

## **Desarrollo e implementación de un sistema de lectura remota automática de medidores de clientes de baja tensión de la ANDE**

**Miguel A. Kennedy, Sergio E. Morel, Raj K. Bhag Chandani, Mario E. López, Tamatía R. Colmán, Oscar Rojas, Pablo Sosa, Luis Sosa, Gregorio Espínola**

**Fundación Parque Tecnológico Itaipu Paraguay**

**Paraguay**

### **1.1 Resumen**

El presente material expone el proceso de desarrollo e implementación del sistema AMR (del inglés: Automatic Meter Reading) para lecturas remotas automatizadas de medidores de baja tensión ubicados en cabinas de edificios, ejecutado en el marco de una colaboración técnica entre la Fundación Parque Tecnológico Itaipu – Paraguay (PTI-PY) y la Administración Nacional de Electricidad (ANDE).

La ANDE en su plan piloto para toma de lecturas a distancia en medidores de baja tensión, realizó la instalación de equipos de comunicación, el acondicionamiento de cabinas de medidores y la instalación de un software propietario de lectura de medidores a distancia, el cual permitió la lectura remota de medidores de forma manual. Si bien esta solución permitió la lectura a distancias de los medidores, la misma requirió la presencia física de un operador para la ejecución de la medición de forma secuencial y la transcripción de datos a una planilla para su posterior facturación además de un sistema similar para cada marca o incluso modelo de medidor. Estas condiciones inviabilizaban la lectura remota eficiente y a bajo costo.

En este contexto el PTI-PY desarrolló el sistema denominado SAMR que permitió la realización de lecturas remotas automatizadas para medidores de baja tensión de múltiples fabricantes basados en el estándar IEC62056-21, aprovechando la infraestructura ya instalada por la ANDE. Adicionalmente este sistema fue integrado al sistema comercial, haciendo posible la tele-facturación de forma automatizada desde la lectura de medidores hasta la emisión de la factura del cliente.

### **1.2 Palabras clave**

AMI, AMR, Smart Grid, Smart Metering

### **1.3 Cuerpo del trabajo**

#### **1. Introducción**

La Administración Nacional de Electricidad (ANDE), para la medición de consumo de energía eléctrica de sus clientes, posee medidores de distintas marcas y modelos ya sea para sus clientes de baja tensión o media tensión. A diferencia de los medidores de media tensión, los medidores de baja tensión no poseen sistema de comunicación de datos de forma remota, por lo tanto, esto hace que

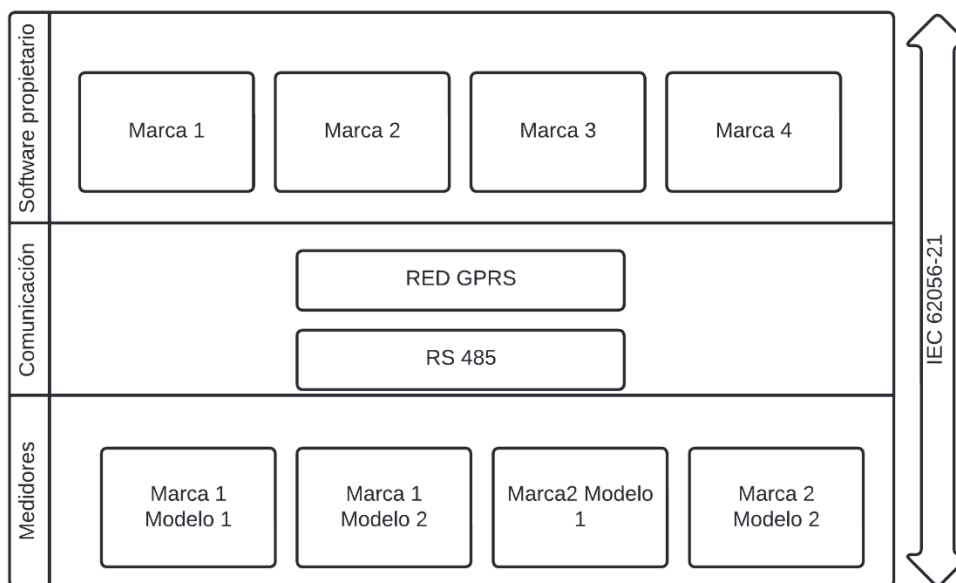
**XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE**  
**23 y 24 de Junio 2022**

