UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DISEÑO DE UNA RED TELEMÁTICA DE SEGURIDAD CIUDADANA PARA UN MUNICIPIO DEL TERRITORIO NACIONAL

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentada ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como requisito para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR: Br**.** Usón Eman, Ligia Carolina

Br. Zambrano Clavijo, Alba Carolina.

TUTOR: Ing. Iván Carmona

FECHA: octubre de 2012

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DISEÑO DE UNA RED TELEMÁTICA DE SEGURIDAD CIUDADANA PARA UN MUNICIPIO DEL TERRITORIO NACIONAL

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentada ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como requisito para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR: Br. Usón Emán, Ligia Carolina.

Br. Zambrano Clavijo, Alba Carolina

TUTOR: Ing. Iván Carmona

FECHA: octubre de 2012

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DISEÑO DE UNA RED TELEMÁTICA DE SEGURIDAD CIUDADANA PARA UN MUNICIPIO DEL TERRITORIO NACIONAL

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado:

_____

J U R A D O E X A M I N A D O R

Firma: Firma: Firma:

Nombre: _____ Nombre: _____ Nombre: _____

REALIZADO POR Br. Usón Eman,Ligia Carolina.

Br. Zambrano Clavijo, Alba Carolina.

TUTOR Ing. Iván Carmona

FECHA octubre de 2012

Índice

Dedicatoria ..... **XIV**

Agradecimientos ..... **XVII**

Resumen ..... **XIX**

Introducción **1**

Capítulo I **3**

Planteamiento del Problema 3

I.1 Planteamiento del Problema 3

I.2 Objetivos 4

I.3 Alcance y Limitaciones 5

I.4 Justificación 6

Capítulo II **8**

Marco Teórico 8

II.1 Medios de Transmisión 9

II.1.1.1 Par Trenzado de Cobre 10

II.1.1.2 Fibra Óptica 11

Agradecimientos

A Dios por darnos entendimiento, fuerza, tolerancia y paciencia.

A nuestro tutor Ing. Iván Carmona por brindarnos sus conocimientos y apoyo incondicional a lo largo del desarrollo de este trabajo especial de grado.

Lic. Jeymmy Zambrano por su ayuda incondicional y paciencia.

Econta. José Simón Zambrano B. por brindarnos sus conocimientos y ayuda durante el desarrollo de este trabajo especial de grado.

Ing. Santiago Usón por facilitarnos ayuda en todo momento y brindarnos su apoyo y conocimientos.

Sabrina Valentina Torres D por su ayuda y apoyo incondicional en nuestro trabajo de grado.

A todos nuestros amigos y compañeros de estudio que nos ayudaron y apoyaron en todo momento para alcanzar esta meta y en especial a Alberto Nobrega, Rod Álvarez, Christian Hanna, Oriana Mora, Guillermo Cejas, Francisco Dorta, Gabriela Espinoza, Nathalia Segovia

UCAB

Ing Luis Molner por brindarnos su Apoyo y conocimientos.

Policia de Chacao:

Lic. Alvaro Guánchez, Director de Gestión Administrativa

Ing. Mariel Pacheco, Jefe de Compras.

II.2 Tecnologías de Transmisión 16

II.2.1.1 WiMaX 16

II.2.1.2 Wi-Fi 18

II.2.1.3 Enlaces Microondas 21

II.2.2.1 Ethernet IEEE 802.3 23

II.2.3.1 LAN (*Local Área Network* o Redes de Área Local) 24

II.2.3.2 MAN (*Metropolitan Area Network* o Redes de Área Metropolitana) 25

II.2.3.3 WAN (*Wide Area Network* o Redes de Área Amplia) 25

II.3 Referencias para el Diseño del Protocolo 31

Capítulo III 34

Marco Metodológico 34

III.1.1 Diseño metodológico: 34

III.1.2 Fuentes de información: 34

III.1.3 Metodología Utilizada 37

Capítulo IV 40

Desarrollo y Análisis de Resultados 40

IV.1 Levantamiento de información del municipio piloto 40

IV.1.1 Selección del municipio piloto para la recopilación de información 40

IV.1.2 Descripción de los servicios de asistencia al ciudadano que ofrece el municipio 40

