

METODOLOGY FOR THE DESIGN OF EMERGENCY COMMUNICATIONS NETWORKS

METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE REDES DE COMUNICACIONES DE EMERGENCIA

Msc. Henry Zárate Ceballos, Ing. Alexander López, Ing. Jimmy Alexander Nuñez

Grupo de Investigación en Electrónica, Telecomunicaciones y sistemas

CIDE GIETS SENA Bogotá, Colombia

E-mail: { hzaratec1, alexlopezostos, jinunez } @misena.edu.co.

Abstract: Telecommunications is necessary and vital, even in emergency situations, wireless networks are increasingly being used more and are more reliable in different environments providing connectivity, so it is necessary to know a priori the behavior and performance of the same, and design a emergency network with the correct parameters and services necessary to deploy an emergency telecommunications system as in the case of ad hoc networks and mesh networks, provides a cover for more connectivity options than traditional networks and deployment functions, routing protocols, mobility patterns and information transfer. Therefore it is vital to establish a methodology for designing a network and specifies emergency advantages over traditional networks.

Keywords: Emergency, first responder, emergency communications, Adhoc networks, satellite networks, mesh networks.

Resumen: Las Telecomunicaciones son necesarias y vitales, aun más en situaciones de emergencia, las redes inalámbricas se utilizan cada vez más y son más confiables en diferentes entornos que proporcionan mayor conectividad, por lo que es necesario conocer a priori el comportamiento y el rendimiento de la misma, el diseño de una red de emergencias debe contener los parámetros y los servicios adecuados, necesarios para implementar un sistema de telecomunicaciones de emergencia, como es el caso de las redes ad hoc y redes de malla, las cuales proporcionan una cobertura amplia, más opciones de conectividad que las redes tradicionales y más funciones de implementación, protocolos de enrutamiento, patrones de movilidad y la transferencia de datos. Por lo tanto es vital establecer una metodología para el diseño de una red de emergencias y determinar las ventajas respecto a las redes tradicionales.

Palabras clave: Emergencia, primer respondiente, comunicaciones de emergencia, redes Ad Hoc, redes satelitales, redes de malla.

1. INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones son vitales en el mundo y más hoy, cuando vivimos en un mundo digital y globalizado, debido al constante avance técnico y tecnológico, los retos son mayores y las expectativas en materia de telecomunicaciones aun más. Por ello es vital mantener las comunicaciones en todo momento y lugar, más aun en momentos de crisis, como lo es una situación de emergencia ya sea de carácter

antrópico o no antrópico, en el cual emerge una situación inesperada que transforma las condiciones de un entorno de diversas maneras. De igual forma se debe tener presente actos terroristas o derivados de algún tipo de violencia, que afecten las redes destinadas a prestar servicios de emergencia.

Actualmente en nuestro país se tienen elementos como la ley 1523 “*Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de*

desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones” a nivel nacional y el decreto 332 en Bogotá, los cuales dan unos lineamientos básicos de los sistemas de telecomunicaciones de emergencia, pero no abordan temas en profundidad en su diseño e implementación, del mismo modo existen resoluciones para garantizar espectro radioeléctrico de banda ancha para suplir necesidades de comunicaciones en situaciones de emergencia expedidas por el MINTIC.

Para la conformación de redes de emergencia, se debe tener en cuenta cual es el escenario que se quiere tratar y controlar, existen tres escenarios posibles un escenario de prevención, de respuesta y de recuperación. Los escenarios de red como se ve en (Deqiang & Yingying, 2010), se pueden describir de la siguiente manera:

Prevención: Las redes deben estar disponibles para monitorear y generar sistemas de alerta temprana, comunicación multipunto – multipunto debe operar 24 horas, 365 días. Estas redes deben estar dispuestas al seguimiento de procesos conocidos o a disposición para atención.

