

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
Facultad de Ingeniería Eléctrica
Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica



Estructuras de redes de telecomunicaciones para situaciones de emergencias en Cuba

Tesis presentada en opción al Título Académico
de Master en Telemática

Maestría de Telemática

Autor: Ing. María del Carmen Orret Sotolongo

Tutor: Dr. C. Félix Álvarez Paliza

Villa Clara
2012

DEDICATORIA

*A mis padres,
A Mamita y Adrián,
A mi tatá*

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos a todos los que de una manera u otra han contribuido al desarrollo de esta tesis, en especial a:

Los profesores Dr. Félix Álvarez Paliza, mi dedicado y paciente tutor; Dra. Ileana Moreno Campdesuñer, la consejera y amiga.

Todos los profesores, que tan magistralmente impartieron sus clases, que tanta paciencia tuvieron con nosotros.

Mis compañeros de equipo: Dianyí, Anibal, Gerardo, inseparables durante estos dos años.

Todos mis compañeros de grupo con los cuales vivimos tiempos inolvidables.

Mis compañeros de trabajo, que asumían por mí todas las tareas de la Dirección de Inversiones una semana, cada mes, durante dos años, sin dejar de cumplir las metas.

Onel, Rhoder y Eduardito, mis “profes” dedicados.

Yeny y Frank, por su ayuda tan valiosa.

Sybel, la maestra de las formas.

Mi hermana Mayra, responsable de que yo estuviera y ejemplo de que sí se puede.

Mis hermanitos, Ama, Sutil y La Flaca, por su aliento y apoyo.

Mi herma Maru y mi sobri Zully, por su apoyo con los niños, con todo.

Mi tatá, por siempre estar, por confiar en mí y con ello comprometerme a saltar cada vez más alto.

Ernestico, el peque de la casa, por hacerme recordar cómo repasar tareas y volver a vivir la edad de la peseta.

Mis hijos, Mamita y Adrián, lo más grande que tengo en la vida, mi motivo de seguir.

RESUMEN

En Cuba, como en el resto del mundo, se ha incrementado la frecuencia y agresividad de los fenómenos naturales. También ha crecido la magnitud de los daños que ellos ocasionan a la población y a todas las infraestructuras titulares. Las redes de telecomunicaciones resultan habitualmente muy afectadas al producirse una catástrofe, sin embargo, ellas han tomado un lugar preferente en la coordinación de las operaciones en una situación de emergencia. La Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA), como proveedora de los servicios de telecomunicaciones en el país, debe contar con los esquemas de redes que va a requerir cada momento en el proceso de gestión de una emergencia.

En este trabajo se identifican tres etapas o *fases* en una situación de emergencia: la emisión de la *alerta*, la organización del *socorro* y la *recuperación* o vuelta a la normalidad. Para cada una de ellas se hace una propuesta de los esquemas de redes de telecomunicaciones más adecuados. El envío de alertas a través de la red móvil celular, los estándares WiMAX y WiFi, las transmisiones vía satélite y el empleo de remolques equipados con diferentes tecnologías integran las soluciones que se proponen para garantizar en cada fase los servicios básicos de telecomunicaciones que ofrece ETECSA en Cuba.

Se tienen en cuenta además la caracterización actual de las redes de telecomunicaciones extendidas en el país y algunas experiencias de ETECSA en el manejo de situaciones provocadas por la incidencia negativa de la naturaleza en Cuba. Como complemento de la investigación se realizó la valoración de las propuestas por criterios de especialistas de la empresa, poniendo de manifiesto la factibilidad de llevar a la práctica las soluciones presentadas.

ABSTRACT

In Cuba, as in the rest of the world, has increased the frequency and aggressiveness of natural phenomena. So has the extent of the damage they cause to the population and all infrastructure owners. Telecommunications networks are usually very affected by a catastrophe, no clutch; they have taken a prominent place in the coordination of operations in an emergency situation. The Cuban's Telecommunications Enterprise (ETECSA), as a provider of telecommunications services in the country, must have the network schemes that will require every moment in the process of emergency management.

This paper identifies three stages or phases in an emergency situation: the issuance of the alert, the organization of relief and recovery or return to normalcy. For each one of them is a proposed schemes right telecommunications networks. The of mobile cellular network, WiMAX and WiFi standards, transmission via satellite links and the use of trailers equipped integrate the solutions proposed in each phase to ensure telecommunications services offered in Cuba by ETECSA.

It takes into account also the current characterization of telecommunication networks and widespread in the country ETECSA experiences in handling situations caused by the negative impact of nature in the country. Complementing the research was the evaluation of the criteria proposed by specialists of the company, demonstrating the feasibility of implementing the solutions presented.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
-------------------	---

CAPITULO I. TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIONES UTILIZADAS PARA SITUACIONES DE EMERGENCIAS.....	6
--	----------

<i>1.1. El marco reglamentario de las comunicaciones de emergencias</i>	<i>6</i>
<i>1.2. Evolución de los modos de comunicaciones en situaciones de emergencias</i>	<i>7</i>
<i>1.3. Las vulnerabilidades de la Red de Telecomunicaciones Pública Conmutada</i>	<i>8</i>
<i>1.4. La red pública móvil</i>	<i>9</i>
<i>1.5. Las telecomunicaciones por satélites</i>	<i>13</i>
<i>1.6. Internet</i>	<i>16</i>
<i>1.7. Las redes terrestres inalámbricas</i>	<i>17</i>
<i>1.7.1. Redes privadas móviles terrestres.....</i>	<i>17</i>
<i>1.7.2. WiFi.....</i>	<i>19</i>
<i>1.7.3. WiMax</i>	<i>23</i>
<i>1.8. Sistemas empresariales privados: la central privada (PBX)</i>	<i>24</i>
<i>1.9. Servicios de determinación de la posición</i>	<i>25</i>
<i>1.10. Consideraciones parciales acerca de las tecnologías de comunicaciones en emergencias.....</i>	<i>26</i>

CAPITULO II. ASPECTOS TECNICOS DE LAS TELECOMUNICACIONES DE EMERGENCIAS.....	27
---	-----------

<i>2.1. Fases en la atención a las catástrofes</i>	<i>27</i>
<i>2.2. Sistemas de aviso o Alerta Temprana</i>	<i>27</i>
<i>2.3. Las tecnologías más apropiadas para la organización del socorro</i>	<i>31</i>
<i>2.3.1. Redes inalámbricas híbridas</i>	<i>32</i>
<i>2.3.2. Redes inalámbricas móviles punto a punto (MANET)</i>	<i>33</i>
<i>2.3.3. Red híbrida con nodos repetidores para incremento de rendimiento</i>	<i>35</i>
<i>2.4. Las telecomunicaciones en la etapa de recuperación</i>	<i>37</i>
<i>2.5. Las nuevas tecnologías en las emergencias: NGN y MPLS.....</i>	<i>39</i>
<i>2.6. Red de telecomunicaciones de Cuba enfocada a las emergencias</i>	<i>39</i>
<i>2.6.1. La red fija.....</i>	<i>39</i>

2.6.2.	<i>La red móvil</i>	41
2.6.3.	<i>La transmisión de datos</i>	43
2.6.4.	<i>Las tecnologías en el nivel de transporte</i>	44
2.7.	<i>Conclusiones parciales</i>	44
CAPITULO III. ESTRUCTURAS DE REDES DE TELECOMUNICACIONES DE EMERGENCIAS PARA CUBA		47
3.1.	<i>Tecnologías de telecomunicaciones para la fase de alerta</i>	47
3.2.	<i>Estructuras de redes de telecomunicaciones durante la organización del socorro</i>	48
3.3.	<i>Estructuras de redes para los servicios de telecomunicaciones en la fase de recuperación</i>	52
3.3.1.	<i>La telefonía fija</i>	54
3.3.2.	<i>La telefonía móvil</i>	58
3.3.3.	<i>Los servicios de datos y el acceso a Internet</i>	58
3.4.	<i>Evaluación de las propuestas</i>	60
3.5.	<i>Conclusiones parciales</i>	63
CONCLUSIONES		65
RECOMENDACIONES		67
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		68
GLOSARIO DE SIGLAS Y TERMINOS		73
ANEXO I.		76
ANEXO II.		80
ANEXO III.		88
ANEXO IV.		91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Estructura Básica de la Red Móvil GSM. [11]	10
Figura 1.2 Arquitectura Básica de las redes móviles 2G, 3G, LTE. [16]	12
Figura 1.3 Escenario básico de atención a una emergencia según SALICE [20]	15
Figura 2.1 Arquitectura de red para ETWS. [38]	29
Figura 2.2 Arquitectura de red para ETWS. [38]	30
Figura 2.3 Red Híbrida WiFi/ WiMAX/ Satélite.	33
Figura 2.4 Arquitectura MANET basada en P2P [18]	34
Figura 2.5 Red Híbrida con Nodos Repetidores. [41]	36
Figura 2.6 Emplazamiento de remolques de AT&T en el atentado al WTC Septiembre 11, 2001. [42]	38
Figura 2.7 Estructura de la Red PSTN en Cuba.	40
Figura 2.8 Esquemático de la Red Móvil en Cuba. [43]	42
Figura 2.9 Nodo GPRS. [43]	43
Figura 3.1 Esquema de red para la Difusión Celular como parte de un sistema de Aviso o Alerta Temprana en Cuba. (Fuente: Creación Propia)	47
Figura 3.2 Esquema de red híbrida inalámbrica propuesta para servicios de voz y datos en Fase de Socorro en Cuba. (Fuente: Creación Propia)	50
Figura 3.3 Módulos de Procesamiento y Conmutación. (Fuente: Creación Propia)	55
Figura 3.4 Contenedor actuando como Centro de Comunicaciones Provincial. (Fuente: Creación Propia)	56
Figura 3.5 Solución de Acceso para poblados pequeños incomunicados. (Fuente: Creación Propia)	57
Figura 3.6 Esquema para los servicios de datos. (Fuente: Creación Propia)	59
Figura A2.1 Mapa de cobertura del sistema satelital Inmarsat	82
Figura A2.2 Mapa de cobertura del sistema satelital Thuraya.	83
Figura A2.3 Mapa de cobertura del sistema satelital Globalstar.	87

Figura 2. 1 Arquitectura de red para ETWS. [38].....	29
Figura 2. 2 Arquitectura de red para ETWS. [38].....	30
Figura 2. 3 Red Híbrida WiFi/ WiMAX/ Satélite.....	33
Figura 2. 4 Arquitectura MANET basada en P2P [18]	34
Figura 2. 5 Red Híbrida con Nodos Repetidores. [41]	36
Figura 2. 6 Emplazamiento de remolques de AT&T en el atentado al WTC Septiembre 11, 2001. [42]	38
Figura 2. 7 Estructura de la Red PSTN en Cuba.	40
Figura 2. 8 Esquemático de la Red Móvil en Cuba. [43]	42
Figura 2. 9 Nodo GPRS. [43]	43

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características principales de los sistemas satelitales comerciales. _____	16
TABLA A2.1 Asignación de Frecuencias en el sistema satelital IRIDIUM _____	85
TABLA A2. 2 Asignación de frecuencias en el sistema satelital GLOBALSTAR _____	86
TABLA A4. 1 Rangos de valores área de trabajo de los expertos _____	91
TABLA A4. 2 Rangos de valores años en la organización de los expertos _____	91
TABLA A4. 3 Rangos de valores de la auto evaluación de los expertos _____	91
TABLA A4. 4 caracterización de los expertos _____	92
TABLA A4. 5 Valoración de la solución para fase de alerta _____	92
TABLA A4. 6 Valoración de la solución para la Fase de Socorro _____	93
TABLA A4. 7 Valoración de la solución para la fase de recuperación _____	93
TABLA A4. 8 Valoración general del proyecto _____	94

INTRODUCCIÓN

El grado de asiduidad con que se están produciendo las catástrofes, así como el incremento de sus efectos destructivos impone la necesidad de una respuesta apropiada, que contribuya a mitigar las consecuencias que provocan en la población estos eventos. Esta respuesta solo es posible si se dispone en el momento preciso de la información adecuada sobre las áreas siniestradas, que casi siempre están alejadas e inaccesibles.

Las *telecomunicaciones* son decisivas en todas las etapas de gestión de una catástrofe. Gracias a las novedosas tecnologías de telecomunicaciones basadas en los satélites, los radares, los equipos de telemetría es posible contar con sistemas de detección a distancia que permiten brindar una *alerta temprana* antes de que ocurra una catástrofe de tipo predecible, propiciando que se tomen precauciones para aliviar en algo las devastadoras consecuencias. [1]

Luego de producirse el fenómeno natural o de otro tipo que provoca la situación de emergencia, las telecomunicaciones contribuyen en la *coordinación de las operaciones de socorro* y la organización de la ayuda. Por último, desempeñan un papel fundamental en los *trabajos de reconstrucción* de la etapa de recuperación y sirven para dirigir el retorno de las personas afectadas a sus condiciones normales. El intercambio de información en tiempo real es el eje central de la cooperación en la prevención de una catástrofe, en las tareas de preparación para afrontarla, en la respuesta una vez producida y en la ayuda prestada a las personas afectadas. [2]

El empleo de Internet otorgándole tratamiento de servicio público, las comunicaciones móviles propiciando el uso de mensajes masivos de alertas de emergencias y la difusión de conductas a seguir en situaciones extremas, la colocación de respaldo autónomo en los puntos críticos de las redes, los sistemas portátiles y las comunicaciones por satélites son algunas de las variantes que han sido probadas en las situaciones de catástrofe que han ocurrido más recientemente en el mundo.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) enfatiza en la necesidad de garantizar el acceso de los ciudadanos a las tecnologías de la informática y la comunicación (TIC). La Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones, celebrada en la ciudad de

Hyderabad, India, en Mayo de 2010 dedica en su Propuesta de Declaración Final el siguiente párrafo al tema de las comunicaciones de emergencia: “*Las telecomunicaciones/TIC desempeñan un papel crucial en lo que atañe a las catástrofes y su detección, así como en lo que respecta a las alertas tempranas y las actividades de preparación, respuesta y recuperación. Las Administraciones deben apoyar la formulación y aplicación de políticas y estrategias que faciliten la utilización de las telecomunicaciones/TIC para la gestión de catástrofes, teniendo en cuenta las ventajas de los sistemas de telecomunicaciones/TIC compatibles, y en especial las radiocomunicaciones*”. [3]

El Plan de Acción de Hyderabad es un vasto conjunto de medidas para la promoción del desarrollo equitativo y sostenible de los servicios y redes de telecomunicaciones/TIC. Consta de Cuestiones, de Comisiones de Estudio, de cinco Programas, así como de Iniciativas Regionales que contemplan las necesidades específicas de las regiones. El programa número 5 de denomina: “*Países menos adelantados, países con necesidades especiales, telecomunicaciones de emergencia y adaptación al cambio climático*”.

Cuba no escapa a las afectaciones provocadas por el cambio climático y existe en los últimos años un crecimiento en el grado de afectación a la isla por fenómenos naturales. Entre los que más inciden, se encuentran los ciclones tropicales y huracanes, los sismos y los incendios forestales. Además, como otro de los peligros de origen hidrometeorológico, debe tomarse en cuenta los tornados, frecuentes en una época del año y zonas llanas del país, cuyas afectaciones, aunque muy locales, pueden ser muy intensas.

La región occidental de Cuba ha sido la más afectada por los ciclones y huracanes. Desde 1998 y hasta el 2008 afectaron a Cuba un total de 18 ciclones tropicales (6 tormentas y 12 huracanes). De ellos, 8 organismos incidieron en el país con categorías superiores a 3, según la escala Saffir – Simpson, o sea, cruzaron por la isla como huracanes de gran intensidad. También es la región occidental la de mayor índice de ocurrencia de los incendios forestales en el período 2004 al 2009, destacándose Pinar del Río como la provincia donde más incendios forestales se han producido en todo el país (476). [1] [4]

La región oriental ha sido menos afectada por los ciclones, sin embargo es la más activa en cuanto a sismos, resultando los territorios de Santiago de Cuba y Guantánamo los de mayor

incidencia, aunque se reportan movimientos perceptibles en todas las provincias que integran esta región. En los años 2009 y 2010, se produjo una disminución en la ocurrencia de ciclones en todo el país, sin embargo, ha existido un incremento importante en la actividad sísmica, sobre todo en la región oriental de Cuba, con un aumento muy peligroso en el grado de intensidad promedio de estos fenómenos (3,3 en el 2009 y 4,3 en el 2010). [4]

Cuba exhibe resultados inigualables en la protección de la población y la economía ante los peligros de desastres. Sin embargo, la organización de las comunicaciones de las provincias y los municipios para enfrentar las situaciones de desastres, se realiza en muchas ocasiones de forma empírica, manifestándose insuficiencias y omisiones que entorpecen la dirección de las acciones, el aviso y la orientación oportuna de la población. A lo largo del proceso de expansión y modernización de las redes de telecomunicaciones para llegar a todos los rincones del país, fue necesaria la introducción de sistemas que se sabían vulnerables ante los fenómenos naturales.

Durante el enfrentamiento a los ciclones tropicales, se han puesto de manifiesto insuficiencias en la organización de las comunicaciones, pues en los momentos decisivos se interrumpen o se carecen. Al resumir los resultados del enfrentamiento, se aprecia que faltó previsión e integralidad, además de existir desconocimiento para aprovechar todas las posibilidades que brindan las nuevas tecnologías que se van implementando en el mundo, adecuadas a las condiciones propias del país y al incremento de la agresividad y los efectos devastadores de los fenómenos que están ocurriendo. Es toda esta situación problemática lo que motiva esta investigación. [5]

Entonces, el problema científico que se plantea es: la no existencia de estructuras de redes de telecomunicaciones para situaciones de emergencias en Cuba.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, relacionamos a continuación los objetivos a alcanzar.

Como objetivo general se declara proponer las estructuras de redes de los servicios de telecomunicaciones para situaciones de emergencias en el territorio cubano.

Para su cumplimiento se formulan los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar las tecnologías de telecomunicaciones que se recomiendan para la atención y gestión de las situaciones de emergencias.

- Describir los aspectos técnicos de las soluciones que se están utilizando en el mundo para comunicaciones en casos de catástrofes en sus diferentes fases.
- Diagnosticar las condiciones actuales de las redes de telecomunicaciones en Cuba para afrontar las estructuras que se proponen para las situaciones de emergencias.
- Diseñar estructuras de redes que garanticen la prestación de los servicios de telecomunicaciones en situaciones de emergencias en Cuba.
- Evaluar las propuestas mediante criterios de especialistas.

Estos objetivos deben dar respuesta a las siguientes interrogantes.

¿Qué características de las diferentes tecnologías de telecomunicaciones son las que suponen su empleo en las situaciones de catástrofes?

¿Cuáles son los aspectos técnicos de telecomunicaciones que se están imponiendo en el mundo para la gestión de las catástrofes en sus diferentes etapas?

¿Cuál es el estado actual de la estructura de las redes de telecomunicaciones en Cuba en sus diferentes niveles?

¿Cuál es la estructura de red a adoptar para ofrecer los servicios de telecomunicaciones en las situaciones de emergencias en Cuba?

¿Qué resultados se obtendrán de la evaluación por criterio de especialistas?

En este trabajo se han empleado los siguientes métodos teóricos:

- Método histórico – lógico, el cual se utilizó para colocar en el contexto adecuado el problema de la investigación, sus antecedentes; para determinar las características y peculiaridades que presentan las tecnologías de telecomunicaciones como herramienta imprescindible en la atención a una situación de emergencia, mediante el análisis de la evolución histórica de las mismas.
- Método analítico - sintético, para obtener del estudio amplio de toda la documentación acerca de la temática de investigación los elementos fundamentales que aportan al logro de los objetivos propuestos.
- Método inductivo – deductivo, para llegar a los resultados a través de sucesivas aproximaciones obtenidas del análisis de las experiencias que se muestran en la bibliografía estudiada.

Como método empírico se utilizó el criterio de especialistas para evaluar la propuesta. Este trabajo podrá servir como una guía para ETECSA en la selección de las tecnologías y redes

de telecomunicaciones a utilizar durante una situación de emergencia en Cuba. Esto redundará en una mejor organización de las acciones que desarrollan los órganos de mando y salvamento, aportando al objetivo superior de disminuir las afectaciones a la población y la economía.

La estructura del trabajo consta de una introducción, tres capítulos, conclusiones y recomendaciones, referencias bibliográficas, un glosario de términos y los anexos. En la Introducción se realiza la descripción de los antecedentes del trabajo, así como se plantean los objetivos y los métodos empleados para la elaboración del mismo.

En el capítulo I se expone la caracterización y evolución de las tecnologías de telecomunicaciones que más frecuentemente son utilizadas para las situaciones de catástrofes, así como se hace referencia a todo el marco regulatorio existente para esta temática.

En el capítulo II se detallan aspectos técnicos referentes al uso de las tecnologías de telecomunicaciones en casos de catástrofes en sus diferentes etapas. Además se realiza un diagnóstico del estado actual de las redes en Cuba para enfrentar la aplicación de soluciones de comunicaciones en una situación de emergencia.

En el capítulo III se realizan las propuestas de cuales son las soluciones de telecomunicaciones más adecuadas para Cuba, los elementos para la selección, la estructura de red de los servicios y una valoración de las propuestas basada en criterios de especialistas.

A partir de un análisis crítico de los resultados se elaboran las conclusiones de la investigación desarrollada.

CAPITULO I. TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIONES UTILIZADAS PARA SITUACIONES DE EMERGENCIAS

1.1. EL MARCO REGLAMENTARIO DE LAS COMUNICACIONES DE EMERGENCIAS

Las telecomunicaciones, por su propia naturaleza, no respetan las fronteras de los países, por lo que las reglamentaciones son muy necesarias. En materia de telecomunicaciones de emergencia significa establecer las regulaciones que sirvan de orientación a los países y que se ajusten a las disposiciones del derecho internacional.

Desde principios de los años 90 los organismos internacionales relacionados con las comunicaciones comienzan a tratar la necesidad de establecer regulaciones que normaran las conductas a seguir en la atención a las catástrofes. Es así que se dan los siguientes pasos: [6]

- 1991. Tampere. Finlandia. Conferencia Internacional sobre comunicaciones de socorro en casos de catástrofes. Se adopta la Declaración de Tampere.
- 1994. Buenos Aires. Argentina. Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones. Se adopta la Resolución 7 refrendada en la Resolución 36 por la Conferencia de Plenipotenciarios de UIT. “Comunicaciones de socorro en situaciones de catástrofes”.
- 1994. Creación del Grupo de Trabajo sobre telecomunicaciones en situaciones de emergencia (WGET)
- 1998. Tampere. Finlandia. Conferencia Intergubernamental sobre telecomunicaciones en casos de emergencia (ICET-98). Se firma el Convenio de Tampere.

El Convenio de Tampere, sobre el suministro de recursos de telecomunicaciones para la mitigación de catástrofes y las operaciones de socorro, protege los intereses de los estados que solicitan y reciben la asistencia y prevé la concertación de acuerdos bilaterales entre los organismos que la prestan, permitiendo y promoviendo la aplicación del Convenio en cuanto se produzca repentinamente una catástrofe. Es un tratado internacional entre estados y su depositario es el Secretario General de las Naciones Unidas.

Entre las recomendaciones más importantes relacionadas con el tema de análisis emitidas por el Sector de Normalización de la UIT (UIT-T) se encuentran las siguientes: [7]

- UIT-T Rec. E.106. “Plan internacional de preferencias en situaciones de emergencia para actuaciones frente a desastres (IEPS)”. Este plan es necesario cuando hay una crisis que causa un aumento de la demanda de telecomunicaciones, y el uso del servicio telefónico internacional puede restringirse debido a averías, capacidad reducida, congestión o fallas. En situaciones de crisis se requiere que los usuarios IEPS en las telecomunicaciones públicas reciban tratamiento preferencial.
- UIT-T Rec. E.107. “Servicio de Telecomunicaciones en caso de Emergencia (STE) y marco de interconexión para la implantación nacional de ST”. La E.107 sirve de orientación para permitir las telecomunicaciones entre una implementación nacional del STE y otra, además de contener una descripción del STE.