IV.2 Criterios de diseño general de la RSC 46

IV.2.1 Diseño general de la RSC 46

IV.2.2 Servicios y aplicaciones de la RSC 48

IV.2.3 Criterios de diseño general de la red 59

IV.3 Infraestructura de la red 59

IV.3.1 Análisis de las tecnologías existentes 60

IV.3.2 Medios de transmisión 62

IV.3.2.1 Medios de transmisión alámbrico 62

IV.3.2.2 Medios de transmisión inalámbrico 64

IV.3.3 Equipos de red 64

IV.3.4 Topología de la red 68

IV.4 Funcionamiento de la red 72

IV.4.1 Diseño del protocolo 72

IV.4.1.1 Estudio de los protocolos existentes 73

IV.4.1.2 Diseño de tramas 75

IV.4.1.3 Reglas y procedimientos para establecer la comunicación . 89

IV.4.2 Estrategia de enrutamiento 101

IV.5 Performance de la red 103

IV.6 Indicadores numéricos de la red. 106

IV.7 Condiciones para la implementación 124

IV.8 Análisis de costos del componente de transmisión 126

Capítulo V 129

Conclusiones y Recomendaciones 129

V.1 Conclusiones 129

V.2 Recomendaciones 131

Bibliografía 133

Glosario 139

Apéndices y Anexos TOMO II (CD) 1

C.I.S.E 171 Chacao:

Supervisor policía de Chacao Ing. Hector Luis Villarroel Mujica

Sr. Rodolfo Peña.

TransChacao:

Lic. Aracelis Acosta

Lic. Yeseni Barahona

Alcaldía de Chacao:

Osvaldo Moreno

Gracias a todas las organizaciones e instituciones del Municipio Chacao por brindarnos el apoyo para realizar este trabajo.

DISEÑO DE UNA RED TELEMÁTICA DE SEGURIDAD CIUDADANA PARA UN MUNICIPIO DEL TERRITORIO NACIONAL

Ligia Carolina Usón Emán
ligia.uson@gmail.com

Alba Carolina Zambrano Clavijo
albacarolinazambrano@gmail.com

Iván Carmona
icarmona@ucab.edu.ve

Universidad Católica Andrés Bello
Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones
Caracas, Venezuela.

RESUMEN

Contar con un servicio eficiente de seguridad ciudadana y emergencias es una necesidad prioritaria para una comunidad. Para atender este requerimiento es necesario integrar capital humano, infraestructura y tecnología. No es suficiente contar con personal entrenado y medios adecuados para atender las situaciones que se presenten, sino se dispone de una plataforma de comunicaciones y procesamiento de datos que permita a las instituciones responsables, manejar adecuadamente las solicitudes de atención de las personas.

El presente trabajo de grado muestra el diseño de una red telemática de seguridad ciudadana, desarrollado bajo el esquema de proyecto factible, que puede ser implementado en cualquier municipio de Venezuela, para optimizar los servicios de asistencia, seguridad y emergencia. En el proyecto, que consta de ocho fases en las que se definen el conjunto de aplicaciones y servicios que ofrecerá la red, la selección de tecnologías, medios de transmisión y equipos de enrutamiento, así como el diseño del protocolo de comunicaciones que emplearán los dispositivos en la capa de aplicación del modelo TCP/IP.

El proyecto fue promovido por TECHNITEL SOLUCIONES CA., empresa especializada en brindar soluciones a través de sistemas de tecnologías de información, para servicios de atención a contingencias de seguridad y protección.