Respuesta: Es la etapa crucial del manejo del incidente en ella se realizan todas las acciones para controlar el incidente. Dependiendo de la magnitud de la emergencia muchos entes clasifican las emergencias, ya sea por niveles, colores, letras, entre otros. Influenciada por factores como cobertura, afectación a la población, área geográfica, accesibilidad, gracias a estos componentes es importante definir la escala identificando con los siguientes Niveles A (Magnitud Particular), B (Mayor Magnitud), C (Gran Magnitud), D (Magnitud General). Quien indica la magnitud de las emergencias es el comandante de incidente o de la emergencia, e indica la necesidad de requerimientos y servicios de telecomunicaciones. Al evolucionar la emergencia evolucionan los requerimientos y las necesidades de la Red, por ello es vital la robustez e inter operabilidad de las redes en esta etapa, crucial para salvaguardar vidas.

Recuperación: Se establece la normalidad del servicio interrumpido o paralizado en la emergencia y se mantienen los sistemas en la etapa de prevención. En esta etapa se evalúan los riesgos presentados por las redes, estaciones bases y demás elementos que componen la Red.

En este sentido dependiendo de la etapa de las comunicaciones las decisiones son más complejas y determinantes para manejar la evolución del incidente, se debe definir el procedimiento para realizar la entrega de

información desde el Primer Respondiente (Primer Ente en atender la Emergencia), hasta las autoridades locales y municipales.

Siendo además importante el uso de mecanismos de difusión de la información a la población civil sin llegar a generar pánico en ella. Por ello una de las características fundamentales de una red de Emergencias es la inter operabilidad con otros sistemas pre existentes, al igual que su escalabilidad dependiendo del manejo de información y la evolución del incidente como se propone en (Avendaño Fernández, et al., 2012).

2. COMUNICACIONES DE EMERGENCIA

Varios son los desafíos de las comunicaciones en emergencia como los son la estandarización de normas y usos del espectro, la interoperabilidad de los servicios entre redes privadas y públicas, interoperabilidad con las redes y servicios prestados por los organismos de emergencia, la transmisión de información vital para el manejo de la emergencia o incidente, como lo es la información geográfica, video en línea, comunicación entre diversas fuerzas de atención, cobertura de la zona de impacto o atención, acceso a bases de datos, acceso a internet, VPN y conexiones con tiempo mínimos de retardo, entre los miembros y las autoridades públicas.

Se debe tener en cuenta que los tiempos de respuesta y de toma de decisiones, están influenciados de manera directa por la información que es transmitida desde el lugar del incidente a los entes encargados de la toma de decisiones, de esta forma entre mas información sea enviada en el menor tiempo posible se garantiza el control del incidente, acciones oportunas por parte de los primeros respondientes y las fuerza o entidades encargadas de la prevención, atención y recuperación. Por consiguiente el diseño (Dilmaghani & Rao, 2006) de una red de telecomunicaciones debe seguir unos estándares como se evidencia en (Folts, 2002).

En la parte normativa la ITU- T ha publicado la **Recomendación E106** como la descripción de un plan internacional de preferencias en situaciones de emergencia, destinada a dar manejo de la Telefonía Pública Básica Conmutada – TPBC, en situaciones de emergencia y dando prioridad a entes gubernamentales sobre el abonado fijo, Redes Integradas de Servicios Digitales (ISDN siglas en inglés) y la Red Pública Terrestre (PLMN siglas en inglés), de otra parte se cuenta con el **Proyecto de Recomendación F 706** - Descripción de un servicio multimedios internacional en situaciones de emergencia

enrutador BGAN (BroadBand Global Area Network). Para el transporte de la información se usa un enrutador denominado ECS/CPCE – (Maleta de Comunicaciones de Emergencia/ Punto de Coordinación de equipos de comunicaciones), accediendo a servicios web, VPN y proveyendo QoS en la Red formada para la atención en la zona de desastre.

Esta Red se comunica con una estación segura, fuera de la zona de emergencia mediante la red de comunicaciones del proveedor de servicios satelitales y con la capacidad de proveer servicios de VoIP, Datos, autenticación, firewall y puente entre Puntos de acceso inalámbricos de WLAN. Reiterando la cobertura única del sistema en la zona de influencia y los servicios derivados dependientes de tener acceso a servicios Satelitales.

