Red Inteligente
- ▶ Pruebas y resultados
- ▶ Conclusiones
- ▶ Trabajos futuros

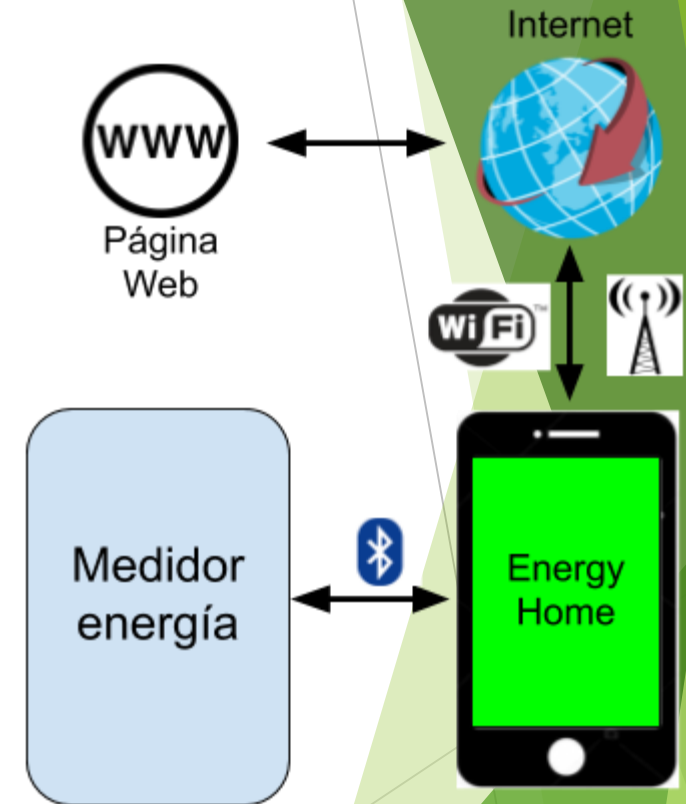
# Objetivos

- ▶ Implementar un medidor de energía que sea capaz de adaptarse en un futuro a las Smart Grid.
  - ▶ Medir tensión y corriente consumida en el hogar para proporcionar al usuario la información de: energía, tensión alterna, corriente alterna y factor de potencia.
  - ▶ Desarrollar una aplicación Android para que el usuario tenga acceso a la información.
  - ▶ Implementar un Broker que facilite la publicación de los datos en una página Web utilizando WiFi. Dicho dispositivo, está focalizado en los clientes urbanos.



# Objetivos

- ▶ Publicar los datos del medidor a través de la aplicación Android utilizando las redes móviles o WiFi. Focalizado en los clientes agropecuarios.
- ▶ Crear una página Web donde Broker y dispositivos móviles puedan publicar información para que el usuario tenga acceso al historial y consumo mensual del medidor.
- ▶ Diseñar y fabricar la placa de circuito impreso (PCB) del medidor utilizando componentes SMD (Tecnología de montaje superficial).

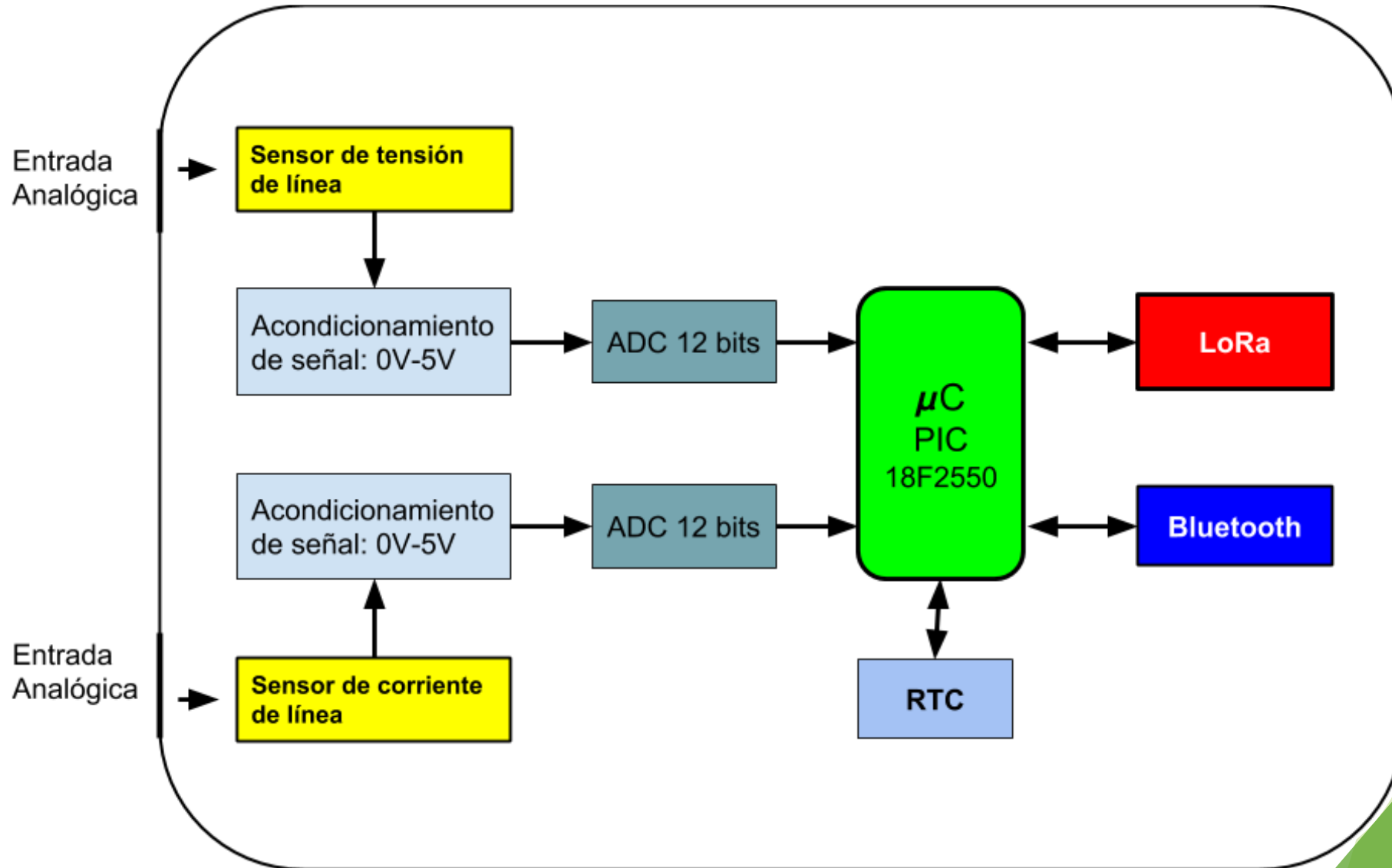


# Índice de contenidos

- ▶ Introducción
- ▶ Objetivos
- ▶ **Diseño medidor de energía**
- ▶ Hardware
- ▶ Firmware
- ▶ Red Inteligente
- ▶ Pruebas y resultados
- ▶ Conclusiones
- ▶ Trabajos futuros