En síntesis, se logró diseñar una red que permitirá ofrecer servicios eficientes de asistencia y emergencia para atender las necesidades de los habitantes de un municipio. Esta red es la base de un proyecto integral, que permitirá incluir simulación y pruebas del protocolo de comunicaciones en etapa de implementación

Palabras claves: Red telemática, servicios, protocolo de comunicaciones, TCP/IP.

Introducción

Las redes telemáticas son sistemas autónomos compuestos por dispositivos y terminales conectados entre sí, capaces de comunicarse para compartir recursos.

Hoy en día, las redes telemáticas han evolucionado para ofrecer un mejor servicio a los usuarios. Estos desarrollos implican la implementación de nuevas tecnologías dentro de los sistemas de comunicaciones, la integración de servicios convencionales como la transmisión de voz, datos, videos, imágenes, entre otros, que facilitan el intercambio a través de todos los dispositivos y terminales que se encuentren en la red. Estos desarrollos involucran mejoras en el medio de transmisión para reducir las pérdidas y atenuaciones, aumento en la velocidad de transmisión y del ancho de banda, entre otras características que definen un sistema de comunicación.

Con el aumento de la población, se han incrementado también las necesidades y requerimientos en cuanto a asistencia ciudadana, seguridad y salud, entre otros, sin que haya aumentado el número de funcionarios de los diferentes cuerpos seguridad y protección civil así como el personal médico y paramédico, y la flota de grúas y transporte público. Por ende los servicios se han tornado lentos e ineficientes, entre otras cosas, por falta de información de manera oportuna

Por esta razón, se propone realizar el diseño de una red telemática de seguridad ciudadana implementable en cualquier municipio del país, que sea capaz de interconectar a los diferentes cuerpos de seguridad, bomberos, salud, etc. Y suministre información con el fin de optimizar el funcionamiento de los servicios de asistencia y/o emergencia, que permitirá ofrecer una respuesta inmediata y efectiva

El presente Trabajo Especial de Grado está estructurado en capítulos de la siguiente forma.

Capítulo I, abarca los puntos referentes a la definición del problema, objetivos, alcances, limitaciones y la justificación del proyecto.

Capítulo II, consta de un resumen de las bases teóricas en las que se fundamentó el desarrollo del diseño de la red telemática de seguridad ciudadana.

Capítulo III, contiene el marco metodológico empleado para el diseño de la red. En él se describe el tipo de metodología empleada, así como los procedimientos realizados para lograr los objetivos propuestos.

Capítulo IV, se identifican las actividades ejecutadas, productos y resultados obtenidos a través de fundamentos teóricos, cálculos y herramientas de diseño empleadas. Adicionalmente, se efectuaron los análisis de los resultados obtenidos en cada uno de los procedimientos realizados.

Capítulo V, en base a los resultados obtenidos, se dan las conclusiones y recomendaciones pertinentes al presente Trabajo Especial de Grado.

Capítulo I

Planteamiento del Problema

En este capítulo se describe el problema planteado, se propone el objetivo general y los objetivos específicos derivados. Asimismo se hace la delimitación del problema, considerando el alcance y las limitaciones que se encontraron durante el desarrollo del proyecto y finalmente se expone la justificación del presente Trabajo Especial de Grado.

I.1 Planteamiento del Problema

En las dos últimas décadas se ha experimentado un gran avance en el desarrollo de las telecomunicaciones en el mundo, así como su incursión en una infinidad de áreas para la solución de problemas, que ha incrementado significativamente la integración de servicios convencionales, tales como la transmisión de voz, datos, video e imágenes entre otros, a través de las redes de comunicación. Gracias a ello, son muchas las empresas de telecomunicaciones que dedican importantes esfuerzos en capital humano e inversión para introducir mejoras en los servicios que prestan, lo que permite dar mayor calidad de vida a los usuarios, mediante la implementación de sistemas con mayor capacidad de conexión y comunicación, indistintamente del momento y lugar donde se requieran.