las lecturas de los medidores sean realizadas in situ por funcionarios dedicados a las lecturas, los cuales están sujetos a los factores inherentes a este tipo de proceso manual.

**1.1. Plan piloto de lecturas remotas de medidores**

Atendiendo a que los medidores poseen interfaz para la transferencia de datos de forma local por medio de un puerto óptico y RS485. La ANDE realizó un plan piloto que consistió en dotar de equipos de comunicación a las cabinas de medidores ubicados en edificios residenciales y comerciales, a modo que posibiliten realizar lecturas remotas de medidores, con la idea de detectar posibles fraudes por sustracción de energía eléctrica.

En este proyecto piloto se instalaron concentradores RS485 con comunicación GPRS a modo de conectar todos los medidores de la cabina al BUS RS485 y para la lectura de los medidores se utilizaron diversos softwares propietarios de las marcas de medidores. Este proceso de toma de lecturas siguió siendo manual debido a que requería de un personal que realice la solicitud de medición una a la vez y los datos obtenidos debían ser registrados en una planilla inicialmente de control para su posterior evaluación, luego, en otro enfoque ya de facturación, los datos obtenidos fueron aprovechados y transcritos al sistema comercial de facturación. En la Figura 1 se ilustra el esquema implementado en el plan piloto de ANDE.



**Figura 1 - Esquema de lectura remota del plan piloto de ANDE.**

**1.2. Solución propuesta en el proyecto SAMR**

Atendiendo al plan maestro de la ANDE [4], se estableció un acuerdo de cooperación técnica entre el PTI-PY y la ANDE, en donde el PTI-PY se comprometió en el desarrollo de un prototipo de sistema AMR (del inglés: Automatic Meter Reading), que consistió en un software de lectura

**XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE**  
**23 y 24 de Junio 2022**

automática de los medidores ubicados en cabinas de edificios, y la ANDE en dotar de infraestructura técnica para el desarrollo del proyecto..

En el proyecto denominado Implementación de Sistema Autónomo de Lectura de Medidores - SAMR – FASE 1, se definieron los requisitos básicos para un prototipo mínimo viable que son: la lectura de los medidores de forma automática sin intervención del operador, definición de las variables de interés y el estudio de la integración con el sistema comercial de la ANDE para la facturación automática.

## 2. Desarrollo técnico del proyecto SAMR – FASE 1

El proceso de desarrollo del proyecto consistió en tres etapas principales que son la etapa inicial de estudio del arte y tecnologías a ser aplicadas, desarrollo del prototipo y definición de recursos de operación.

### 2.1. Primera etapa de desarrollo – Estudio del estado del arte y tecnologías relacionadas

Como puede ser observado en el reporte técnico *Desarrollo del sistema automático de lectura de medidores – SAMR- FASE 1* [1], la primera fase consistió en las revisiones y estudio del estado del arte del principal protocolo que forma la base del proyecto y está definida en la norma IEC 61052-21 el cual es utilizado en el intercambio de datos entre medidores a nivel mundial. Este estándar es desarrollado, mantenido y soportado por la asociación de usuarios de la norma, denominado Device Language Message Specification DLMS/COSEM [2]. Otro aspecto importante resaltado en esta etapa fue la identificación de los distintos modos de operación de comunicación detalladas en la norma, de los cuales en el proyecto fueron aplicados el modo C para tipos de lectura Programming Mode y el modo D para las lecturas del tipo READOUT [3].