# Diseño medidor de energía



# Índice de contenidos

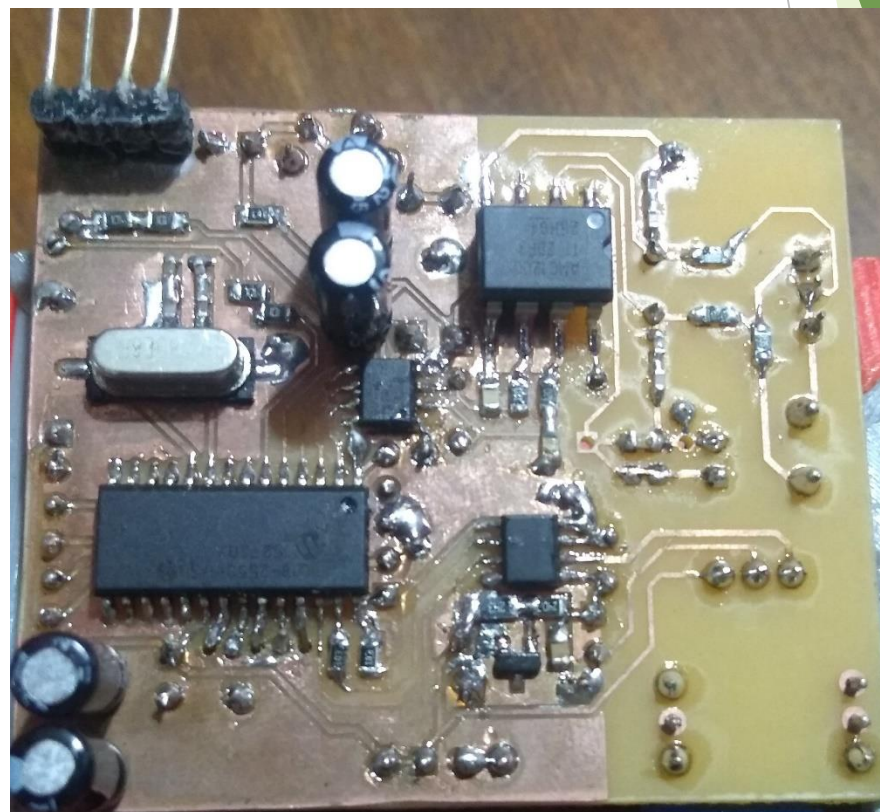
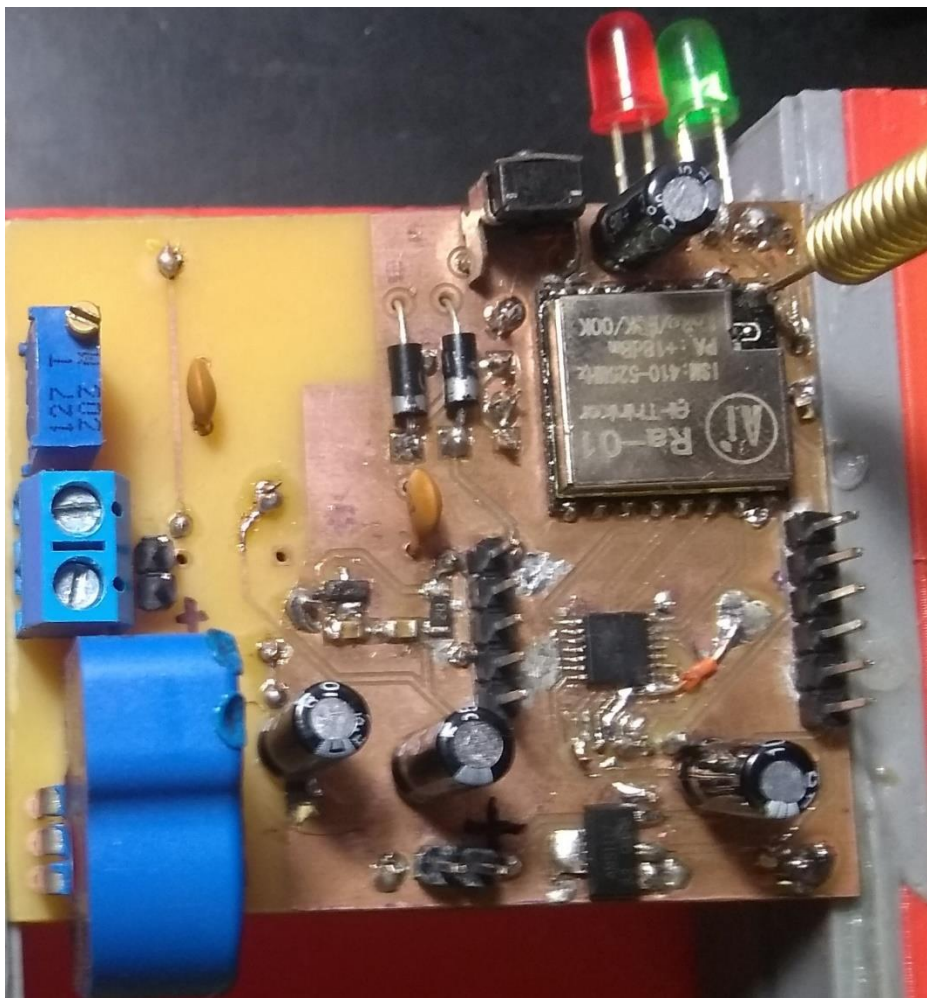
- ▶ Introducción
- ▶ Objetivos
- ▶ Diseño medidor de energía
- ▶ **Hardware**
- ▶ Firmware
- ▶ Red Inteligente
- ▶ Pruebas y resultados
- ▶ Conclusiones
- ▶ Trabajos futuros

# Medidor de Energía

- ▶ El Medidor de Energía está compuesto de los siguientes bloques de hardware:
  - ▶ Microcontrolador
  - ▶ Módulo externos (GPIO placa)
    - ▶ Bluetooth
    - ▶ Memoria EEPROM
    - ▶ RTC
  - ▶ Sensor de corriente
  - ▶ Sensor de tensión
  - ▶ Módulo LoRa
  - ▶ Fuentes de alimentación ( $V_{cc1}$  y  $V_{cc2}$ )



# PCB del medidor de energía



# Pasarela de red o Broker

- ▶ La pasarela de red se compone de:
  - ▶ Placa Raspberry pi 3
  - ▶ Módulo LoRa Ra-01



# Índice de contenidos

- ▶ **Introducción**
- ▶ Objetivos
- ▶ Diseño medidor de energía
- ▶ Hardware
- ▶ **Firmware**
- ▶ Red Inteligente
- ▶ Pruebas y resultados
- ▶ Conclusiones
- ▶ Trabajos futuros

# Medidor de Energía

- Tensión y corriente eficaces:

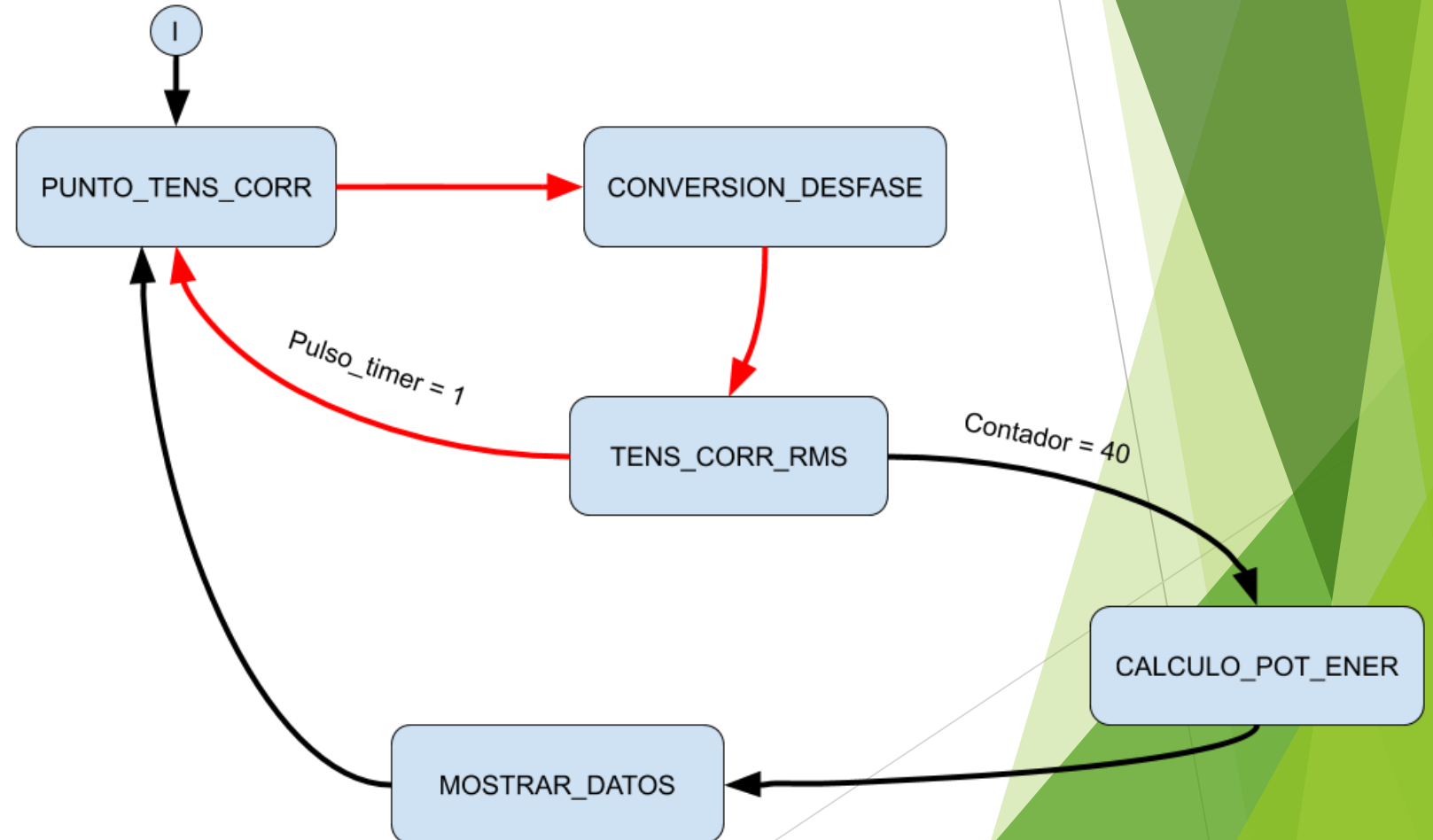
$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{k=1}^{40} (V[k])^2}$$

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{k=1}^{40} (I[k])^2}$$

- Potencia activa y Energía

$$P = V_{RMS} \cdot I_{RMS} \cdot \cos(\phi) \text{ [W]}$$

$$W = P \cdot t \text{ [W}\mu\text{s]}$$





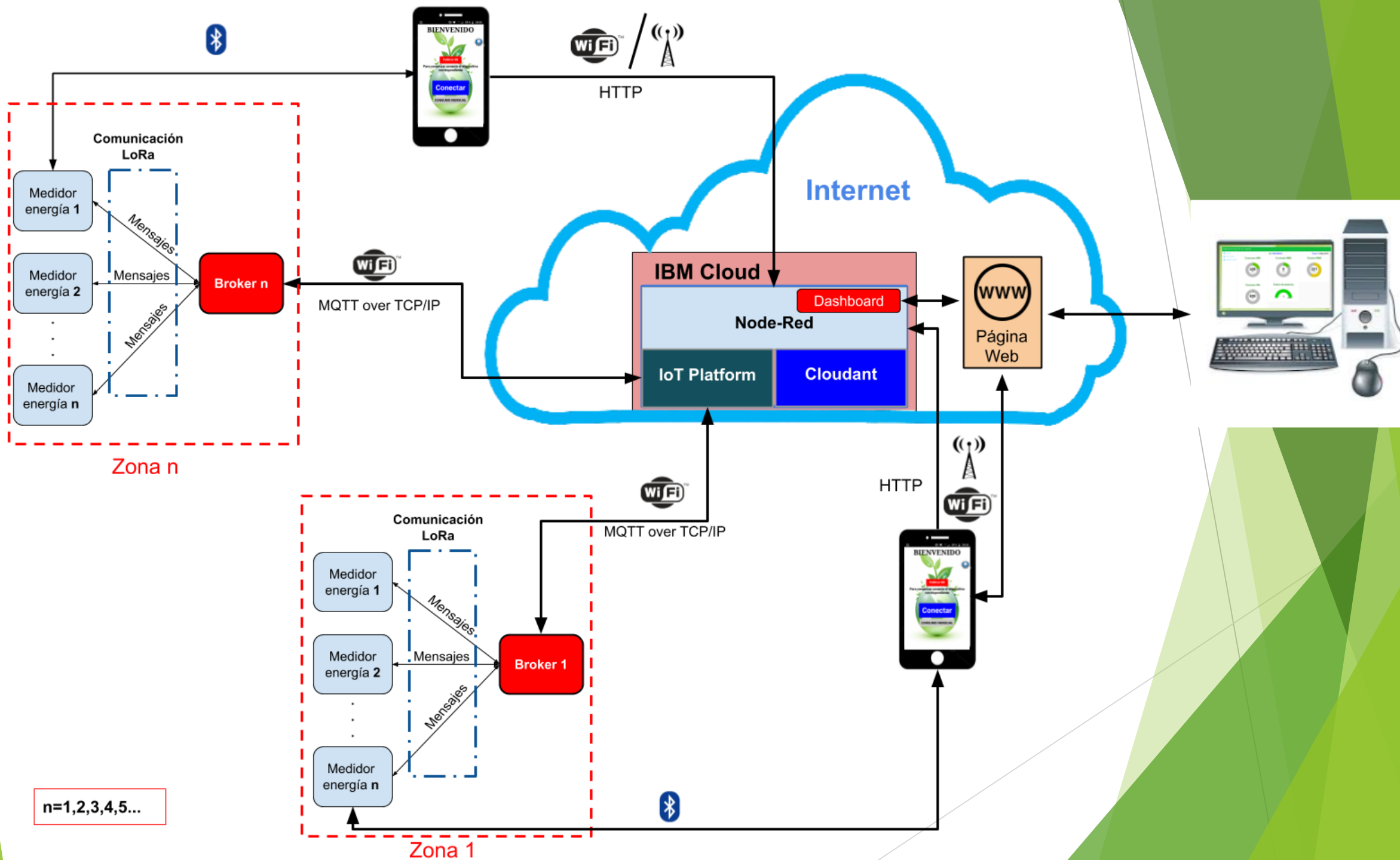
# Envío de información al Broker

- ▶ Desde el medidor se envían los datos sólo cuando se recibe un pedido correcto desde el Broker.
- ▶ Se envían 7 datos separados por ; (punto y coma).
- ▶ El encargado de corroborar si el mensaje se encuentra en formato correcto es el Broker, quién puede pedir nuevamente los datos.