Existen otras regulaciones emitidas por la UIT relacionadas con el tema, así como de otros organismos como el Grupo de Tareas sobre Ingeniería de Internet (*Internet Engineering Task Force: IETF*), el Grupo Especial de Comunicaciones de Emergencia (EMTEL) del Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI), los grupos principales de la Alianza para Soluciones de la Industria de Telecomunicaciones (*Alliance for Telecommunications Industry Solutions: ATIS*) y otras organizaciones. Un resumen de estas regulaciones se muestra en el Anexo I.

1.2. EVOLUCIÓN DE LOS MODOS DE COMUNICACIONES EN SITUACIONES DE EMERGENCIAS

La voz constituye el modo de comunicación más común y adecuado para la transmisión de mensajes cortos en tiempo real. En situaciones de catástrofes sus aplicaciones van desde enlaces telefónicos cableados hasta transceptores portátiles o móviles en bandas métricas y decimétricas, así como teléfonos por satélites. A pesar de que este modo carece de la posibilidad de almacenamiento sigue siendo el predilecto en las situaciones de emergencias por ser el más personal.

Los *enlaces de datos*, primera forma de comunicación electrónica, fueron empleados incluso antes que el teléfono. El desarrollo de interfases electrónicas y equipos periféricos permitió el empleo en situaciones de catástrofes del teleimpresor o máquina de teletipo, comúnmente llamado *télex*, en aplicaciones cableadas y también por vía radio (RTTY). En algunos países aún se mantiene el empleo de estos medios, que siguen siendo potencialmente útiles al ser enlaces totalmente independientes de la red telefónica pública, por tanto inmunes a sobrecargas de esta última en situaciones límite, además de que su robusta tecnología aumenta la resistencia contra la repercusión física de una catástrofe. [8]

Las tecnologías digitales posibilitaron la evolución a nuevos modos de comunicación hacia la división de los mensajes en *paquetes* y la transmisión automática de un acuse de recibo de recepción correcta o una petición de retransmisión, Es así que surgen los llamados *sistemas de petición de repetición automática (ARQ)*. La diferencia con RTTY donde el número de estaciones que reciben una transmisión es ilimitado, las señales ARQ solo se pueden intercambiar entre dos interlocutores en un momento dado.

Los subsiguientes avances dieron lugar a métodos más avanzados, constituyendo hoy el *Protocolo de Internet (IP)* la norma más común de comunicaciones en las redes radioeléctricas especializadas de las organizaciones que se ocupan de la ayuda humanitaria.

Las *transmisiones de imágenes* se iniciaron con el telefax y hoy llegan hasta las conocidas aplicaciones en la *Word Wide Web (WWW)*.

1.3. LAS VULNERABILIDADES DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES PÚBLICA CONMUTADA

La red pública, a la cual tienen acceso todos los ciudadanos, se diseña para realizar, recibir y atender entre el 5 y 10 % de las llamadas de los abonados. Sin embargo, cuando se produce una catástrofe es precisamente esta red la que sufre una sobrecarga. Un mayor número de personas efectúan llamadas a los lugares afectados, estas suelen ser más prolongadas provocándose bloqueos y congestiones que deben ser objetos de medidas para solucionar estos problemas.

La red telefónica pública conmutada (RTPC) es también a veces llamada servicio telefónico ordinario (POST). Aunque esta red ha sido creada básicamente para dar servicio a los

aparatos telefónicos, en realidad es transporte de casi todo tipo de señales de telecomunicaciones, como por ejemplo Internet. Cuando esta red sufre una avería, afrontamos pérdidas muy superiores a las del servicio telefónico. Es por ello que resulta imprescindible para las operaciones de emergencia comprender el funcionamiento de estas redes así como las vulnerabilidades a las que están expuestas, entre las que podemos citar las siguientes:

- Los cables locales que llevan la transmisión de las señales hacia el abonado se soportan en rutas de postes que son vulnerables a las catástrofes. Es por ello que se recomienda conectar por cables soterrados por conductos los principales centros de comunicaciones y de atención a las catástrofes.
- La central telefónica local constituye el elemento básico y es también el de mayor riesgo. Debe garantizarse en caso de emergencias y fallas de la alimentación eléctrica, la continuidad de su funcionamiento mediante energía de generadores con diesel, a fin de mantener los servicios que ella transporta como puede ser Internet.
- Cuando la carga es superior a la prevista para la central telefónica (entre 5 y 10 %) se produce bloqueo o congestión. La solución consiste en *establecer prioridades* a los usuarios. La tecnología necesaria para esto está disponible ya en todas las centrales que se comercializan a nivel mundial. Queda por hacer en materia de regulaciones para el establecimiento de prioridades. Ya en la actualidad muchos países trabajan en planes de preferencias nacionales y para el caso de las comunicaciones internacionales se ha aprobado en 2003 la Recomendación UIT-T E.106, que establece un plan de preferencias internacionales para que los organismos de gobierno utilicen las telecomunicaciones públicas en las intervenciones de ayuda en caso de emergencia. Esta recomendación norma la marcación de determinadas llamadas, que indica a los elementos de la red pública conmutada a otorgarle ventajas de conmutación, señalización y encaminamiento del tráfico a estas llamadas sobre otras no marcadas. [9]

1.4. LA RED PÚBLICA MÓVIL

El servicio telefónico móvil se presta a través de una extensa red de estaciones radioeléctricas de base (BTS). El teléfono mantiene la conexión entre la estación móvil y la célula más apropiada para el lugar donde esté ubicado el mismo. En la Figura 1.1 se muestra la estructura básica de la red móvil GSM. [10]

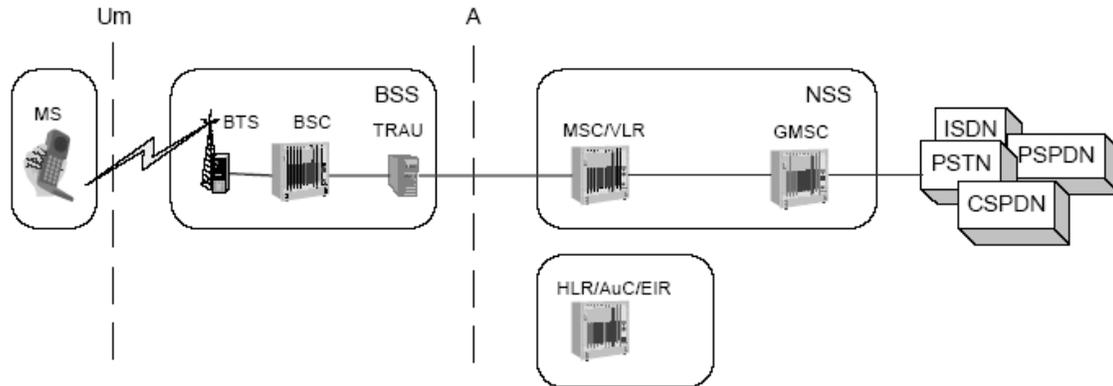


FIGURA 1.1 ESTRUCTURA BÁSICA DE LA RED MÓVIL GSM. [11]

De manera general, los equipos de los suscriptores (MS), que contienen el módulo de identificación de usuario (SIM), se comunican con las Radio Bases (BTS) por la interfaz de radio (Um). Las Radio Bases contienen los transmisores/receptores que permiten la comunicación con los terminales, definiendo el tamaño de la célula y manejando el protocolo de comunicación por radio con el terminal móvil. Las Estación Controladoras (BSC) manejan los recursos de radio de muchas Radio Bases, controlando las acciones que se realizan en los canales de radio como la inicialización de los canales, los saltos de frecuencia (*frequency hopping*), los trasposos de llamadas entre sectores y células (*handovers*). Luego tenemos los módulos encargados de la conmutación, la autenticación y el llamado *roaming*, atractivo mayor de GSM, que garantiza la continuidad global de comunicación (MSC, GMSC, HLR, VLR).

La primera generación de teléfonos móviles aparece en la década del 70, totalmente analógica y solo para telefonía. Ya en los 90 surge el sistema GSM, llamado la segunda generación, permitiendo telefonía y transmisión de mensajes cortos de texto. A esta segunda generación se le introdujeron mejoras a fin de incorporarle la transmisión de datos.

Es así que aparece GPRS y EDGE, conocidas como 2.5 y 2.75 generaciones móviles, permitiendo además de telefonía, transmisión de datos a velocidades entre 40 y 200 Kbps.

Desde finales de los 90 comienzan a desarrollarse los sistemas de tercera generación (3G), los cuales se están extendiendo rápidamente. Los sistemas 3G ofrecen además de *roaming* internacional, multimedia en tiempo real, video de alta definición, soporte IP para el acceso a Internet y transferencia de datos. Utilizan la tecnología WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) en su variante DS-CDMA (*Direct Sequence CDMA*) con portadoras de 5 MHz de ancho de banda y alcanzando hasta 2 Mbps. Soportan enlaces ascendentes y descendentes sobre una única portadora (TDD) o dos (FDD) bajo un modelo de asignación dinámica del ancho de banda de acuerdo a la aplicación, logrando velocidades de 154 Kbps en alta movilidad, 384 Kbps en espacios abiertos y 2 Mbps para escasa movilidad. [11-13]

Ya está propuesto el estándar de telefonía móvil para cuarta generación LTE (*Long Term Evolution*), desarrollado bajo especificaciones del 3GPP (*3rd. Generation Partnership Project*). De esta tecnología se proclama que será la clave para el despegue de la Internet móvil en el mundo, ya que presenta una arquitectura de radio diferente a las anteriores, basada totalmente en el protocolo IP, lo cual implica el uso exclusivo de conmutación de paquetes. LTE logra la reducción del costo y la complejidad de los equipos, gracias a que se ha eliminado el nodo de control (conocido en UMTS como RNC). Por tanto, las funciones de control de recursos de radio, control de calidad de servicio y movilidad han sido integradas al nuevo Nodo B, (llamado en inglés *evolved Node B, eNB*). Todos los eNB se conectan a través de una red IP y se pueden comunicar unos a otros usando el protocolo de señalización SS7 sobre IP. Los esquemas de modulación empleados son QPSK, 16-QAM y 64-QAM. La arquitectura del nuevo protocolo de red se conoce como SAE donde el eNB gestiona los recursos de red. Ofrece mayores anchos de banda y elevadas tasas de transferencia, hasta 100 Mbps en descarga y 50 Mbps en subida. [14] En la Figura 1.2 se muestra la evolución en los esquemas de red, particularizando en los cambios que introduce LTE.

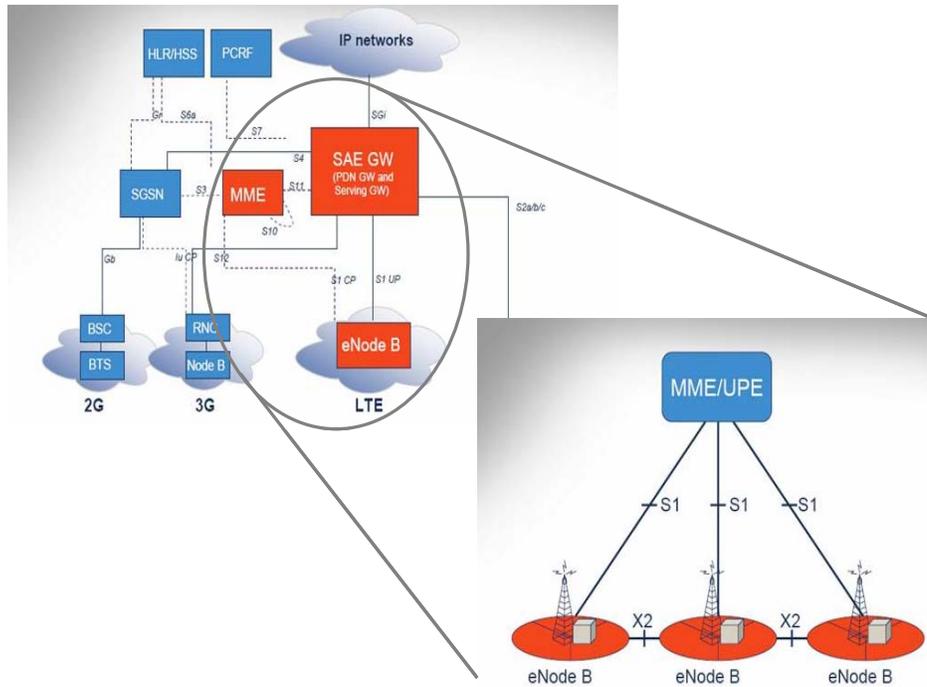


FIGURA 1.2 ARQUITECTURA BÁSICA DE LAS REDES MÓVILES 2G, 3G, LTE. [16]

Son varios los aspectos propios de la red móvil y de los servicios que soporta, que la convierten en una buena opción para su empleo en situaciones de emergencias. El primero a citar, que consideramos determinante, es el rápido y ascendente crecimiento que ha tenido en los últimos años el número de usuarios que utilizan los servicios móviles. Actualmente, supera a la tradicional red fija, en cuanto a cantidad de usuarios, en la gran mayoría de los países a nivel mundial, con más de 5 000 millones de suscripciones y una penetración de 90%. [15] Por lo tanto, un servicio tan extendido en la población debe ser tenido en cuenta para la etapa de preparación o previa a la ocurrencia de un fenómeno adverso siempre que este permita la existencia de esta fase, para ser empleado por ejemplo para la transmisión de alertas a la población que será presuntamente afectada.

En este sentido podemos citar la prestación conocida como difusión celular. Los terminales móviles ofrecen esta prestación, que permite transmitir mensajes cortos de difusión de textos (SMS-CB, *Short Message Service Cell Broadcast*), solo en sentido descendente, de modo que todos los aparatos móviles de una célula determinada pueden recibir estos mensajes simultáneamente. Este mensaje es transmitido directamente en el *Cell Broadcast Channel* (CBCH) de cada celda. No está relacionado en forma alguna con el Centro de

Mensajes ni con los mecanismos de envío de un mensaje de texto normal. El SMS-CB no afecta el tráfico de la celda, al cursar por el Canal Dedicado de Control de Señalización (SDCCH), aunque hay que señalar que este hecho reduce la capacidad de señalización de la celda al consumir para el mensaje uno de los canales señalización.

Ahora bien, las recientes catástrofes que han ocurrido en el mundo han demostrado que la red móvil es vulnerable al azote de una situación de emergencia si tomamos en cuenta los siguientes aspectos: [16]

- Las estaciones base (BTS) a las cuales se comunican las estaciones móviles de los usuarios pueden ser destruidas por la catástrofe.
- Los enlaces entre las estaciones base (BTS) y el centro de conmutación (MSC), que generalmente no son vía radio, pueden ser destruidos.
- Los terminales celulares trabajan con baterías que no pueden ser recargadas en una catástrofe por la falta de energía eléctrica de la red comercial.
- La red sufre los problemas de congestión ante la explosión de personas que tratan de establecer comunicación.

Vale señalar que los sistemas móviles afrontan los mismos problemas de congestión que los sistemas de líneas fijas, pero también ofrecen la prestación denominada *capacidad preferente*, lo que permite aceptar cierta lista de usuarios predefinida y rechazar el resto.

1.5. LAS TELECOMUNICACIONES POR SATÉLITES

La idea de emplear los satélites para las telecomunicaciones data de 1945, lográndose concretar a mediados de la década de los 60 las primeras transmisiones trasatlánticas a través de los sistemas satelitales comerciales. En un principio se utilizaron para las comunicaciones de larga distancia con regiones donde no existía soporte por infraestructura terrestre y de manera muy rápida se convirtieron en la principal vía para las comunicaciones internacionales entre los países no poseedores de sistemas de cables de largo alcance. Con la evolución de las tecnologías de la transmisión por fibra óptica y el despliegue de los cables submarinos de gran capacidad, los satélites como que pierden terreno en las aplicaciones de telecomunicaciones de larga distancia. Es por ello que se

produce un empuje al desarrollo de los terminales de muy pequeña abertura (VSAT), la radiodifusión por vía satelital y las comunicaciones personales móviles por satélites (GMPCS). [17]

Cuando hablamos de situaciones de emergencias, las comunicaciones satelitales presentan muchas ventajas frente a las redes terrestres, sujetas tanto a la saturación como a la destrucción originada por la situación. En los casos de catástrofes que se han producido más recientemente las comunicaciones a través de los satélites han provisto de:

- Terminales con capacidades móviles y de largas distancias para los primeros minutos de coordinación posteriores al desastre.
- Pasarelas temporales para transmitir el tráfico de redes terrestres que han perdido su vitalidad.
- Vía de transmisión de datos en tiempo real para grandes áreas.
- Soporte para la obtención de datos de localización y observaciones meteorológicas.

Es así que un esquema básico de comunicaciones para la atención a una situación de emergencia se puede concebir como se indica en la Figura 1.3, que corresponde al escenario básico identificado en el proyecto denominado SALICE (del inglés *Satellite – Assisted Localization and Communication System for Emergency Services*). Este es un proyecto fundado por el Ministerio de Investigaciones de Italia, bajo las regulaciones emitidas por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación. [18]

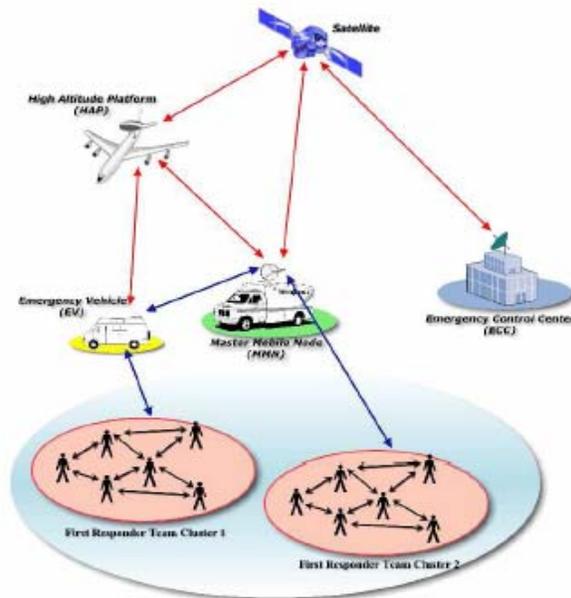


FIGURA 1.3 ESCENARIO BÁSICO DE ATENCIÓN A UNA EMERGENCIA SEGÚN SALICE [20]

Esta puede ser la estructura básica para proveer de manera rápida de un soporte de red de telecomunicaciones a un equipo de rescate o de atención a una zona donde han quedado destruidas las estructuras convencionales de comunicaciones por una catástrofe. En ella se dirige toda la operación desde un centro de control que establece comunicaciones a través del satélite con un nodo móvil en tierra ubicado en el área de la emergencia. A su vez, este nodo móvil puede proveerse de una pequeña estación móvil de base que puede brindar cobertura a las personas que intervienen directamente en las áreas para la atención al desastre. En adición, este nodo móvil que tiene posibilidades de comunicación vía satélite, podría manejar también información de determinación de posicionamiento. [18]

Las comunicaciones por satélites son muy ventajosas cuando hablamos de áreas grandes, desastres considerados catástrofes nacionales, donde no hay comparación con el empleo de otras variantes. La Agencia Federal de Operaciones de Emergencia (FEMA) de los EEUU, la red de comunicaciones de desastres de Japón y la Agencia Espacial Europea (ESA) basan sus servicios en la transferencia de información a través de la carga útil de comunicaciones de los sistemas satelitales. [19]

Un aspecto a tener en cuenta para el uso de los satélites es el llamado retardo (*delay*) introducido en el establecimiento de una comunicación. (Se encuentra alrededor de los

400ms). Esta magnitud resulta inaceptable para aplicaciones de multimedia en tiempo real donde los requerimientos son de retardos menores de 150ms. [20]

Entre los sistemas comerciales satelitales más utilizados en el mundo se encuentran: Inmarsat, Thuraya, Iridium, Globalstar. Algunas características de estos sistemas se muestran en la Tabla 1 y en el Anexo II se amplían datos acerca de ellos así como sus zonas de cobertura. [21]

TABLA 1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS SISTEMAS SATELITALES COMERCIALES.

	tipo de satélite	zona de cobertura	cantidad de satélites en órbita	servicios
Inmarsat	geoestacionarios	Toda la superficie terrestre excepto los polos	3*	Telefonía, acceso a Internet, banda ancha. (Compatible con tercera generación móvil) Servicios marítimos y aeronáuticos.
Thuraya	geoestacionarios	Europa, Oriente Medio, Norte y Centro de África, África del Este, Asia y Australia	2	Telefonía, transmisión de datos, servicio de determinación de la posición
Iridium	órbita terrestre baja (LEO)	Cobertura Total (incluye las regiones polares)	66	Telefonía, transmisión de datos a bajas velocidades
Globalstar	órbita terrestre baja (LEO)	Limitada (No alcanza Africa, los polos, Sureste de Asia)	48	Telefonía, transmisión de datos a bajas velocidades

* existen además 9 satélites como reservas de la segunda y tercera generación I2, I3

1.6. INTERNET

El uso de Internet en las situaciones de catástrofes adquiere cada vez una mayor relevancia. Aproximadamente el 21 % de la población accede a Internet en los países en desarrollo, contra un 70 % en los países desarrollados. [15] Es a través de Internet que podemos: enviar y recibir correos electrónicos, seguir de cerca la información meteorológica para asumir conductas ante cada amenaza de situación peligrosa, obtener información de mapas geográficos, consultar bases de datos sobre los más diversos temas, registrar a refugiados y desplazados para facilitar su retorno a las familias.

Ahora bien, la accesibilidad y el alcance mundial de Internet, que son las características atrayentes para su empleo en las situaciones de emergencias, impactan de manera negativa en la seguridad de los datos que se transmiten a través de ella. Muchos organismos que intervienen en la gestión de las catástrofes utilizan prefieren la utilización de redes seguras y van a Internet como último recurso. Es importante además notar que la amplia difusión de programa malignos podría afectar a los sistemas en los momentos en que más se requiere de ellos. Es por ello que se recurre al uso de recursos como la firma digital y la criptografía. [22]

En cuanto a la disponibilidad, en los momentos de crisis sucede que las fuentes de información más valiosas en Internet son las más difíciles de alcanzar por la gran cantidad de usuarios que lo intentan simultáneamente.

Si hablamos de la credibilidad o precisión, deben ser verificados los datos obtenidos de Internet antes de emplearlos, teniendo en cuenta que conviven en la red de redes datos valiosos y datos obsoletos, engañosos o falsos.

1.7. LAS REDES TERRESTRES INALÁMBRICAS

Las redes terrestres inalámbricas, al emplear la interfaz aire como medio de físico de transmisión, son muy dependientes de las condiciones atmosféricas y los problemas de interferencias pueden provocar afectaciones a las velocidades de transmisión y retardos incompatibles con determinadas aplicaciones. Sin embargo, presentan como ventajas para casos de catástrofes que se caracterizan por un rápido despliegue y bajo costo de instalación.

Estas redes han tenido un desarrollo acelerado y hoy en día ya tenemos variantes de ellas con movilidad y que aceptan todo tipo de aplicaciones.

1.7.1. REDES PRIVADAS MÓVILES TERRESTRES

Este término de red privada se refiere a las redes de comunicaciones que son utilizadas por usuarios determinados como pueden ser: las empresas y el sector de la industria, las autoridades estatales, ministerios, la defensa, los bomberos, servicios públicos, entre otros. Las redes de radiocomunicaciones móviles terrestres (LMR) son exclusivas de grupos de

usuarios y son empleadas en el intercambio de mensajes cortos de voz y datos de naturaleza operativa. Son de mucha preferencia para las operaciones de socorro y la protección pública.

