

## **Propuesta para el Diseño de una Red de Tele Gestión sobre Re-Conectores de 34,5 KV Perteneciente a la Empresa de Energía de Boyacá – EBSA S.A. E.S.P.**

William F. Chaparro<sup>\*§</sup>, Harvey A. Hernández<sup>\*\*</sup>

Fecha de recibido: 20/01/2013      Fecha de aprobación: 25/03/2013

### **Resumen**

El documento muestra la propuesta al diseño de una red de telemetría para la administración, configuración y seguimiento de reconectores de línea de 34.5 KV. El proceso que se muestra es referenciado a través de la evaluación de dispositivos más apropiados para la conectividad remota donde se destaca el diseño de red, integración y administración remota respectiva. El diseño y propuesta se referencia al tomar en cuenta criterios técnicos y profesionales en la Empresa de Energía de Boyacá; responsable directo del proceso en mención.

**Palabras Clave:** *Comunicación, Internet, Móvil, Protecciones, Reconector, Red, Subestación, Telegestión, VPN(Red Privada Virtual.).*

### **Abstract**

This document shows the proposal for the design of a network for tele management re-connectors 34.5 kV line, showing the process that was taken through the internship, evaluating the most appropriate means of communication, design and equipment for managing the re-connector, taking into account technical and professional criteria also by engineers Boyacá energy company responsible for this process.

**Keywords:** *Comunicación, Internet, Móvil, Protecciones, Re-conector, Red, Subestación, Tele gestión, VPN.*

---

\* Facultad de Ingeniería Electrónica, Universidad Santo Tomas. Email: william.chaparro@usantoto.edu.co

\*\*Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC. Tunja, Boyacá. E-mail: harvey9210@gmail.com.

‡Se concede autorización para copiar gratuitamente parte o todo el material publicado en la *Revista Colombiana de Computación* siempre y cuando las copias no sean usadas para fines comerciales, y que se especifique que la copia se realiza con el consentimiento de la *Revista Colombiana de Computación*.

## **1. Introducción**

La Empresa de Energía de Boyacá EBSA S.A E.S.P., como Empresa prestadora de servicios públicos busca mejorar la calidad de vida de sus clientes prestando un buen servicio en la distribución de Energía eléctrica de forma continua. La oficina de protecciones, es la encargada de coordinar el correcto funcionamiento de las protecciones en las líneas de tensión a través de seccionadores, re-conectores y “relés” instalados en la red de distribución donde la Empresa presta servicio. La Empresa necesitaba un sistema de telegestión para reconectores, el proceso de gestión se realizaba de forma local; con el sistema desarrollado se realiza un proceso de seguimiento de fallos de Energía que parametriza un análisis de causas y determinar un procedimiento para la solución del problema de manera remota [1].

Un sistema de telegestión brinda mejor información a los operarios de campo, permite asistencia remota y con ello eficiencia en solución de fallas y reducción en los tiempos de duración de las interrupciones del suministro de Energía eléctrica que puedan llegar a presentarse. De manera transversal, facilidad a los profesionales encargados de descargar eventos, hacer cierres y la realización de ajustes y configuraciones a los equipos de forma remota. Diseñar e implementar una red de telegestión busca mejorar la calidad de servicio de la Empresa, tener mejor control sobre los reconectores y mejorar la calidad de servicio a los usuarios a los que se les presta el servicio [2].

## **2. Metodología**

En principio se presenta la evaluación del diseño de una red para la gestión remota de protecciones sobre un reconector de 34,5 kV perteneciente a la Empresa de Energía de Boyacá- EBSA S.A E.S.P. A partir de allí se correlaciona el medio más apropiado para realizar la telegestión en los dispositivos referenciados.

En primer lugar se describe de manera general la infraestructura de comunicación y las especificaciones técnicas de reconectores de la Empresa de Energía de Boyacá. Se parametriza la evaluación del medio apropiado para realizar la telegestión de protecciones tomando como base el reconector de 34,5 kV de la subestación El Morro ubicado en el Departamento de Casanare. Posteriormente se diseña una red de comunicación para la telegestión de protecciones en reconectores. Finalmente se determina las características técnicas de los equipos a utilizar dentro del diseño de la red de telegestión.