Debido al aumento de la población y los altos índices de inseguridad que se han registrado durante los últimos años en Venezuela, gobiernos regionales y municipales, instituciones y población civil organizada, se han visto en la necesidad de tomar medidas para mejorar la seguridad, la prestación del servicio de asistencia y emergencia, buscando con esto proporcionar mayor bienestar y calidad de vida a los ciudadanos. Sin embargo, el esfuerzo no ha sido suficiente debido a que no hay una cantidad de funcionarios necesarios por cada habitante del municipio, se requiere de

Capítulo II

Marco Teórico

El capítulo que se presenta a continuación contiene una breve explicación de los conceptos y teoría necesaria, que fueron fundamentales para llevar a cabo el desarrollo del presente Trabajo Especial de Grado. En la figura número 1 se muestra el esquema del marco teórico.

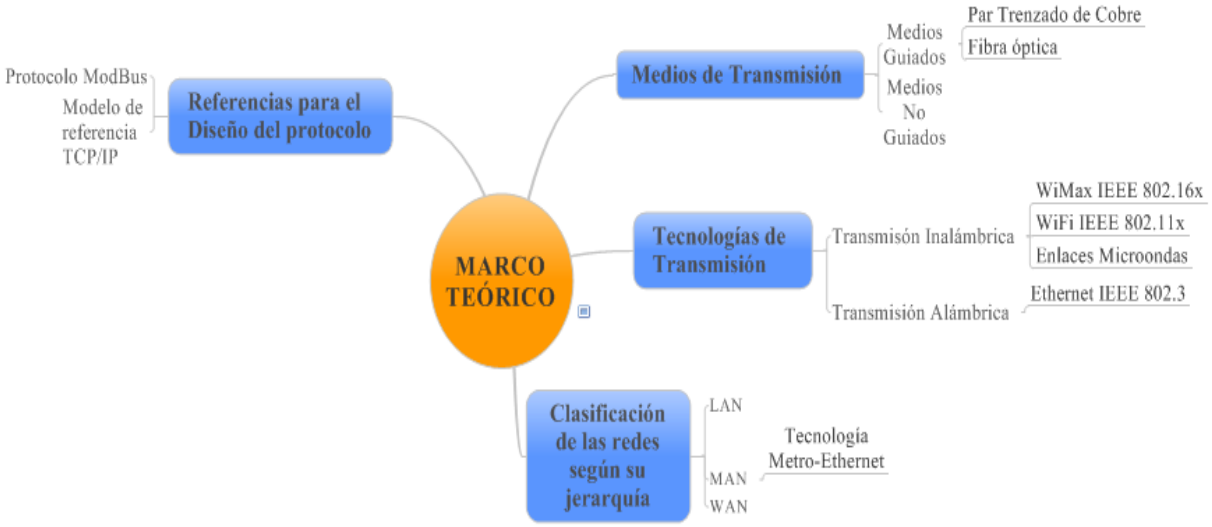

Figura 1, *Esquema del marco teórico, fuente:* ***Propia.***

II.1 Medios de Transmisión

La naturaleza del medio junto con las señales que se transmiten a través de él, constituyen los factores determinantes de las características y la calidad en una transmisión. En telecomunicaciones, un sistema de transmisión es un conjunto de elementos interconectados entre sí, que se utiliza para enviar información

representada en señales, de un lugar a otro. La señal transmitida puede ser eléctrica, óptica o electromagnética (de radiofrecuencia).

Para determinar el medio a utilizar, se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Ambiente donde se va a instalar.
- Equipo a Utilizar.
- Aplicaciones y Requerimientos.
- Relación costo/beneficio esperado.

II.1.1 Medios Alámbricos

Estos tipos de medios conducen o guían las ondas a través de un camino físico como el cable coaxial, la fibra óptica y el cable de par trenzado. A su vez estos tipos de medios determinan las limitaciones que pueden presentarse durante la transmisión de la información sobre él, así como la tasa de bits o mejor conocido como la velocidad de transmisión de información, ancho de banda que soporta y el espacio que debe haber entre los elementos de la red

Para los medios de transmisión guiados, la capacidad de transmisión, en términos de velocidad de datos, depende críticamente de la distancia y sí el medio físico va de punto a punto o multipunto.