NIS	;	Energía kWh	;	Energía Wh	;	Tensión RMS	;	Corriente RMS	;	F. de potencia	;	Fecha	;
-----	---	-------------	---	------------	---	-------------	---	---------------	---	----------------	---	-------	---

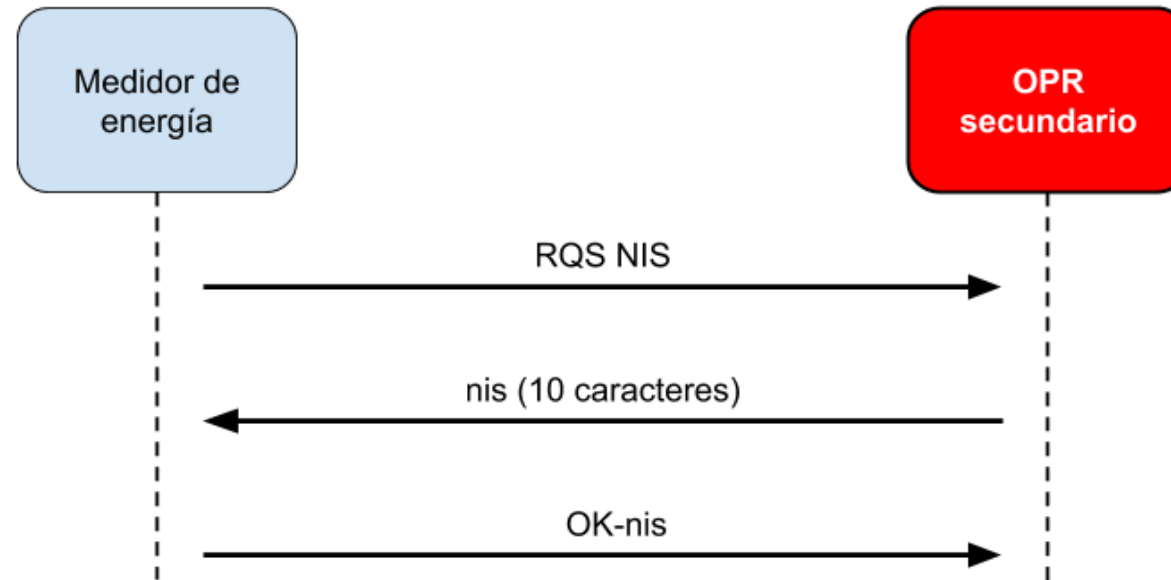
# Índice de contenidos

- ▶ Introducción
- ▶ Objetivos
- ▶ Diseño medidor de energía
- ▶ Hardware
- ▶ Firmware
- ▶ **Red Inteligente**
- ▶ Pruebas y resultados
- ▶ Conclusiones
- ▶ Trabajos futuros



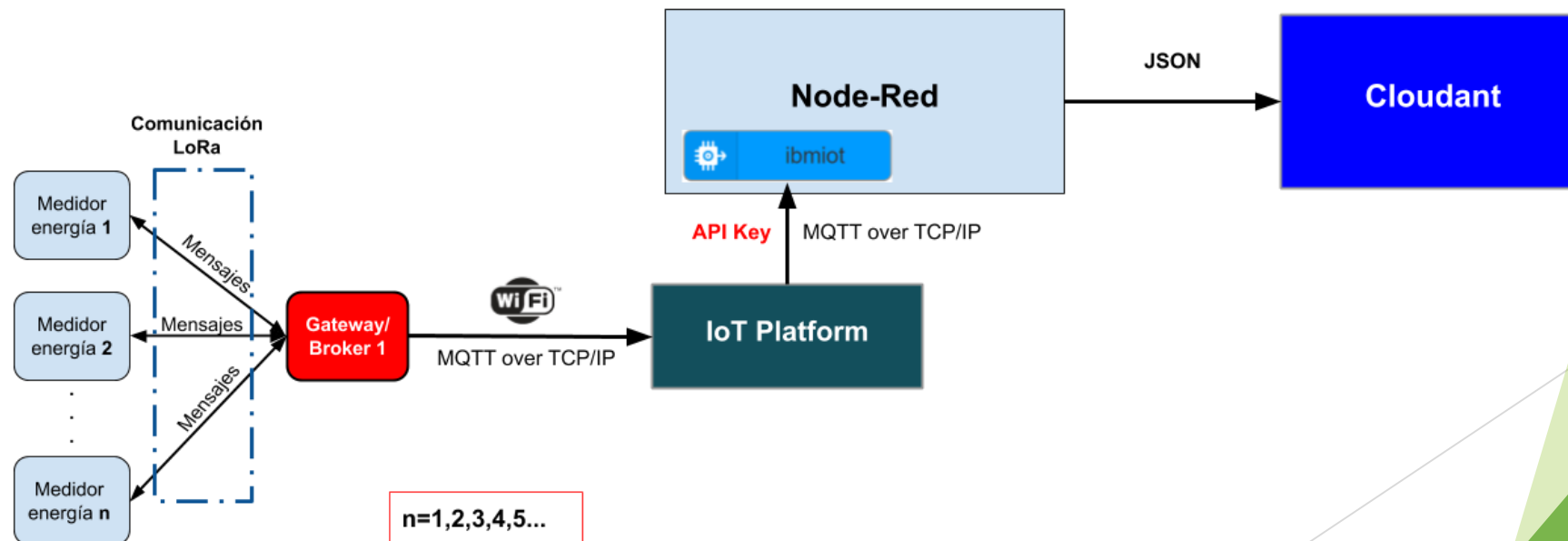
# Número de Identificación de Suministro

- ▶ Identificador único, de 7 dígitos, para cada uno de los usuarios con el cual se registra el medidor que se instala en la vivienda.
- ▶ En el caso del Medidor de Energía desarrollado, se agrega un prefijo de 3 dígitos que identifica el bróker al que debe publicar el medidor.



# IBM Cloud: Servicios

- ▶ **IoT Platform:** Servicio que permite conectar el bróker con Node-Red.
- ▶ **Node-Red:** Herramienta de programación basada en flujo.
- ▶ **Cloudbant:** Base de datos basada en documentos.