La comunicación puede establecerse de manera dúplex o semidúplex. En esta última solo puede hablar un usuario a la vez presionando el botón *pulsar para hablar (PTT, push to talk)*. Estas redes ofrecen servicios de llamadas a grupos, llamadas de emergencias, llamadas con prioridad, seguridad de extremo a extremo y escucha del ambiente, con alta movilidad, solidez y facilidad de uso en entornos adversos, en zonas montañosas y si fuera necesario, son de instalación y despliegue rápidos. [23]

Los sistemas LMR ofrecen seis posibles modos de funcionamiento:

- Modo Directo. La comunicación se lleva a cabo directamente entre terminales sin necesidad de una infraestructura. Todas las personas que se encuentran en el mismo canal de radiocomunicaciones y en el área de cobertura pueden escuchar las conversaciones. (los walkie-talkie).
- Modo Red. Todas las comunicaciones están bajo la infraestructura de la red LMR, compuesta por estaciones radioeléctricas de base y centrales de conmutación.
- Vigilancia dual. El terminal funciona tanto en modo directo como en modo red.
- Modo repetidor. Permite ampliar la cobertura alrededor de un vehículo o un edificio.
- Modo pasarela. Permite interconectar dos sistemas incompatibles.
- Modo ad hoc. Los propios terminales cumplen la función de encaminadores de información ya que no existe una infraestructura.

Este último modo de funcionamiento, ad hoc, al ser independiente de la existencia de una infraestructura de comunicaciones, es muy apropiado para ser utilizado en los primeros momentos que siguen a una catástrofe.

Ha sido muy difundido el empleo de los sistemas *trunking* para las emergencias. Sin embargo, en la experiencias de los últimos acontecimientos ocurridos en el mundo, se han evidenciado los siguientes inconvenientes: [24]

- No hay interoperabilidad entre los diferentes órganos que intervienen, policía, bomberos, guarda costas, etc.
- Requieren de asignación de frecuencias en el espectro para trabajar.

Por lo anterior, se evidencia la necesidad de establecer estándares y construir una plataforma común para que puedan inter operar los sistemas *trunking* de los diferentes órganos que intervienen en el rescate. Además, se va imponiendo, no solo tener un órgano que controle y dirija la asignación de frecuencias en las emergencias, sino también reservar desde tiempo de paz rangos de frecuencias solo para uso en emergencias.

1.7.2. WiFi

Las redes WiFi, que clasifican dentro de las llamadas WLAN (Redes de Área Local Inalámbricas), permiten comunicación en un área de cobertura limitada. Están basadas en el estándar IEEE 802.11 que operan en las llamadas bandas no comerciales del espectro (2.4 y 5 GHz), ya que no requieren de licencias siempre que se respeten los niveles impuestos de potencia de radiación. Teóricamente las redes WLAN tienen posibilidades de alcanzar los 54Mbps, aunque en la práctica no superan los 20Mbps, velocidad que decrece rápidamente cuando aumentan la densidad de dispositivos inalámbricos en la zona.

El estándar original fue publicado en 1997, sufriendo a través de los años una evolución en las diferentes versiones. En 1999 aparece el estándar 802.11b, que permitió aumentar la velocidad de transmisión hasta los 11 Mbps en la banda de 2.4 GHz, con el uso de técnicas de modulación de espectro ensanchado por secuencia directa DSSS (*del inglés Direct Sequence Spread Spectrum*). Posteriormente se publica la versión 802.11a que alcanza los 54 Mbps y opera en la banda de 5 GHz, que no fue muy popular por su incompatibilidad con 802.11b.

En 2003 surge 802.11g, que ofrece la misma velocidad máxima de 54 Mbps pero utiliza la banda de frecuencia de 2.4 GHz. Este estándar mantiene el uso de DSSS e incorpora OFDM (*del inglés Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), como técnica de modulación que presenta mayor robustez ante las interferencias por multitrayecto. Por este motivo, 802.11g logra mayores alcances que 802.11a, debido a las características de este

tipo de modulación y que trabaja a una frecuencia menor. Además permite la interoperatividad con la norma 802.11b .[25, 26]

Posteriormente, cada vez que se ha percibido la necesidad del uso de nuevas técnicas que den solución a un determinado problema, el IEEE ha creado un nuevo grupo incluido en el 802.11 e identificado por una nueva letra. Es así que han surgido nuevos estándares cuyas características fundamentales se describen a continuación.

802.11e

Fue publicada en Noviembre de 2005 e introduce nuevos mecanismos a nivel MAC para soportar servicios que requieren garantía de calidad de servicio. Importante para aplicaciones sensibles a retrasos temporales como son la VoIP y streaming multimedia. Emplea una técnica llamada HCF (Hybrid Coordination Function) el cual define dos formas de acceder al canal, EDCA y HCCA, cada una de las cuales puede llevar asociadas varias clases de tráfico.

EDCA. El tráfico de alta prioridad tiene mayor probabilidad de ser enviado que el tráfico de baja prioridad en un tiempo determinado. Una estación que envíe tráfico de alta prioridad esperará menos para enviar un paquete, como promedio, que una estación que envía tráfico de baja prioridad. [25, 26]

HCCA. Las estaciones requieren la información acerca del estado de de las colas de otras estaciones. Esta información se muestra y puede ser usada para dar prioridad a unas estaciones obre otras. De esta manera las estaciones que accedan a esta información podrán especificar los parámetros que requieren como velocidad de datos, ruido, etc, lo cual mejora el funcionamiento en redes WiFi de aplicaciones avanzadas como VoIP y streaming de video.

Existe una certificación llamada WMM (WiFi multimedia) que define una serie de características de calidad de servicios y gestión de la energía avanzadas que engloba un subconjunto de las técnicas y protocolos contemplados en 802.11e. En esta certificación el uso de HCCA es opcional. La mayoría de los equipos certificados WMM solamente implementan EDCA.

802.11k

Define mecanismos cuyo objetivo es: el uso más eficiente de los recursos electromagnéticos en una red WiFi 802.11, así como facilitar su operación y mantenimiento. Se definen protocolos en los cuáles los dispositivos inalámbricos pueden determinar a que punto de acceso deben conectarse en cada momento, para garantizar un funcionamiento óptimo de toda la red. Normalmente en una red inalámbrica los terminales se conectan al punto de acceso del cual reciben mayor potencia, lo cual en determinados diseños puede conducir a un funcionamiento inadecuado de la red en su totalidad. Con 802.11k se puede lograr que si el punto de acceso con mayor nivel de señal está cerca del límite de su capacidad, el cliente se asocie a otro que está menos cargado en ese momento. En esta norma se tiene acceso a información de: nivel de ocupación del espectro de frecuencias, estadísticas de uso de la red y la posibilidad de hacer roaming entre puntos de acceso. Toda esta información mejorará las transiciones entre puntos de acceso porque reducirá las interrupciones en aplicaciones sensibles a la continuidad de conexión. Para este objetivo se debe lograr complementar 802.11k con 802.11r.

802.11n

Su objetivo principal es alcanzar una velocidad de datos superior a la aceptada para otros estándares así como aumentar el radio de operación. Fue aprobado en Septiembre de 2009. Para ello hace uso de la tecnología MIMO – OFDM (*Multiple Input Multiple Output Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). Con esta técnica se aumenta la capacidad del enlace inalámbrico al emplear varias antenas de transmisión y recepción por las que se transmiten datos de forma simultánea. Hace uso de las dos bandas de frecuencia (2.4 y 5.4 GHz) simultáneamente.

802.11p

Su objetivo es definir las mejoras del estándar para que puedan las redes WiFi ser utilizadas en vehículos, de manera que permita el intercambio entre los medios de transporte y la infraestructura de la vía. Es primordial para este estándar proveer de velocidades de transferencia muy altas y minimizar la latencia en el enlace. Se requerirá un ancho de banda de al menos 6 Mbps y una cobertura media de 300 metros, aunque se prevén máximos de 27 Mbps y 1000 metros en momentos puntuales con una potencia de

emisión de hasta 28.8 dBm. Las aplicaciones van desde el uso para alertas de emergencias para vehículos, prevención de colisiones, hasta transacciones comerciales como por ejemplo pago automático de autovías y parqueos. No se ha encontrado información hasta el momento de que haya sido aprobado este estándar.

802.11r

La norma IEEE 802.11r aprobada en Agosto de 2008, es la referencia para efectuar transiciones rápidas entre un punto de acceso y otro. El retardo en este proceso debe ser menor de 50 milisegundos, que es el mínimo detectable por el oído humano, para permitir el correcto funcionamiento de aplicaciones como VoIP y el video. Además, en este estándar se permite que un cliente inalámbrico establezca condiciones de seguridad y calidad de servicio en un nuevo punto de acceso antes de realizar la transición, lo cual hace mínima la pérdida de conectividad.

802.11s

Es el estándar desarrollado para las redes malladas en las cuales cada nodo está conectado a uno o más nodos de manera que es posible llevar mensajes de un nodo a otro por diferentes caminos. Esta topología ha sido muy utilizada en redes de alcance municipal y en los servicios de emergencia. El estándar propone modificaciones en las capas PHY y MAC, así como la sustitución de la especificación BSS (*Basic Service Set*) por una más compleja conocida como ESS (*Extended Service Set*). En Junio de 2007 se encontraba a un 97% en el camino de su aprobación y cierre por el IEEE.

802.11u

La proliferación de dispositivos móviles con conectividad WiFi que se ha producido en los últimos años ha evidenciado la necesidad de la creación de una norma dentro de 802.11 que especifique los requisitos e interfases entre redes 802.11 y otras redes externas como las redes celulares de móviles. Plantean algunos analistas que las redes celulares deberán coexistir totalmente con WiFi, basándose en un esquema en el cual las redes 2G, 2.5G y 3G sean las extendidas a nivel nacional, mientras que en zonas metropolitanas densamente pobladas los teléfonos móviles podían hacer uso de redes 802.11, que son comparativamente baratas de instalar y ofrecen buen ancho de banda en distancias cortas.

1.7.3. WiMAX

WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), es el sello otorgado al estándar IEEE 802.16. Representa el equivalente inalámbrico de las redes MAN (*Metropolitan Area Networks*) y ofrece variedad de servicios que incluyen voz, datos y multimedia.

El estándar ha tenido una evolución en el tiempo, que va desde los que aparecieron en 2001 con enlaces LOS (de visibilidad directa), transitando por el IEEE 802.11a de 2003 con enlaces sin visibilidad directa en bandas de frecuencias entre 2 y 5 GHz, hasta los hoy vigentes IEEE 802.16d, del año 2004 (WiMAX fijo), IEEE 802.16e de 2005 (WiMAX móvil). El último gran acontecimiento es el IEEE 802.16m, que ya maneja altas velocidades en el orden de 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps para accesos fijos, con canales de 100 MHz de ancho de banda efectivo, compatible con las tecnologías de cuarta generación. [27, 28]

IEEE 802.16d

Es el estándar conocido como WiMAX fijo. Opera con enlaces sin visibilidad directa en las bandas de 2 a 11 GHz. Teóricamente es capaz de proporcionar enlaces de hasta 50Km, sin embargo en la práctica se logran de hasta 8Km con velocidades de alrededor de 20Mbps, donde se emplea multiplexado OFDM (Multiplexado por División de Frecuencias Ortogonales) y OFDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencias Ortogonales), lo cual garantiza la reducción de los efectos de multitrayectoria, la interferencia inter símbolo y se alcanza mejor aprovechamiento del espectro y del ancho de banda. Además, se utiliza lo que se conoce como modulación adaptativa, según la cual se asigna un tipo independiente de modulación a cada usuario en dependencia de la distancia a la que este se encuentra de la estación transmisora de base. Es así que se elige entre 64QAM, 16QAM, QPSK y BPSK. [28, 29]

IEEE 802.16e

Es el estándar conocido como WiMAX móvil. Se permite el *roaming*, con el traspaso del abonado entre las estaciones base mediante tres mecanismos: HHO (*Hard Handover*), FBSS (*Fast Base Station Switching*) y MDHO (*Macro Diversity Handover*). Utiliza OFDM y SOFDMA (*Scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access*), método según el cual se asigna de forma dinámica el número de subcanales requerido para cada usuario, (1.25; 2.5; 5; 10 y 20 MHz) lo cual hace más flexible el sistema. En la capa física emplea modulación adaptativa. Además, soporta antenas inteligentes y sistemas de antenas múltiples como MIMO (Múltiple Entrada Múltiple Salida), con lo que se obtiene ganancia por diversidad, mayor eficiencia espectral y mejor reutilización de frecuencias, incrementándose la capacidad y confiabilidad del sistema. [29]

WiMAX se presenta como una tecnología ideal para ser desplegada en zonas de difícil acceso, brindando servicios de banda ancha tales como telefonía VoIP, acceso a Internet y transferencia de datos. Puede ser implementado en un ambiente inalámbrico total, como extensión de cobertura a toda un área metropolitana y su periferia, posibilitando conectividad a estructuras LAN de redes, como WiFi con la cual es compatible.

1.8. SISTEMAS EMPRESARIALES PRIVADOS: LA CENTRAL PRIVADA (PBX)

Consta de una central telefónica ubicada en las instalaciones del propietario, conectada a la RTPC, con un cableado interno hacia extensiones en todas las instalaciones, con pasarelas hacia las redes públicas y a Internet y por lo tanto son independientes de las infraestructuras de redes externas. Ya hoy en día se tiene voz por IP (VoIP) y empleando tecnologías como WLAN y Wi-Fi se puede lograr movilidad dentro de la empresa.

Las PBX poseen la modalidad de trabajar en servicio de emergencia, en el cual algunas extensiones predefinidas se conectan directamente a las líneas entrantes. Ante una situación determinada, solo funcionarán las líneas de emergencia y quedarán el resto fuera de servicio.

Las PBX han experimentado al igual que el resto de las tecnologías de telecomunicaciones un desarrollo acelerado en los últimos años, presentándose variantes muy modernas que constituyen nodos todo – IP muy sensibles de ser aprovechadas para brindar

comunicaciones a una determinada zona ante la falta de la infraestructura exterior que deja una catástrofe.

1.9. SERVICIOS DE DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN

Los servicios basados en la localización (LBS) son aplicaciones basadas en esquemas móviles cliente – servidor y servicios basados en la localización de usuarios móviles. Se trata de obtener la localización geográfica de un dispositivo móvil, para lo cual lo que más comúnmente se usa es el sistema mundial de determinación de la posición (GPS) y transmitir esta información hacia una aplicación LBS que la procesa y da respuesta a una solicitud determinada mediante el empleo de las tecnologías de comunicaciones. [30]

En una catástrofe toma importancia vital poder obtener la localización de las víctimas a fin de facilitar la prestación de la asistencia y al mismo tiempo, pueden tenerse datos sobre los peligros potenciales que se van encontrando por el personal en el lugar del siniestro.

Los servicios de llamada de emergencia han adquirido un desarrollo importante en muchos países y es de las aplicaciones más extendidas de estos sistemas LBS. En EEUU por ejemplo el denominado 911, en Europa el 112. Son sistemas diseñados para asistir a las víctimas en situaciones de riesgo o críticas, donde a partir de registrar la posición geográfica del que llama, el objetivo es agilizar la entrega instantánea de esta información al punto de respuesta de seguridad pública. Actualmente se han desarrollado nuevos modelos para la detección del terminal móvil que llama, que van hasta los sistemas que pueden hacerlo incluso cuando la red primaria esta fuera de funcionamiento, caso típico en las catástrofes.

Las técnicas de determinación de la posición basan su funcionamiento en las mediciones de diferentes parámetros de una señal. Las más frecuentes son las basadas en: la potencia de la señal recibida (RSS), el tiempo de arribo (TOA), la diferencia del tiempo de arribo (TDOA) y el ángulo de llegada (AOA).

1.10. CONSIDERACIONES PARCIALES ACERCA DE LAS TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIONES EN EMERGENCIAS

Las redes públicas extendidas, tanto fijas como móviles, están sometidas al fenómeno de la congestión durante una catástrofe, por lo cual requieren de mecanismos de establecimiento de tráfico preferente. Además, sus elementos son muy susceptibles a ser destruidos parcial o totalmente, por lo que hay que prever alternativas de sustitución parcial o total de los mismos, a fin de garantizar los servicios que estas redes normalmente soportan.

Las redes inalámbricas y las que basan algunos de sus segmentos de enlaces en las transmisiones radiales van teniendo un papel importante en la atención a las catástrofes. El estándar WiFi se presenta con una evolución sostenida y es aceptado por la gran mayoría de fabricantes de equipos de acceso, ofreciendo velocidades de hasta 54Mbps, en dependencia de la densidad de dispositivos, en un área de cobertura que es limitada (ambientes LAN).

WiMAX, como tecnología de banda ancha que integra VoIP, datos y video, tiene alcances mayores (ambientes MAN) y maneja velocidades del orden de los 100Mbps. Se habla de que alcanza velocidades de 1Gbps en accesos fijos, con canales de 100MHz de ancho de banda, comparables con tecnologías de cuarta generación. Ofrece *roaming* entre celdas y se presenta como ideal para lugares de difícil acceso.

Toman importancia como grandes pasarelas para otras redes, los sistemas satelitales, que son mucho menos vulnerables a las catástrofes y que han alcanzado ya un desarrollo tecnológico que les permite soportar los anchos de banda que exigen los nuevos retos en las aplicaciones.

CAPITULO II. ASPECTOS TECNICOS DE LAS TELECOMUNICACIONES DE EMERGENCIAS

2.1. FASES EN LA ATENCIÓN A LAS CATÁSTROFES

Se describen muy frecuentemente *fases* en la gestión de las situaciones de emergencia, cada una con diferentes peculiaridades. Aunque se encuentran diferentes denominaciones para las mismas emplearemos las siguientes: fase de *alerta*, de *organización del socorro* y la etapa de *recuperación* o regreso a la normalidad.

El desarrollo acelerado de las tecnologías de telecomunicaciones, que han llevado las mismas a ser determinantes en toda la atención a una catástrofe, va imponiendo a su vez determinar cuales pueden ser las mejores variantes a emplear en materia de comunicaciones en cada fase o etapa de la gestión de una emergencia.

La duración de cada fase está muy en dependencia del tipo de fenómeno que provoca la situación de emergencia, por tanto es algo muy variable e imposible de prefijar, tal como lo es la naturaleza de las causas que originan estas situaciones. Sin embargo, se evidencia que resulta muy importante para disminuir los efectos nefastos tomar en cuenta los siguientes aspectos: tener definidas desde tiempos normales todas las acciones a desplegar en cada fase y que tecnologías de telecomunicaciones utilizar, haber identificado en cada región o zona cuales son los fenómenos que más comúnmente pudieran ocurrir y provocar una situación de emergencia y conocer cuales son las vulnerabilidades de las redes de telecomunicaciones que soportan los servicios que normalmente utiliza la población y las instituciones públicas.

2.2. SISTEMAS DE AVISO O ALERTA TEMPRANA

Existe una total comprensión de que una adecuada comunicación en la fase de alerta de una catástrofe contribuye a mitigar los daños que la misma provoca. Se ha venido demostrando en los últimos años que las formas tradicionales empleadas para emitir las alertas como la radio, la televisión y las sirenas no son suficientes. Con la explosión de la telefonía celular y por la peculiaridad de que las personas llevan siempre encima su teléfono, desde el año 2006 se vienen implementando en países como Japón, EEUU, sistemas de alerta temprana a

la población basados en el empleo de los mensajes de difusión celular (CBS, del inglés Cell Broadcast System). Los Estados Unidos están desarrollando un Servicio de Alerta para Móviles Comerciales (*CMAS del inglés Commercial Mobile Alert Service*), al cual podrían elegir incorporarse las empresas operadoras de móviles, donde la difusión celular es considerada como la única tecnología viable. Sin embargo emerge Japón como líder en la distribución de sistemas de protección y aviso a la población. [31, 32]

Las principales características que brinda esta tecnología al ser utilizada como base de un sistema de aviso temprano a la población ante situaciones de emergencias son las siguientes:

- Puede llegar a muchas personas en cuestión de segundos.
- Está siempre disponible, es independiente de la congestión de la red (a diferencia de los SMS) por emplear un canal de señalización propio dedicado.
- Cada mensaje tiene un número de serie que permite reenviarlo a los usuarios que arriben a la célula asociada al lugar de peligro.
- Reciben el mensaje los usuarios que normalmente viven o trabajan en el lugar de peligro pero también los visitantes eventuales que han hecho *roaming*. No se alarman las personas que aunque viven en la zona se encuentran por cualquier motivo fuera de ella.

Aunque no existen como tal estándares específicos para la implementación de los servicios en los recursos móviles, se aprecian elementos relacionados con los mensajes de difusión en varias de las especificaciones del 3GPP (*3rd. Generation Partnership Project*).

El estándar del 3GPP TS 23.041 (*“Technical Realization of Cell Broadcast Service (CBS)”*) recorre todo lo relacionado con la implementación de la difusión celular y abarca los parámetros tanto para GSM como para UMTS. [33, 34]

Un mensaje de difusión puede contener hasta 1395 caracteres, (15 páginas de 93 caracteres cada una) y el tiempo mínimo en que un mensaje de difusión puede ser repetido es de 1.883 segundos.

En la Figura 2.1 se muestran los parámetros de los mensajes de difusión celular en los sistemas GSM y UMTS. [33]

Parámetros de Mensaje en GSM			
Octet Number (s)		Field	
1-2		Serial Number	
3-4		Message Identifier	
5		Data Coding Scheme	
6		Page Parameter	
7-88		Content of Message	

Parámetros de Mensaje en UMTS			
Octet Number (s)		Parameter	
1		Message Type	
2-3		Message Identifier	
4-5		Serial Number	
6		Data Coding Scheme	
7-N		CB Data	

Composición del Número de Serie			
Octet 1		Octet 2	
Bits 7 - 6	5 - 0	7 - 4	3 - 0
Geographical scope	Message Code		Update number

FIGURA 2. 1 ARQUITECTURA DE RED PARA ETWS. [38]

El 3GPP también ha creado ya el estándar TS 22.168, donde describe los aspectos técnicos para los Sistemas de Aviso de Terremotos y Tsunamis (*ETWS*). En este estándar se plantea la estrategia de que sean enviados dos tipos de mensajes, uno llamado *primario*, que contiene solo una brevísima información de que va a ocurrir un fenómeno determinado, y otro llamado *secundario* que describe más datos, como pueden ser por ejemplo la intensidad prevista del fenómeno, donde se localiza el epicentro, etc. El objetivo es acortar el tiempo en que el usuario recibe la primera información, la cual está predeterminada, puede enviarse muy rápido y ya está alertando de que algo está por ocurrir. El tiempo entre el instante en que se decide enviar el mensaje primario y la recepción del mismo es de aproximadamente 4 segundos. [35, 36]

En la Figura 2.2 se muestra como es la arquitectura de la red para ETWS en 3G y LTE. De manera general, en todas las tecnologías celulares, para la implementación de la Difusión Celular, existe un Centro de Mensajes de Difusión (CBC), el cual funciona como el servidor de mensajes para la red. Es importante diferenciar que este no tiene las mismas características que un Centro de Mensajes de Texto convencional, pues el mensaje de difusión se trabaja a nivel de acceso (Subsistema de Servicios de Base BSS).

Existe una diferencia para LTE, provocada por la propia estructura jerárquica de esta tecnología. Se introduce para el caso de la difusión celular el elemento denominado por las siglas MME (*del inglés Mobility Management Entity*). El MME actúa como un concentrador al cual se conecta un determinado número de Nodos B, ya que recordemos que en la estructura de la red LTE, los Nodos B están directamente enlazados con el corazón de la red y se ha eliminado el RNC. Este tipo de esquema en LTE disminuye la carga del CBC, reduce el tiempo de procesamiento y el retardo en la distribución de los mensajes. [36]

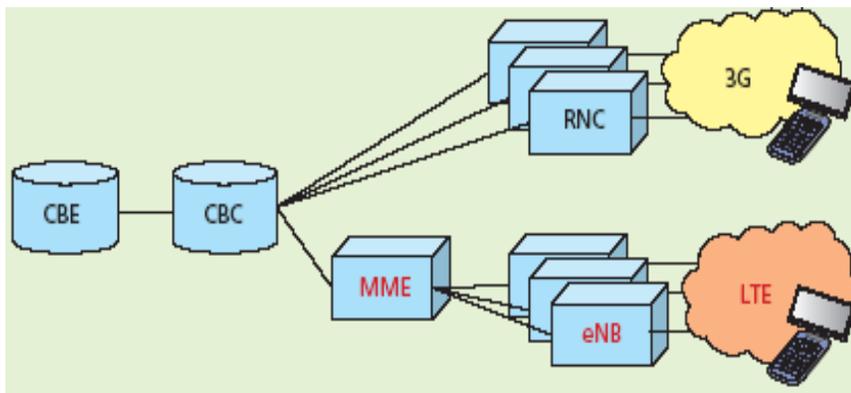


FIGURA 2. 2 ARQUITECTURA DE RED PARA ETWS. [38]

Los usuarios deben habilitar la recepción en los terminales para recibirlos. Los mensajes pueden ser enviados en varios idiomas, el usuario solamente lo recibe en el idioma personalizado en su teléfono. Todas estas características de este servicio de difusión de mensajes a células determinadas, pueden muy bien ser aprovechadas para los sistemas de aviso o alerta temprana a grupos de poblaciones, pudiéndose transmitir datos sobre la proximidad de un fenómeno, así como también las conductas correctas a seguir una vez ocurrida una catástrofe.

Además de la telefonía celular, en Japón, país frecuentemente azotado por tsunamis y terremotos, se utiliza la radio y la televisión para transmitir alertas. Estas transmisiones se realizan de manera automática, mediante una articulación entre los sistemas de telecomunicaciones, los gobiernos locales y el sistema de monitoreo y respuesta a emergencias. La apertura a la televisión digital ha ido modernizando los sistemas de alerta. La posibilidad de ver en las pantallas, además de imágenes, datos o cualquier tipo de información de manera simultánea y escoger cual ampliar, proporciona opciones para transmitir las alertas de manera más rápida y que llegue a mayor número de personas. [32]

La norma ISDB-T, adoptada en Japón, ha sido instaurada en varios países, entre ellos por ejemplo Brasil. El continente africano, la parte este de Asia y Centroamérica son las zonas donde aún no es digital la transmisión de la televisión. [32]

2.3. LAS TECNOLOGÍAS MÁS APROPIADAS PARA LA ORGANIZACIÓN DEL SOCORRO

Como consecuencia de una catástrofe, las infraestructuras titulares de comunicaciones son dañadas o destruidas. Es por ello que para la etapa en que comienza a organizarse el socorro, en que se coordinan las operaciones de rescate, en ese período de tiempo inicial que sigue a una catástrofe, se impone la necesidad de establecer estructuras de redes de telecomunicaciones con topología dinámica, es decir que pueda cambiar a dependencia de determinados requerimientos, de fácil despliegue y con movilidad.

En esta fase, donde se presenta una situación caótica, de destrucción de todas las infraestructuras que soportan la vida de la población, las viviendas, las vías de comunicaciones, la energía, los suministros de alimentos, es muy importante la rapidez con que se establezca la organización del rescate de vidas humanas. Incluso se señala como *período dorado* las primeras 72 horas que siguen al desastre, pues es el tiempo en que mayor probabilidad de subsistencia tienen las personas que puedan haber quedado atrapadas en los derrumbes. De aquí la enorme importancia que tiene establecer para los equipos de rescate en esta fase comunicaciones flexibles y de muy rápido despliegue.

2.3.1. REDES INALÁMBRICAS HÍBRIDAS

Tradicionalmente han sido empleadas las comunicaciones del tipo *push to talk*, las cuales ya se van quedando rezagadas ante el empuje del desarrollo de las modernas aplicaciones. La extensión de los servicios de multimedia hoy para las emergencias requiere de las tecnologías inalámbricas de banda ancha. Estas tecnologías tienen cada una sus ventajas y limitaciones. Se está presentando como tendencia para las emergencias, el desarrollo de soluciones híbridas que integran varias tecnologías a fin de buscar una sinergia entre ellas que permita combinar sus fuerzas y mitigar sus limitaciones. [20]

Un ejemplo de ello es la siguiente variante de red híbrida. Suponemos la existencia de dos equipos de rescate en dos zonas arrasadas diferentes. Cada equipo debe comunicarse con una oficina central de coordinación situada a varios kilómetros de distancia. La comunicación entre los miembros del mismo equipo de rescate se realiza a través de una red mallada WiFi, corriendo como protocolo de capa de red OLSR (del inglés Optimized Link State Routing). La comunicación entre un equipo de rescate y otro se realiza a través de una red WiMAX, ubicando en cada equipo de rescate una estación de usuario WiMAX. La comunicación entre los equipos de rescate y la oficina central se garantiza colocando una estación base WiMAX, a la cual tienen acceso las estaciones de suscriptores. Esta estación base WiMAX está conectada al *transceiver* del satélite por una interfaz cableada, y es a través de este enlace satelital que se realiza la comunicación entre los diferentes equipos de rescate y la oficina central de coordinación. A su vez, cada estación de suscriptor WiMAX está enlazada por interfaz cableada a un enrutador que es la pasarela de las subredes WiFi, que forman los integrantes de cada equipo de rescate, hacia la capa superior WiMAX. La operación de rescate se organiza colocando en una localización fija determinada la estación base WiMAX con su enlace satelital y desplegando las estaciones de suscriptores asociadas a los enrutadores que interconectarán las redes WiFi. Estos últimos puntos del esquema descrito pueden tener movilidad en dependencia de los requerimientos de la situación en el terreno. Se recomienda que la distancia entre la estación base WiMAX y cada equipo de rescate no sobrepase los 5Km. Toda esta variante de comunicaciones se muestra en la Figura 2.3.

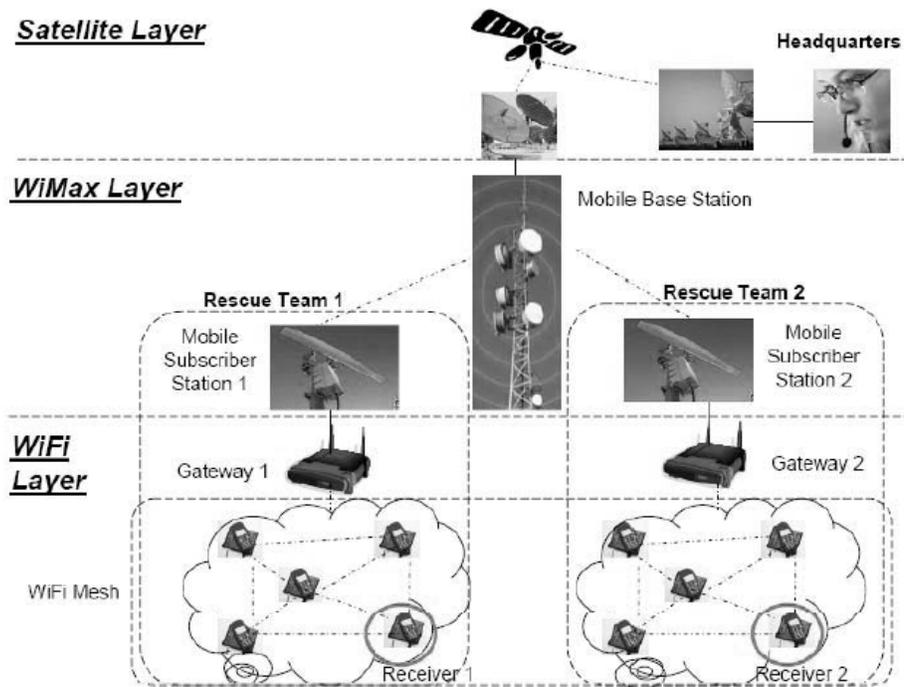


FIGURA 2. 3 RED HÍBRIDA WIFI/ WIMAX/ SATÉLITE.

Un estudio de rendimiento para VoIP del esquema antes presentado se evalúa en [20], mediante el Modelo E de UIT, calculando cual sería el valor del factor R (factor de razón de transmisión) con la utilización de diferentes codec (G711, G.711 + PLC, G.723.1 y G.729A). De los cálculos realizados, tomando $R = 70$ como un valor mínimo para una calidad de voz aceptable, se obtuvieron buenos resultados para los codec G.711 y G.711 con PLC.

Esta variante cumple con los requerimientos de ser un sistema de rápido despliegue, totalmente inalámbrico, que permite el monitoreo desde la estación central sobre todas las comunicaciones entre los equipos de rescate, a fin de garantizar operaciones táctica y estratégicamente seguras.

2.3.2. REDES INALÁMBRICAS MÓVILES PUNTO A PUNTO (MANET)

Para lograr topologías dinámicas y movilidad, necesarias en la fase de socorro, se ha venido imponiendo un tipo de red que es conocida por las siglas MANET (del inglés *Mobile Ad Hoc Network*). Este es un tipo de red inalámbrica móvil especial, donde todos los nodos son iguales y tienen, además de las funciones normales de un terminal móvil, funciones de re

enrutamiento. No se requiere de un nodo central de control y toman importancia los protocolos de enrutamiento que se usan en la red. [37]

Debido a la popularidad del uso por las personas de WiFi en sus máquinas computadoras portátiles (*notebook PC, laptop*), se propone como otra alternativa para organizar operaciones de rescate, crear una MANET con las propias PC portátiles de los especialistas que integran los equipos de rescate, utilizando para la comunicación entre las máquinas el conocido protocolo P2P (*del inglés peer-to-peer*). La variante antes descrita podría tener un esquema como el que muestra la Figura 2.4.

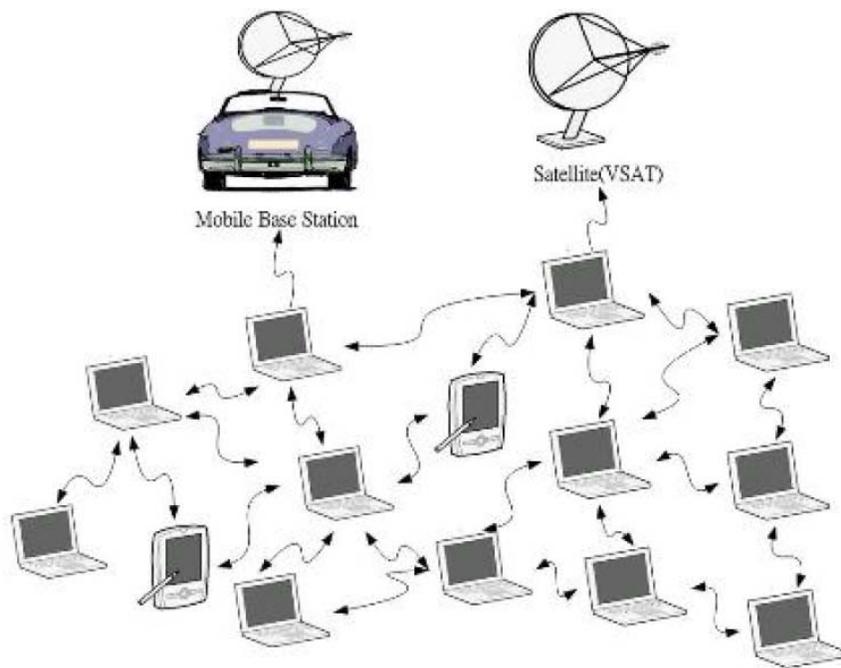


FIGURA 2. 4 ARQUITECTURA MANET BASADA EN P2P [18]

En esta variante, algunos nodos pueden tener una conexión satelital, asumiendo funciones de pasarela para que los otros nodos puedan tener por ejemplo acceso a Internet si esta estuviera disponible. En esta configuración pueden planearse tres modos básicos:

Red no controlada un salto (U1Net). En este modo cada nodo tiene difusión (*broadcast*) de datos hacia los nodos vecinos a la distancia de un salto. Este modo soporta comunicaciones de corto alcance del tipo Walkie-Talkie, y se plantea para ser usada en las primeras horas que siguen a la catástrofe cuando aún no están presentes en el lugar todas las fuerzas de rescate. En estas primeras horas por supuesto no se dispone de direcciones IP únicas, ni de

cortafuegos o traductores de direcciones de red (NAT), por lo tanto se usa Clase D para el *broadcast* de los datos. [38]

Red no controlada de K saltos (UkNet). En este modo cada nodo tiene difusión de datos hacia los nodos vecinos a la distancia de K saltos. Este soporta comunicaciones de más largo alcance del tipo Walkie-Talkie, se plantea también para las primeras horas que siguen a la catástrofe, sin embargo es más complejo su despliegue que el anterior UINet.

Red controlada de k saltos (CkNet). Este es el más avanzado que soporta servicios del tipo VoIP. Se asigna a los nodos direcciones IP únicas y no es posible en las primeras horas que siguen al desastre.

Las redes que basan su funcionamiento en el protocolo P2P aprovechan, administran y optimizan el uso del ancho de banda de los demás usuarios de la red por medio de la conectividad entre los mismos. Obtienen así más rendimiento en las conexiones y transferencias que el que se logra con métodos centralizados convencionales donde una cantidad pequeña de servidores provee el total del ancho de banda y recursos compartidos para un servicio o aplicación.

2.3.3. RED HÍBRIDA CON NODOS REPETIDORES PARA INCREMENTO DE RENDIMIENTO

Consta de varios puntos de acceso (APs) que pueden ser fijos o móviles, los cuales brindan cobertura a un área determinada y a su vez se enlazan a través de una pasarela de control hacia el corazón de una red superior y a un centro de control de la emergencia, como se muestra en la Figura 2.5. Los APs brindan cobertura a los terminales de usuarios (UT) que pueden ser teléfonos celulares, PC portátiles o PC más potentes. Esto sabemos que solo es posible con el empleo de tecnologías como 3G o WiMAX. [39]

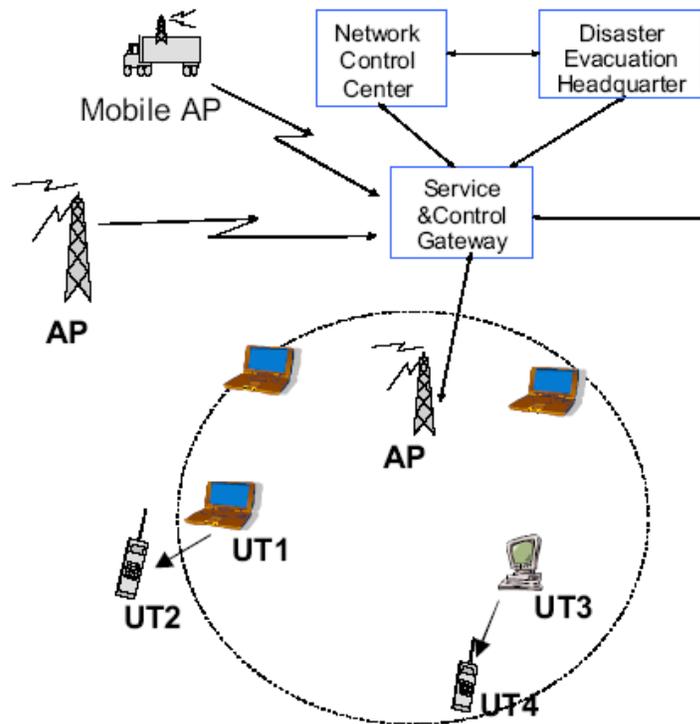


FIGURA 2. 5 RED HÍBRIDA CON NODOS REPETIDORES. [41]

Este esquema utiliza las ventajas de la modulación adaptativa y el modo de comunicación de saltos múltiples para proveer a la red de la capacidad de cursar un alto número de conexiones simultáneas, planteando el uso de terminales de usuarios que pueden operar en determinados momentos como repetidores para otros nodos de la red. Según el esquema planteado, el modo de conexión a través de repetidores multi-hop se usa en los siguientes casos.

- Cuando un terminal de usuario está fuera del área del rango de transmisión del AP (UT2 en la Figura 2.5) este trata de establecer la conexión a través de otro terminal de usuario (UT1 en la Figura 2.5).
- Cuando un terminal de usuario está dentro del área de cobertura del AP pero no tiene el mismo tipo de interfase que el AP (UT4 en la Figura 2.5), este encuentra una ruta hacia el AP vía otro terminal de usuario (UT3 en la Figura 2.5).

Se debe tener en cuenta, en el caso que nos ocupa de redes para situaciones de emergencias, que cuando los nodos actúan como repetidores para otros nodos el tiempo de

vida de la batería y la potencia de procesamiento se consumen en función de transmitir los datos de otros terminales de usuarios, por lo tanto, a la hora de construir en el terreno la red no es conveniente que todos los nodos posean la capacidad de ser repetidores, sino que se seleccionan en dependencia de las funciones que cumplirán los mismos en la organización del socorro.

Se demuestra en [39] que mediante la combinación del uso de la modulación adaptativa en dependencia de la distancia a la cual se encuentran los terminales de usuario y la posibilidad de que algunos nodos actúen como repetidores de otros, se produce un incremento en el aprovechamiento de los recursos de red y un mayor número de comunicaciones simultáneas.

2.4. LAS TELECOMUNICACIONES EN LA ETAPA DE RECUPERACIÓN

Como explicábamos en el inicio de este capítulo, no puede determinarse exactamente cuanto tiempo puede durar cada fase en una situación de emergencia. No obstante, ya ocurrido el fenómeno y evaluados los daños, luego de haber aplicado las variantes digamos de primeros momentos, se va imponiendo ir organizando el retorno a la normalidad de los ciudadanos. Hemos visto que las estructuras titulares de telecomunicaciones, digamos los nodos principales, quedan destruidos o muy afectados. En estos lugares, generalmente confluyen los equipos terminales de varias redes: móvil, fija, pasarelas de las emisoras radiales, televisivas, acceso a Internet, etc. La restauración de un centro de comunicaciones puede tardar meses, tiempo que resulta inaceptable, tanto para los usuarios como para los factores que han de intervenir en la atención a la catástrofe y la organización de la recuperación.

Esta muy generalizado en el mundo el uso de los llamados equipos de respuesta a desastres móviles, que consisten en contenedores sobre ruedas (*trailers*), equipados con todos los elementos de infraestructura de comunicaciones que tradicionalmente están contenidos en un centro local de comunicaciones. Estos remolques se están utilizando desde la década de los 90 y sus componentes han ido evolucionando a la par del desarrollo de las tecnologías de comunicaciones, de manera que ya hoy cuentan con equipamiento basado en IP y soportan los altos volúmenes de datos que transitan habitualmente por las redes. [34, 40]

La estrategia de usar estos remolques para la atención de una catástrofe por una compañía conlleva varias acciones. Estos no permanecen en un lugar olvidados, por el contrario, están constantemente alimentados y atendidos por un personal que además se entrena en el manejo y activación de los mismos. La experiencia de AT&T, que ha invertido más de medio billón de dólares en este programa, muestra como se realizan periódicamente simulacros de catástrofes para probar y entrenar la tecnología y la habilidad de los ingenieros que se especializan en esta actividad. [40]



FIGURA 2. 6 EMPLAZAMIENTO DE REMOLQUES DE AT&T EN EL ATENTADO AL WTC SEPTIEMBRE 11, 2001. [42]

El empleo de estos equipos se ha probado en EEUU, durante las afectaciones por el Huracán Katrina en el 2005, en las inundaciones de Nashville, Tennessee, en el 2010 y en los acontecimientos del *World Trade Center* (WTC) en el 2001. En este último, se produjo la destrucción de la oficina de comunicaciones que daba servicio a la zona y que estaba ubicada en un edificio contiguo a las torres gemelas. Los remolques arribaron al lugar al otro día de la catástrofe, el día 12 a las 6 de la mañana, y estuvieron completamente instalados en la media noche de Septiembre 13. Permanecieron activos por más de un mes, conectados al mismo anillo de fibra óptica que brindaba la cobertura a la zona que ocupaba el WTC. La Figura 2.6 muestra las fotos del emplazamiento.

2.5. LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LAS EMERGENCIAS: NGN Y MPLS

Las tecnologías de telecomunicaciones en sentido general han seguido un desarrollo vertiginoso en los últimos años, sin embargo, nos referiremos a dos cuestiones que han significado un cambio radical en la carrera emprendida hacia soportar más aplicaciones e incrementar rendimiento y escalabilidad en las redes. Ellas son las Redes de Nueva Generación (NGN) y el Protocolo Múltiple de Conmutación de Etiquetas (MPLS).

Las NGN integran los servicios de voz, video y datos en una única red basada en la conmutación de paquetes, donde se produce la separación entre la conmutación y el control de la llamada. Tiene una arquitectura abierta de cuatro niveles (servicio y aplicación, controlador de llamada o *Softswitch*, transporte y acceso al abonado) y utiliza protocolos estándares, por lo que permite la interconexión de equipos de varios fabricantes. Sus estructuras son menos costosas y más compactas.

El protocolo MPLS, además de integrar voz, video, datos en una plataforma común con garantía de calidad de servicios, logra las ansiadas ventajas del incremento de rendimiento de las redes. Integra lo mejor de IP (gestiona paquetes de cualquier tamaño y utiliza protocolos de ruteo dinámico) y ATM (adiciona etiquetas y paquetes en dependencia de las etiquetas). El hecho de establecer las llamadas rutas secundarias (SSP) y tener mecanismos de re enrutamiento rápido (FFR) proporciona a la red una tremenda flexibilidad y ofrece la posibilidad de desviar tráfico sobre la marcha en caso de fallas de enlaces o congestión.

Ambas tecnologías, en el tema de las comunicaciones para emergencias significan la base para soluciones de redes más viables y con mejores prestaciones.

2.6. RED DE TELECOMUNICACIONES DE CUBA ENFOCADA A LAS EMERGENCIAS

2.6.1. LA RED FIJA

En Cuba podemos hablar en materia de red fija de dos tipos de redes: la red de conmutación de circuitos (PSTN) y la naciente red de nueva generación (NGN). La PSTN se extiende por toda la isla en una estructura de centrales de comunicaciones clasificadas por

categorías, según la cantidad de líneas instaladas y su funcionalidad en la red. El tráfico nacional se organiza a través de las llamadas centrales de tránsito (SGT) ubicadas dos en la capital del país, una en la región central y otra en la región oriental.

A nivel de cada provincia, existe de manera general una central principal con unidades remotas de abonados asociadas a ella en los municipios. En La Habana, que posee la red más compleja, existen centrales principales en casi todos los municipios con unidades remotas asociadas, ubicadas en los núcleos poblacionales de mayor extensión o cantidad de habitantes. La tecnología es de los proveedores ERICSSON, ALCATEL y HUAWEI distribuida indistintamente en las tres regiones del país. Un esquemático de esta red se muestra en la Figura 2.7.

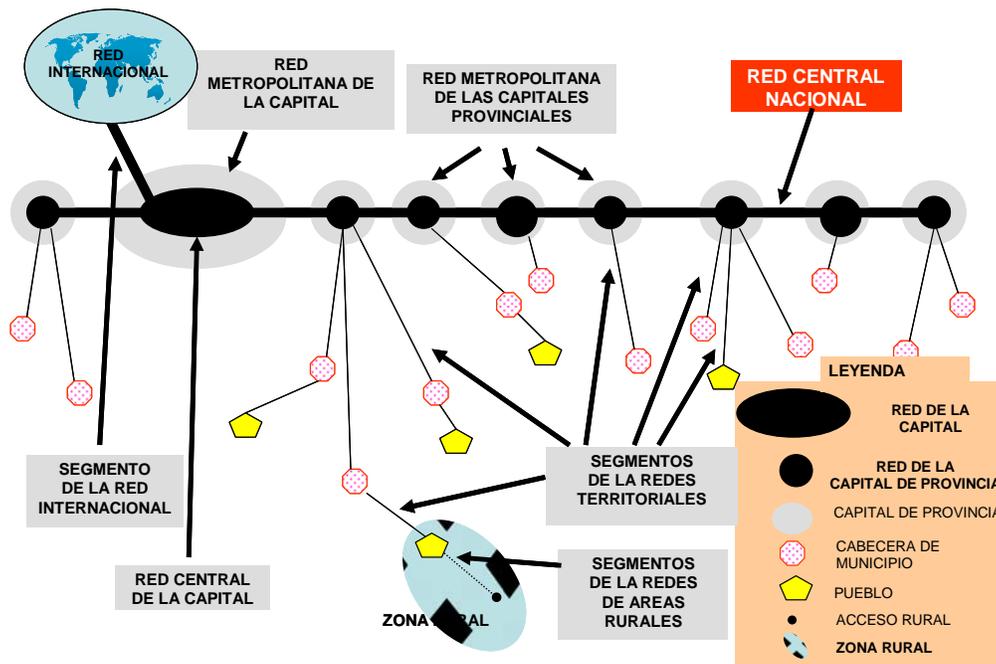


FIGURA 2. 7 ESTRUCTURA DE LA RED PSTN EN CUBA.

La red NGN aún da sus primeros pasos y se ha contratado con los mismos suministradores de la red de conmutación de circuitos. La idea básica es llevar la actual red PSTN a tres redes NGN (una por cada proveedor), para lo cual paulatinamente se han ido colocando los núcleos de la red (*Softswitch, SX*) y las pasarelas que han de asumir los centros de comunicaciones hoy instalados. En la etapa actual es HUAWEI quien tiene un despliegue

mayor (dos SX y 5 pasarelas), seguida de ERICSSON (un SX y una pasarela) y ALCATEL (primera fase de instalación de SX).

2.6.2. LA RED MÓVIL

La red móvil en Cuba tiene una arquitectura típica de GSM. Está basada fundamentalmente en la tecnología que ofrecen tres suministradores: ERICSSON, HUAWEI y ZTE. La Figura 2.8 muestra un esquemático general de la red. La capa central contiene los dos conmutadores de núcleo que atienden uno la región oriental y el otro centro y occidente, las pasarelas (una para occidente, otra para centro y dos para oriente), así como los módulos de autenticación y la red inteligente. En el nivel de acceso tenemos cuatro módulos BSS, uno para la región occidental, otro en el centro y dos que atienden la zona oriental.

Está planteada la estrategia para migrar la red hacia generaciones superiores, para lo cual se han ido dando pasos. Las radio bases que se adquieren hoy ya soportan 3G, pero se presenta una limitante fuerte en el tema del cambio de la interfaz y el aumento del ancho de banda del típico 2Mbps a valores superiores. El número de suscripciones supera 1 millón 300 mil al cierre de 2011. [41]

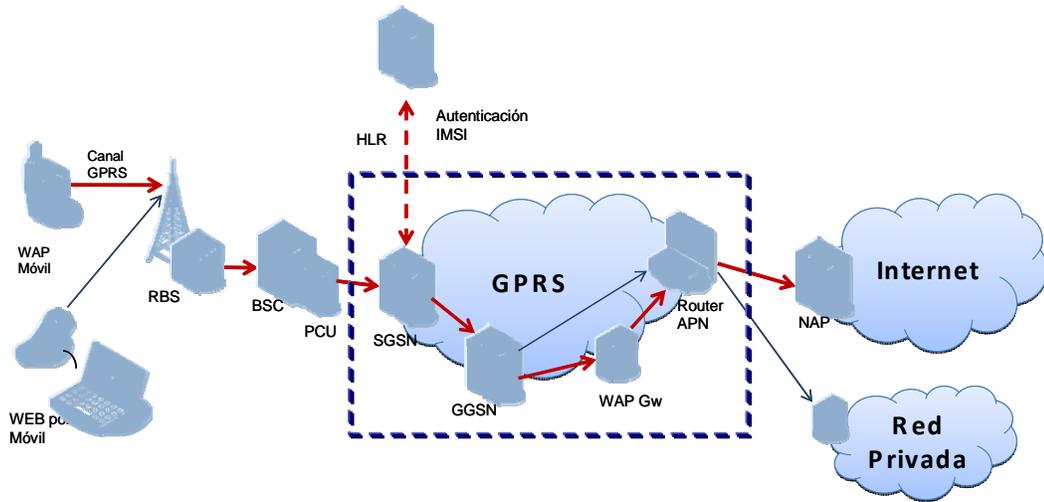


FIGURA 2. 9 NODO GPRS. [43]

2.6.3. LA TRANSMISIÓN DE DATOS

La red de transmisión de datos brinda soporte de interconexión y acceso a Internet a todas las entidades estatales del país, firmas extranjeras, así como a los usuarios que obtienen el servicio por vía conmutada. La misma está compuesta por tres grandes grupos de redes: X.25, ATM/Frame-relay e IP/MPLS.

La X.25 fue la red inicial, y en la actualidad se mantiene vigente su explotación y uso porque aún hay clientes activos que reciben soporte a través de la misma. Realmente no es lo último en la tecnología, pero en la actualidad presenta un funcionamiento estable. No se ha invertido más en su desarrollo y la perspectiva es que vaya muriendo en los próximos cercanos años por lo cual los clientes que la emplean se verán obligados a migrar sus servicios por alguna de las dos restantes (ATM/Frame-relay o IP/MPLS).

ATM/Frame-relay, fue un paso en el desarrollo de ETECSA como proveedor de servicios de datos. Durante buen tiempo fue líder y mostró ser de gran utilidad y alcance. Esta red se mantiene activa, pero no se realizan más inversiones para el desarrollo de la misma. Se cuenta con todo su equipamiento y algunos repuestos que determinarán el período de duración de la misma.

La red IP/MPLS (del inglés Internet Protocol / Multi-Protocol Label Switching) es en la actualidad la que rige los servicios que ofrece ETECSA y todas las inversiones van dirigidas a su crecimiento. Su implementación en el país ha sido un paso significativo pues

la velocidad de interconexión es mayor a la de las anteriores. Además, al realizar las modulaciones a través de paquetes IP, el cableaje físico es más factible y soporta velocidades de transmisión de bits por segundo mayores. El corazón o núcleo de esta red lo conforman los grandes enrutadores de tecnología HUAWEI, ubicados en diferentes localizaciones del territorio nacional: cuatro en La Habana, dos en el centro y dos en la región oriental. A cada uno de estos 8 enrutadores llega la información proveniente de otros de gran alcance igual, los cuales se encargan de encaminar todo el tráfico local, y una vez que se genere tráfico entre provincias, por ejemplo, estos son los encargados de hacerlos llegar a los enrutadores de la red central. Igual se ha implementado en esta red el empleo de equipos de agregación, que no son más que switches, los que se encargan de controlar el acceso del tráfico, así como garantizar el ahorro de las interfaces de los *routers* del *backbone*.

2.6.4. LAS TECNOLOGÍAS EN EL NIVEL DE TRANSPORTE

La red central es del tipo IP/MPLS, que soporta básicamente la transmisión de datos y a ella se ha ido incorporando el despliegue de la naciente red NGN. Se dispone además de una red DWDM, con diez puntos de presencia en la capital y otros 15 distribuidos por el resto de las provincias del país.

Existe la red nacional con arquitectura SDH. En La Habana, esta compuesta por diez equipos del proveedor HUAWEI en configuración mallada a nivel STM-64. En el resto del país igualmente topologías en anillos a nivel STM-16 con protección MSP.

Está en proceso de implementación una red metropolitana Ethernet en la capital integrada por tres anillos que se enlazarán a la red DWDM a nivel 10GE.

2.7. CONCLUSIONES PARCIALES

Distintas fases en una situación de emergencia requieren tecnologías diferentes. El aviso a tiempo disminuye la magnitud de los daños. Cuando la infraestructura de telecomunicaciones no ha sido dañada, hay que apelar a las tecnologías más extendidas en la población, para que la alerta sea realmente masiva. La telefonía celular y la difusión de mensajería instantánea de textos está generalizada en los sistemas de aviso o alerta temprana que se han implementado en países como Japón y EEUU, determinado por: la

explosión en la penetración de este servicio en la población mundial, que esta difusión permite llegar a las personas en muy breve tiempo (se estima en 4 segundos), que se puede hacer una definición de área y que el mensaje puede ser repetido cuantas veces se requiera.

Para los preciados primeros momentos que siguen al desastre, se han venido utilizando en el mundo las redes inalámbricas de banda ancha (WiMAX, 3G, LTE, sistemas satelitales). Es muy común ver el uso de soluciones híbridas que mezclan las diferentes tecnologías inalámbricas, a fin de ganar en alcances (entornos MAN) y garantizar velocidades de transmisión superiores a 2Mbps. Las muy conocidas redes punto a punto (ad-hoc) son vitales en estos casos donde se enfrenta la destrucción total de las redes convencionales. En un área que ha quedado totalmente destruida, una solución cableada tardaría un tiempo que es inaceptable para la organización de una operación rápida de rescate. Añadido a esto, han variado los requerimientos de comunicaciones, incluso en una situación de catástrofe. Se necesita transmitir imágenes, acceder a otras redes, consultar bases de datos, obtener información de posicionamiento, no es suficiente la transmisión de la voz, aunque no se desecha este modo de comunicación.

En la etapa de recuperación, es muy común el uso de los contenedores equipados con la más alta técnica, como la creación provisional de los desaparecidos nodos de comunicaciones. Esta solución, conlleva un tiempo para su despliegue y puede permanecer instalada hasta tanto se restauren las infraestructuras perdidas.

Se revolucionan las concepciones de las redes con las NGN y el encaminamiento del tráfico IP con MPLS. Las NGN, el camino hacia unificar en una sola red todos los servicios y simplificar las capas de control y de procesamiento. El protocolo MPLS, la vía para reducir los niveles de procesamiento de los enrutadores y ofrecer la posibilidad de desviar tráfico sobre la marcha ante fallos de enlaces, pérdidas de nodos o congestión de la red. Ambas tendencias en materia de telecomunicaciones de emergencia significan alternativas de soluciones más sencillas y con mejores prestaciones.

La infraestructura de telecomunicaciones en Cuba se encamina hacia la modernización de las redes. No obstante, aún es incipiente la extensión de las redes de nueva generación y el despliegue de la red de transporte IP-MPLS. Excepto la capital del país, en la mayoría de

las provincias encontramos esquemas tradicionales de redes verticales, cada una dedicada a un tipo de servicio. Esto complica un tanto las posibles variantes que puedan aplicarse en materia de telecomunicaciones para emergencias.

CAPITULO III. ESTRUCTURAS DE REDES DE TELECOMUNICACIONES DE EMERGENCIAS PARA CUBA

3.1. TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIONES PARA LA FASE DE ALERTA

En la fase en que se aproxima la ocurrencia de un fenómeno adverso y se vaticina una situación de emergencia, aún se cuenta con la infraestructura de telecomunicaciones extendida en el país. Ya habíamos comentado en la introducción de este trabajo que la isla de Cuba es afectada básicamente por ciclones, huracanes, tornados, incendios forestales, sismos, sin descartar que situaciones provocadas por otras causas pudieran provocar la necesidad de emitir alertas a la población de manera masiva y temprana.

Para ello entendemos que la mejor variante es implementar un sistema de aviso utilizando la funcionalidad estándar del sistema de telefonía celular de los mensajes de difusión (Cell Broadcast). El esquema de la organización del aviso sería como muestra la Figura 3.1.

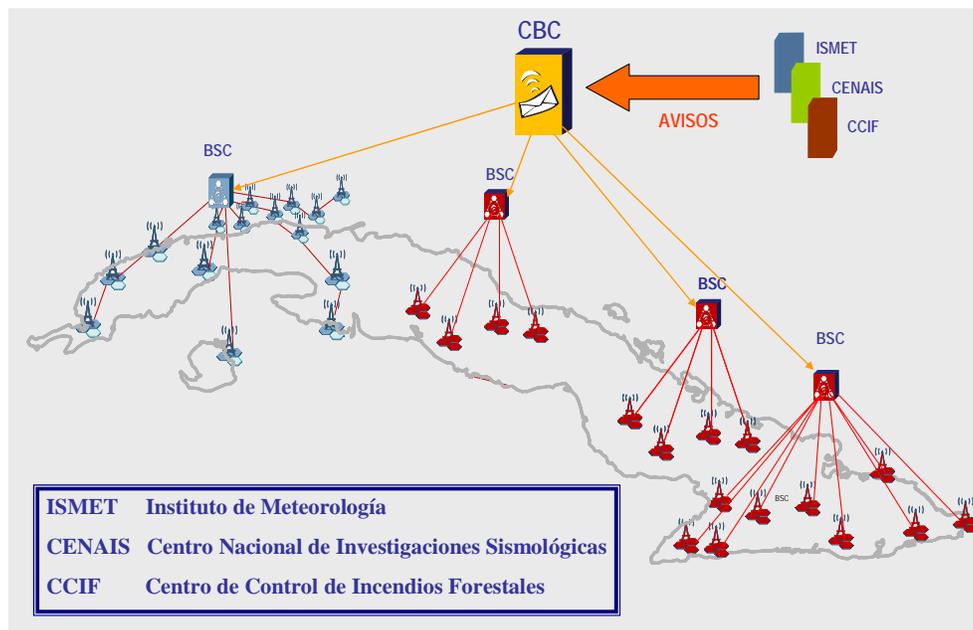


FIGURA 3.1 ESQUEMA DE RED PARA LA DIFUSIÓN CELULAR COMO PARTE DE UN SISTEMA DE AVISO O ALERTA TEMPRANA EN CUBA. (FUENTE: CREACIÓN PROPIA)

El Centro de Mensajes de Difusión (CBC) sería la ubicación física de una especie de servidor, donde se instalaría la aplicación que maneja la base de datos que contiene la

ubicación geográfica de todas las células que integran la red y a que BSC están asociadas. Es en este punto donde se decide dentro de cada BSC a cuales células se enviará la alerta. En esta misma aplicación puede integrarse las cadenas de comandos que habría que implementar a nivel de cada BSC.

En el CBC se realiza la gestión de los mensajes. Maneja la escritura, la programación de mensajes nuevos, la determinación de las tasas de repetición y la cancelación de mensajes.

Es importante tomar en cuenta lo descrito en el estándar 3GPP TS 22.168 [35] y adoptar el envío de dos mensajes, uno *primario*, rápido y breve, y otro *secundario*, con mayor información sobre el fenómeno que se avecina, las posibles afectaciones y algunas medidas a adoptar por la población que recibe los mensajes.

La difusión celular ya ha sido probada en Cuba por ETECSA en dos oportunidades, aunque no con el fin de la transmisión de alertas de situaciones de emergencias. Fue utilizada durante la Feria Informática 2011 celebrada en PABEXPO y en la Feria Internacional de la Habana en EXPOCUBA en este propio año, para anunciar a los usuarios de la telefonía móvil que arribaran a estos lugares de la existencia en los mismos de tarifas preferenciales. Los mensajes fueron recibidos de manera rápida y sin inconvenientes en los terminales móviles. El tiempo de repetición entre mensajes estuvo programado en 1 minuto y la recepción en los terminales no sobrepasa lo descrito para los sistemas ETWS (4 segundos), medido a partir de que se envía el mensaje por el CBC. Ahora bien, faltaría implementar y probar, cuanto demora el proceso de la decisión de comunicar las alertas desde los centros que monitorean los eventos (ISMET; CENAI Y CCIF) hasta el CBC.

3.2. ESTRUCTURAS DE REDES DE TELECOMUNICACIONES DURANTE LA ORGANIZACIÓN DEL SOCORRO

Para la fase que sigue a la ocurrencia del fenómeno adverso, según hemos visto proponemos una red híbrida, totalmente inalámbrica, que combine WiMAX, WiFi y enlaces satelitales.

Se propone el uso del equipamiento WiMAX porque posibilita la instalación de servicios de telefonía al mismo tiempo que soporta como *backhaul* el tráfico de puntos de acceso inalámbricos para transmitir datos. Además, brinda la posibilidad de comunicar varios

puntos en un mismo sector, pudiendo emplear varios sectores en dependencia de las necesidades, y ofrece la posibilidad de movilidad, que será muy requerida en este tipo de situación.

WiMAX ha sido estudiado en pruebas de campo por ETECSA y aunque se ha decidido no realizar su instalación definitiva con fines comerciales, no se descarta la posibilidad de emplear el equipamiento como respaldo para garantizar las comunicaciones en casos de catástrofes.

El equipamiento que se propone está formado por una unidad de enlace satelital que se transporta junto a una radio base WiMAX y un mástil telescópico en un camión o furgón. Además incluye una cantidad determinada de unidades de abonados WiMAX con antenas exteriores, así como varios puntos de acceso de red inalámbrica WiFi para la conexión de PC portátiles. Vale señalar que es necesario incorporar equipamiento energético de soporte, incluyendo grupo electrógeno con equipamiento de conexión eléctrica y provisión de combustible. En esta unidad móvil se instalaría la estación satelital y la radio base WiMAX, en un lugar cercano al afectado por la catástrofe, topográficamente favorable para los enlaces de radio, de forma que la señal WiMAX pueda cubrir las áreas de interés para las maniobras de recuperación de catástrofes y brindar servicio tanto telefónico como de datos. El esquema de la solución propuesta se muestra en la figura 3.2.

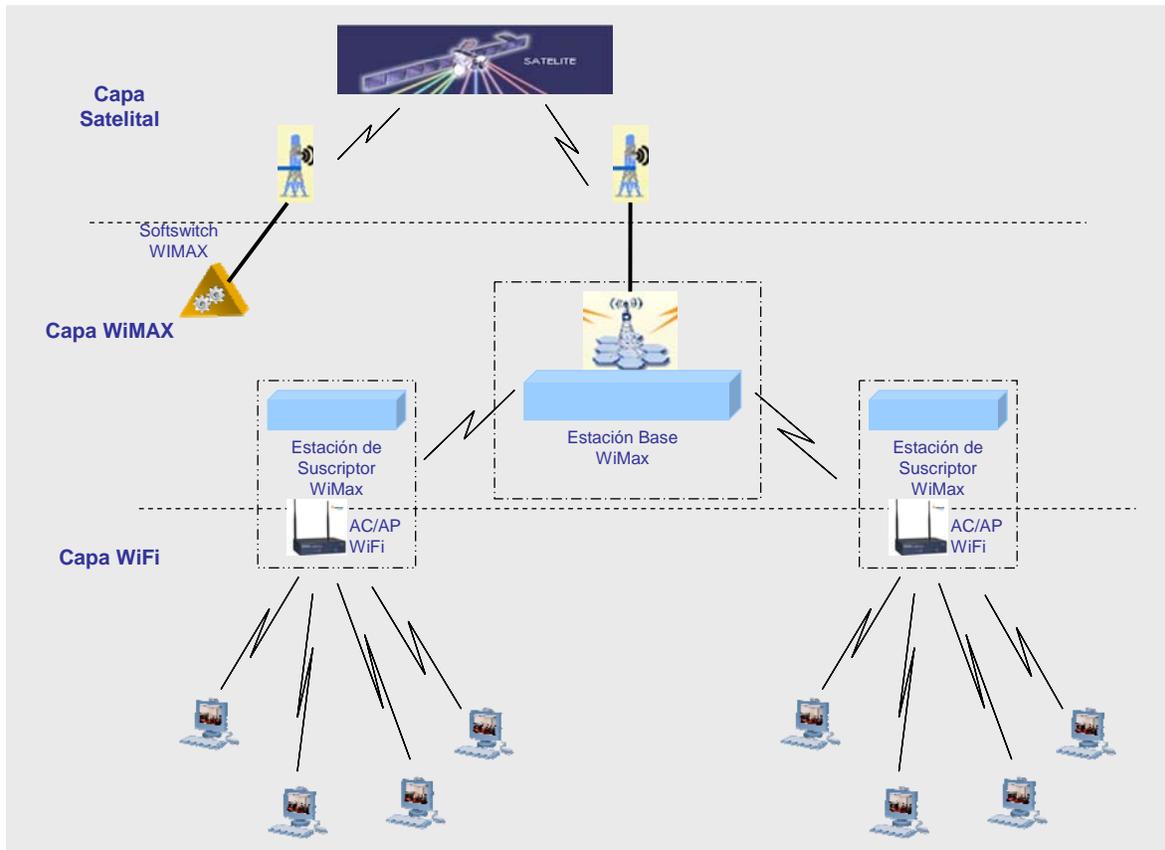


FIGURA 3.2 ESQUEMA DE RED HÍBRIDA INALÁMBRICA PROPUESTA PARA SERVICIOS DE VOZ Y DATOS EN FASE DE SOCORRO EN CUBA. (FUENTE: CREACIÓN PROPIA)

Si se emplea el equipamiento WiMAX de Huawei, cuyos parámetros técnicos pueden consultarse en el Anexo III, se puede calcular de forma aproximada el alcance de la red propuesta. Teniendo en cuenta que estamos ante una red que se va a improvisar en un lugar que no se puede predeterminedar, para los cálculos hay que establecer las siguientes premisas:

- Altura máxima de la unidad de radiación WiMAX en el mástil telescópico = 20m (para minimizar las pérdidas por obstrucción de la línea de vista).
- Altura de las antenas de las unidades terminales (abonados) = 2m.
- Existencia de línea de vista libre de obstáculos entre la radio base y los equipos terminales.
- Empleo de las frecuencias y anchos de banda regulados por el Ministerio de la Informática y las Comunicaciones (MIC) [42, 43]

- Emplear la variante de distribución de las frecuencias del tipo *PUSC with all SC* (*Partial Usage of subchannels with all subchannels*). En este caso a cada sector se le define una frecuencia de trabajo autorizada y el uso de la totalidad de las subcanalizaciones posibles, esto es, el uso del máximo de capacidad disponible por cada sector.
- Cálculo de parámetros radioeléctricos en subida (desde el abonado hacia la radio base) como el peor de los casos para garantizar el enlace.

Si se considera el máximo de capacidad y potencia, empleando la mayor modulación y ancho de canal de 10MHz, el área de cobertura tiene como radio máximo:

Datos:

$f = 2500$ MHz (frecuencia intermedia de la banda para el cálculo)

$G_t = 13$ dBi (ganancia del transmisor, en este se considera peor caso, del abonado hacia la radio base)

$G_r = 15$ dBi (ganancia típica de la antena receptora, en este caso de la Radio Base)

$P_t = 25.5$ dBm (potencia máxima que emite la estación de abonado)

$P_{r_{min}} = -57.9$ dBm (Considerando 30 dBm de margen para contrarrestar el desvanecimiento)

Es así que calculamos la potencia recibida:

$$P_r = P_t + G_t - L_b + G_r$$

Las pérdidas de espacio libre:

$$L_b = P_t - P_r + G_r + G_t$$

$$L_b = 25.5 \text{ dBm} - (-57.9 \text{ dBm}) + 15 \text{ dBi} + 13 \text{ dBi} = 111.4 \text{ dB}$$

$$L = \log^{-1}(L_b/10) = 1.38 \cdot 10^{11}$$

$$\lambda = c/f = (3 \cdot 10^8) / (2500 \cdot 10^6) = 0.12 \text{ m}$$

Resultando:



$d = 3.55 \text{ Km.}$

Concluyendo, que para garantizar máxima capacidad de transmisión en el enlace Wimax, partiendo de las premisas planteadas, la distancia máxima entre el lugar donde se emplace la estación base de WiMAX y los puntos donde se coloquen las estaciones de suscriptores, asociadas al puesto de dirección de los llamados equipos de coordinación de ayuda y rescate, es de 3.55 Km.

Para condiciones intermedias de capacidad, (ancho de banda de 5MHz), la distancia máxima del enlace WiMAX resulta de 5.0 Km., por lo que pudiera ampliarse la zona de cobertura de la solución, a costa de disminuir calidad y capacidad del enlace.

Para la capa WiFi puede tomarse un equipo del fabricante Browan, que ha sido comercializado por ETECSA en las instalaciones donde se ofrece el servicio de navegación inalámbrica. Las características de este equipo se muestran en el Anexo III.

Este equipo puede actuar como controlador de acceso o como antena. Soporta IEEE 802.11b y IEEE 802.11g, logrando los alcances previstos de estos estándares, aunque se ha comprobado en la práctica en eventos realizados por ETECSA que hasta 800 metros de distancia se brinda una cobertura de calidad para la navegación con este equipamiento.

3.3. ESTRUCTURAS DE REDES PARA LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN LA FASE DE RECUPERACIÓN

Después de los primeros días, se requiere de aplicar soluciones que proporcionen mayor estabilidad, que se aproximen a las infraestructuras que han sido dañadas y que puedan permanecer un tiempo mayor, hasta que vayan restableciéndose las condiciones habituales. Para ello proponemos el uso de los contenedores móviles o remolques, utilizados en el mundo con resultados satisfactorios. Para el caso de Cuba, necesitarían varios contenedores a los cuales se les incorporan todos los equipos que permitan brindar los servicios de telefonía fija, móvil, datos y el acceso a Internet en el área en la cual se ubiquen.

En los contenedores deben ubicarse los siguientes distribuidores, para la conexión con el área afectada y la interconexión entre contenedores.

- Distribuidor para enlaces de cobre. (MDF) Se recomienda el usado por ETECSA de tecnología compacta con regletas de 20 pares.
- Distribuidor para fibra óptica. (DDF) Se recomienda de tecnología flexible HUAWEI.
- Equipo terminal para fibra óptica. (ODF) Se recomienda la modalidad para bastidor estándar de 19 pulgadas.

Debe emplazarse un grupo electrógeno móvil con la capacidad suficiente para alimentar todo el equipamiento.

El emplazamiento debe funcionar como un nodo más de la red de transporte nacional o provincial según sea el caso. Se propone calcular el equipo de transmisión basándonos en la posibilidad de que sea destruido un centro de comunicaciones principal de una provincia, como la peor situación posible. De esta manera, debe preverse que desde los remolques se puedan ofrecer la gama de servicios a todos los municipios y poblados más importantes, por supuesto con capacidad disminuida en cuanto a cantidad de enlaces. Esto es tomando en cuenta que para esta situación ya se ha aplicado la variante de tráfico preferente en todos los puntos que puedan haber quedado con vitalidad, y se requiera garantizar las comunicaciones solo a los órganos de mando y los usuarios priorizados predeterminados.

Para ello puede elegirse un equipo de la familia OSN de Huawei, compatible con la tecnología instalada en Cuba, con las siguientes capacidades en matrices:

- Hasta 4 servicios SDH con jerarquía STM-4.
- Hasta 12 servicios SDH con jerarquía STM-1.
- Hasta 8 servicios Fast Ethernet sobre SDH (E-Lines, EV-Lines, E-LAN o EVPLAN)
- Hasta 4 servicios Gigabit Ethernet sobre SDH (E-Lines, EV-Lines, E-LAN o EVPLAN)

- Hasta 252 servicios E1.

Para estas capacidades es suficiente un OSN – 2500 con la siguiente distribución de tarjetas:

- 6 tarjetas D75S. (Cada una con 32 E1 Interfases Eléctricas)
- 4 tarjetas PQ1 (3 activas/1 reserva)
- 2 tarjeta SLT-1 (12 STM-1 Interfaz óptica)
- 1 tarjeta SLQ-4 (4 STM-4 Interfaz óptica)
- 1 tarjeta ETF-8 (8 puertos FE)
- 1 tarjeta EGS-4 (4 puertos FE)
- 2 tarjetas CXL16 (cross conexión)

3.3.1. LA TELEFONÍA FIJA

Para los servicios de telefonía fija, a la hora de diseñar el equipamiento a incorporar en los remolques, hay que tener en cuenta la convivencia en el país de dos tipos de redes (NGN y PSTN) y tres suministradores diferentes en la PSTN. Por lo tanto, si se quiere tener lista una solución para asumir una situación de emergencia crítica en cualquier lugar del país, hay que incorporar en los contenedores modularmente equipos de conmutación de circuitos de los tres suministradores (la señalización de cada suministrador es propietaria), así como prever cual sería la estructura para los sitios de la red de nueva generación.

Debemos tener en cuenta además la posible adquisición de módulos compactos preferiblemente diseñados para estos fines, con esquemas más ligeros en sus interconexiones. La distribución de equipos para esta configuración se muestra en la Figura 3.3.

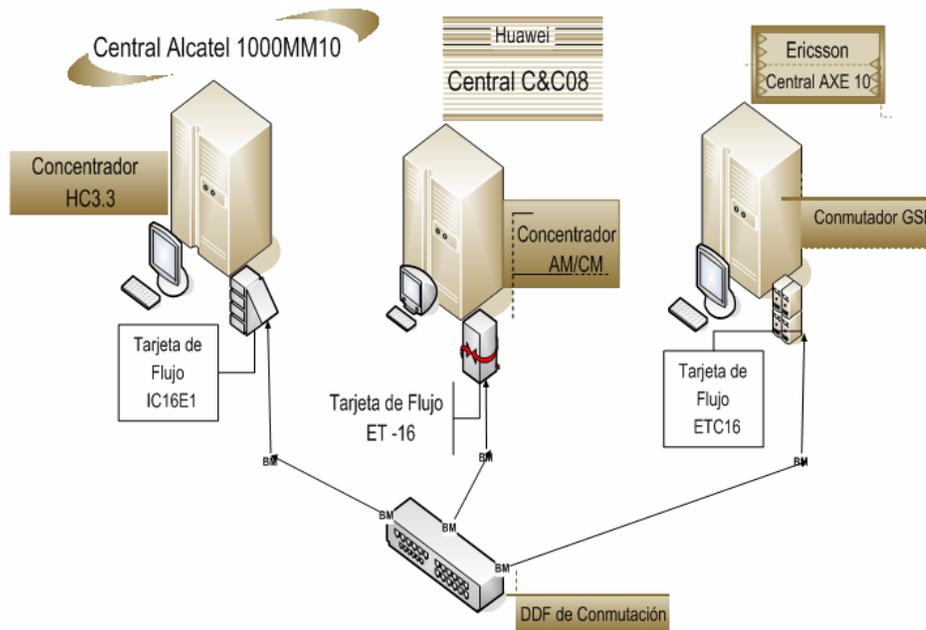


FIGURA 3.3 MÓDULOS DE PROCESAMIENTO Y CONMUTACIÓN. (FUENTE: CREACIÓN PROPIA)

La variante a aplicar depende de cuales centros de comunicaciones han sido afectados. Pongamos el ejemplo de que sea destruida la central de comunicaciones de una cabecera provincial. A esta estaban conectadas las llamadas Unidades Remotas de Abonados (URAs de la PSTN) de los municipios, a través de la red provincial de fibra óptica. Estas unidades quedarían aisladas de la red nacional.

Además, se quedarían aisladas las URAs remotas de la propia ciudad cabecera provincial que no están físicamente en el nodo destruido. Estas últimas se denominan muy comúnmente *locales* y se encuentran a mucho menor distancia que las ubicadas en los municipios. En esta situación la configuración de los remolques para ofrecer telefonía fija sería como muestra la Figura 3.4.

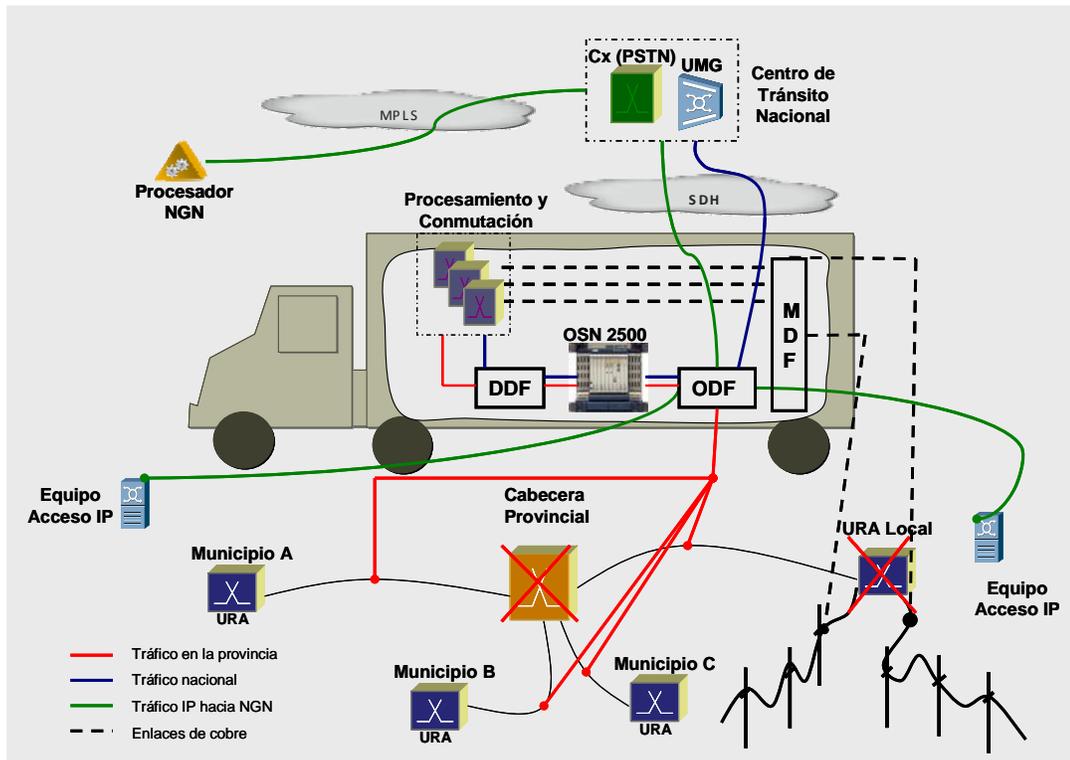


FIGURA 3.4 CONTENEDOR ACTUANDO COMO CENTRO DE COMUNICACIONES PROVINCIAL. (FUENTE: CREACIÓN PROPIA)

En este caso, la central compacta ubicada en el contenedor, a la vez que actúa como central local para los abonados de las unidades ubicadas en la propia cabecera provincial, actúa como etapa de conmutación y procesamiento para asumir las unidades remotas, con capacidad limitada en los enlaces y suponiendo que se ha aplicado en estas URAs el bloqueo de los usuarios que no son preferenciales. Se deberá determinar de manera operativa la capacidad de los enlaces E1 con cada unidad remota municipal, en dependencia de la cantidad de abonados que se necesita dar servicio en el área básica de cada URA. El equipo OSN permite configurar en él cuales enlaces internos serán los activos en dependencia de la tecnología PSTN que vamos a asumir desde el contenedor.

La distribución que se realice de manera operativa en el lugar para asumir las URAs aisladas estará determinada por: la cantidad de URAs que han quedado aisladas, el número servicios a garantizar en cada una y la capacidad de las centrales modulares de los remolques en cuanto a enlaces.

De manera operativa puede decidirse reencaminar URAs afectadas hacia provincias vecinas a través del contenedor. Para ello se necesita conocer estado actualizado de los

3.3.2. LA TELEFONÍA MÓVIL

Las radio bases de la red móvil están diseminadas por toda la extensión de las provincias del país y no siguen estrictamente la misma topología en estrella contra la cabecera provincial que las URAs de la red fija. De esta manera, al emplazar los remolques para suplantar el centro de telecomunicaciones provincial destruido, los E1 pertenecientes a las estaciones base serán cross conectados a través del equipo de transmisión de los remolques hacia el BSC correspondiente.

Para soluciones puntuales en zonas determinadas que queden aisladas, se preparan radio bases en vehículos ligeros dotados de enlaces por vía radio, teniendo en cuenta para ello la ubicación del extremo distante de este radio enlace en el contenedor que ya se ha ubicado en la cabecera provincial. Las estaciones base que se están adquiriendo hoy, con una estructura muy compacta, facilitan su instalación en vehículos de porte ligero.

En la red móvil también hay que prever el bloqueo en los HLR de los terminales de los usuarios no prioritarios. Hay que tener muy en cuenta en la definición previa de los usuarios prioritarios, los servicios de la telefonía fija alternativa (TFA), que están diseminados por todo el país, asignados a usuarios del sector residencial y que son altos generadores de tráfico hacia la red.

3.3.3. LOS SERVICIOS DE DATOS Y EL ACCESO A INTERNET

Los servicios de datos se pueden garantizar igualmente desde los remolques. Se propone ubicar un equipo de acceso para datos, enlazado a la red nacional por la vía ya establecida a través del equipo de transmisión ubicado en los remolques. Si este equipo fuera por ejemplo un DSLAM 5600 del proveedor Huawei, podría ofrecer:

- Hasta 448 servicios SHDSL (14 tarjetas de 32 puertos)
- Hasta 896 servicios ADSL/ADSL2+ (14 tarjetas de 64 puertos)
- una combinación de estos

En la situación de destrucción del nodo de la cabecera provincial, los equipos de acceso de la red de datos en los nodos municipales que no sean afectados y que pierdan conexión con

el nodo provincial, pueden ser encaminados sus enlaces, a través del contenedor hacia la red central como se muestra en la figura 3.6.

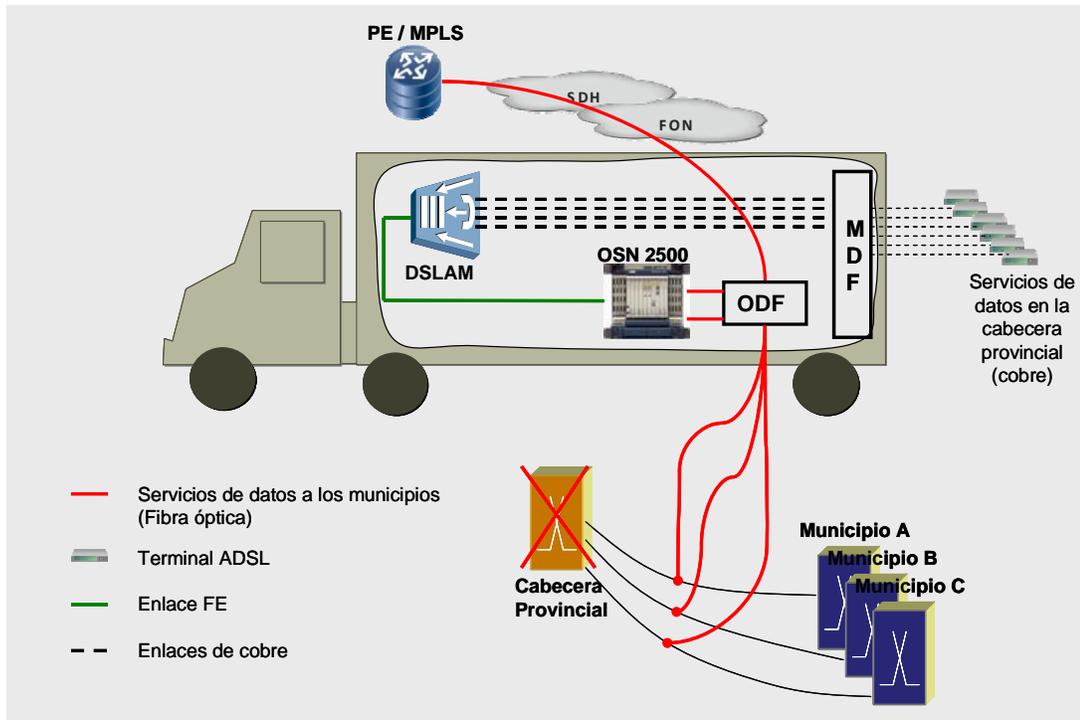


FIGURA 3.6 ESQUEMA PARA LOS SERVICIOS DE DATOS. (FUENTE: CREACIÓN PROPIA)

El acceso a Internet se canaliza de la manera tradicional en que se brinda hacia cualquier provincia del país, una vez emplazados los remolques. El usuario que solicite y tenga autorizado el acceso, transitará por la red de datos hacia su proveedor del servicio.

Haciendo un resumen del equipamiento a instalar en los contenedores y transportes ligeros tenemos lo siguiente:

- Tres módulos compactos de procesamiento y conmutación (uno de cada tecnología o suministrador) con etapas de abonados.
- Equipo de transmisión.
- Equipo de acceso para de la red de datos.
- Gabinete integral exterior.
- Radio base móvil.
- Radio enlace con antenas desplegadas para la telefonía móvil.

- Distribuidor para enlaces de cobre.
- Distribuidor para enlaces ópticos.
- Equipo terminal de fibra óptica
- Equipo rectificador y módulos de baterías.
- Paneles de distribución eléctrica.
- Equipos de aire acondicionado.

Hemos visto que establecer una solución de este tipo, donde se ha creado un nodo principal de la red de manera rodante, conlleva tiempo para realizar un número de acciones que van desde un planeamiento operativo en el lugar de diseño de este nodo según las condiciones, realizar la provisión de todas las facilidades que va a requerir el emplazamiento en las redes centrales que aún son verticales, distintas para cada servicio, ejecutar las acciones físicas de empalmes de fibras ópticas, de alimentadores de cobre, las conexiones para asegurar la alimentación eléctrica de todo el equipamiento, acciones de configuración por medio de los sistemas de gestión de los equipos que se han ubicado en los contenedores, análisis de las numeraciones y rediseño de encaminamientos, entre otras. Es por ello que de ninguna manera puede ser una solución para los primeros momentos, más aún en las condiciones complejas de la red en Cuba, con mezcla de tecnologías y varios esquemas y tipos de redes que conviven en toda la extensión de la isla.

3.4. EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS

Para una evaluación de las soluciones propuestas se ha utilizado el conocido método de encuestar expertos. Los pasos que se siguen en este trabajo para esta evaluación han sido resultado de mezclar métodos estudiados en la bibliografía consultada. [44, 45]

Para ello se escogieron especialistas de ETECSA que de alguna manera han estado vinculados a tareas relacionadas con: la planificación de algunas soluciones contra catástrofes, la coordinación con los diferentes órganos de gobierno, la gestión de las redes y la dirección de puestos de mando creados para atender situaciones de emergencias. Las personas encuestadas se desempeñan en la operación de las redes fijas, móvil y la red de datos.

Como parte inicial de la encuesta se ha elaborado una pequeña caracterización de los expertos que ha incluido los siguientes aspectos:

- área de trabajo (red fija, móvil, datos, vinculado con todas)
- años en la organización
- auto evaluación de: su vinculación teórica y práctica con el tema, así como su conocimiento del estado del problema tratado en la organización.

De una muestra de 15 expertos, a partir de su caracterización, se han tomado en consideración las valoraciones emitidas por 11 de ellos. (Ver Anexo IV)

Para valorar las propuestas que se han planteado en este trabajo se han determinado cinco criterios, según los cuales los expertos deben evaluar las soluciones, para las tres fases de atención a las situaciones de emergencias.

Los criterios bajo los cuales los expertos han realizado su valoración son los siguientes:

1. *Complejidad técnica de la solución para la organización.* Se deberá evaluar en cada caso (fase) en que grado (bajo, medio, alto) se considera preparada técnicamente la organización para desplegar la solución planteada.
2. *Nivel de flexibilidad.* Se deberá evaluar en que grado (bajo, medio, alto) se considera para cada caso, que el esquema planteado puede adaptarse a las condiciones que imponga la situación práctica, como pueden ser: extensión de la zona geográfica a cubrir, condiciones de terrenos llanos o montañosos, áreas urbanas o rurales, requerimientos de los órganos de mando y gestión de las situaciones de emergencias.
3. *Adaptación de los esquemas a los cambios de las tecnologías.* Se deberá evaluar en que grado (bajo, medio, alto) los esquemas de redes de telecomunicaciones planteados para cada fase, podrían mantenerse en su esencia ante cambios en las topologías de las redes desplegadas, producto del normal desarrollo evolutivo de las tecnologías propuestas.

4. *Costo.* Se deberá evaluar en niveles (bajo, medio, alto) los costos que considera significan para la organización el planeamiento, los recursos y la implementación de cada solución.
5. *Nivel de adecuación a la fase de la emergencia.* Se deberá evaluar en cada fase en que nivel (bajo, medio, alto) se adaptan las soluciones planteadas a los requerimientos y características de las tres fases definidas de atención a las emergencias.

La valoración de las soluciones en cada fase así como el resumen de todo el proyecto se detalla en las tablas relacionadas en el Anexo IV. De los resultados obtenidos se resumen las siguientes evaluaciones:

Para la Fase de Alerta: Todas las valoraciones de los criterios están entre 4 y 5 puntos, lo cual expresa que los expertos consideran que el esquema de red propuesto es flexible y adaptable a variaciones en las condiciones de aplicación y en las tecnologías, que la organización está preparada para ponerlo en práctica, que los costos de manera general no son altos y que la solución se adapta a los requerimientos de esta fase de la emergencia.

Para la Fase de Socorro: Consideran los expertos que la solución propuesta puede adaptarse a los cambios que imponga la situación práctica en el momento de implementarla, a la evolución tecnológica de las redes y que es muy adecuada para la fase de socorro a una emergencia. Pero se considera que no está del todo preparada la organización para asumirla y que los costos de implementación son medios.

Para la Fase de Recuperación: Se considera que la propuesta es adecuada en todos los aspectos excepto en lo relacionado con los costos de la solución.

De manera general se considera que los esquemas de redes propuestos son adaptables a las condiciones que imponga el terreno de aplicación, es decir que puede ser utilizado en cualquier zona del país y que puede adaptarse a la topología de las redes existentes en las zonas afectadas. También se valora como aceptable la capacidad de los esquemas propuestos para adaptarse, manteniendo su esencia, a los cambios de las tecnologías en constante desarrollo y evolución, así como son considerados adecuados los esquemas

propuestos a las características y requerimientos de cada fase en la atención a una catástrofe.

Debe prestarse atención a la valoración que hacen los expertos en cuanto a la preparación de ETECSA para desplegar las soluciones propuestas, sobre todo para la Fase de Socorro. En esta fase, donde se propuso la combinación de WiMAX con WiFi y enlaces satelitales, queda claro que los requerimientos que imponen las condiciones de afectación a las redes suponen el uso exclusivo de las tecnologías inalámbricas de banda ancha, las cuáles aún no son las de mayor aplicación y extensión en Cuba por ETECSA.

De igual manera, los expertos valoran como medios los costos de las soluciones en las fases de Socorro y Recuperación. Es un resultado lógico si tenemos en cuenta que el equipamiento WiMAX y los terminales satelitales tienen un valor alto, además de que hay que utilizar vehículos debidamente acondicionados que puedan llevar hasta los lugares las técnicas a desplegar. En el caso de las soluciones para la Fase de Recuperación, además del costo que tiene el vehículo que pueda transportar un contenedor, al cual se le incorpora el equipamiento de telecomunicaciones, impacta en el costo el hecho de que las soluciones hay que adecuarlas a las topologías de las redes de telecomunicaciones que se van a sustituir con este nodo móvil, y que para el caso de Cuba no son sencillas por el hecho de la mezcla y convivencia de redes verticales con nacientes redes de nueva generación, y diferentes suministradores.

3.5. CONCLUSIONES PARCIALES

Se presenta la técnica de difusión celular como base para la creación en Cuba de una infraestructura que funcione como sistema de alerta temprana a la población, de la ocurrencia de determinados fenómenos naturales adversos, incluso si estos fueran locales y de breve tiempo de formación, como los frecuentes tornados o tormentas locales severas. La tecnología extendida en el país, así como las sucesivas previstas instalar como parte del desarrollo evolutivo de las redes celulares, soportan esta modalidad.

Para los requerimientos de la fase de socorro, que es la que impone condiciones peores para establecer las telecomunicaciones, se ha propuesto una red híbrida utilizando WiMAX como *backhaul* de una red WiFi de menor alcance. Según los cálculos realizados, se

podiera cubrir un área donde los equipos de rescate pudieran ubicarse de 3 a 5Km alejados de un punto de dirección en la zona dañada. Se utiliza un enlace satelital como vía entre la estación base y el *softswitch* WiMAX, situado en un punto de dirección lejano, ubicado en una zona no dañada. Se debe tener en cuenta que no está extendido en el país el uso de la tecnología WiMAX, solo en fase de pruebas de campo.

El uso de los llamados remolques, equipados con todas las variantes para sustituir los nodos afectados, es totalmente factible en Cuba, sobre todo en las provincias orientales donde es más frecuente la ocurrencia de movimientos sísmicos y terremotos. Pueden garantizarse los servicios de telefonía fija, móvil, la transmisión de datos en las modalidades ADSL y HDSL así como el acceso a Internet, con la inserción en el contenedor de los mismos equipos que de manera normal brindan servicio en la red.

CONCLUSIONES

En una situación de emergencia se requiere intercambiar datos de determinado volumen que puede incluir imágenes, bases de datos, textos, conversaciones, etc. Las grandes redes públicas suelen congestionarse al producirse una catástrofe, y generalmente quedan destruidas de forma total o parcial. Las tecnologías de telecomunicaciones preferentes son las de banda ancha (transferencias de datos superiores a 2Mbps) e inalámbricas (de más rápido despliegue). Es muy común el uso de los enlaces satelitales como pasarelas de información a distancia, teniendo en cuenta que no son dañados por una catástrofe y el desarrollo que han alcanzado en los últimos años.

Las soluciones deben cambiar según las condiciones que imponga la situación en cada etapa. Se debe organizar la alerta con todas las tecnologías disponibles, enfatizando en las funcionalidades que brinda la red celular móvil y tomando en consideración que es el servicio de mayor penetración en la población. Para los primeros momentos se está utilizando muy ampliamente en el mundo todo inalámbrico, con soluciones de banda ancha y el uso de redes híbridas que logren una sinergia entre diferentes tecnologías. En la fase recuperativa se presentan los remolques como la mejor opción.

En Cuba, la Empresa de Telecomunicaciones ETECSA ha llevado un proceso de extensión y modernización de tecnologías en todo el país, pero se presenta de manera general un esquema de redes separadas para cada tipo de servicio.

Se determina para el caso de Cuba lo siguiente:

- Es factible el uso de la difusión de mensajes celulares para transmitir alertas, en menos de 4 segundos, teniendo en cuenta que la tecnología instalada lo permite y que ya existen más de 1 millón 300 mil líneas móviles en el país.
- En la fase de socorro una solución híbrida de WiFi, WiMAX y enlace satelital, garantizaría el intercambio de datos entre equipos desplegados en las zonas afectadas, pudiendo cubrir un área de hasta 5Km con calidad aceptable en los enlaces.

- Para la fase de recuperación, la solución de los remolques es viable, aunque se presenta compleja para ofrecer todos los servicios. Se requiere de un número elevado de equipos debido a la no integración en el país de las redes, lo cual eleva el costo y la complejidad del despliegue de la solución.

Las soluciones que se proponen en este trabajo fueron valoradas por un equipo de especialistas de ETECSA mediante el método de valoración por criterios previamente definidos, en una sola ronda, arrojando como resultados que es factible implementar las estructuras de redes propuestas y que se adaptan a los requerimientos de cada fase en la gestión de una situación de emergencia.

RECOMENDACIONES

De las propuestas realizadas en el presente estudio se derivan las siguientes recomendaciones como aristas para futuras investigaciones:

- Trabajar en el software que se requiere para el Centro de Difusión de los mensajes celulares propuesto para la fase de alerta. Establecer las interfases con los organismos de vigilancia de los fenómenos naturales, con el fin de disminuir el tiempo entre la decisión de comunicar la proximidad de ocurrencia de una situación de emergencia y la recepción en el destinatario del mensaje de alerta.
- Profundizar en las características del enlace satelital que forma parte de la propuesta de red híbrida totalmente inalámbrica.
- Complementar la investigación con una estrategia de migración hacia las redes de nueva generación que priorice las zonas tradicionalmente más afectadas por fenómenos naturales adversos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Orret, M.d.C. and D.F.A. Paliza, *Soluciones de Telecomunicaciones para Situaciones de Emergencias en Cuba*, in XIV Convención de Ingeniería Eléctrica CIE 2011: Villa Clara. Universidad Central de Las Villas "Marta Abreu". Facultad de Ingeniería Eléctrica. Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica. 2011.
2. UIT, *Manual sobre telecomunicaciones de emergencia. Parte I. Capítulo 2*. 2005: Ginebra, Suiza.
3. UIT, *Declaración de Hyderabad*, in Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones. 2010: Hyderabad, India. 2010.
4. *Oficina Nacional de Estadísticas*. Última Visita: Octubre, 2011. 2010. Disponible en:http://www.one.cu/aec2009/esp/02_tabla_cuadro.htm.
5. Giniebra, D.J.J.C., *Postgrado en Reducción de Desastres*. 2011.
6. UIT, *Manual sobre telecomunicaciones de emergencia. Parte I. Capítulo 3*. 2005.
7. CITEL, C.I.d.T., *Boletín Electrónico No. 65*. Noviembre, 2009.
8. UIT, *Manual sobre telecomunicaciones de emergencia. Parte II. Capítulo I*. 2005.
9. UIT-T, *E.106. Plan internacional de preferencias en situaciones de emergencia para actuaciones frente a desastres*. 2003.
10. Jo, J.A.C., *Principios de la red de radio GSM*. . 2010: ETECSA. Vicepresidencia de Servicios Móviles.
11. Perlaza, S.M., *Los sistemas satelitales dentro del modelo de comunicaciones móviles de tercera generación*, G.V. Caviedes, Editor. 2004: Universidad del Cauca, Colombia.
12. Quiroz, E.E., *Tecnologías convergentes en los sistemas móviles de tercera y cuarta generación*. 2008, Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital (CITEDI-IPN).
13. Research, R. *EDGE, HSPA, LTE: The Mobile Broadband Advantage*. 2007.
14. Fernández, M.A., *UMTS LTE, Rumbo a la Nueva Generación de Telefonía Móvil*. 2007.

15. UIT. *Medición de la sociedad de la información 2011*. 2011
Última Visita: Noviembre, 2011. Disponible
en:http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2011/31-es.aspx.htm.
16. Yao-Nam Lien, H.-C.J., Tzu-Chiech Tsai, *A MANET Based Emergency Communication and Information System for Catastrophic Natural Disasters*, in *IEEE International Conference on Distributed Computing System Workshops*, IEEE, Editor. 2009.
17. UIT, *Sistemas de satélites: de los VSAT a GMPCS*.
18. Re, E.D., et al. *Satellite Role in Emergency Services*. in *2nd European Wireless Technology Conference*. 2008.
19. Kyung Soo Choi, S.P.L., *A Proposal of the National Disaster Emergency Satellite Communications Networking*. 2008.
20. Weiquan Lu, W.K.G.S., Edwin W.C.Peh, Yu Ge, *Communications Support for Disaster Recovery Operations using Hybrid Mobile Ad-Hoc Networks*, in *32 IEEE Conference on Local Computer Networks*, IEEE, Editor. 2007.
21. FONDEAR. *Thuraya e Iridium: dos soluciones asequibles*. 2008 Última Visita: Noviembre, 2011 Disponible en:[http://www.fondear.org/infonautic/Equipo_y_Usos/Electronica Instrumentacion/Thuraya Iridium/Thuraya Iridium.htm](http://www.fondear.org/infonautic/Equipo_y_Usos/Electronica_Instrumentacion/Thuraya_Iridium/Thuraya_Iridium.htm).
22. UIT, *Manual sobre telecomunicaciones de emergencia. Parte II. Capítulo 3*. 2005.
23. UIT, *Manual sobre telecomunicaciones de emergencia. Parte II. Capítulo 4*. 2005.
24. Ran, Y., *Considerations and Suggestions on Improvement of Communication Network Disaster Countermeasures after the Wenchuan Earthquake*. IEEE Communications Magazine, January, 2011.
25. González, E.F., *WiFi: nuevos estándares en evolución*. Última Visita: Enero, 2012 Disponible en:<http://www.ceditec.etsit.upm.es/dmdocuments/wifi.pdf>. 2007, CEDITEC Centro de Distribución de Tecnologías: Madrid.
26. Machín, E.L., *¿Que es WiFi? Algunas Aplicaciones* Última Visita: Enero, 2012 Disponible en:http://www.etecsa.cu/data/etecsa_cu/subida/Edicion_3_del_2005_1.pdf, in Tono. Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. 2005.

27. WiMAX, F. *WiMAX and the IEEE 802.16m Air Interface Standard*. 2010.
28. Manuel Álvarez-Campana, J.B.C., Francisco González Vidal, Raquel Pérez Leal, Isabel Román Martínez, Enrique Vázquez Gallo, *Tecnologías de banda ancha y convergencia de redes*. 2009: Madrid, España.
29. Cruz, G.L. *WiMAX: Banda Ancha para Todos*. Tono. Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. 2006 Última Visita: Enero 2012. Disponible en: http://www.etecca.cu/data/etecca_cu/subida/Edicion_1_del_2006_1.pdf.
30. Michel, E.G., *Aplicaciones y Servicios Basados en Localización*, in *XIV Convención de Ingeniería Eléctrica*. 2011: Villa Clara.
31. one2many. *Cell Broadcast System*.
32. Sakaguchi, Y., *Sistemas de alerta temprana para tsunamis y terremotos en Japón*, in *Aporte del Japón en la gestión de riesgo de desastres en el Perú*. 2010: Perú.
33. 3GPP, *TS23.041 "Technical Realization of Cell Broadcast Service (CBS)"* Release 8 (V.8.5.0) 2009 Última Visita: Enero, 2012 Disponible en: <http://www.quintillion.co.jp/3GPP/Specs/23041-850.pdf>.
34. 3GPP, *TS 23.038 "Alphabets and language-specific information"* Release 10 (V10.0.0) 2011. Última Visita: Enero, 2012. Disponible en: http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/23_series/23.038/.
35. 3GPP, *TS22.168 "Technical Specification Group Services and System Aspect; Earthquake and Tsunami Warning System (ETWS)"* Release 9 (V.9.0.0) 2008. Última Visita: Enero, 2012 Disponible en: http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/22_series/22.168/.
36. Isuma Tanaka, K.A., Anil Umesh, Wuri A. Hapsari, *"Advanced Warning Message Distribution Platform for the Next-generation Mobile Communication Network"* NTT DOCOMO Technical Journal. Volumen 11. No.3 2009. Última Visita: Enero, 2012 Disponible en: http://www.nttdocomo.co.jp/english/binary/pdf/corporate/technology/rd/technical_journal/bn/vol11_3/vol11_3_020en.pdf
37. Hou, J.Y., *Mobile Ad Hoc Network of Simulation Based on OPNET*. IEEE Communications Magazine 2010.

38. Yao-Nam Lien, L.-C.C., and Yuh-Sheng Shaw, "*A Walkie-Talkie-Like Emergency Communication System for Catastrophic Disasters*", in *IEEE Communications Magazine. Presentado en 10th International Symposium on Pervasive System, Algorithms, and Networks*. 2009.
39. Hoang Nam Nguyen, K.G., Kazunuri Okada, Osamu Takizawa, *On the Performance of a Hybrid Wireless Network for Emergency Communications in Disaster Areas*, in *Third International Conference on Networking and Services*, IEEE, Editor. 2007.
40. Morrison, K.T., *Rapidly Recovering from the Catastrophic Loss of a Major Telecommunications Office*. IEEE Communications Magazine, January, 2011.
41. ETECSA, *Estrategia de Desarrollo Móvil*. 2011, Vicepresidencia de Servicios Móviles
42. MIC, *Resolución No. 123/2008 Ministerio de la Informática y las Comunicaciones, Cuba*. 2008.
43. MIC, *Resolución No. 33/2011 Ministerio de la Informática y las Comunicaciones, Cuba*. 2011.
44. Dirección de Vigilancia Estratégica, P.y.C.E., *Procedimiento "Medición de la Satisfacción del Usuario" Código: PG-CA-005/03*. 2003.
45. Julio García, J.A.M., "*Diagnóstico de partida para diseñar un modelo de proyecto que permita implantar el proceso de inteligencia empresarial en las empresas del grupo de diseño e ingeniería de la construcción en Cuba*" *Revista Ingeniería de Construcción*, Vol. 25 N°2, Agosto de 2010, PAG. 267 - 284. Última Visita: Febrero, 2012. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732010000200005
46. UIT, *Manual sobre telecomunicaciones de emergencia. Parte II. Capítulo 2*. 2005.
47. Agency, E.E.S. *Alphasat*. Última Visita: Octubre, 2011. Disponible en: http://www.esa.int/esaTE/SEMSIGKTYRF_index_0.html.
48. Naranjo, R., *Transmisión satelital*. 2011, Repositorio Universidad Técnica del Norte: Ibarra, Ecuador.

49. Labrador, J.A., *Satélites IRIDIUM: La Astrofotografía a prueba*, in VIII Encuentro Astronómico Canario: Fuerteventura.
50. Eupierre, D.J.H., *"Solución de Banda Ancha para la zona montañosa de Cienfuegos" Tesis presentada en opción al título académico de Master en Telemática (Anexos A y B)*. 2011.
51. BROWAN, *BW 1330, Hotspot Access Point*. 2008. Última Visita: Marzo, 2012. Disponible en: http://www.browan.com/products/products_bw1330.php.

GLOSARIO DE SIGLAS Y TERMINOS

AOA	Angulo de arribo (<i>Angle Of Arrival</i>)
ATIS	Alianza para Soluciones de la Industria de Telecomunicaciones
BAN	Redes de área corporal inalámbricas
BGAN	Red mundial de satélites Inmarsat para banda ancha
BTS	Estación radioeléctrica de base (<i>Base Transceiver Station</i>)
CBC	Centro de Mensajes de Difusión (<i>Cell Broadcast Center</i>)
EDGE	2.75 Generación Móvil (<i>Enhanced Data-Switched Data</i>)
EMTEL	Grupo Especial de Comunicaciones de Emergencia
ETECSA	Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A.
ETWS	Sistema de Protección para Tsunamis y Terremotos (Earthquake and Tsunami Warning System)
ESIF	Foro de Interconexión de Servicios de Emergencia
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación
GMPCS	Comunicaciones personales móviles por satélites
GPRS	2.5 Generación Móvil (<i>General Packet Radio System</i>)
GPS	Sistema mundial de determinación de la posición
GSM	Sistema mundial para comunicaciones móviles (global system for mobile communications)
IEPS	Plan internacional de preferencias en situaciones de emergencia
IETF	Grupo de Tareas sobre Ingeniería de Internet
IP	Protocolo de Internet
LBS	Servicios basados en la localización (<i>Location Based Services</i>)

LEO	Orbita terrestre baja (low earth orbit)
LES	Estaciones Terrenas Terrestres del Sistema INMARSAT
LMR	Redes de Radiocomunicaciones Móviles Terrestres
LTE	Cuarta Generación Móvil (<i>Long Term Evolution</i>)
MANET	Mobile Ad Hoc Network
PAN	Redes de área personal inalámbricas
POST	Servicio telefónico tradicional (<i>plain old telephone system</i>)
PRQC	Comité de Desempeño, Confiabilidad y Calidad del Servicio
PTSC	Comité de Tecnologías y Sistemas de Paquetes
RSS	Potencia de la señal recibida (<i>Received Signal Strength</i>)
RTPC	Red telefónica pública conmutada
RTTY	Enlaces de radio teletipos
SALICE	Satellite-Assisted Localization and Communication System for Emergency Services
SIM	Módulo de Identificación de Usuario
SMS	Mensaje corto de texto
SMSSM	Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimos
STE	Servicio de Telecomunicaciones en caso de Emergencia
TDOA	Diferencia del tiempo de arribo (<i>Time Difference of Arrival</i>)
TOA	Tiempo de arribo (<i>Time Of Arrival</i>)
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UIT-T	Sector de Normalización de la UIT
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access

WTSC	Comité de Tecnologías y Sistemas inalámbricos
WLAN	Redes de área local inalámbricas
WGET	Grupo de trabajo sobre telecomunicaciones en situaciones de emergencia

ANEXO I. RESUMEN DE LAS REGULACIONES EMITIDAS POR ORGANISMOS INTERNACIONALES RELACIONADAS CON LAS COMUNICACIONES DE EMERGENCIA

La UIT además de las recomendaciones UIT-T E106 y E107 ha emitido las siguientes:

- UIT-T Rec. H.246 Enmienda 1. “Correspondencia del nivel de prioridad de usuario y de la red nacional/internacional de origen de llamada entre H.225 y la ISUP”.
- UIT-T Rec. H.248.44. “Protocolo de control de pasarela: lote de precedencia con apropiación multinivel”.
- UIT-T Rec. H.460.4. “Designación de prioridades llamada e identificación la red nacional/internacional de origen de llamada para llamadas prioritarias H.323”.
- UIT-T Rec. H.460.14. “Soporte de precedencia con apropiación multinivel en sistemas H.323”
- UIT-T Rec. H.460.21. “Difusión de mensajes para sistemas H.323”
- UIT-T Rec. J.260. “Requisitos aplicables a las telecomunicaciones preferentes en redes IP Cablecom”
- UIT-T Rec. Y.1271. “Requisitos y capacidades de red generales necesarios para soportar telecomunicaciones de emergencia en redes evolutivas con conmutación de circuitos y conmutación de paquetes”

Además de estas Recomendaciones, hay dos publicaciones no normativas:

- Suplemento 47 a las Recomendaciones del UIT-T serie Q. “Servicios de emergencia para redes IMT-2000 - Requisitos de armonización y convergencia”
- Suplemento 53 a las Recomendaciones del UIT-T serie Q. “Requisitos de señalización para el soporte del plan internacional de preferencias en situaciones de emergencia”.

El Grupo de Tareas sobre Ingeniería de Internet (*Internet Engineering Task Force: IETF*) ha publicado varias RFC informativas sobre servicios de emergencia. Algunas de las RFC que tratan sobre aspectos de los servicios de telecomunicaciones de emergencia son las siguientes:

- RFC 3523: “Terminología de Internet de la topología telefónica del grado de preparación para emergencias en Internet”, abril de 2003.
- RFC 3689: “Requisitos generales para el servicio de telecomunicaciones de emergencia”, febrero de 2004.
- RFC 4190: “Marco para trabajar con el servicio de telecomunicaciones de emergencia en telefonía IP”, noviembre de 2005.
- RFC 4542: “Implementación de un servicio de telecomunicaciones de emergencia para servicios en tiempo real en la sucesión de protocolo Internet”, mayo de 2006.
- RFC 4958: “Marco para trabajar con servicios de telecomunicaciones de emergencia en un solo dominio administrativo”, julio de 2007.
- RFC 4375: “Requisitos de servicios de telecomunicaciones de emergencia para un solo dominio administrativo”, enero de 2006.

El Grupo Especial de Comunicaciones de Emergencia (EMTEL) del Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI) sirve de coordinador para obtener los requisitos relativos a las comunicaciones de emergencia, fuera y dentro del ETSI. Dicho grupo ha publicado varios documentos sobre diferentes aspectos de las telecomunicaciones de emergencia, entre los que se encuentran los siguientes:

- TR 102 180: “Requisitos básicos para las comunicaciones de individuos con autoridades/organizaciones en casos de llamadas de socorro (tratamiento de llamadas de emergencia)”, feb. 2007.
- TR 102 410: “Requisitos básicos de las comunicaciones entre individuos y autoridades mientras ocurren emergencias”, agosto 2007.
- TR 102 444: “Análisis del servicios de mensajes breves y el servicio de difusión de células para aplicaciones de mensajería de emergencia”, marzo 2006.

- TR 102 445: “Reseña de la elasticidad y grado de preparación de redes de comunicaciones de emergencia”, nov. 2006.

Los grupos principales de la Alianza para Soluciones de la Industria de Telecomunicaciones (*Alliance for Telecommunications Industry Solutions: ATIS*) que se ocupan de actividades relativas a las telecomunicaciones de emergencia son:

- Foro de Interconexión de Servicios de Emergencia (Emergency Services Interconnection Forum) (ESIF)
- Comité de Tecnologías y Sistemas inalámbricos (Wireless Technologies and Systems Comité) (WTSC)
- Comité de Desempeño, Confiabilidad y Calidad del Servicio (Network Performance, Reliability, and Quality of Service Comité) (PRQC)
- Comité de Tecnologías y Sistemas de Paquetes (Packet Technologies and Systems Comité) (PTSC)

La ATIS ha publicado una serie de documentos sobre diferentes aspectos de las telecomunicaciones de emergencia, algunos de los cuales se enumeran a continuación:

- ATIS-01000011.2006. “Prioridad de paquetes ETS para interfaces NNI del IP – Uso de comportamientos por salto DiffServ”.
- ATIS-01000010.2006. “Apoyo para ETS en redes IP”.
- ATIS-01000006.2006. “Niveles de prioridad de restauración de servicios para redes IP”.
- ATIS-01000004.2006. “Aspectos de disponibilidad y restaurabilidad del ETS”.
- ATIS-01000009.2003. “Reseña de normas en respaldo de ETS”.
- ATIS-05000008.2006. “Marco de interfaces de redes de servicios de emergencia”.
- ATIS-01000003.2006. “Niveles de prioridad de planos de usuarios en redes y servicios IP”.

Hay muchas otras organizaciones de normalización que están trabajando en diferentes aspectos de los servicios de telecomunicaciones de emergencia. Las actividades de esas organizaciones pueden dividirse en internacionales (Colaboración Mundial para Normas, Grupo de Trabajo de las Naciones Unidas sobre Telecomunicaciones de Emergencia),

regionales (Programa de Normalización de la Telecomunicada Asia-Pacífico) y nacionales. En el caso de actividades nacionales, las siguientes organizaciones trabajan en ETS: la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones y el Sistema Nacional de Comunicaciones de los EE.UU.; el Consejo Asesor de Normas TIC del Canadá; y el Comité de Tecnología de Telecomunicaciones del Japón. [7]

ANEXO II. SISTEMAS SATELITALES COMERCIALES

Inmarsat

El sistema *Inmarsat*, aunque fue creado inicialmente por la Organización Marítima Internacional, ofrece servicios a clientes marítimos, aeronáuticos y móviles terrestres. Este sistema basa su funcionamiento en satélites geoestacionarios y estaciones terrenas terrestres (LES). Los satélites cubren toda la superficie terrestre excepto las zonas polares. Siguen una órbita circular situada en el plano del Ecuador a una altura de 36 000 Km. De esta forma, para un punto concreto en la tierra, parece que el satélite se mantiene inmóvil, por lo que rara vez los usuarios Inmarsat deben conmutar de un satélite a otro.