II.1.1.1 Par Trenzado de Cobre

Es el medio de transmisión guiado más económico y al mismo tiempo más utilizado. Consiste en dos cables de cobre entrelazados y ensamblados sobre un aislante. El uso del trenzado permite disminuir la

diafonía (interferencia electromagnética entre líneas) entres los pares que se encuentran adyacentes dentro de una misma envoltura.

Este tipo de medio guiado permite la transmisión de señales analógicas y digitales; sin embargo se encuentra limitado con respecto a la velocidad de transmisión y distancia máxima, por temas asociados al comportamiento espectral y a la atenuación.

Se encuentran dos variantes de pares trenzados: el primero es el par trenzado blindado STP (Shielded Twisted Pair), el cual constituye el primer nivel de protección frente a exteriores. STP proporciona mejores resultados en velocidades de transmisión baja, sin embargo, este tipo de par trenzado es más costoso y difícil de manipular, mientras que el segundo tipo, entre los más conocidos, el par trenzado no blindado, llamado UTP (Unshielded Twisted Pair), teóricamente puede ser afectado por interferencias electromagnéticas externas, por interferencias provenientes de pares trenzados cercanos y por fuentes de ruido, pero es mucho más económico y ha sido mejorado continuamente en la industria hasta obtener un buen desempeño, incluso a altas velocidades (en el orden de los 1000 Mbps). Para mejorar los parámetros de transmisión se puede utilizar también una malla metálica alrededor de los cables.

El estándar TIA/EIA-568B, define diferentes categorías que corresponden al cableado UTP. La categoría 3 permite frecuencias de hasta 16Mhz y es utilizado en redes basadas en el estándar de la IEEE 802.3 10BASE-T y 802.5 a 4 Mbps. Asimismo, la categoría 4 admite frecuencias de hasta 20 MHz, usada en redes basadas en el estándar de la IEEE 802.5 *Token Ring* y Ethernet 10BASE-T para largas distancias. Además de las categorías antes mencionadas se encuentra la categoría 5, que permite frecuencias hasta de 100 MHz. Posteriormente, se encuentra

la categoría 6, que es un estándar de cables para Gibabit Ethernet y otros protocolos de redes, al ser compatible con versiones anteriores. Esta categoría posee características y especificaciones para "*crosstalk*" y ruido. Es utilizada para 10 BASE-T, 100 BASE-TX y 1000 BASE-TX, ya que alcanza frecuencias de hasta 250 MHz en cada par. (Atelin & Dordoigne, 2007).

La categoría 6a, denominada CAT 6A, se encuentra bajo el estándar de EAI-TIA 568B2-10; puede garantizar una distancia de 100 metros trabajando en un rango de frecuencias de hasta 500MHz, lo cual se puede lograr haciendo uso de los componentes adecuados que se encuentran bajo las correspondientes normas ISO. (O, 2010).

En la figura número 2 se puede observar un cable trenzado de cobre.

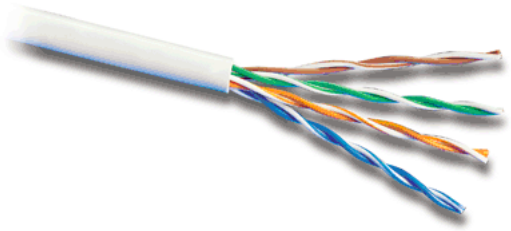

Figura 2, *Cable par trenzado de cobre, Fuente:* **(Icky, 2010)**

II.1.1.2 Fibra Óptica

La fibra óptica es un delgado hilo de plástico, vidrio o aleación que transporta luz. Consiste en un núcleo rodeado de un revestimiento dieléctrico, que luego es cubierto por otro revestimiento plástico. El núcleo transmite ondas de luz y provee la estructura de la fibra. La

función del revestimiento plástico es proteger la fibra de la humedad y de la abrasión, además de otorgarle cierta rigidez.