Como resultado de la primera etapa se obtuvo un prototipo mínimo viable (PMV) como validación de las referencias estudiadas y entendimiento del protocolo en general, el prototipo realizó lecturas automáticas a una cabina de 10 medidores instaladas en laboratorio.

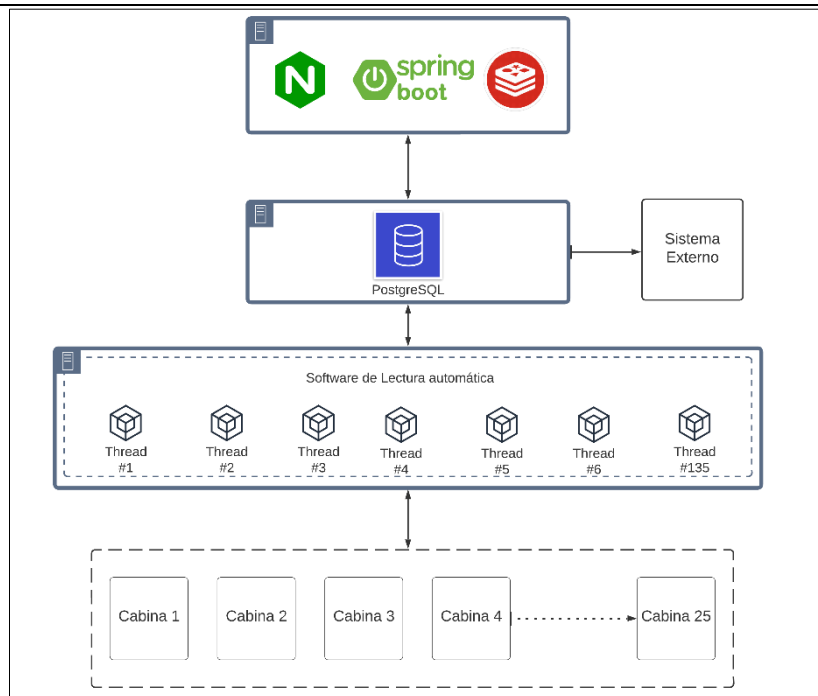
### 2.2. Desarrollo del prototipo

Culminada con la primera fase que resultó en el entendimiento de la norma IEC 62056-21 y el protocolo de comunicación implementado en una prueba de concepto, se inicia la segunda etapa del desarrollo del proyecto, en donde se conforma un equipo de trabajo interinstitucional entre la ANDE y el PTI-PY para la definición de las principales funcionalidades del sistema, en donde se realizaron los relevamientos de las necesidades a corto, mediano y largo plazo.

La arquitectura del sistema fue desarrollada para soportar 25 cabinas definida para la implementación inicial, que representaban a un total aproximado de 987 medidores. Se han definido tres partes principales para la arquitectura inicial del sistema SAMR – FASE 1 que son: La Base de Datos, Sistema automático de lecturas – SAMR-ADQ y una aplicación web para configuración del sistema y consultas de mediciones – SAMR-WEB.

En la figura 2 se representa la arquitectura de componentes del sistema.

**XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE**  
23 y 24 de Junio 2022



**Figura 2 - Diagrama de arquitectura de componentes del sistema.**

### 2.2.1. Sistema automático de lecturas – SAMR-ADQ

Es el sistema automático de lecturas de medidores denominado SAMR-ADQ, el cual fue desarrollado en Java SE 8, es ejecutado como un servicio autónomo en el sistema operativo del servidor. El sistema consta con una estructura de archivos en la cual se establecen las configuraciones del sistema.

El SAMR-ADQ se inicializa de forma automática en el proceso de inicialización del sistema operativo. Primeramente, el software toma los datos de configuraciones de los archivos correspondientes. Luego el sistema obtiene de la base de datos las informaciones de las cabinas y medidores para proceder a la lectura automática de medidores.

Este componente del sistema posee la capacidad de realizar lecturas de forma paralela y es compatible con las siguientes marcas de medidores:

- Marca Clou modelos DDS720A, DDS720, DTS718A;
- Marca Hexing modelo HX34X
- Marca ISKRA modelo MT174
- 

### 2.2.2. Aplicación Web para configuración del sistema - SAMR-WEB.

El SAMR-WEB es el componente desarrollado para la configuración y visualización de los datos obtenidos por el SAMR-ADQ. Esta aplicación está implementada con el framework Javascript

**XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE**  
**23 y 24 de Junio 2022**

AngularJS y está desplegada en contenedores Docker con el objetivo de escalarlo a futuro haciendo uso de una arquitectura orientada a aplicaciones nativas en nube.

Entre las funcionalidades del SAMR-WEB, se pueden mencionar:

- Registro y modificación de cabinas de medidores, dispositivos de comunicación y las configuraciones respectivas para lectura automática de medidores.
- Visualización de alarmas y estados de las lecturas.
- Curvas de perfil de carga.

### 2.2.3. Base de datos e integración con el sistema comercial de la ANDE

El principal objetivo del sistema SAMR es servir como medio de lectura de medidores para la telefacturación. Para el efecto se ha realizado la integración con el sistema comercial de la ANDE. Dicha integración fue realizada por medio de enlace de base de datos y definición de diccionario de datos o perfil de integración que fue implementado en una vista dentro de la base de datos PostgreSQL [1].

### 2.3. Pruebas y métricas de recursos para operación

En esta fase del proyecto se realizaron tareas correspondientes a las pruebas en campo y monitoreo de los recursos necesario para la puesta en operación del sistema en donde se hizo un enfoque en la cantidad de megabytes de consumo de datos para cada lectura y capacidad de hardware.

#### 2.3.1. Pruebas de consumo de datos

Para la realización de esta prueba se tomaron como muestra 8 cabinas que representaron un total de 215 medidores. La prueba consistió en medir el consumo de datos en los dos tipos de modo de lecturas PROGRAMING MODE y READOUT MODE, para los cuales fueron seleccionados los siguientes OBIS a ser leídos:

- 15.8.0 Energía activa absoluta (A +) total [kWh]
- 3.8.0 Positive reactive energy (Q+) total [kvarh]
- 1.6.0 Demanda máxima activa positiva (A +) total [kW]
- 31.7.0 Corriente instantánea (I) en fase L1 [A]
- 51.7.0 Corriente instantánea (I) en fase L2 [A]
- 71.7.0 Corriente instantánea (I) en fase L3 [A]

En la siguiente tabla se muestran los resultados del ensayo en donde se puede observar las medidas para cada modo de lectura y la diferencias en kilobytes (KB) entre ellas.

**XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE**  
23 y 24 de Junio 2022

Tabla 1 - Medición de consumo de paquete de datos.

	<b>CABINA</b>	<b>MEDIDORES</b>	<b>READOUT MODE (KB)</b>	<b>PROGRAMING MODE (KB)</b>	<b>% DIF (KB)</b>
8	DISPOSITIVO_08	25	31,405	39,880	26,99%
9	DISPOSITIVO_09	81	103,186	108,436	5,09%
10	DISPOSITIVO_10	63	80,558	96,922	20,31%
12	DISPOSITIVO_12	25	31,818	42,608	33,91%
13	DISPOSITIVO_13	21	26,267	28,827	9,75%
		215	273,234	316,673	15,90%

Con los resultados de la prueba anterior se realizó una prospección para determinar la frecuencia ideal de lecturas que atienda a los objetivos del proyecto.

En base a lo expuesto en la Tabla 2, se determinó que con una frecuencia de lectura cada 12 horas (2 veces al día) es suficiente para atender a las necesidades del proyecto, teniendo en cuenta que existe una limitante en la conectividad que son los Megabytes (MB) contratados mensualmente para cada uno de los dispositivos de comunicación.

Tabla 2 - Prospección de consumo de datos.

ID	Medidores	Consumo de datos diario (KB)*							
		2/día		6/día		1 hora		15 min	
		Readout	Programm	Readout	Programm	Readout	Programm	Readout	Programm
8	25	62,81	79,76	188,43	239,28	753,72	957,12	3014,88	3828,48
9	81	206,372	216,872	619,116	650,616	2476,464	2602,464	9905,856	10409,856
10	63	161,116	193,844	483,348	581,532	1933,392	2326,128	7733,568	9304,512
12	25	63,636	85,216	190,908	255,648	763,632	1022,592	3054,528	4090,368
13	21	52,534	57,654	157,602	172,962	630,408	691,848	2521,632	2767,392

---

**XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE**  
23 y 24 de Junio 2022

---

### 2.3.2. Determinación de recursos de hardware.

Se realizaron pruebas de estrés aumentando la cantidad de *threads* del componente SAMR-ADQ para determinar los requerimientos de hardware en donde se realizaron lecturas simultáneas a 135 cabinas determinando que con una Virtual Machine (VM) con 2 CORE de CPU y 2 GB de memoria RAM se puede atender de forma satisfactoria a ese número de cabinas utilizando el 40% de memoria RAM y 25% del CPU durante el proceso de lectura de medidores.

Por otra parte, la base de datos se ejecuta en una VM con 4 CORE de CPU y 4GB de memoria RAM, los cuales consumen el 50% de recursos durante una consulta general a la base de datos. Por otra parte, la VM para la aplicación web dispone de 2 CORE de CPU y 2 GB memoria RAM, los cuales utilizan el 15% de sus recursos.

Otra información importante para tener en cuenta es el tiempo que le lleva al SAMR-ADQ completar la lectura de todo el universo de medidores que es de entre 45 – 55 minutos, realizando lecturas simultáneas a 135 cabinas con un total de 6500 medidores, contempladas como pruebas de estrés del prototipo. El tiempo de respuesta de los medidores está sujeto a la latencia de la red M2M que conecta a las cabinas, los picos de latencia que se suelen observar son de entre 1,6 a 1,9 segundos.

### 3. Conclusiones

El sistema SAMR introdujo una mejora importante en la eficiencia y confiabilidad en el proceso de lecturas de los medidores instalados en cabinas de edificios, sustituyendo el proceso manual de lectura y la optimización en la gestión de recursos humanos.

Además, cabe destacar que el sistema SAMR representa un salto tecnológico y una transición suave hacia la telemedición atendiendo a que reaprovecha los medidores electrónicos convencionales con los que la ANDE ya cuenta sin la necesidad de adquirir equipos nuevos.

Otro factor relevante está asociado a la disponibilidad de lecturas suficientes tanto para la facturación, como para la generación de datos históricos para la obtención de informaciones tales como el perfil de carga del cliente, lo cual genera un impacto positivo que motiva la ampliación de la red de medidores a ser tele-facturados por medio del sistema SAMR.

Es importante mencionar que el *know how* adquirido en la implementación de la norma IEC 62056 generó una serie de posibilidades para futuros proyectos, debido a que dicha norma se emplea en varios otros tipos de medidores de energía y de otras aplicaciones como los medidores de agua y gas.

**XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE**  
**23 y 24 de Junio 2022**

---

**1.4 Referencias**

- [1] M. Kennedy, S. Morel, R. Bhagchandani, M. López. “Desarrollo del Sistema automático de lectura de medidores – SAMR – FASE 1”, in Divulgaciones Técnicas PTI-PY, Hernandarias, Dic. 2021. Páginas 1-11.
- [2] D. U. Association, DLMS Who we are, Steinhausen, 1997. Pág. 2.
- [3] Norma IEC 62056-21 Electricity metering – Data Exchange for meter reading, tariff and load control. Commission, International Electrotechnical, Geneva, Oct. 2002. Pág. 14-28
- [4] Plan Maestro de Distribución de Corto y Medio Plazo 2021 - 2030. Administración Nacional de Electricidad - ANDE , Asunción, 2021. Pág. 15-52.