### **3. Justificación**

La Empresa de Energía de Boyacá a través de la gerencia de distribución y dentro de ella la oficina de protecciones es la encargada de coordinar la protección de circuitos en donde la Empresa presta el servicio de distribución de Energía eléctrica, este proceso se realiza por medio de seccionadores, re-conectores y “relés” instalados en la red de distribución.

La Empresa necesitaba un sistema de gestión remota de reconectores para realizar este proceso. Para el mismo era necesario el desplazamiento al sitio en donde se encuentra el dispositivo y allí la conexión local a través de cable rs-232, Ethernet o USB, al software para realizar las configuraciones respectivas y descargas de eventos consecuentes con las necesidades requeridas.

Un sistema de telegestión viabiliza la optimización en tiempo y recursos puesto que anticipa el conocer los inconvenientes presentados y mejorar la información a las cuadrillas y a los profesionales del área de operación y mantenimiento de la Empresa. Con lo anterior se gestiona remotamente la solución al inconveniente presentado o de ser necesario el desplazamiento al sitio se reducen los tiempos de acción al determinarse con antelación el inconveniente presentado y el plan de acción a desarrollar en sitio. Con lo anterior se disminuyen los tiempos de duración de interrupciones del suministro de Energía eléctrica hacia los usuarios, facilidad de cierres de ventanas de acción, descargas de eventos y realización de ajustes de forma remota para encontrar el problema de una forma más rápida y determinar la solución más conveniente [3].

Diseñar una red de telegestión busca mejorar la calidad de servicio de la Empresa y con ello la calidad de vida de cada uno de los usuarios a los que la Empresa presta el servicio.

La red de telegestión permite tener un respaldo en casos donde el sistema de comunicación con el que cuenta actualmente la Empresa presente algún inconveniente, flexibiliza al operario del centro de control la capacidad de realizar cierres de una forma remota y permite tener información más detallada para su operación.

### **4. Desarrollo del Proyecto**

#### **A. Determinación del Medio**

La Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P., a través de la dirección de operación y mantenimiento realiza la automatización de los sistemas de

protecciones en subestaciones, este proceso se efectúa por medio de seccionadores, “relés” y reconectores. Estos últimos tienen la función de proteger circuitos en la red de distribución de media y baja tensión en la Empresa, permite abrir o cerrar interruptores de forma automática controlados a través del IED (Interruptores de distribución eléctrica), según los ajustes hechos por el operario, para estos ajustes se tiene en cuenta el circuito en donde va a funcionar y la corriente máxima que puede llegar a pasar por este equipo en un tiempo determinado o de forma instantánea. Los ajustes por tiempo se hacen en el caso de sobrecargas y/o cortocircuitos y de forma instantánea, en el caso de descargas atmosféricas.



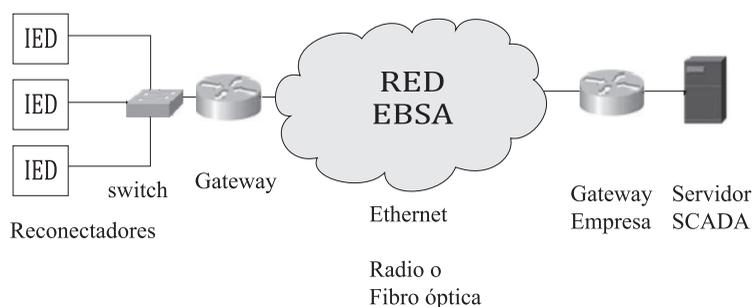
**Fig. 1.** Comunicación Empresa con RTU.

La comunicación de las subestaciones con el centro de control se hace por medio de fibra óptica y enlaces de radio, mostrando dos formas de enviar la información.

En la primera, los equipos se comunican a través de protocolos como DNP3, IEC 870-5-104, IEC 870-5-101 y Modbus [4], que utilizan RS232 o RS485 como medio físico, para conectarse a los equipos de control. Estos equipos llegan a una RTU (Unidad de Datos Remota), la cual unifica todos los datos para establecer solo un protocolo de comunicación. La RTU se comunica a través de enlaces de fibra óptica o en algunos casos de radio con la MTU, la cual se encarga de dirigir la comunicación de todas las RTU a su cargo y la información que allí se procesa, es almacenada en un servidor, donde se encuentra el sistema SCADA. En la Figura 1 se muestra la red de comunicación entre los reconectores y la Empresa, utilizando las RTU [5].