Si se comparan las fibras de vidrio con las de plástico, las plásticas permiten más flexibilidad y son más económicas. Son fáciles de conectar e instalar y poseen mayor resistencia. Sin embargo, éstas no propagan la luz de manera eficiente debido a su alta pérdida, por lo que son utilizadas en instalaciones internas.

El diámetro de la fibra esta en el rango de 250 micrómetros hasta los 500 micrómetros. El diámetro del núcleo está en el rango de 8 a 10 micrómetros para la fibra monomodo y de 50 a 100 micrómetros para la fibra multimodo. El diámetro exterior de la fibra suele ser de 125 micrómetros.

Para determinar el tipo de fibra a utilizar, se debe tomar en cuenta las características más importantes que poseen, como lo son las perdidas por dispersión, que generan un determinado valor de atenuación por unidad de longitud. A medida que las ondas luminosas viajan a través de la fibra, éstas pierden energía debido a las imperfecciones que en ella se pueden encontrar. Estas pérdidas son medidas en decibeles por kilómetros. (Oliva, Salvadó, & Penados, 2001)

Las principales causas de la atenuación en sistemas de fibra óptica son:

- Pérdidas en el acoplamiento.
- Pérdidas por imperfecciones en la fibra óptica.
- Pérdidas en los conectores.

- Pérdidas por los empalmes.

- *Fibra Multimodo*:

El término multimodo indica que pueden ser guiados muchos modos o rayos luminosos, cada uno de los cuales sigue un camino diferente dentro de la fibra óptica (ángulo de reflexión). Este efecto hace que su ancho de banda sea inferior al de las fibras monomodo. Por el contrario, los dispositivos utilizados con las multimodo tienen un costo inferior. Este tipo de fibras son las preferidas para comunicaciones en pequeñas distancias, hasta 10 km.

- *Fibra monomodo*:

El diámetro del núcleo de la fibra es muy pequeño y sólo permite la propagación de un único modo o rayo (fundamental), el cual se propaga directamente sin reflexión. Este efecto causa que su ancho de banda sea muy elevado, por lo que su utilización se suele reservar a grandes distancias superiores a 10 Km, junto con dispositivos de elevado costo (LASER). (Escobar & Martinez, 2002)

Ventajas y desventajas de la fibra óptica:

Ventajas:

- Mayor ancho de banda: Puede proporcionar anchos de banda mayores que cualquier par trenzado o cable coaxial.

- Menor atenuación de la señal.

- Inmunidad a interferencia electromagnética. (Escobar & Martinez, 2002)

Desventajas:

- Instalación y mantenimiento: requiere de expertos en el área.
- Propagación unidireccional de la luz: Solo transmite de forma unidireccional.
- Costo: Si la demanda de ancho de banda no es alta, el uso de la fibra no se justifica. (Escobar & Martinez, 2002)

