



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

---

## **Desempeño de comunicación en sistemas de cableado convencionales contra mensajes GOOSE en una red local**

**Hernán A. González R.      Frankz P. Lindstrom E.      Mario E. Lopez A.**

**Centro de Innovación en Automatización y Control**

**Fundación Parque Tecnológico Itaipu**

**Paraguay**

### **RESUMEN**

El avance de las tecnologías tanto en el campo de la electrónica y en las redes de comunicación a forzado un proceso evolutivo en casi todos los sistemas de automatización, y los sistemas eléctricos no están ajenos a dicho efecto ya que se ve la necesidad de optimizar los recursos en pos de un sistema más eficiente y confiable.

El advenimiento del estándar internacional para automatización sistemas eléctricos (Norma IEC 61850) ha generado cierta incertidumbre a muchos ingenieros electricistas a la hora de reemplazar un sistema de transmisión de datos basado en cableado de cobre por una red ethernet, esto debido a la importancia de los requerimientos de los sistemas de protección.

Existe suficiente evidencia sobre la robustez de los sistemas convencionales, sin embargo se encuentran sujetos a restricciones desde el punto de vista del tiempo de transmisión, flexibilidad, costo para su puesta en servicio y mantenimiento; por otro lado la introducción de las redes LANs basados en Ethernet y la posibilidad que los mensajes GOOSE tienen de ser publicados en VLANs, teóricamente posibilitan la optimización de los tiempos y resolver los problemas encontrados en los sistemas convencionales.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio de automatización de sistemas eléctricos, sobre el desempeño de los sistemas de transmisión de datos basados en cableado de cobre en forma paralela con mensajes GOOSE a través de una red de área local Ethernet y de redes virtuales de área local.

### **PALABRAS CLAVES**

IEC 61850, Sistema convencional, Automatización, Redes LAN y VLAN, GOOSE.



## 1. INTRODUCCIÓN

Durante muchos años los equipos convencionales fueron los protagonistas principales en los sistemas de automatización de subestaciones (SAS), implementado conceptos electromecánicos y transmisión de información mediante cables de cobres, que satisfacían los requerimientos para un funcionamiento regular de las subestaciones eléctricas. Con la introducción de los equipos microprocesados y las redes Ethernet en los SAS se generaron conflictos a la hora de integrar los sistemas con equipos multifabricantes ya que la mayoría de estos equipos se basaban en protocolos propietarios, y un pequeño grupo que implementaban los protocolos abiertos que tampoco resultaba eficiente ya que precisaban de otros equipos traductores de protocolos para lograr cierta integración entre dispositivos de diferentes fabricantes, lo que aumentaba el tiempo para la transmisión de datos y obviamente los costos. Como consecuencia de esto surgió la necesidad del mercado de contar con estándar internacional que permita integrar equipos de distintos fabricantes sin descuidar la necesidad de satisfacer todas las funciones del SAS. Fue así que surgió la norma IEC 61850 que define la forma de comunicación y los servicios de los distintos equipos que integran una subestación.

La norma IEC 61850 empadrona un lenguaje de configuración de subestaciones (SCL) escrito en XML (extensible markup language) lo que permite a los equipos de distintos fabricantes acordar a la norma comunicarse entre sí. Esto además de facilitar la integración permite “liberar” el mercado dando oportunidades en los llamados a licitación a distintos fabricantes, mejor aun ya que al establecer un padrón en el lenguaje de configuración, los fabricantes intentan optimizar sus herramientas de ingeniería, algoritmos de protección e incluyen nuevas funcionalidades a los dispositivos, siendo el principal beneficiario el comprador. También es importante destacar que la norma IEC 61850 se basa en redes Ethernet siguiendo el modelo de comunicación TCP/IP.

## 2. MENSAJES EN UNA RED IEC 61850

La norma IEC 61850 implementa varios tipos de mensajes, entre ellas podemos citar los mensajes MMS, GOOSE y SV que circulan en una red Ethernet. Cada una de ellas es utilizada para satisfacer las distintas necesidades dentro de un SAS, por ejemplo para los mensajes con gran cantidad de información y que no precisan de una restricción de tiempo muy rígida, como son las acciones de supervisión y control de una subestación, implementan los mensajes MMS basados en una arquitectura cliente servidor. Para los mensajes del tipo uno definidos por el estándar IEC 61850 que comprenden los mensajes de protección y control de vanos de transmisión, que requieren de un tiempo crítico de actuación del orden de unos pocos milisegundos son utilizados los mensajes GOOSE, que se basan en una arquitectura abonador abonado

(*Publisher/subscriber*) y envían mensajes en forma de multicast. La norma también implementan los mensajes del tipo SV o valores muestreados tomados directamente de los dispositivos denominados *Merging Unit* o convertidores analógicos digital los cuales discretizan las señales analógicas de los TCs y TPs, con un requerimiento mínimo de 80 muestras por ciclo para los sistemas de protección y un mínimo de 254 muestras por ciclos para los sistemas de control.

## 2.1 Método de publicación de los mensajes GOOSE

Los mensajes GOOSE son administrados a través del servicio GSE (*Generic Substations Event*) que implementa el bloque de control GoCB (Goose control Block) para el mismo. Los eventos genéricos de una subestación son agrupados en un conjunto de datos conocido como *DataSet* los cuales son transportados por medio del GoCB.

El mensaje GOOSE publica el dataset que contienen los datos predefinidos de la subestación cada cierto tiempo igual a  $T_{max}$  ( $T_{max}$  = definido por el configurador) como se indica en la figura 1. Cuando ocurre un evento el cual modifica algún/os dato/s del dataset se envía una ráfaga reduciendo a un  $T_{min}$  ( $T_{min}$  = definido por la capacidad del dispositivo) el tiempo de publicación, esto de modo a forzar la recepción del mensaje, luego de cierto tiempo  $T_{min}$  va aumentando gradualmente hasta retornar al valor  $T_{max}$ . Otro punto interesante definido en el estándar es la posibilidad de asignar prioridades a los mensajes GOOSE de acuerdo a las necesidades y exigencias del sistema, esto permite cumplir con todos los requerimientos de tiempo propuesto por el estándar. Es importante mencionar a demás que este tipo de mensaje no solo publica el dato que ha cambiado sino también el resto del dataset.

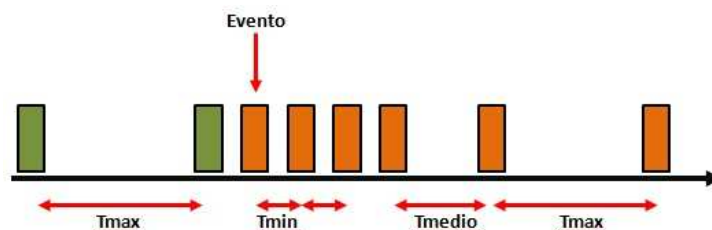


Figura 1 Método de publicación de mensajes GOOSE

## 2.2 Comportamiento de los mensajes GOOSE en la red

La norma IEC 61850 define en una red Ethernet mensajes del tipo GOOSE, que por ser mensajes de tiempo crítico su funcionamiento está limitado en la capa 1 del modelo TCP/IP, es decir la publicación de estos mensajes dentro de la red

sigue una lógica de direcciones MAC. Si varios IED's publican gran cantidad de mensajes a la red esta puede saturarse debido a las tormentas broadcast produciendo un aumento de la latencia. Para evitar la pérdida del mensaje o disminuir la latencia en una red con gran cantidad de tráfico los mensajes GOOSE utilizan QoS (Calidad de Servicio) para darle prioridad al mensaje GOOSE y también se utilizan VLAN's (Red de Area Local Virtual) para evitar la formación de tormentas broadcast en la red y evitar de esa manera la saturación de la red.

### 3. ESCENARIO DE ENSAYOS

El escenario hipotético seleccionado para este ensayo se basa en el esquema de una pequeña subestación donde son implementados conceptos de control y protección, el cual está compuesto por cuatro barras, un transformador y dos vanos en configuración interruptor doble. El transformador de potencia tiene sus propios interruptores, uno del lado de alta y el otro del lado de baja como se indica en la figura 2.

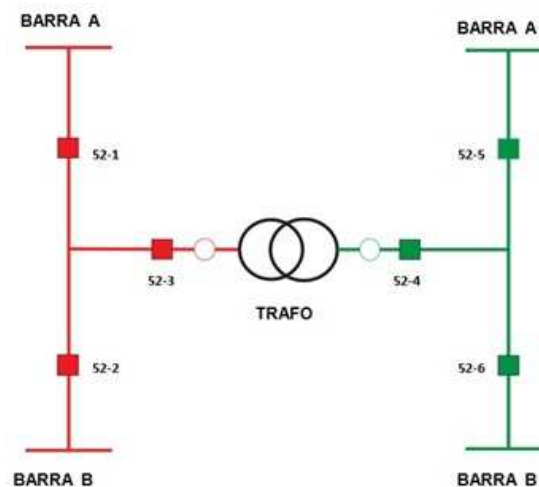
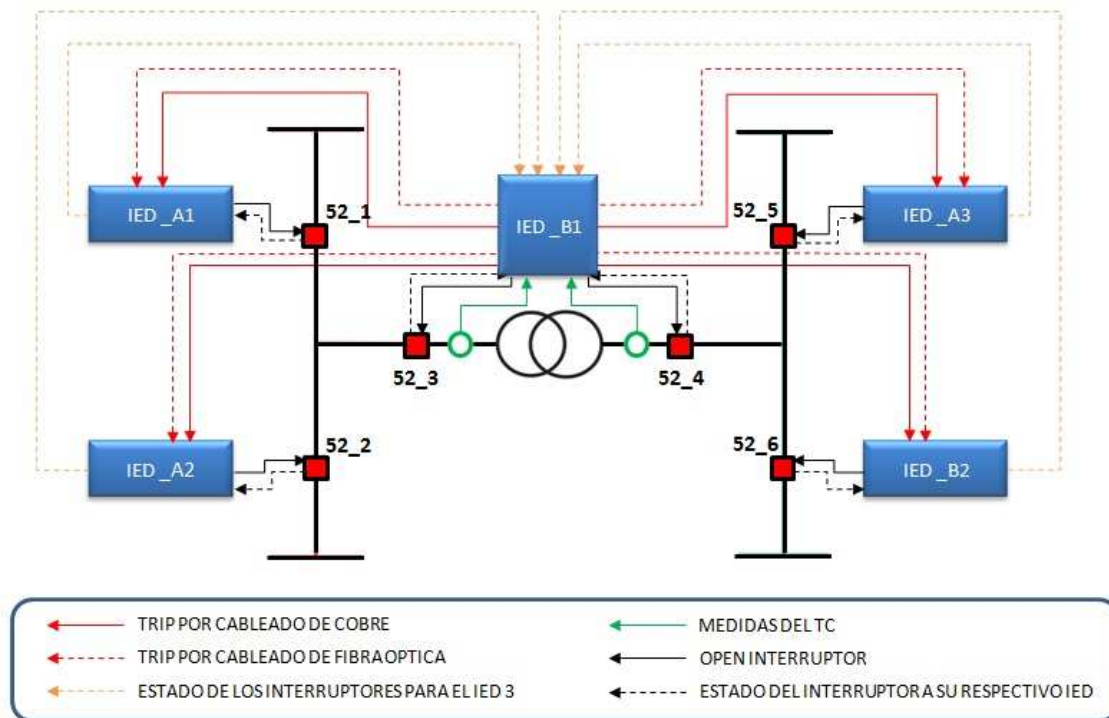


Figura 2 Escenario Hipotético

Los equipos seleccionados para el control y protección del mencionado esquema son 5 Dispositivos Electrónicos Inteligentes (IEDs) de los cuales tres son de la misma marca "A", a quienes a partir de este momento denominaremos IED\_A1, IED\_A2 e IED\_A3, dos IEDs son de la marca "B" a los que llamaremos IED\_B1 e IED\_B2. Para la protección del transformador y el control de los interruptores 52\_3 y 52\_4 del escenario hipotético a ser presentado más adelante es asignado al IED\_B1 y para controlar los interruptores 52\_1, 52\_2 y 52\_5 son asignados los IED de la marca A respectivamente, por otra parte el IED\_B2 se

encarga de controlar el interruptor 52\_6. La falla en el transformador detallada más adelante es simulada mediante una caja de ensayos.

La disposición de los IEDs y el esquema de conexión para intercambio de datos se indican en la figura 3, donde se propone un esquema de conexión por cableado convencional y otra por red ethernet basado en la norma IEC 61850.



**Figura 3** Esquema de conexión de los equipos de la subestación hipotética

### 3.1 Configuración de los equipos

Para el ensayo los equipos fueron parametrizados como se describe a continuación:

- Los IED\_A1, IED\_A2, IED\_A3 y el IED\_B2 monitorean el estado de sus respectivos interruptores y comunican estos estados al IED\_B1 protector de transformador mediante mensajes GOOSE.
- El IED\_B1 destinado para la protección del transformador es parametrizado para medir las corrientes del lado de alta y baja del transformador, de modo tal que al percibir alguna variación de corriente que sobrepase los valores establecidos en la configuración para falla diferencial, actúe enviando un mensaje TRIP a los interruptores del lado de alta y baja del transformador.

- c) La caja de ensayos permite simular los secundarios de los transformadores de corriente (TCs), y de esta forma es capaz de recrear una falla interna del transformador. Además de esto se utilizan las entradas binarias de la caja de ensayos para visualizar y comparar los tiempos de actuación de cada uno de los mensajes enviados por cableado de cobre.
- d) En el esquema hipotético también fue realizada una adaptación con pequeños interruptores de modo a poder simular la falla de cualquiera de los interruptores del transformador 52\_3 y 52\_4.

### 3.2 Escenarios recreados

#### 3.2.1 Escenarios 1 - Publicación en una sola VLAN

El escenario recreado, tiene la siguiente secuencia de eventos:

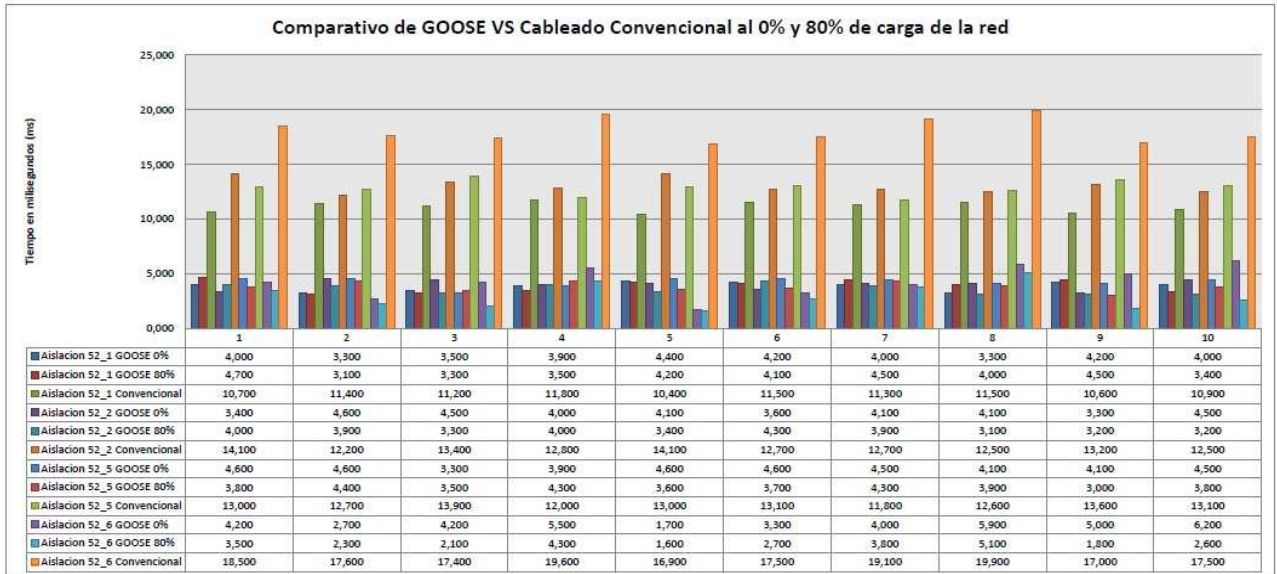
La primera reacción de protección del IED\_B1 luego de sentir la falla simulada mediante la caja de ensayos, es la de enviar un mensaje TRIP a los interruptores 52\_3 y 52\_4 para aislar la falla, pero al mismo tiempo fue forzada la falla de ambos interruptores, de modo que al no recibir una respuesta de apertura, el IED\_B1 envía un mensaje de falla de interruptor (CBF) a los demás IEDs envueltos en el escenario de manera a obtener una protección de retaguardia por parte de estos, que abren sus respectivos interruptores. Este mensaje CBF es enviado por medio de cableado convencional y por medio de mensajes GOOSE en una misma VLAN.

Fueron medidos y analizados los desempeños de cada uno de los mensajes mediante el visualizador de mensajes de la caja de ensayos, que permite comparar el tiempo de recepción de los mensajes GOOSE y los enviados por cableado de cobre, y a demás los mensajes GOOSE fueron medidos mediante una analizador de red de manera a tener una verificación cruzada, que tiene en cuenta la estampa de tiempo de los mensajes. Los IEDs fueron sincronizados utilizando el protocolo SNTP y IRIG-B los cuales tienen precisión del orden de mili segundos y microsegundos respectivamente.

En la siguiente tabla podemos observar el desempeño de cada tipo de mensaje, es importante mencionar que el desempeño de los mensajes GOOSE fueron analizados considerando dos condiciones de carga en la red, la primera, con un porcentaje 0 (cero) de sobrecarga de tráfico de datos y la segunda al 80 por ciento de sobrecarga de datos.

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

Tabla 1 Comparativo de GOOSE vs Cableado Convencional



Se puede observar una notable diferencia en el tiempo de envío de los mensajes GOOSE con respecto a los enviados por cableado convencional, por otro lado se observa una diferencia mínima en el desempeño de los mensajes GOOSE cuando se sobrecarga la red.

3.2.2 Escenario 2- Publicación en VLAN's diferentes

Se recreo el mismo escenario mencionado en el apartado 3.2.1. Los mensajes CBF son enviados por medio de cableado convencional y por medio de mensajes GOOSE en diferentes VLAN's. En la tabla 2 se muestra el esquema de configuración de los mensajes GOOSE publicados en la red donde los IED's ubicados en la lado de alta tensión publican su mensajes trip en la VLAN 30 y los IED's del lado de baja tensión publican sus mensajes en la VLAN 40.

Tabla 2 Asignación de las redes virtuales a cada equipo

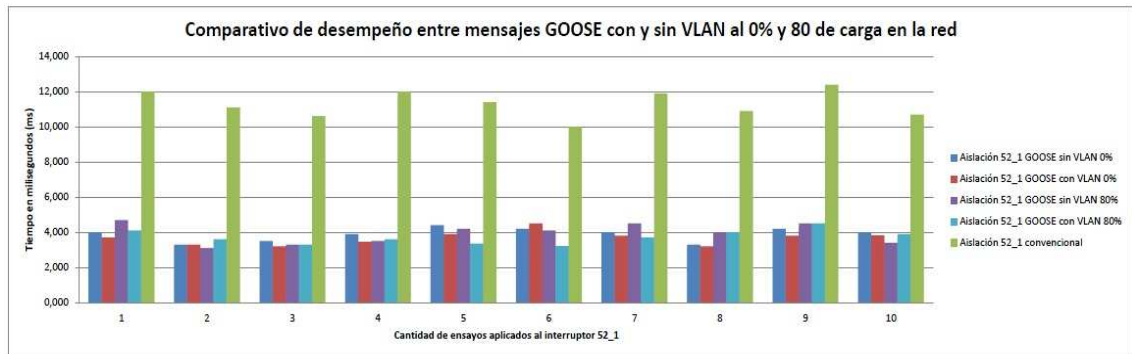
IED	VLAN
IED_A1	30
IED_A2	30
IED_A3	40
IED_B1	20
IED_B2	40

El análisis se realizo de manera similar al mencionado en el apartado 3.2.1, con sobrecarga en la red.



En la siguiente tabla se observa el desempeño de actuación convencional contra la actuación del GOOSE publicado en la misma VLAN y en diferentes VLAN's.

**Tabla 3 Comparativo de desempeño entre mensajes GOOSE con y sin la aplicación de las redes virtuales (VLAN)**



En la tabla arriba se presenta las actuaciones de aislación del interruptor 52\_1 para los diferentes escenarios, con 0% y 80% de sobrecarga. Se puede notar que la utilización de mensajes publicados en VLAN optimiza el tiempo de recepción de los mensajes GOOSE con relación a los publicados en la misma VLAN.

#### 4.CONCLUSIÓN

De acuerdo a la experiencia obtenida, que se refleja en los resultados de las tablas, queda más que evidente la considerable rapidez de los mensajes del tipo GOOSE enviado en una red Ethernet con relación al sistema convencional por cobre. Esta diferencia se acentúa aún más cuando se optimiza el uso de la red implementado redes virtuales para cada tipo de mensaje.

La sobrecarga de la red no impidió que los mensajes GOOSE lleguen a destino con los mismos requerimientos de tiempo, debido a la prioridad impuesta y definida en los mensajes. Con esto queda demostrado la robustez y confiabilidad que presenta los mensajes GOOSE dentro de los sistemas de automatización, además se certifica que la norma IEC 61850 ofrece realmente soluciones que permiten optimizar el funcionamiento de los sistemas de automatización de sistemas eléctricos.