# Dashboard de los datos capturados

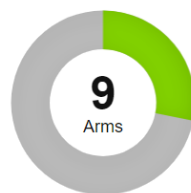
Medidores de energía: San Luis - Argentina

- Inicio NIS
- Gráficas medidor
- Indicadores actuales

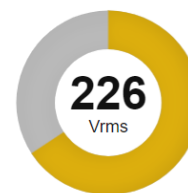
NIS: 000000001

Fecha: 17-May-2019

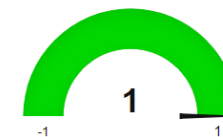
Corriente RMS



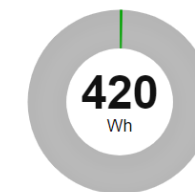
Tensión RMS



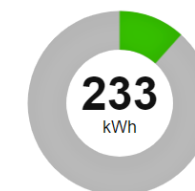
Factor de potencia



Consumo Wh



Consumo kWh



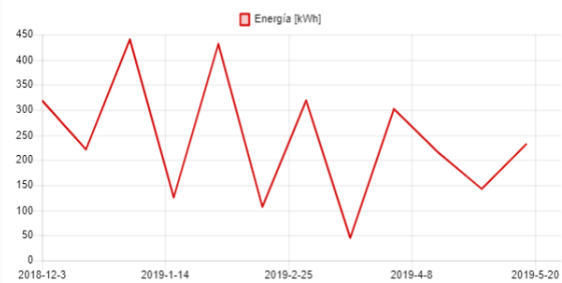
Medidores de energía: San Luis - Argentina

- Inicio NIS
- Gráficas medidor
- Indicadores actuales

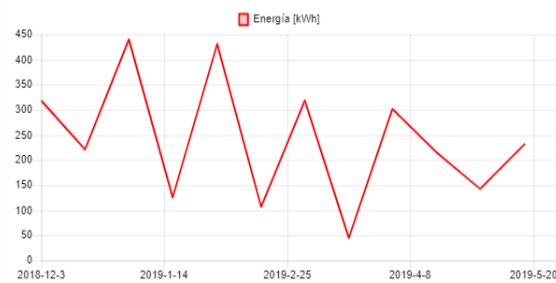
NIS: 000000001

Fecha: 17-May-2019

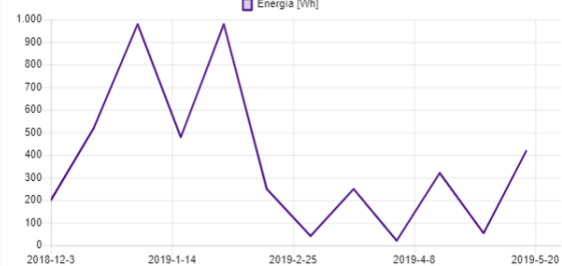
Consumo histórico



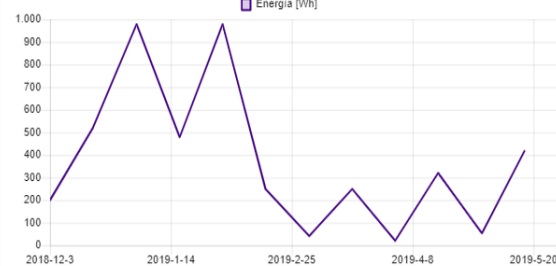
Consumo 12 meses



Energía [Wh]

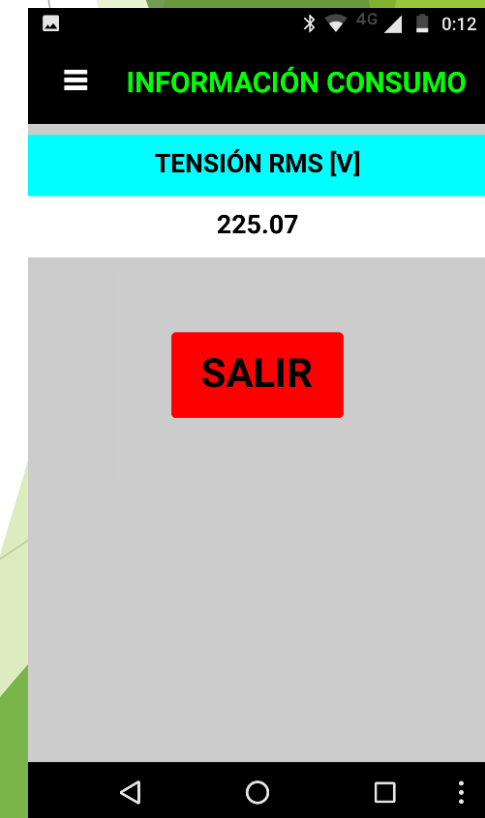
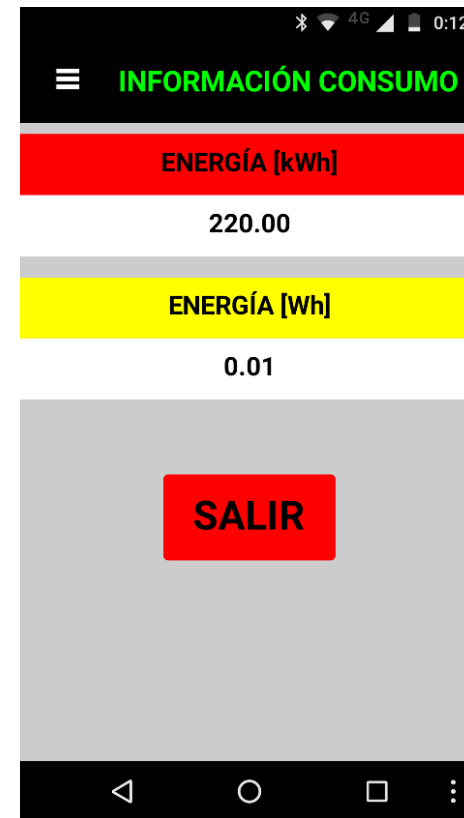
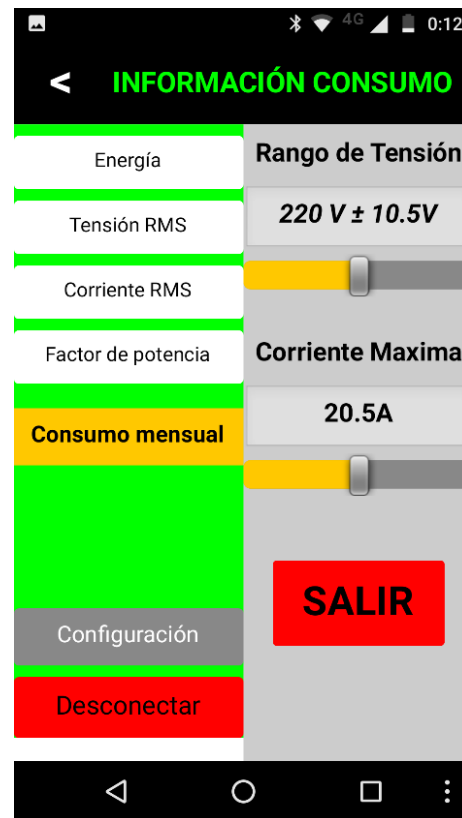


Energía [Wh]