En la figura 3 se pueden observar los índices graduales de la fibra óptica

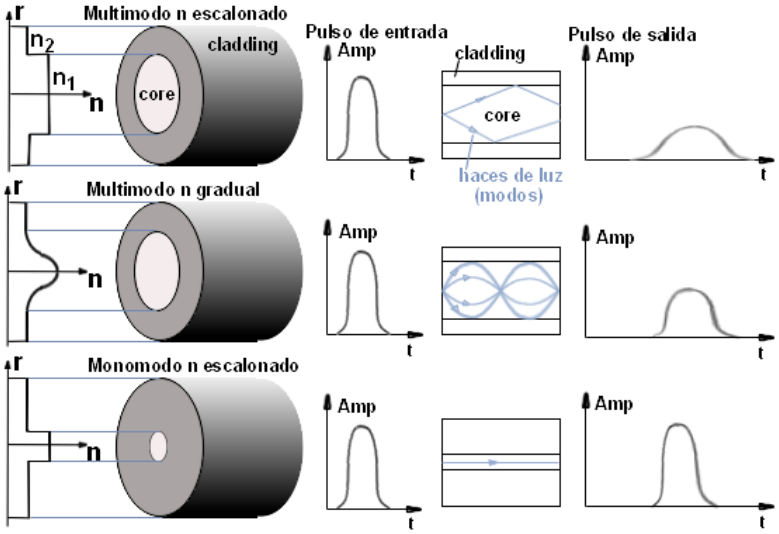

Figura 3, *Fibra óptica, fuente:* **(Redes Cableadas)**

II.1.2 Medios inalámbricos

Los medios no guiados proporcionan un soporte para que las ondas se transmitan, sin embargo no las dirigen como lo hacen los medios guiados. Transportan ondas electromagnéticas sin usar un conductor físico.

Este tipo de medio ha tenido gran importancia ya que puede cubrir grandes distancias y puede ir dirigido hacia cualquier dirección.

Para soportar comunicaciones sobre medios no guiados, se realiza la transmisión de datos en forma de ondas electromagnéticas de radio o de microondas por el aire. Las ondas electromagnéticas pueden emplearse para codificar información digital sin tener que modificar alguno de sus parámetros físicos. Estas ondas engloban todo el espectro de radiación de energía del universo. Dentro de este espectro de radiofrecuencia destacan tres tipos de ondas electromagnéticas usadas en las telecomunicaciones como las ondas de radio, microondas, e infrarrojos.

II.2 Tecnologías de Transmisión

II.2.1 Inalámbricas

II.2.1.1 WiMaX

Es una tecnología inalámbrica de banda ancha, basada en el estándar de la IEEE 802.16. WiMAX por sus siglas en ingles significa *Wireless Interoperability for Microwave Access*, interoperabilidad mundial por acceso de microondas. Es una tecnología que ofrece altas tasas de transmisión y un alcance máximo de cincuenta kilómetros (50 Km).

Esta tecnología puede operar a diferentes frecuencias dependiendo de las características del enlace. Si el enlace tiene línea de vista (LOS), trabaja en un rango de frecuencias de 10 GHz a 66 GHz, con un ancho de banda de 20 MHz. Este enlace necesita que la primera zona de Fresnel se encuentre despejada, lo cual dependerá de la frecuencia y la distancia. Si en enlace no tiene línea de vista (NLOS), trabaja con un rango de

frecuencias superior a los 11Ghz, con un ancho de banda de canal de 1.75 MHz. La señal que resulta de este enlace es la suma de los multitrayectos.

Existen dos tipos de redes WiMAX. El primer tipo es el WiMAX fijo bajo el estándar de la IEEE 802.16-2004, mientras que el segundo se encuentra bajo el estándar IEEE 802.16e-2005 conocido como WiMAX Móvil. Los estándares antes mencionados tienen características importantes dependiendo de la aplicación que sea utilizada. (Espina & Durán, 2009)

Características

- WiMAX presenta ventajas como QoS (Calidad de servicio) garantizando la cantidad de datos a transmitir en un tiempo determinado,
- Ofrece mejor tasa de bits en largas distancias.
- Flexibilidad en el ancho de banda.
- Cobertura: Soporte de mallas basadas en estándares y antenas inteligentes.

En la tabla 1 se pueden observar las características más importantes de los distintos estándares de 802.16x.