En la segunda, los equipos se comunican a través de protocolos como DNP3, IEC 870-5-104, IEC 870-5-101 y Modbus, algunos en forma similar a los enlaces por fibra óptica con la diferencia que utilizan Ethernet como medio físico, estos dispositivos se conectan a un switch,

el cual, unifica toda la información y de allí se envía a un Gateway; este hace la función de pasarela, es decir, traduce todos los datos que llegan a él, para establecer solo un protocolo de comunicación [6]. Después de pasar por el Gateway se comunican a través de enlaces de radio o fibra óptica con el centro de control, en este punto se establece un servidor, el cual cuenta con el software SCADA (Sistema de Control y Adquisición de Datos), donde se almacenan todos los eventos y mediciones de los dispositivos en la subestación. En la Fig. 2 se muestra la red de comunicación de la Empresa entre los equipos de protecciones y el centro de control con Ethernet [7].



**Fig. 2.** Comunicación Empresa con Gateway.

La Empresa carecía de una red remota hasta este punto y realizar un tendido de fibra óptica hasta esta la subestación citada implicaba un costo muy alto, por tanto esta opción estaba descartada. En el caso del radioenlace la subestación más cercana para realizar la comunicación, se encontraba en el municipio de Pajarito en el Departamento de Boyacá, por lo que hasta ese momento seguía siendo una opción para el diseño de la red de telegestión a un costo alto derivado de la logística para llegar hasta el punto de la subestación.

Para determinar el medio de comunicación más apropiado, se evaluaron las ventajas y los posibles problemas que tendría cada medio para la Empresa [7]. Dada la ubicación del re-conector en un lugar lejano, las opciones más convenientes hasta ese momento, eran el uso de radioenlaces o el envío de datos a través de internet móvil. De acuerdo con criterios técnicos sugeridos por los ingenieros encargados de coordinar todo el proceso de protecciones, se optó por la opción de enviar los datos por internet a través de redes móviles. Con este medio se optaría por una red distinta a la de comunicación, por tanto no habría inconvenientes por interferencias y además actuaría como una red de respaldo para la operación de re-conectores en caso que la red de la Empresa presentara alguna falla.

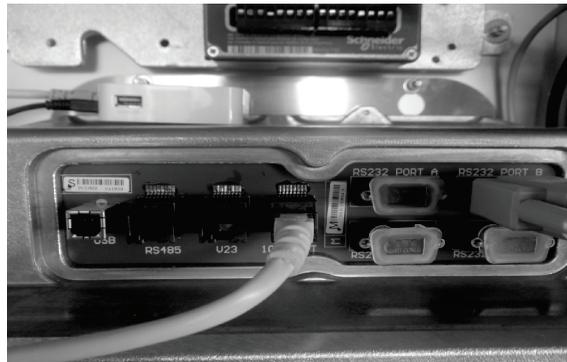
Al definir el medio de comunicación por el cual se realizaría la telegestión, se realizó el diseño para la propuesta. En primer lugar, se definieron las coordenadas de ubicación del reconector, posteriormente la localización en el mapa de cobertura de los diferentes operadores móviles en Colombia; esto con el fin de establecer la tecnología a utilizar (GPRS, EDGE, 3G, 4G), para evaluar las características técnicas de los equipos a utilizar dentro del diseño [8]. En la Fig. 3 se muestra el mapa de cobertura del operador móvil claro, a través de la página Web. Para este caso el único operador con cobertura según los mapas obtenidos a través de la página Web de cada operador fue la Empresa Claro que ofrecía cobertura con tecnología GSM, GPRS y 3G.



**Fig. 3.** Mapa de cobertura GSM Claro Colombia.

**Fuente:** <http://www.claro.com.co/portal/co/pc/personas/ayuda/mapa-cobertura-movil/>

## B. Diseño



**Fig. 4.** Puertos de comunicación reconector NU-LEC.

En la Fig. 4 se muestran los puertos de comunicación del reconector. Se escoge el puerto Ethernet, ya que la comunicación del IED a través

de internet se hace con la suite de protocolos TCP/IP, con esto se evita tener fallas de conexión debido a cambios de protocolos [9].

El diseño para la red punto a punto desde el cerro el Morro hasta la Empresa de Energía de Boyacá para el reconnector se conecta a través de cable Ethernet hasta el *router*, el cual tendría conexión a la nube por medio de un proveedor de servicios de internet móvil. Una de las desventajas al momento de utilizar redes de servicio público como medio de comunicación, es la seguridad, ya que un gran número de personas tiene acceso a esta red, por tanto se tuvieron en cuenta referencias de protocolos de seguridad soportados para proteger los puntos a comunicar, se validó información acerca de protocolos de seguridad y encriptación como lo son las VPN (redes privadas virtuales – Virtual Private Network); estas redes codifican la información de un punto a otro, creando un canal virtual entre estos, de tal forma que la conexión se comporta como una red de área local. Así el *router* por medio de una VPN, se comunicaría a través de internet con otro punto de red en Tunja, donde se localizaría el computador con el software para poder realizar la gestión remota del equipo [10]. En la Fig. 5 se muestra la red propuesta para gestión del reconnector ubicado en la subestación El Morro.

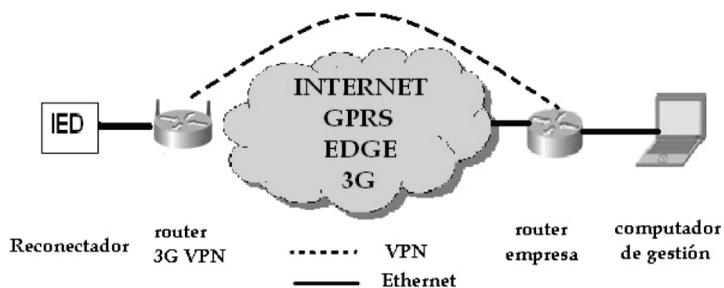


Fig. 5. Diseño de red para comunicación entre Empresa y re-conector.

La clase de VPN a utilizar es una tipo origen – intermedio, el punto intermedio se encuentra en el reconnector; desde este punto se controlan los clientes que se conectan al dispositivo y el origen en la Empresa; a través de esta red se conectaría por medio del computador con el software para realizar la gestión [11].

El problema de este diseño es su escalabilidad; en el momento de agregar dispositivos a la red, la administración de estos equipos es más complicada y más difícil; se debe tener en cuenta la clase de IP, para poder actualizarla mediante un servidor o contratar un servicio al operador para IP fija. Un problema encontrado radicaba en configurar cada *router* para poder crear el usuario que accede por medio de VPN al

reconector, por tal motivo, se decidió evaluar la propuesta para una red punto a punto, en el caso específico de la subestación El Morro y también una red en caso de presentarse una ampliación [12].

En el diseño de la red para ampliación, se mantuvo la decisión de tener parte del mismo diseño obtenido anteriormente con la diferencia que en este caso las VPN estaría administrada por un servidor ubicado en la Empresa; el mismo se encargaría del enlace entre el computador y el reconector, monitoreando constantemente el *router* utilizado en el otro punto; además se delegaría la función de establecer los clientes VPN y la información en un solo punto. Con este diseño se obtiene la facilidad de manejar seguridad e información en un solo lugar, la administración es fácil y en caso de un posible error en la comunicación, se encuentra de manera más rápida. En la Fig. 6 se muestra la red diseñada para pretender la escalabilidad.

En el momento de determinar las características técnicas de los equipos que se iban a utilizar dentro de la propuesta de diseño para una red de telegestión, se tuvieron en cuenta características como:

- Puerto de comunicación.
- Protocolos de comunicación soportados.
- Bandas de frecuencia para el uso de tecnologías móviles.
- Alimentación eléctrica.

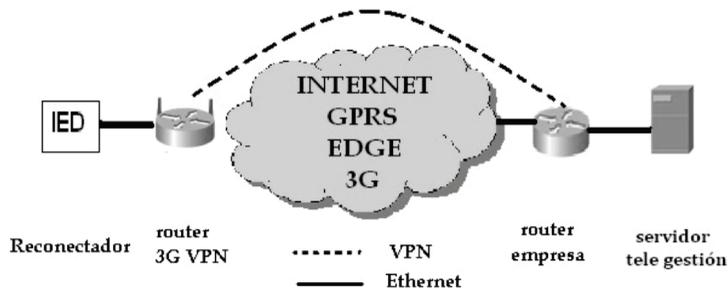


Fig. 6. Red de tele gestión para escalabilidad.

- Configuración para el equipo.
- Formas de configuración y diagnósticos remotos.
- Forma de administración del equipo.
- Firewall.
- Protocolos y modos de uso de las VPN.

En el proceso de cotizaciones se decide escoger el equipo ofrecido por la Empresa Teconex; este equipo genera más prestaciones para la Empresa en cuanto a compra. El distribuidor se encuentra en Colombia, el equipo es robusto, industrial y cumple las características requeridas por el diseño. El *router* seleccionado es equipo con carcasa metálica, soporta tecnología GSM, GPRS y EDGE [13]. Este *router* cuenta con dos puertos Ethernet, uno para realizar la conexión a la red de telegestión y el otro en el caso donde el profesional de protecciones ejecutará el proceso de gestión de manera local, alimentación a 12 VDC para alimentarlo por medio de *borne* a través del modem en el reconector y da la posibilidad de trabajar con redes privadas virtuales a través de aplicaciones como OpenVPN o IPSec. El mismo se referencia en la Fig. 7.



**Fig. 7.** Router Er75i v2.  
**Fuente:** Teconex.

## 5. Conclusiones

La red diseñada y caracterizada da flexibilidad de prestar un sistema de respaldo de la comunicación en caso de que la red con la que cuenta la Empresa actualmente falle, de manera transversal da una alternativa al centro de control para comunicación en sitio. De manera transversal se correlaciona el uso de las VPN como herramientas que potencializan la seguridad de una red. Esta clase de protocolos codifican los datos de una manera segura y además dan mucha facilidad al usuario en la comunicación al comportarse como una LAN.

- El uso de telegestión permite a la Empresa de Energía de Boyacá tener mayor control de sus equipos, particularmente de los reconectores abordados en este desarrollo. A través del mismo se pueden hacer análisis más profundos sobre las posibles fallas y permite optimizar costos y tiempos en la resolución de inconvenientes de servicio presentados y anticiparse a los mismos a través de los seguimientos en tiempo real.

El sistema de telegestión permite realizar procesos de seguimiento, tanto a reconectores como a las líneas de distribución de la Empresa de Energía de Boyacá, da la posibilidad de prestar asistencia remota a operarios del sistema cuando se realicen mantenimientos o maniobras de campo.

## Referencias

- [1] Álvarez Marañón, G., & Pérez García, P. (2004). *Seguridad informática para Empresas y particulares*. España: McGraw-Hill España.
- [2] Arnedo Moreno, j. (2013). *Redes de comunicaciones*. España: Editorial UOC.
- [3] Bocalandro Rivero, J. (2004). Fibra óptica como medio de transmisión. *Tono revista técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A.*, 44-48.
- [4] Castro Gil, M. A., Díaz Orueta, G., & Mur Pérez, F. (2007). *Comunicaciones industriales: Principios básicos*. España: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- [5] Díaz , G., Mur, F., & Sancristóbal, E. (2004). *Seguridad en las comunicaciones y en la información*. España: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- [6] Díaz Orueta, G., Alzórriz Arnedáriz, I., & Sancristóbal Ruiz, E. (2014). *Procesos y herramientas para la seguridad de redes*. España: UNED- Univesidad Nacional de Educación a Distancia.
- [7] Fernández Fernández, C. R. (2010). *Modelo de capacidad de acceso a una red HSPA en un escenario básico de una celda*. Chile: B - Universidad de Santiago de Chile.
- [8] Figueroa de la Cruz, M. (2009). *Introducción a los sistemas de telefonía celular*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA.
- [9] Forouzan, B. A. (2002). *Transmisión de datos y redes de comunicaciones*. Madrid: Mc Graw Hill.
- [10] Galán Viasus, L. C. (2013). *Análisis, Diseño e implementación de una Red para realizar Tele-gestión de protecciones entre la subestación Donato y el Edificio Administrativo de la E.B.S.A. mediante fibra óptica*. Tunja.

- [11] Gómez Valdivia , J. (2005). Clasificación de las redes privadas virtuales. *Tono Revista tecnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A.*, 39-43.
- [12] Guzmán Quintero, Y. (2012). Gestión de redes y servicios NGN/4G. *Tono Revista técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A.*, 26-35.
- [13] Joyanes Aguilar, L. (2012). *Computación en la nube: estrategias de Cloud Computing en las Empresas* . México: Alfaomega Grupo Editor.