- b. *Redes Adhoc – Mesh* (Jin, et al., 2009) y (Gabrilovska & Atanasovski, 2007): Las redes Ad Hoc y Mesh son las redes más prometedoras, como respuesta efectiva a los diferentes desafíos que plantean las comunicaciones en emergencia, donde los nodos o miembros de la red, varían entre comunicaciones Bluetooth, sistemas Ultra banda Ancha (UWB) , redes de sensores, dispositivos móviles celulares y otros equipos con capacidad de conectar de forma inalámbrica. Las redes pueden ser, solo Ad hoc (Gyoda, et al., 2008), Mesh o híbridas, de esta forma se ofrecen diversas opciones según el tipo de incidente, como lo es el Esquema de mejoramiento de la combinación centralizada y las redes Ad Hoc (ECCA en inglés), donde se manejan protocolos de enrutamiento, para el descubrimiento de rutas entre los diferentes nodos, de esta forma si ocurre un desastre la red genera rutas posibles entre los nodos y las estaciones bases proveedoras de servicios o de enlace en la Red de esta forma se genera la recuperación de las rutas y de los servicios prestados por la Red. Otro sistema similar es el Mobidis el cual actúa como arquitectura de enrutamiento en la retransmisión entre redes celulares, balanceando el trafico, generado entre redes heterogéneas como lo son las redes de emergencia.. Un ejemplo más concreto es la Red WIDENS proyecto europeo destinado a la seguridad y protección pública, una red Ad hoc de banda ancha, con una plataforma que permite la integración con diferentes tecnologías.

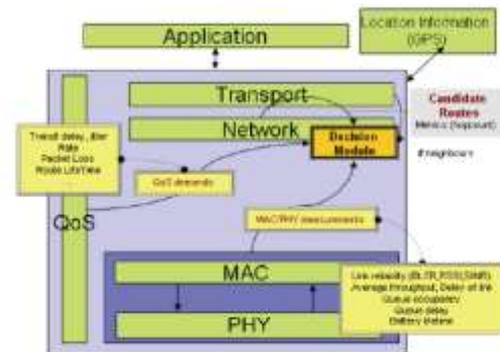


Fig. 2. Sistema Widens
(Gabrilovska & Atanasovski, 2007)

- c. *Radio Oportunista* (Rahman & Sacchi, 2012): En esta técnica se consideran diversos actores dentro de la red como equipos satelitales, centros de control, nodos móviles, vehículos de rescate, organizando los equipos en clústeres, adicionalmente se utilizan estaciones bases como elementos de acceso y como puerta de enlace de la Red, comportándose como una red Ad hoc, garantizando la comunicación entre los diferentes miembros. Sin embargo estas redes se enfrentan al problema de asignación de recursos de radio y la administración de los mismos.

Para desarrollar esta técnica es necesario cumplir con tres pasos fundamentales: *i) Administración de recursos de radio:* usando un sistema de transmisión multiusuario mediante la técnica de SC-FDMA, Transformada discreta de Fourier Ensanchada – OFDM (Multiplexación por división de frecuencias ortogonales). Donde se realiza una selección de condiciones del canal para múltiples usuarios. *ii) Detección del Espectro:* Usado para conocer las frecuencias libres y disponibles para la transmisión, para ello se usan técnicas de detección de energía, detección de características ciclo estacionarias y filtros adaptados cada una con mayor complejidad numérica y computacional que la anterior; *iii) Estrategia de Asignación de Recursos de radio:* en esta etapa se utiliza un algoritmo que minimice los tiempos de asignación de los trozos de espectro disponibles y se realiza la asignación de portadoras para cada uno de los canales y subcanales necesarios para la transmisión.

- d. *Redes de Nueva Generación* (Tsai, et al., 2011): Esta interfaz está orientada sobre servicios web, administrada mediante el uso de aplicaciones sobre los desarrollos hechos por grupo Parlay, ofreciendo interoperabilidad entre los diferentes proveedores de servicios web. Para el acceso a servicios

se disponen de cuatro niveles todos sobre IP, el primero de la Red de Radio, el segundo el subsistema multimedia con servidores (SMS/MMS; CSCF; GMLC) para imágenes mensajes cortos y servicios de localización, en el tercer nivel se encuentran aplicaciones web (Parlay XGW; zDMS; PS) para acceder a los niveles superiores e inferiores, por ejemplo al subsistema IP multimedia y la red de aplicación. Finalmente el cuarto nivel está definido por sistema de administración y alerta temprana con los servidores para brindar comunicaciones en medio de una emergencia y servicios sobre plataformas web, servicios IP de extremo a extremo. Funcional sobre cualquier plataforma y terminal móvil.

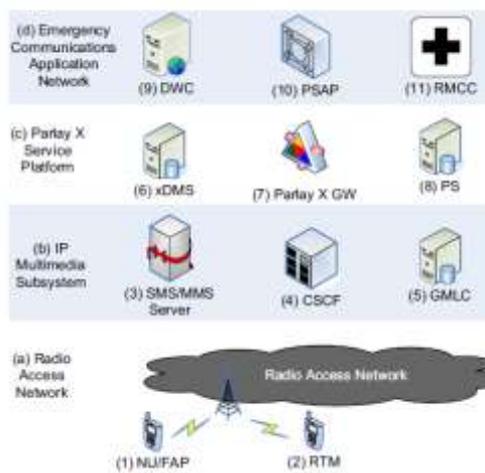


Fig. 3. Sistema de comunicaciones de emergencia sobre aplicaciones WEB (Tsai, et al., 2011)

- e. *Redes Omni presentes* (Panausis, et al., 2012) (Parra & Herrera, 2013): Estas tipo de arquitectura de red se basa en las necesidades de acceso de los nodos móviles o usuarios finales. Estas redes totalmente descentralizadas y se enfrentan a los ataques maliciosos o denegación de servicios, por ingreso de nodos maliciosos, con la aparición de la inteligencia maquina a máquina (*M2M*) y servicios en perspectiva al internet de las Cosas (*IoT*), las redes requieren mayor autonomía, como es el caso de las redes Mesh, las redes Ad-hoc (*MANET*), redes de sensores, etc. Este tipo de red garantiza la comunicación directa o mediante un nodo intermedio entre el primer respondiente o líder de la brigada y los centros de control vía *3G* o *WiFi* de tal modo que la autenticación y la seguridad sean atributos compartidos entre los miembros de la Red, para garantizar el ingreso de nodos autorizados usando mecanismos de autenticación en la capa MAC como lo son los estándares WAP,

AES2 con especificaciones de encriptación y llaves de autenticación y validación de usuarios, de esta manera se puede hacer parte de la red a la población civil, generando certificados de ingreso y autenticación dentro de la red, al igual que comunicación con los centros de control de ser necesario.

- f. *Comunicaciones Cooperativas* (Wódczak, 2012) y (Wódczak, 2012): Este escenario muestra una red de emergencias destinada a la participación activa de los miembros de las brigadas coordinados cada uno como nodo y uno de ellos en este caso el comandante de incidente como una entidad de administración en el paso de la información del nodo fuente (SN) al nodo destino (DN) y los demás miembros como nodos de retransmisión (RN), generando un concepto conocido como antena virtual, un arreglo que permite garantizar el flujo de información entre los nodos.

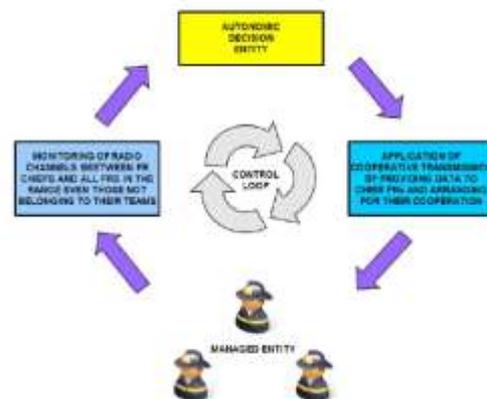


Fig. 4. Sistema de comunicaciones de emergencia colaborativas (Wódczak, 2012)

Con la generación de la red también están incluidas políticas de administración de red, las cuales beneficiaran su auto conformación y prioridades de enrutamiento, así como la colaboración entre nodos para garantizar el envío de información de la fuente al destino o de la fuente al centro de Control de emergencias, de modo tal que cada uno de los nodos es parte activa en el envío de información reduciendo los retardos y colisiones, generando redundancia en la red. Paralelamente se ejecutan varios procesos de forma simultánea en la red, de esta manera se mantiene una red tipo Mesh para las comunicaciones de los nodos móviles y se maneja el protocolo de enrutamiento reactivo OLSR para las transmisiones colaborativas y retransmisiones de los nodos RN.

4. METODOLOGÍA PARA DISEÑAR REDES DE COMUNICACIONES DE EMERGENCIA

Para realizar el diseño de redes de telecomunicaciones de emergencia se deben tener en cuenta diversos aspectos, aterrizados conforme a la normativa colombiana, basados en las experiencias internacionales como se evidencia en la Guía de telecomunicaciones de Emergencia del Distrito Capital (Zárate, 2013) es vital realizar un estudio serio de las situaciones a resolver y de los recursos necesarios para sobrellevar una situación de emergencia.

No todos los sistemas se adaptan a una solución específica o general, cada ambiente y cada lugar tiene un panorama de riesgos diferente y cambiante, de forma tal que las redes deben ser adaptativas y dinámicas, siempre entorno de servicios sobre IP.

Fortalecer las comunicaciones conlleva a la generación y creación de un plan de contingencia y de continuidad de las comunicaciones, teniendo en cuenta que la transmisión de voz por cualquier sistema debe prevalecer para el manejo de emergencias.

Para ello se debe tener en cuenta las siguientes etapas para diseñar una red de comunicaciones de emergencia:

Etapas de Acción de la Red: Prevención, respuesta y rescate o recuperación.

Etapas de Recursos: identificar o realizar el inventario de recursos físicos, humanos, técnicos y económicos necesarios para la creación, administración y continuidad de la Red.

Etapas de Reglamentación Nacional e internacional: Validar la reglamentación vigente en cuanto al manejo del espectro radio eléctrico, convenios y prestaciones entre entidades públicas y privadas. Protocolos usados a nivel mundial para el manejo de emergencias.

Etapas de Cobertura: Definir el alcance de la red, si solo es una red portable o una red de operación continua. Adicional se debe cuantificar la población beneficiada con el tipo de red y de este modo validar los tipos de servicios necesarios.

Etapas de Servicios: Se deben definir los servicios que van a ser prestados por la red, desde el más simple (transmisión de voz) hasta video en línea, el ingreso a VPN para acceso a información controlada, como indica la Tabla 1.

Tabla: 1. Servicios necesarios en Redes de Emergencia

Banda estrecha	
Voz	Persona a persona
	Uno a varios
	Comunicación directa sin repetidor
Mensajes	Pulsa para hablar (ptt)
	Persona a persona
Seguridad	Uno a varios (radio difusión)
Telemetría	Acceso prioritario instantáneo
	Estado localización
Interacción con bases de datos	Datos de sensores
	Consulta de registros
Banda amplia	
Mensajes	Correo electrónico
	Comunicación directa entre unidades sin infraestructura adicional
Comunicación directa	Longitud de registro media - formularios y registros
Bases de datos	Transferencia de datos
Transferencia de ficheros de textos	
Transferencia de imágenes	Descarga/ envío de imágenes
Telemetría	Estado de localización de sensores
Seguridad	Acceso prioritario
Video	Supervisión de pacientes
Interactiva	Determinación de posición
Banda Ancha	
Acceso a bases de datos	Acceso a intranet/ internet
	Navegación por la web
	Control remoto de dispositivos robots
Control de robots	Secuencia de video en directo
Video	
Obtención de imágenes	Imágenes de alta resolución

Etapas de Inter operabilidad y Escalabilidad: garantizar que el diseño de la red sea compatible con los sistemas existentes y con las tecnologías futuras.

Etapas de Escenario: se deben conocer las condiciones, topografía, escenarios de riesgo y demás estudios técnicos sobre el área de influencia de la red para garantizar su continuidad en el momento de surgir una emergencia o un desastre.

Etapas de Validación: Identificar la herramienta de simulación más eficiente y acertada al modelo propuesto, garantizando la compatibilidad de protocolos de comunicación existentes, con los modelados, algunos ejemplos son NS2, NS3, Opnet, ICS Telecom, entre otros.

Como se ha visto en el numeral tres del presente artículo existente diversos tipos de redes, las cuales deben ser caracterizadas por su rápido despliegue y ser capaces de auto conformarse administrarse y proveer servicios de todo tipo sobre IP, en la tabla uno se observa una

distribución de servicios que deben ser valorados para el diseño de una red de telecomunicaciones de emergencia y las necesidades de espectro.

Teniendo en cuenta estos parametros es vital realizar diferentes modelos para soluciones específicas, como lo son el monitoreo y control , las operaciones de respuesta y rescate, la recuperación y sobre todo garantizar la continuidad de la red en el tiempo de duración del desastre o de la atención de la Emergencia.

De esta forma se obtienen el siguiente diagrama de flujo para validar el diseño de la red de emergencias como se ve en la figura 5.

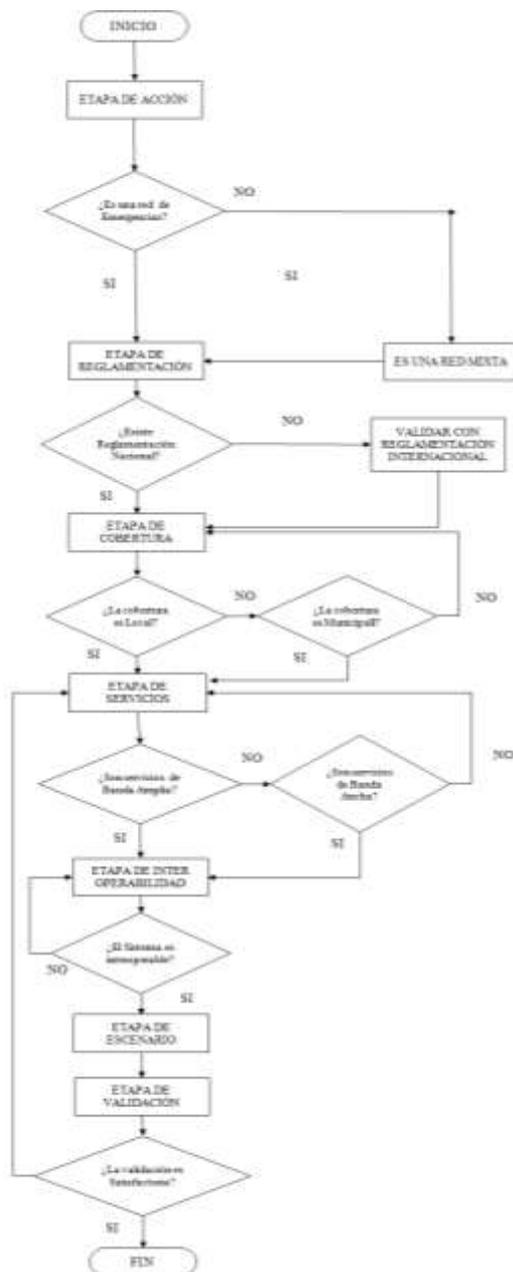


Fig. 5. Diagrama de flujo para el diseño de Redes de Emergencia.

5. CONCLUSIONES

Las redes inalámbricas son la respuesta de conectividad en situaciones por su conformación y más aun las redes Ad Hoc, con los protocolos de enrutamiento sobresalientes y eficientes para ser usadas en escenarios de emergencias o donde se requiera una conformación sin estructura, por parte de la redes Mesh la redundancia las hace unas redes segura combinadas con las ventajas de las redes Ad Hoc y la ventaja de poder ser redes heterogéneas con nodos fijos y móviles para expandir mucho mas sus ventajas.

De acuerdo con lo presentado en este artículo se propone esta metodología como base para el diseño de redes, basado en las experiencias y sistemas mostrados en la sección 2, se tiene como referente la Red de Emergencias de Bogotá donde se publicó la Guía de Telecomunicaciones de Emergencias (Zárate, 2013) y se uso esta metodología, como manual para las entidades del Sistema Distrital de Emergencias (SDPAE), en el diseño e implantación de sus redes y sistemas de emergencia.

Por ello es vital diseñar un red orientada a la convergencia y la prestación de servicios sobre las redes, las cuales se convierten en un elemento importante en la toma de decisiones vitales para salvaguardar la vida humana.

REFERENCIAS

- Ansari, N. et al., (2008). *Networking for critical conditions*. s.l., IEEE.
- Avendaño Fernández, E., Duarte Hernández, S. & Cely Vanegas, J., (2012). Desarrollo de un sistema de supervisión de conectividad para equipos de Red vía SMS. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(19), pp. 64-70.
- Boukalov, A., (2004). Cross Standars System for Future Public Safety and Emergency Communications. *IEEE*.
- Córtes, J., (2013). Camino de migración hacia una AONde un operador de telecomunicaciones en Colombia. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(21), pp. 45-51.
- Deqiang, F. & Yingying, F., (2010). Emergency Communications Specifications under Large-scale Disaster. *IEEE*.
- Dilmaghani, R. B. & Rao, R. R., (2006). On Designing Communication Networks for Emergency situations. *IEEE*.
- Estrem, Á. V. & Werner, M., (2010). Portable Satellite Backhauling Solution for Emergency Communications. *IEEE*.

- Folts, H., (2002). *Standars Initiatives for emergency Telecommunications Service (ETS)*. s.l., s.n.
- Gabrilovska, L. M. & Atanasovski, v. M., (2007). Enabling Communications in Emergency Scenarios. *IEEE*.
- Gyoda, K., Nguten, N. H., Okada, K. & Takizawa, O., (2008). Analysis of Ad-Hoc Network Perfomance performance in emergency communication Models. *IEEE 12 International Conference on Advanced Information Networking Applications*, pp. 1083-1088.
- Jin, Y. et al., (2009). A hybrid temporal spatial multichannel assigment scheme in heterogeneous wireless mesh networks. *IEEE*.
- Panausis, E. A., Ramrekha, T. A., Politis, C. & Millar, G. P., (2012). Secure Desecentralised Ubiquituous Networking for Emergency Communications. *IEEE*.
- Parra, C. & Herrera, J., (2013). Aplicación del sistema de detección de intrusos y la tecnología de agentes en el monitoreo inteligente de redes de datos. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 2(22), pp. 106-110.
- Rahman, T. F. & Sacchi, C., (2012). Opportunistic Radio Access Tecniques for Emergency Communications : Preliminary analysis and Results. *IEEE*.
- Stephan, K. D., (2007). We've got to Talk Emergency Communications and Engineering Ethics. *IEEE*.
- Tsai, M.- H., Chen, R., Sung, j.-. F. & Wu, E., (2011). Efficient and Flexible Emergency Communications in Next Generation Mobile Network. *IEEE*.
- Wódczak, M., (2012). Cooperative Emergency Communications. *IEEE*.
- Wódczak, M., (2012). Deployment Aspects of Autonomic Cooperative Communications in emergency Networks. *IEEE*.
- Zárate, H., (2013). *Guia para elaborar Planes de Telecomunicaciones*. Bogotá: FOPAE.
- Zárate, H. & Ortiz, J., (2012). Mesh Networks, Communications Emergency response. *Ijet*, Vol. 2.