	802.16	802.16-2004	802.16e-2005
Estado	Completado en diciembre 2001	Completado en Junio 2004	Completado en diciembre 2005
Banda de Frecuencia	10GHz-66 GHz	2GHZ-11GHz	Aplicaciones: 2GHz-11Ghz para fijo 2Ghz-6GHz para móvil
Aplicación	Fijo con LOS	Fijo NLOS	Fijo y Móvil NLOS
Arquitectura Mac	Punto - Multipunto	Punto-Multipunto	Punto-Multipunto
Esquema de Transmisión	Portadora simple	Portadora simple,256 OFDM o 2,048 OFDM	Portadora simple. 256 OFDM o OFDO escalable con 128,512,1024 ó 2048 sub-portadoras
Modulación	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	QPSK,16QAM,64QAM	QPSK,16QAM,64QAM
Tasa de Transmisión	32Mbps-134.4 Mbps	1Mbps-75 Mbps	1Mbps-75Mbps
Multiplexado	TDM/TDMA	TDM/TDMA/OFDMA	TDM/TDMA/OFDMA
Duplexado	TDD y FDD	TDD y FDD	TDD y FDD
Ancho de banda del canal	20MHz,25 MHz, 28 MHz	1.75 MHz, 3.5 MHz, 7 MHz, 14 MHz, 1.25 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 8.75 MHz	1.75 MHz, 3.5 MHz, 7 MHz, 14 MHz, 1.25 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 8.75 MHz
Designación de la interfaz de aire	WirelessMAN -SC	WirelessMAN-SCa WirelessMAN-OFDM WirelessMAN-OFDMA WirelessHUMAN	WirelessMAN-SCa WirelessMAN-OFDM WirelessMAN-OFDMA WirelessHUMAN
Implementación	ninguna	256 OFDM como WiMAX fijo	Escalable como WiMAX móvil.

Tabla 1, *Características Básicas del estándar de la IEEE 802.16x,*
Fuente: **(Jeffrey, Arunabha, & Rias, 2007)**

II.2.1.2 Wi-Fi

El estándar de la IEEE 802.11 es mundialmente conocido como WiFi. Es un estándar de comunicaciones que define los dos niveles más bajos de la arquitectura del modelo OSI, capa física y la capa de enlace de datos. Los protocolos de la familia 802.11x definen la tecnología inalámbrica en redes de área local.

El estándar de la IEEE 802.11b trabaja en un rango de frecuencias alrededor de los 2,4 GHz Fue lanzando en septiembre de 1999, después de que se publicara el estándar IEEE 802.11, en junio de 1997. La capa física

de IEEE802.11b es una ampliación del IEEE 802.11, ya que soporta 11 Mbps, y en su versión extendida hasta 22 Mbps, mientras que la capa física del IEEE 802.11 sólo soporta de 1 a 2 Mbps. Adicionalmente, IEEE 802.11b define una tasa dinámica, permitiendo un ajuste automático de la tasa de datos en función de las condiciones de ruido, es decir, los dispositivos que usen el estándar de la IEEE 802.11b transmitirán a velocidades más bajas desde 5.5 Mbps, 2 Mbps y 1 Mbps dependiendo de las condiciones de ruido. La velocidad aumentará automáticamente cuando los dispositivos se encuentren en el rango de transmisión de alta velocidad (bajo nivel de ruido).

El estándar IEEE 802.11a utiliza la frecuencia de radio de 5 GHz, alcanzando una velocidad de 11 Mbps hasta 54 Mbps. Utiliza una técnica de modulación OFDM (Ortoghonal Frequency Division Multiplexing), para el acceso al medio, dividiendo una portadora de alta velocidad en 52 sub-portadoras.

Asimismo, el estándar de IEEE 802.11g trabaja en una banda de frecuencia de 2.4 GHz con una velocidad de transmisión de hasta 54 Mbps y utiliza la modulación OFDM para el acceso al medio. Es compatible con el 802.11b. (Principio de Comunicaciones móviles, 2003)

El estándar IEEE 802.11n, fue publicado en septiembre de 2009. Es una de las últimas versiones desarrolladas por la IEEE 802.11. Ofrece una velocidad de transmisión hasta 600 Mbps y un aumento del área de cobertura; estos beneficios se logran gracias al uso de la tecnología MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) y *Channel Bonding*, canales separados de 20 y 40 Hz para transmitir datos simultáneamente. Este nuevo estándar trabaja en un rango de frecuencias de 2.4 GHz y 5GHz (Thomas & