



**UNIVERSIDAD PRIVADA BOLIVIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

**Lectura remota de servicios básicos mediante
reconocimiento de caracteres**

**TRABAJO FINAL DE GRADO PRESENTADO POR:
Mauro Agustín Fernández Villalba**

**Como requisito parcial para optar al grado de:
Licenciatura en Ingeniería Electromecánica**

Tutor: Ing. Mauro Sergio Quiroga Coronado

Cochabamba, 5 de agosto de 2020

Resumen

Este es mi resumen de máximo 200 palabras

Abstract

Este sera mi resumen en ingles

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Descripción del problema	3
1.3. Justificación	6
1.4. Alcance y Delimitación	7
2. Marco Teórico	9
2.1. IoT - Internet de las cosas	9
2.2. Medidores de servicios básicos	9
2.2.1. Medidores mecánicos y electromecánicos	9
2.2.2. Medidores electrónicos	9
2.2.3. Medidores inteligentes	9
2.3. Microcontroladores	9
2.4. Cámaras	10
2.5. OCR - Reconocimiento óptico de caracteres	10
2.6. Bases de datos	10

3. Desarrollo del proyecto	11
4. Resultados y validación	12
4.1. Análisis de costos	12
5. Conclusiones y Recomendaciones	13
5.1. Conclusiones	13
5.2. Recomendaciones	13
Bibliografía	14
A. Anexos	16

Índice de figuras

1.1. Esquema de comunicación de equipos de distintos fabricantes .	5
1.2. Esquema de comunicación propuesto	5

Índice de tablas

2.1. Tabla de ejemplo	9
---------------------------------	---

1 Introducción

1.1. Antecedentes

Es claramente notorio el avance tecnológico que vivió el mundo en el último siglo, si nos enfocamos en el área computacional y de la telecomunicación, podemos observar que los pasos grandes empezaron a darse alrededor de los años 50, con la creación de las primeras computadoras; dispositivos que dieron origen a una de las invenciones mas revolucionarias de nuestra generación, el internet. Se puede considerar el origen o primer paso del internet en el año 1965, con el envío de un paquete de datos entre dos computadoras en la universidad ‘MIT’, Estados Unidos.[1] Desde ese entonces, evoluciono hasta lo que conocemos hoy con una particular rama la cual cada vez se hace más famosa, denominada ‘IoT’ o ‘Internet of things’ (Internet de las cosas), término que, en pocas palabras, significa interconectar cada ‘cosa’ a una red. Esta rama particular tuvo comienzos alrededor del año 80 con dos ejemplos particulares, las conexiones M2M utilizando sistema SCADA y la conexión a través de internet a una maquina de Coca Cola, donde se verificaba si había una bebida disponible y si esta estaba fría o no. Sin embargo, solamente en el año 1999 se oficializo este termino y desarrollo hasta lo que tenemos hoy, que son los dispositivos inteligentes (Smart devices).[2]

En el año 2000, teníamos alrededor de 200 millones de dispositivos conectados a internet, se estima que el año 2020, se tengan alrededor de 50000 millones de dispositivos, donde, el crecimiento abrupto se debe a que varios de estos dispositivos serian parte del internet de las cosas.[3]

Por otro lado, paralelamente mientras las ciudades crecían y surgía la necesidad de proporcionar servicios básicos como luz y agua, se crearon los medidores de estos servicios,

donde hasta el año 2006, todos estos eran, en su mayoría, mecánicos o electromecánicos, donde un contador proporcionaba el consumo de los residentes de la morada en la cual estaba el medidor instalado.

Posterior al año mencionado, se juntaron estas dos tecnologías, el medidor se convirtió en una ‘cosa’ que podría conectarse a una red y mandar los datos de las mediciones a un servidor, a este dispositivo se lo llegó a conocer como ‘Smart Meter’ o medidor inteligente. Debido al sin fin de beneficios que tiene un medidor inteligente, los países mas desarrollados empezaron a invertir en este tipo de tecnología donde de a poco, se fueron instalando estos dispositivos, comenzando en proyectos en pequeñas ciudades, hasta llegar a números mucho mas grandes. Como una de las primeras ciudades en incorporar los medidores inteligentes tenemos a Boulder, Colorado, que hoy en día es la primera ciudad en el mundo completamente ‘Smart-Grid’, contando con mas de 16000 smart meters de luz. Como era de esperarse de un país como Estados Unidos, la implementación continuó con ciudades como Sacramento y San Diego, en California, donde los números llegan a aproximadamente 2 millones de medidores inteligentes. [4]

Europa no se queda atrás. El Reino unido, hasta el mes de marzo de 2019, llegó a la cifra de medio millón de medidores inteligentes de electricidad instalados y apuntando a los dos millones para el 2020. [5] También se estima que el 2019, se invierta 3.2 billones de dólares en medidores inteligentes de gas [6] y viendo un poco mas hacia adelante, la agencia de energía alemana espera que 35 millones de medidores inteligentes adicionales sean instalados para el año 2032. [7]

Acercándonos un poco mas a nuestro entorno, en Latinoamérica empezaron las pruebas con estos dispositivos recién alrededor del año 2016. En Brasil, empresas como AES Eletropaulo, Eletrobras, Celpa entre otras, realizaron experimentos con estos Smart meters y algunos proyectos pilotos y México espera la implementación de 30 millones de estos para el 2025.[8] La empresa Edesur también empezó con la instalación de 5000 medidores inteligentes de electricidad en la zona sur de Buenos Aires, Argentina, proyecto que planeó tener listo para el 2018. [9]

En nuestro país, Bolivia, a pesar de las nuevas incursiones tecnológicas que se están realizando y de los intentos de ciudades sostenibles, no existe ningún trabajo en la implementación de medidores inteligentes. Actualmente las empresas prestadoras de servicios básicos pertenecen al estado y cualquier decisión de innovar, depende de este.

Ademas, la crisis económica que desato el Covid-19, seria una limitante para la implementación de cualquier sistema de medición inteligente. Actualmente se estima que la pandemia desplome la economía en un 7.2% el 2020 [10], entonces estamos en un panorama donde las prioridades son los gastos en insumos y equipos médicos y no en la adquisición de nuevos equipos de medición de servicios para toda la infraestructura, a pesar de sus beneficios.

1.2. Descripción del problema

Actualmente, el sistema de medición en Cochabamba, funciona de la siguiente forma. La empresa prestadora de servicios tiene un personal dedicado para la medición, en el caso de Elfec, los técnicos son propios de la empresa, a diferencia de Semapa y YPFB, que tercerizan el personal a través de una licitación, este personal tiene la tarea de dirigirse a cada domicilio que cuente con algunos de los servicios y manualmente hacer la lectura del medidor, donde hay que tomar en cuenta que, algunos de los medidores están dentro de las residencias, por ende hay que interactuar con el residente, y también es necesario un técnico por cada tipo de servicio, es decir que si una casa cuenta con servicios de agua, luz y gas, se necesitaría que tres personas diferentes se aproximen para tomar las mediciones, vale recordar que ademas, tenemos servicios como el gas, donde el monto a cobrar no sobrepasa los 40 bs, entonces esto realmente implica un costo para la empresa, sin olvidar que también, la cobranza es una limitante al momento de llegar a ofrecer un servicio a los pueblos en las afueras del área urbana.

Ademas, si tomamos en cuenta el escenario actual, generamos la exposición de cada empleado que va a tomar las mediciones y también a los clientes con que llegase a interactuar, en el caso donde los medidores se encuentran dentro de la residencia. Situación que también se tendría en el caso de que se llegara a instalar toda una nueva red de medición.

En cuanto a la implementación de un sistema de medición inteligente mediante la compra de dispositivos ya existentes en el mercado, encontramos tres aspectos problemáticos.

- En cuanto a la adquisición de los productos, la cantidad de proveedores es limitada

debido a las frecuencias libres operacionales en territorio boliviano, la mayoría de los productos IoT de este ámbito usan protocolos como LoraWAN o Sigfox, cuyas frecuencias ya están ocupadas en Cochabamba, además de que el costo de los productos todavía es elevado y tendrían que realizarse importaciones a grandes escalas, cuando hoy se están priorizando la importación de insumos y equipos médicos.

- Respecto a la instalación de estos dispositivos, tenemos que considerar que actualmente, Elfec tiene aproximadamente XXX usuarios, Semapa YYY y YPFB ZZZ, el cambiar cada uno de estos dispositivos requiere un gran esfuerzo tanto de mano de obra como de tiempo, ya que hay que desmontar los equipos existentes y reemplazarlos por los nuevos, sin olvidar que habría que realizar una capacitación distinta al personal dependiendo del tipo de medidor que se vaya a instalar, además de interrumpir el servicio del usuario mientras se hace el cambio de equipo y también deshacerse de la mayoría de los medidores existentes. Además, si hablamos de tiempos, hay que considerar que las empresas prestadoras de servicios, ante la adquisición de tecnologías nuevas, realizan periodos de pruebas del nuevo sistema por adquirir, ya que no pueden correr el riesgo de malas mediciones o corte de servicio, sin un respaldo. La crisis mundial que estamos viviendo nos obliga a un despliegue rápido de proyectos que podrían implicar un riesgo menor de contagio.
- Sobre el dispositivo o sistema en si, no existe un proveedor que ofrezca un sistema de medición inteligente centralizado para los tres servicios, es decir que para cada servicio, tendríamos una marca de dispositivo diferente, que probablemente hablen distintos, consuman mayor energía, usen distintas plataformas de administración de datos, o peor aun, que estén arraigados a sistemas de administración de datos propio y también que usen un canal diferente para el envío de datos desde la residencia hasta el servidor. Esto implica el despliegue de tres arquitecturas de red diferentes como se observa en la [1.1](#)

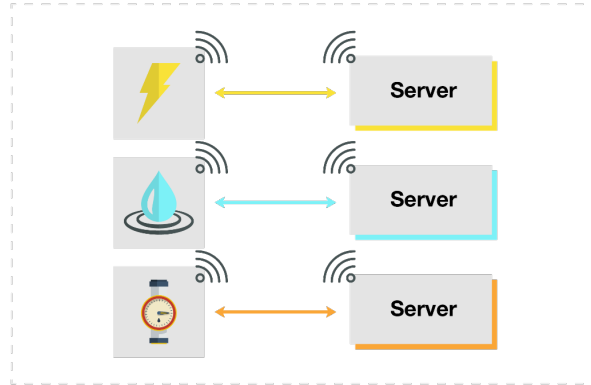


Figura 1.1: Esquema de comunicación de equipos de distintos fabricantes
Fuente: Elaboración propia

A raíz de estos factores considerados como problemática y además de los beneficios adicionales que se tendría, se propone un prototipo que realice una lectura remota de los servicios básicos mediante el reconocimiento de caracteres, es decir, un sistema de captura de imágenes de fácil y rápido montaje, que pueda implementarse a uno o mas medidores, que a través de un solo canal de comunicación, regulado bajo normativa boliviana, envíe dicha imagen (o imágenes) a un servidor donde, tras un procesamiento, se pueda almacenar el valor del consumo del servicio, como metadata, en una base de datos. Como se puede ver en 1.2

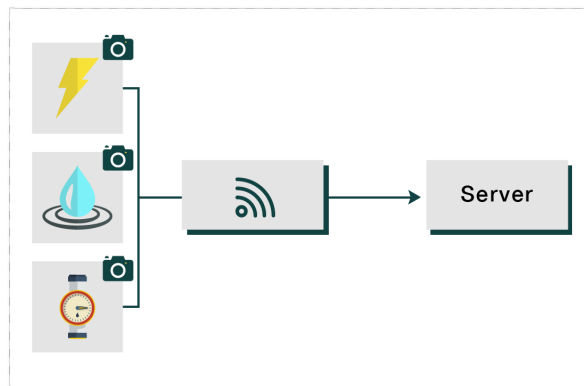


Figura 1.2: Esquema de comunicación propuesto
Fuente: Elaboración propia

1.3. Justificación

La implementación de dicho sistema de lectura remota de servicios básicos conllevaría varios beneficios, tanto en aspectos técnicos, económicos y sociales.

Técnicamente y como principal impacto estaría la centralización del envío de datos, el hecho de recolectar las imágenes localmente y usar un solo canal de comunicación para el envío de estos archivos, nos permite implementar una arquitectura mas simple, eliminando elementos innecesarios si hablamos de mediciones mixtas (de mas de un servicio). Además, en cualquier sistema electrónico sabemos que la mayor parte de la energía del dispositivo se consume en la transmisión de datos, entonces centralizar el canal de comunicación también significa un ahorro energético del sistema.

Se propone un sistema que este basado completamente en software libre, en cada nivel de implementación, por ende los datos pueden entregarse a cualquier sistema tercero que cobranza o gestión y monitoreo. El acceso a esta información en casi tiempo real, llega a ser muy valiosa para cualquier tipo de servicio, si hablamos de consumo de luz, el SIN (Sistema interconectado nacional) puede realizar planificaciones de oferta o demanda futuras para la redistribución de energía o incluso para la compra/venta de esta. Si hablamos de fluidos, un gran beneficio seria la detección temprana de fugas, con una simple correlación de caudales - la cantidad de fluido que sale del proveedor de servicio tiene que ser igual a las que llegan a las residencias- podemos detectar en que puntos tenemos perdidas de manera mas rápida.

En cuanto al despliegue del sistema, debido a que el prototipo propuesto consistiría en un montaje simple de una cámara para la captura de imagen de cada medidor, el sistema se puede instalar sin la necesidad de interrumpir el servicio al usuario y sin la necesidad de un plazo de testeo ya que todavía se tendría como respaldo el medidor antiguo, esto a diferencia de la instalación de un sistema de medición convencional donde se tendría que realizar un cambio de todo el equipo de medición y pasar por un plazo de pruebas para ser instalado en toda una ciudad, además de la capacitación a personal de la instalación de un dispositivo, siendo este escalable y modular para la cantidad de servicios necesarios.

En cuestiones económicas, debido a la topología del sistema, este seria mucho menos

costoso que un sistema de medición convencional, la eficiencia en su consumo energético implicarían costos menores en cuanto a la puesta en marcha del sistema propuesto. Además de implícitamente generar ahorros en cuanto al uso de personal para la cobranza de los servicios básicos y también ahorros en papel, debido a que no ya no sería necesario la impresión de boletas de cobranza e incluso se podría sincronizar con un sistema de pagos en línea, como el que ya cuenta la empresa Elfec. El último punto mencionado podría también considerarse un beneficio ecológico.

Socialmente hablando, estamos atravesando una crisis mundial debido a la pandemia, donde la automatización de procesos que desliga la intervención humana representa una mayor seguridad tanto para los empleados como para los consumidores del servicio básico. Además que el sistema otorga la posibilidad de brindar la información de consumo al cliente en periodos muchos más cortos, para promover la concientización del uso de recursos no renovables, como el agua, o de los recursos que generan huellas de carbono.

1.4. Alcance y Delimitación

El proyecto consiste en el desarrollo de un sistema de medición de servicios básicos inteligente, aplicable a la normativa boliviana, mediante la captura de imagen del medidor, el reconocimiento de los caracteres de la imagen, además del envío de esta a un servidor para su procesamiento y obtención de la medida como dato. Se estudia el uso, manipulación y funcionamiento de medidores existentes en las residencias cochabambinas. Parte del proyecto también es el uso de componentes electrónicos, como la cámara, el controlador de esta y el dispositivo que actuara como puerta de enlace de red. Se incurrió de igual manera en la programación de la comunicación entre dispositivos finales, el código que recorta la imagen, reconoce los números y los interpreta y asimismo de la configuración de una base de datos con la organización de los datos correspondientes. Se contempló el desarrollo de un sistema de fácil acople a cualquiera de los medidores analizados. Se contempló también la implementación de seguridad en la comunicación para evitar 'tampering' (termino usado para la manipulación ilegal de los consumos)

Por otro lado, debido a la comunicación inalámbrica entre los medidores de cada servicio y el Gateway, hay una limitación en cuanto a la distancia que exista entre estos y cualquier factor que pueda interferir con estas señales (como materiales que realizan

interferencia). Se tomó en cuenta la regulación de frecuencias establecidas por ley en nuestro país, Bolivia.

Se limitó el desarrollo de componentes electrónicos para los dispositivos sensibles del proyecto, es decir, dispositivos que requieran sistemas de transmisión inalámbrica sensibles a interferencia, placas PCB de alta precisión o dispositivos que requieran de materiales especiales con protecciones contra agua, gases u otros particulares.

La manipulación de esta información por las empresas prestadoras de servicio y la imposibilidad de centralizar la información no es parte de este proyecto debido a que el carácter burocrático esta fuera de las pertinencias del proyecto.

2 Marco Teórico

2.1. IoT - Internet de las cosas

2.2. Medidores de servicios básicos

2.2.1. Medidores mecánicos y electromecánicos

2.2.2. Medidores electrónicos

2.2.3. Medidores inteligentes

2.3. Microcontroladores

Este es un ejemplo de tablas

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Tabla 2.1: Tabla de ejemplo

2.4. Cámaras

2.5. OCR - Reconocimiento óptico de caracteres

2.6. Bases de datos

3 Desarrollo del proyecto

4 Resultados y validación

4.1. Análisis de costos

5 Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

5.2. Recomendaciones

Bibliografía

- [1] J. Zimmermann, Kim Ann y Emspak, “Live science. internet history timeline.” <https://www.livescience.com/20727-internet-history.html>, jun 2017. Accessed: 2020-05-30.
- [2] K. D. Foote, “A brief history of the internet of things.” <https://www.dataversity.net/brief-history-internet-things/>, aug 2016. Accessed: 2020-05-28.
- [3] C. N. Academy, “Introduccion a redes.” Curso CCNA, 2014.
- [4] A. Kingsbury, “10 cities adopting smart grid technology.” <https://www.usnews.com/news/energy/slideshows/10-cities-adopting-smart-grid-technology?onpage/>, feb 2010. Accessed: 2020-05-28.
- [5] S. E. International, “Uk hits 500000 smet2 smart meters.” <https://www.smart-energy.com/industry-sectors/business-finance-regulation/uk-hits-500-000-smart-meters-install-rate-must-double-smets2//>, mar 2019. Accessed: 2020-05-18.
- [6] S. E. International, “3.2 billion in investment anticipated in smart gas metering through 2019.” <https://www.smart-energy.com/industry-sectors/policy-regulation/3-2-billion-investment-anticipated-smart-gas-metering-through-2019/>, mar 2019. Accessed: 2020-05-18.
- [7] D. Energie-Agentur, “Smart meters for the future.” na.de/en/topics-projects/energy-systems/digitalisation/smart-meter//, jun 2019. Accessed: 2020-05-13.

-
- [8] S. Energy, “Smart grid developments in latin america.” <https://www.smart-energy.com/industry-sectors/smart-grid/latin-american-smart-grid-development-navigant//>, aug 2018. Accessed: 2020-05-10.
- [9] C. Demartini, “Argentina: Power grid becomes digital with the first 5000 smart meters installed in bs.” <https://via.news/south-america/argentina-power-grid-digital-smart-meters-buenos-aires//>, dec 2017. Accessed: 2020-05-22.
- [10] B. Mundial, “La covid-19 (coronavirus) hunde a la economía mundial en la peor recesión desde la segunda guerra mundial.” <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/06/08/covid-19-to-plunge-global-economy-into-worst-recession-since-world-war-ii/>, 06 2020. Accessed: 2020-07-23.

A Anexos