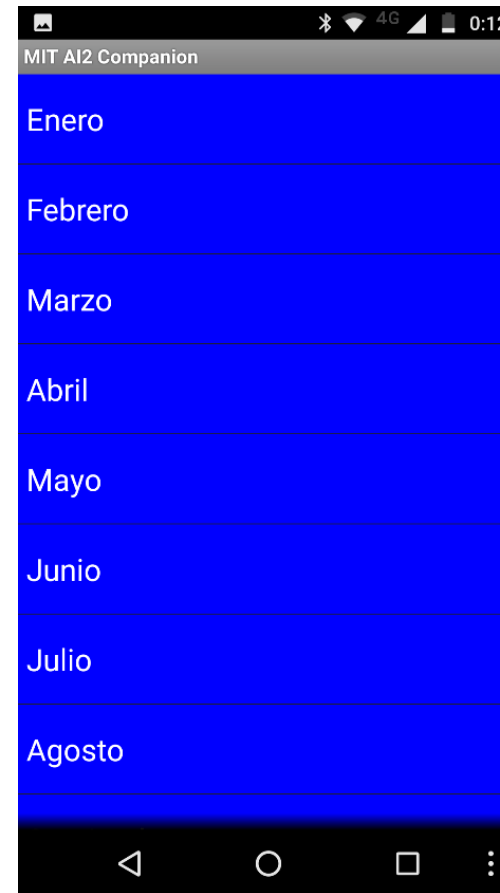
# Aplicación Android

- ▶ Recolecta información mediante Bluetooth cada 1 segundo.
- ▶ Se pueden establecer rangos de aviso de sobretensión, sub-tensión y sobreconsumo.
- ▶ Tiene la capacidad de publicar la información en la DB.



# Aplicación Android

- ▶ Permite consulta los consumos mensuales sin necesidad de estar conectado.





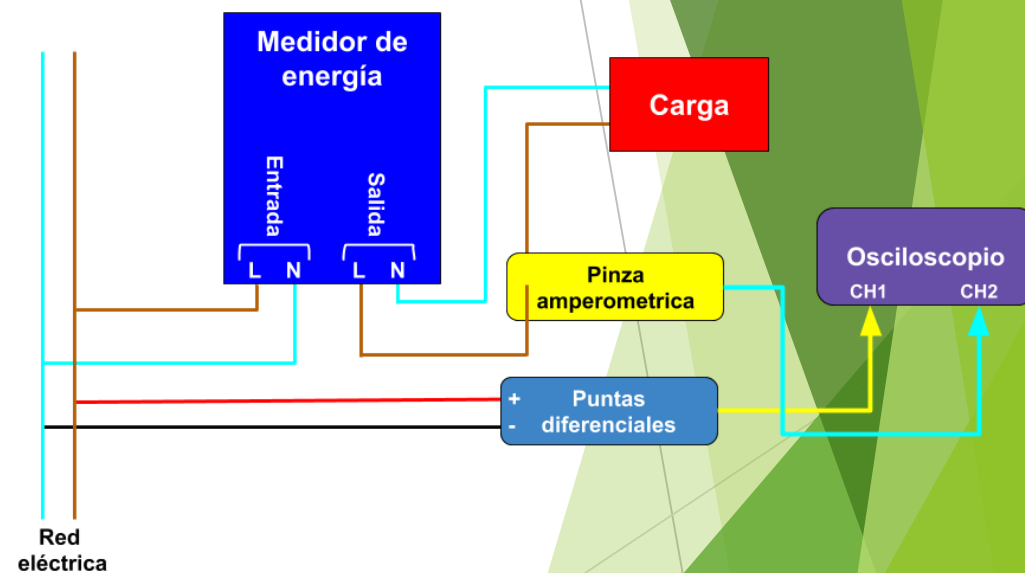
# Índice de contenidos

- ▶ Introducción
- ▶ Objetivos
- ▶ Diseño medidor de energía
- ▶ Hardware
- ▶ Firmware
- ▶ Red Inteligente
- ▶ **Pruebas y resultados**
- ▶ Conclusiones
- ▶ Trabajos futuros

# Prueba laboratorio con osciloscopio

Conf. N°	$V_{OSC}$ [ $V_{RMS}$ ]	$V_{MED}$ [ $V_{RMS}$ ]	$ E_{MED} $ [ $V_{RMS}$ ]	$\%E_{MED}$
1	217	216	1	0,46
2	216	215	1	0,46
3	207	208	1	0,48
4	220	221	1	0,45
5	221	221	0	0,0

Conf. N°	$I_{OSC}$ [ $A_{RMS}$ ]	$I_{MED}$ [ $A_{RMS}$ ]	$ E_{MED} $ [ $A_{RMS}$ ]	$\%E_{MED}$
1	4,56	4,52	0,04	0,88
2	8,68	8,72	0,04	0,46
3	16,50	16,50	0	0,00
4	0,16	0,16	0	0,00
5	0,59	0,56	0,03	5,08



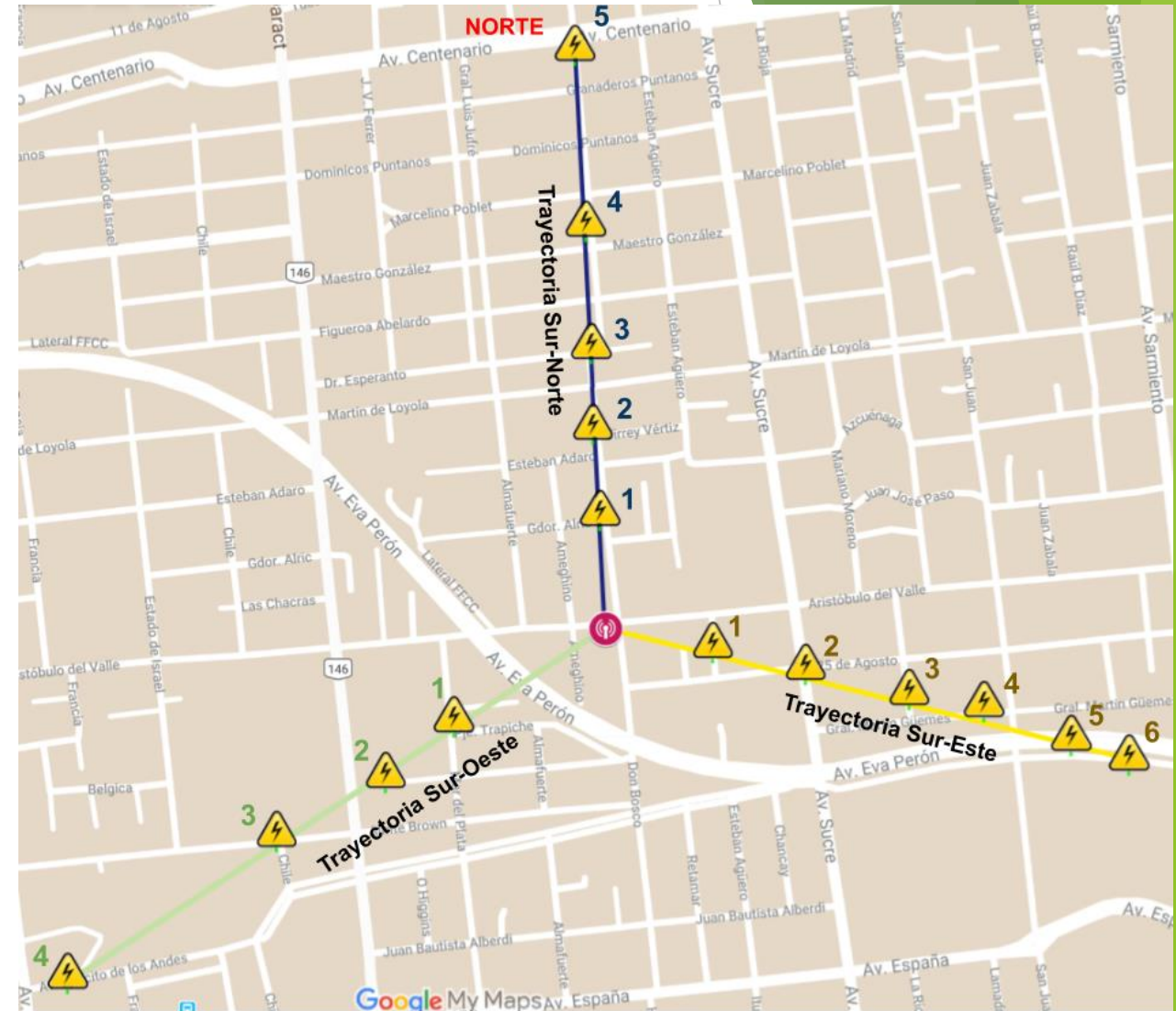
# Prueba de la red LoRa: alcance

## ► Detalles de la medición y resultados:

Trayectoria Sur-Norte			
Punto	RSSI	Distancia [m]	Comunicación confiable
1	-78	160	SI
2	-94	300	SI
3	-99	400	SI
4	-105	580	SI
5	-115	850	SI

Trayectoria Sur-Este			
Punto	RSSI	Distancia [m]	Comunicación confiable
1	-94	160	SI
2	-102	310	SI
3	-114	460	SI
4	-117	530	SI
5	-110	700	SI
6	-104	780	SI

Trayectoria Sur-Oeste			
Punto	RSSI	Distancia [m]	Comunicación confiable
1	-99	260	SI
2	-116	390	SI
3	-114	570	SI
4	-121	930	NO



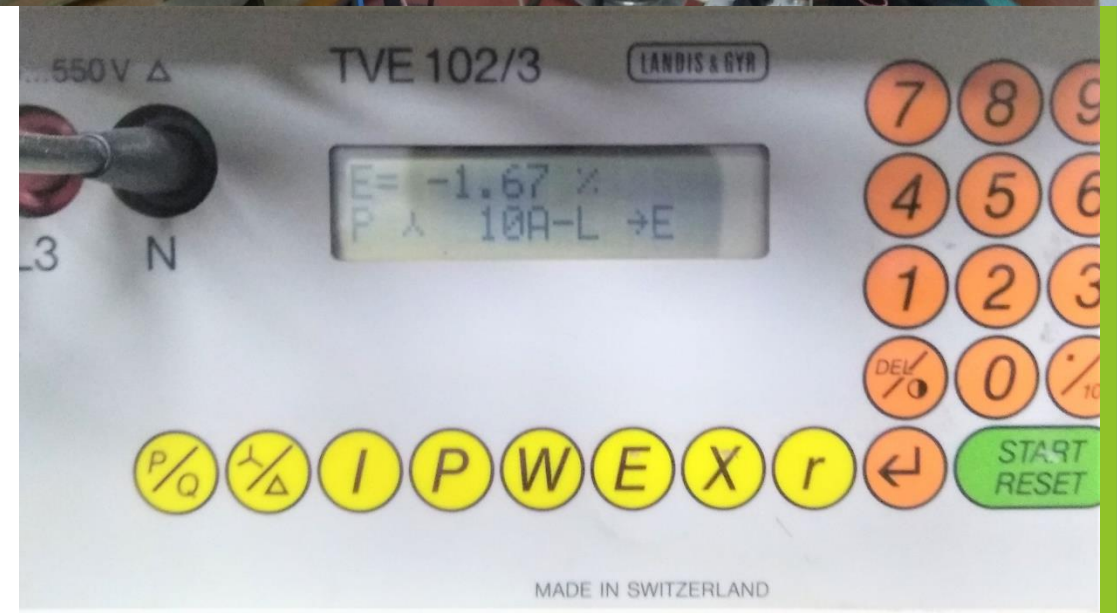
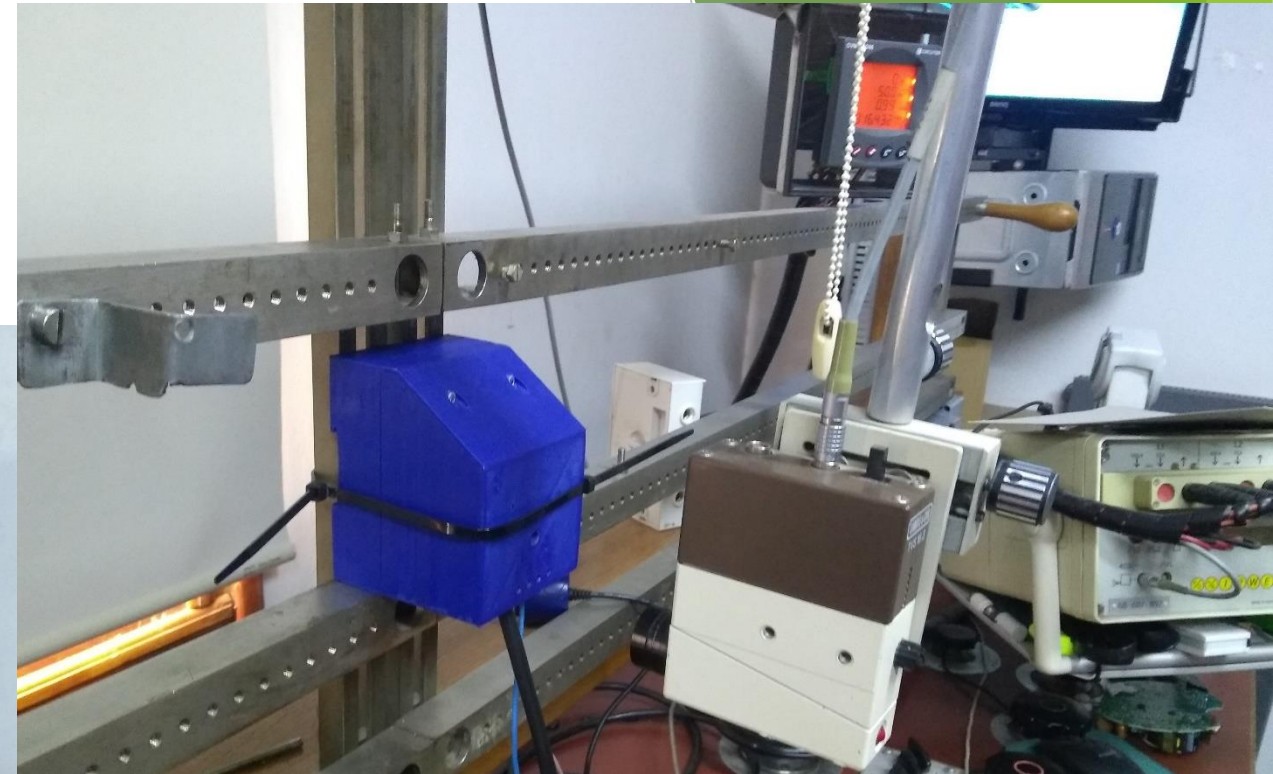
# Prueba de la red LoRa: capacidad