Los satélites se controlan desde el Centro de Control de Satélites ubicado en la sede central de Inmarsat en Londres. Una llamada procedente de un terminal móvil de Inmarsat se dirige directamente hacia el satélite más cercano, el cual la reencamina hacia la estación en tierra y de ahí a la red pública. [46]

Se describen tres generaciones de satélites Inmarsat: I2, I3, I4. Los cuatro satélites de la segunda generación I2 fueron lanzados entre 1990 y 1992 y ubicados sobre el Océano Pacífico, el Atlántico Occidental y el Océano Indico. Los satélites I3 o de tercera generación son cinco, fueron lanzados entre 1996 y 1998 y generan un haz mundial y un máximo de siete haces puntuales, cuya orientación proporciona capacidades adicionales de comunicaciones en zonas donde la demanda de usuarios es elevada.

Para dar respuesta a la creciente demanda de los servicios móviles por satélites para acceso a Internet a altas velocidades Inmarsat construyó su cuarta generación de satélites I4 constituida por tres satélites. Su función es soportar la nueva red de área mundial de banda ancha (BGAN), que ofrece soluciones de Internet, video por demanda, video conferencia, correo electrónico, telefonía y acceso a LAN y compatible con los sistemas celulares de tercera generación (3G). Los Inmarsat-4 son los satélites de comunicaciones comerciales más avanzados hasta ahora lanzados. Cada uno es sesenta veces más potente que los de tercera generación (Inmarsat-3).

Para las aplicaciones estándares de datos, BGAN ofrece velocidades de hasta 0.5 Mbit/s. Está enlazado a Internet y a las redes de teléfonos terrestres del mundo a través de tres Estaciones de Acceso a Satélites (SAS) en Italia, los Países Bajos y Hawai. Los terminales satelitales son pequeños, livianos, fáciles de usar y armar. Además, se encuentran en el mercado equipos tanto para usuarios individuales que necesitan desplazarse de un lugar a otro, como para grupos de personas que requieran permanecer por un tiempo prolongado basificados en un lugar siniestrado. Muy recientemente Inmarsat ha firmado acuerdos con la Agencia Espacial Europea (ESA) para convertirse en el operador comercial de un nuevo satélite denominado *Alphasat*, que forma parte de una iniciativa para desarrollar una nueva plataforma de satélites capaces de integrar una gran carga útil de comunicaciones. La finalización de este proyecto se prevé para 2012 y suplementará a los satélites I-4 existentes. Ofrecerá servicios sobre Europa, Medio Oriente y África, permitiendo el acceso al espectro de la banda L adicional en estas regiones. [47]

Es importante además señalar que Inmarsat ofrece servicios marítimos y aeronáuticos. Los servicios marítimos de Inmarsat constituyen la base del Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimos (SMSSM). En el 2007 se pone en marcha el servicio *Fleet Broad Band*, empleado en las más grandes flotas mercantes del mundo. Garantiza servicios de voz y datos de banda ancha simultáneamente, con velocidades de acceso compartido de hasta 432 kbit/s, permitiendo el uso de teléfonos GSM en el mar, con la tecnología pico celular. Los buques actualizan su posición, se intercambian datos acerca de condiciones meteorológicas, elaboran sus cartas de navegación y se conectan instantáneamente con el centro de coordinación de rescate más próximo ante cualquier situación de emergencia.

En cuanto a los servicios aeronáuticos, Inmarsat fue el primer operador que cumplió con las normas recomendadas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). El lanzamiento de los I-4 preparó el terreno para la apertura de *Swift Broad Band*, el servicio de banda ancha en los sectores de aviación. Se ofrece telefonía de aire a tierra, correo electrónico, Internet, VPN, videoconferencia, así como servicios de telefonía móvil para pasajeros.

Los terminales Inmarsat permiten estar operativos en plazos de entre 5 y 10 minutos luego de llegar a un lugar donde haya ocurrido una catástrofe. Son independientes de las infraestructuras de telecomunicaciones locales y pueden funcionar con baterías o generadores portátiles, características estas que los hacen muy oportunos en la gestión de catástrofes. Se han desarrollado equipos terminales compactos y livianos, incluso algunos de ellos pueden transportarse a mano.

Existen varios tipos de *normas* utilizados para las telecomunicaciones en el sistema Inmarsat: Norma M y Mini-M, Norma C y Mini-C, Norma B, Norma A, entre otras. [48]



FIGURA A2.1 MAPA DE COBERTURA DEL SISTEMA SATELITAL INMARSAT

Thuraya

El sistema denominado *Thuraya*, (nombre árabe que significa galaxia), es un proveedor de telefonía satelital regional limitada, basado en dos satélites ubicados en órbitas geoestacionarias. Su zona de cobertura incluye la mayor parte de Europa, Oriente Medio, Norte y Centro de África, África del Este, Asia y Australia. La compañía tiene su base en los Emiratos Árabes Unidos y distribuye sus productos y servicios a través de proveedores de servicios autorizados.

En la Figura A2.2 se muestra el mapa de cobertura del sistema Thuraya.

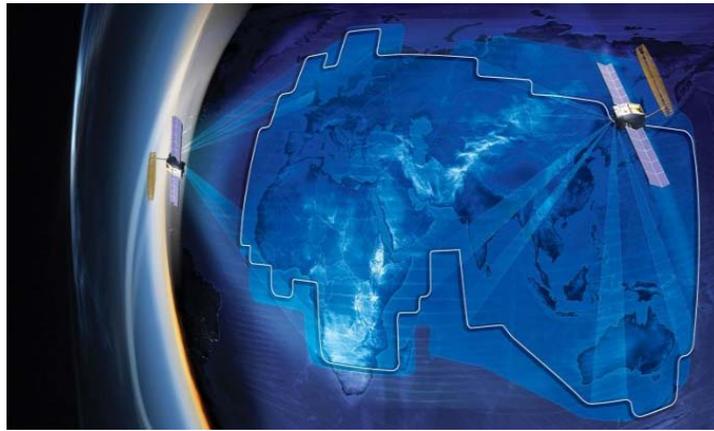


FIGURA A2.2 MAPA DE COBERTURA DEL SISTEMA SATELITAL THURAYA.

Los servicios básicos de Thuraya son: comunicaciones de voz con móvil (teléfonos por satélite modelos SO-2510 y SO -2520), servicio de SMS, 9.6 Kbp/s para datos o fax) 144 Kbp/s datos de alta velocidad mediante un terminal del tamaño de un portátil denominado comercialmente Thuraya DSL.

La principal ventaja de este sistema es la posibilidad que ofrecen sus teléfonos que poseen una tarjeta GSM convencional. Esto quiere decir que el usuario podrá seleccionar si desea que las llamadas salientes se realicen preferentemente a través de la red GSM y en caso de ausencia de cobertura de esta red, por la red del satélite y viceversa. Este terminal posee incorporado un receptor del sistema mundial de determinación de la posición (GPS) para notificar su ubicación a la estación de pasarela en tierra, por lo tanto, además de requerir visibilidad de los satélites Thuraya también debe tenerla con al menos tres de los satélites en órbita del sistema GPS. Esta posibilidad de enviar un SMS indicando su posición lo convierte en un medio muy adecuado para las personas que participan en operaciones de socorro. Su principal limitante es que no alcanza cobertura mundial y como se ha visto se excluye el continente americano, aunque esto entra en la concepción y la filosofía que los creadores de Thuraya tuvieron desde su creación.

Iridium

El sistema IRIDIUM, el cual consta con una constelación de 66 satélites en órbita terrena baja (LEO *Low Earth Orbit*), a 780 Km. de altura. Este sistema de órbita baja es similar a la concepción del sistema telefónico celular, donde las células serían los satélites. La diferencia es que acá son las células (los satélites) quienes se desplazan muy rápido (7400 m/s) en órbitas polares y el usuario puede considerarse que permanece fijo. Por lo tanto, en este sistema se produce la llamada *transferencia de células*, al igual que en el sistema telefónico móvil. Al producirse una llamada esta señal de radio es recogida por el satélite que tenga más próximo sobre el sitio donde se ha generado la llamada. Cada paquete de datos (la voz se digitaliza y se trata como un paquete de datos más) es a su vez enviada de satélite en satélite hasta que llega a uno que tiene comunicación con una central en tierra (pasarela). Desde la central en tierra la comunicación es a su vez enviada a la red de comunicación tradicional a cualquier número de teléfono del mundo. [49]

Las pasarelas se sitúan en regiones claves de la Tierra. Su misión es interconectar la constelación IRIDIUM con la red telefónica pública conmutada, lo cual permite la comunicación entre cualquier teléfono del mundo y cualquier terminal IRIDIUM.

En la Tabla A2.1 se muestra la distribución y asignación de frecuencias para los diferentes tipos de comunicaciones en el sistema. Se piensa que la razón de escoger una banda tan baja para los enlaces con los terminales debe haber sido que como la potencia de un terminal móvil es limitada, se ha escogido la que presente menos pérdidas por absorción atmosférica (que es la más baja posible).

TABLA A2. 1 ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS EN EL SISTEMA SATELITAL IRIDIUM

Rango de Frecuencias		
satélite - terminal	EEUU	1621.35 MHz a 1626.5 MHz Banda L
	Resto del Mundo	1616 - 1626.5 MHz
satélite - pasarela	descendente	19.4 - 19.6 GHz Banda Ka
	ascendente	29.1 - 29.3 GHz Banda Ka
satélite - satélite		23.18 - 23.38 GHz Banda Ka

La técnica de acceso múltiple es FDMA/TDMA, al igual que en el sistema GSM. Cada terminal puede transmitir voz o datos en modo full-duplex sobre canales FDMA en ráfagas TDMA a una velocidad de canal de 50 Kbp/s, sintonizando en saltos de 41.66 KHz. Los enlaces con los terminales tienen un margen de 16 dB para la potencia recibida lo que permite usarlos dentro de edificios y aeronaves.

El sistema IRIDIUM tiene alcance mundial, incluso cubre ambas regiones polares, las cuales están fuera de la cobertura de los satélites geoestacionarios que habíamos descrito anteriormente. Esta es su principal fortaleza para su elección como medio de comunicación en la atención de catástrofes, aunque hay que considerar sus limitantes: la complejidad del sistema y el límite de hasta 2,4 Kbit/s para la transmisión de datos, debido precisamente a la necesidad de efectuar frecuentes transferencias entre los satélites para establecer la comunicación.

Globalstar

Este emplea una constelación de 48 satélites LEO (1414 Km), posicionados en ocho planos de órbitas, cada uno con seis satélites. La calidad de voz es excelente y los datos alcanzan hasta 9,6 kbit/s.

La asignación de frecuencias del sistema satelital Globalstar se muestra en la Tabla A2.2.

TABLA A2. 2 ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS EN EL SISTEMA SATELITAL GLOBALSTAR

Rango de Frecuencias		
Enlaces de Servicio	terminal - satélite	1610 MHz a 1626.5 MHz Banda L
	satélite - terminal	2483.5 - 2500 MHz Banda S
Enlaces de Conexión	pasarela - satélite	5091 a 5250 MHz Banda C
	satélite - pasarela	6875 a 7055 MHz Banda C

Muy recientemente, en Julio de 2011, ha sido lanzado un grupo de seis satélites de la constelación Globalstar de segunda generación, que asegurará la continuación de la cobertura más allá del año 2025, sirviendo además de plataforma para la ampliación del servicio.

En cuanto a cobertura este sistema es limitado. No alcanza los polos ni los mares, así como tampoco el continente africano. Este último, según de muestra en su mapa de cobertura en la Figura A2.3, está previsto alcanzarlo en al próximo 2012.

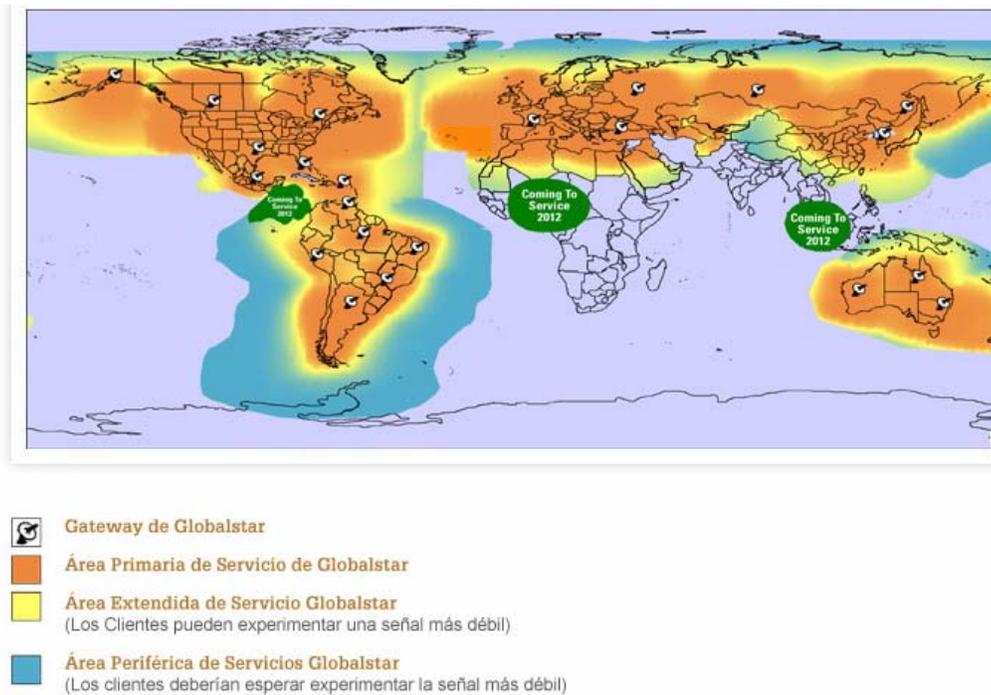


FIGURA A2.3 MAPA DE COBERTURA DEL SISTEMA SATELITAL GLOBALSTAR.

La mayoría de los sistemas basados en satélites utilizan procedimientos de facturación mediante tarjetas de módulo de identificación de usuario (SIM). Las tarifas son relativamente altas, sobre todo en las conexiones entre terminales de diferentes sistemas satelitales, por lo cual se recomienda su empleo en la fase de la respuesta inicial ante una catástrofe y no como medio para operaciones de socorro a largo plazo.

ANEXO III. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL EQUIPAMIENTO UTILIZADO EN LA SOLUCION PROPUESTA SOBRE WiMAX/WiFi PARA LA FASE DE SOCORRO EN EL CAPÍTULO III [50, 51]

CPE HUAWEI ECHOLIFE BM8201

Estándar que emplea: *IEEE 802.16e – 2005 (TDD, OFDMA)*

Frecuencia de trabajo: *2.496 – 2.69 GH*

Modulación: *OFDMA 512/1024 FFT QPSK, 16 QAM y 64 QAM*

Seguridad: *AES-CCM, EAP-TLS/EAP-TTLS, PKMv2 y X.509*

Alimentación: *Soporta PoE que cumple IEEE 802.3af*

MIMO: *2Tx 2Rx*

Conexiones: *Cuenta con conector RJ45 para consola*

VoIP: *Soporta codecs G.711A/μ; G.721; G.723; G.729. Incluye Detección Activa de Voz (VAD)*

Máxima velocidad de transmisión enlace ascendente: *5 Mbps*

Máxima velocidad de transmisión enlace descendente: *15 Mbps*

Sensibilidad: *-96.5 dBm*

Potencia máxima de transmisión: *25.5 dBm*

Impedancia de antena: *50Ω*

Ganancia de antena @ 2.5GHz: *13 dBi*

Polarización: *Vertical*

Precio: *\$ 214.07 USD*

BTS HUAWEI DBS3900 V300R002

Puertos BBU: *Dos puertos Ethernet 100-1000 Mbps. Dos puertos ópticos 1.25 Gbps*

Voltaje alimentación: *-48V DC*

Antenas: *BBU puede conectar hasta 6 RRU, cada uno para un sector con antenas de 60°, 90° o 120°. También permite antena para GPS*

Seguridad: *EAP-TTLS/MSCHAPv2 para autenticación de usuario. EAP-TLS para autenticación del dispositivo (IEEE 802.16e)*

QoS: *Soporta los cinco esquemas de servicios definidos en IEEE 802.16e-2005: UGS (Unsolicited Grant Service), rtPS (Real-time Polling Service), ertPS (Extended Real-time Polling Service), nrtPS (Non Real-time Polling Service) y BE (Best Effort)*

O&M: *Sistema completamente configurable a distancia. Permite visualización de alarmas*

Capacidad abonados: *Una estación con configuración 1/1/1 soporta hasta 3072 abonados (1024 por sector)*

Capacidad suscriptores activos: *Una estación con configuración 1/1/1 soporta hasta 768 suscriptores activos (256 por sector)*

Máximo pico en enlace descendente: *30 Mbps por sector*

Máximo pico en enlace ascendente: *6 Mbps por sector*

Capacidad máxima usuarios VoIP online: *180 usuarios por sector (empleando códec G.729A)*

RRU3701C: *Soporta hasta tres sectores, una portadora y tres clases de banda*

Potencia máxima transmitida: *10W @ 2.5 GHz, puerto de una antena. 20W @ 2.5 GHz, puerto de dos antenas. 5W @ 3.5 GHz, puerto de una antena. 10W @ 3.5 GHz, puerto de dos antenas*

Máxima área de cobertura: *15 km*

ACCESS CONTROL BW 1330

Dimensiones: *L: 196 x W: 27 x H: 160 mm*

Temperatura de Operación: *0 a 55°C*

Humedad: *10 a 95%*

Energía: *100 – 240V de AC; 50 – 60Hz*

Permite 100 conexiones simultáneas de autenticación (dependiendo de la carga del sistema y de posibles interferencias de elementos de radio frecuencia)

Modulación: 802.11b DSSS; 802.11g OFDM

Razón de Datos: 802.11b: 1, 2, 5.5, 11Mbps

802.11g: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 y 54Mbps

Bandas de Frecuencias: 802.11 b/g 2.4 – 2.483GHz

Potencia del transmisor: 802.11g Max: 17dBm ± 2dBm (entre 6 y 24Mbps)

Max: 15dBm ± 2dBm (54Mbps)

802.11b Max: 18dBm ± 2dBm (entre 1 y 11Mbps)

Antenas: 2 antenas con conectores TNC

Interfases: WAN: 1 puerto 10/100 Base_T/Tx (RJ-45)

LAN: 1 puerto 10/100 Base_T/Tx (RJ-45)

ANEXO IV. TABLAS DE VALORACIÓN POR ENCUESTA A EXPERTOS

En este anexo se muestran los aspectos relacionados con la valoración de las propuestas del proyecto mediante el método de encuestar expertos.

Para calificar a los expertos se determinaron los rangos de calificaciones que se muestran en las siguientes tablas.

TABLA A4. 1 RANGOS DE VALORES ÁREA DE TRABAJO DE LOS EXPERTOS

área de trabajo	puntos
relacionado con todas	5
red fija	4
red móvil	3
datos	3

TABLA A4. 2 RANGOS DE VALORES AÑOS EN LA ORGANIZACIÓN DE LOS EXPERTOS

años en la organización	puntos
menor que 3	1
entre 3 y 5	2
entre 5 y 10	3
entre 10 y 15	4
mayor que 15	5

TABLA A4. 3 RANGOS DE VALORES DE LA AUTO EVALUACIÓN DE LOS EXPERTOS

autoevaluación	baja	media	alta
vinculación teórica	entre 1 y 2	entre 2 y 3	entre 4 y 5
vinculación práctica	entre 1 y 2	entre 2 y 3	entre 4 y 5
estado de conocimiento del problema	entre 1 y 2	entre 2 y 3	entre 4 y 5

A partir de estos valores se obtuvo la siguiente tabla que define la caracterización de los expertos.

TABLA A4. 4 CARACTERIZACIÓN DE LOS EXPERTOS

Expertos	1	2	3	3a	3b	3c	Puntuación Total
1	5	5	4,3	5	3	5	4,78
2	4	5	5,0	5	5	5	4,67
3	5	3	4,0	5	3	4	4,00
4	4	4	4,3	5	4	4	4,11
5	3	2	3,3	5	3	2	2,78
6	3	5	4,0	5	4	3	4,00
7	3	3	4,0	5	3	4	3,33
8	4	4	4,3	5	4	4	4,11
9	3	3	3,7	4	4	3	3,22
10	4	3	4,7	5	5	4	3,89
11	4	4	4,0	5	3	4	4,00
12	5	4	4,3	4	4	5	4,44
13	3	4	4,3	4	5	4	3,78
14	3	3	4,0	5	4	3	3,33
15	5	5	4,3	5	3	5	4,78

En esta tabla se observa que los expertos 5, 7, 9 y 14 no han obtenido una puntuación mayor que 3.5, por lo cual no serán tomados en cuenta sus criterios para los análisis. La muestra se reduce a 11 expertos.

En las siguientes tablas se muestran los resultados de las puntuaciones otorgadas por los expertos a los cinco criterios definidos para evaluar las soluciones de telecomunicaciones propuestas en las distintas fases de atención a las situaciones de emergencias.

TABLA A4. 5 VALORACIÓN DE LA SOLUCIÓN PARA FASE DE ALERTA

	1	2	3	4	5	Promedio Experto
1	4	5	5	5	5	4,8
2	3	4	4	3	4	3,6
3	4	4	3	4	4	3,8
4	3	4	4	5	5	4,2
6	4	5	5	3	4	4,2
8	4	4	5	4	5	4,4
10	4	4	4	3	4	3,8
11	5	5	4	4	5	4,6
12	4	4	4	4	5	4,2
13	5	5	5	5	5	5,0
15	4	4	4	4	4	4,0
Promedio Criterio	4,0	4,4	4,3	4,0	4,5	

TABLA A4. 6 VALORACIÓN DE LA SOLUCIÓN PARA LA FASE DE SOCORRO

	1	2	3	4	5	Promedio Experto
1	4	4	5	3	5	4,2
2	3	4	4	2	5	3,6
3	4	4	4	4	5	4,2
4	3	4	3	3	4	3,4
6	4	3	4	3	5	3,8
8	4	4	5	4	5	4,4
10	4	4	5	4	4	4,2
11	3	5	5	3	5	4,2
12	4	4	4	2	5	3,8
13	2	4	4	3	5	3,6
15	4	4	4	4	5	4,2
Promedio Criterio	3,5	4,0	4,3	3,2	4,8	

TABLA A4. 7 VALORACIÓN DE LA SOLUCIÓN PARA LA FASE DE RECUPERACIÓN

	1	2	3	4	5	Promedio Experto
1	4	5	4	3	5	4,2
2	4	4	5	3	4	4,0
3	4	5	5	4	4	4,4
4	5	4	4	3	5	4,2
6	4	4	5	4	5	4,4
8	5	5	5	4	4	4,6
10	4	4	4	3	5	4,0
11	4	5	5	4	4	4,4
12	4	5	4	2	5	4,0
13	5	4	4	3	5	4,2
15	4	4	5	3	5	4,2
Promedio Criterio	4,3	4,5	4,5	3,3	4,6	

TABLA A4. 8 VALORACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

	1	2	3	4	5
1	4,0	4,7	4,7	3,7	5,0
2	3,3	4,0	4,3	2,7	4,3
3	4,0	4,3	4,0	4,0	4,3
4	3,7	4,0	3,7	3,7	4,7
6	4,0	4,0	4,7	3,3	4,7
8	4,3	4,3	5,0	4,0	4,7
10	4,0	4,0	4,3	3,3	4,3
11	4,0	5,0	4,7	3,7	4,7
12	4,0	4,3	4,0	2,7	5,0
13	4,0	4,3	4,3	3,7	5,0
15	4,0	4,0	4,3	3,7	4,7
Promedio Criterio	3,9	4,3	4,4	3,5	4,7