Dispositivo	NIS
Medidor de energía	0000000125
Simulador Arduino 1	0001064010
Simulador Arduino 2	0001064011

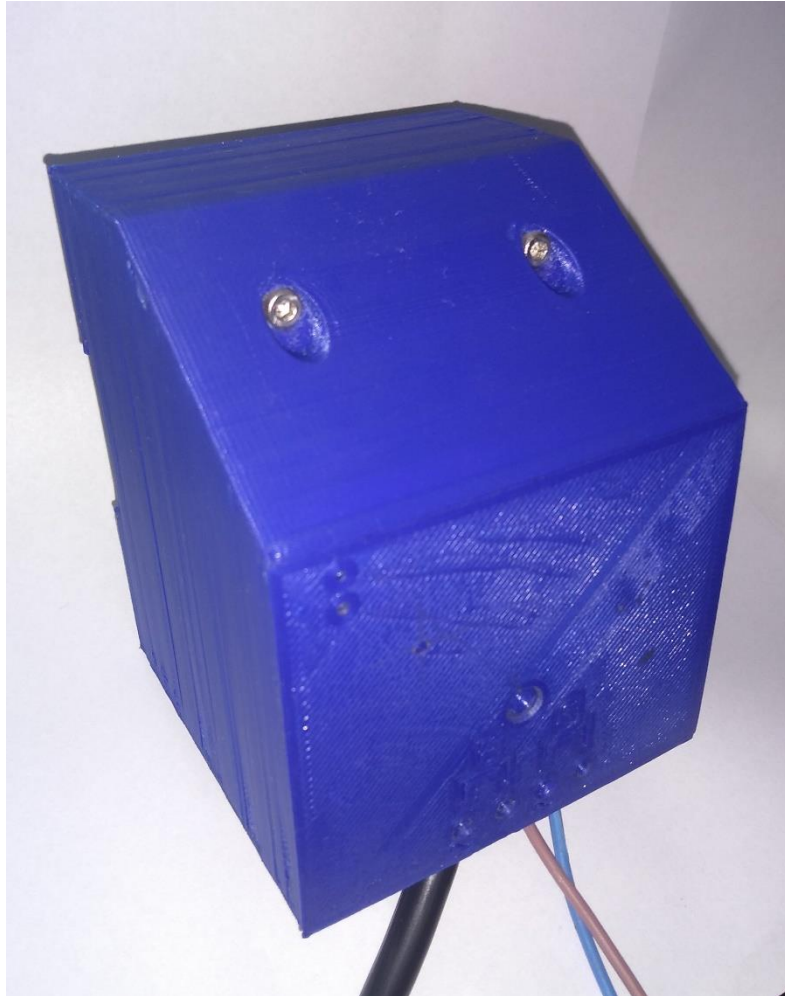
```
===== RESTART: /home/pi/Medidor_Energia/pedidoFECHA_info_broker.py =====
Conectado MQTT
NIS medidor actual: 0001064010
Numero de intento:0
Envia mensaje a nodo: 0001064010INFO-0001064010-31-5-19-
Recepcion desde nodo:425.82;820.15;221.00;5.23;0.95;2019;5;31;
Mensaje a publicar en IBM Cloud:
{'energia_kwh': 425.82, 'factor_potencia': 0.95, 'energia_wh': 820.15, 'tension_rms': 22
1.0, 'corriente_rms': 5.23, 'date': '2019-05-31', 'nis': 'b000m1064010'}
=====
NIS medidor actual: 0000000125
Numero de intento:0
Envia mensaje a nodo: 0000000125INFO-0000000125-31-5-19-
Recepcion desde nodo:
Numero de intento:0
Envia mensaje a nodo: 0000000125INFO-0000000125-31-5-19-
Recepcion desde nodo:0.00;1.10;231.64;0.00;1.00;2019;5;31;
Mensaje a publicar en IBM Cloud:
{'energia_kwh': 0.0, 'factor_potencia': 1.0, 'energia_wh': 1.1, 'tension_rms': 231.64, '
corriente_rms': 0.0, 'date': '2019-05-31', 'nis': 'b000m0000125'}
=====
NIS medidor actual: 0001064011
Numero de intento:0
Envia mensaje a nodo: 0001064011INFO-0001064011-31-5-19-
time out activado
Numero de intento:1
Envia mensaje a nodo: 0001064011INFO-0001064011-31-5-19-
Recepcion desde nodo:425.82;820.15;221.00;5.23;8.95;2019;5;71;
Numero de intento:1
Envia mensaje a nodo: 0001064011INFO-0001064011-31-5-19-
Recepcion desde nodo:425.82;820.15;221.00;5.23;0.95;2019;5;31;
Mensaje a publicar en IBM Cloud:
{'energia_kwh': 425.82, 'factor_potencia': 0.95, 'energia_wh': 820.15, 'tension_rms': 22
1.0, 'corriente_rms': 5.23, 'date': '2019-05-31', 'nis': 'b000m1064011'}
=====
```

# Prueba en EDESAL

- ▶ Carga resistiva: Error < 2%
- ▶ Carga inductiva/capacitiva < 8%



# Prototipo final: medidor y pasarela de red



# Índice de contenidos

- ▶ Introducción
- ▶ Objetivos
- ▶ Diseño medidor de energía
- ▶ Hardware
- ▶ Firmware
- ▶ Red Inteligente
- ▶ Pruebas y resultados
- ▶ **Conclusiones**
- ▶ Trabajos futuros

# Conclusiones

- ▶ El prototipo desarrollado tiene la capacidad de medir la tensión y corriente de la línea eléctrica que ingresa al hogar del cliente, para luego obtener el consumo de energía, potencia y factor de potencia.
- ▶ Permite que cualquier cliente en la comodidad de su hogar pueda conectarse al dispositivo con su celular y consultar la información que requiera, como así también cliente y proveedor pueden ingresar el dashboard para consultar datos.
- ▶ El proyecto final fue una manera muy interesante de aplicar gran parte de los conocimientos adquiridos en las materias que conforman la carrera, como así también la experiencia personal que el alumno pudo aportar.



# Índice de contenidos

- ▶ Introducción
- ▶ Objetivos
- ▶ Diseño medidor de energía
- ▶ Hardware
- ▶ Firmware
- ▶ Red Inteligente
- ▶ Pruebas y resultados
- ▶ Conclusiones
- ▶ **Trabajos futuros**

# Trabajos futuros

- ▶ Cambiar el amplificador de aislamiento capacitivo por uno óptico.
- ▶ Modificar el algoritmo para calcular el factor de potencia.
- ▶ Diseñar una fuente flyback con dos salidas de tensión aislada para alimentar la parte analógica y la parte digital del dispositivo, reduciendo el costo final.
- ▶ Agregar características a la pagina Web y aplicación Android.

¡Muchas gracias por su atención!

¿Preguntas?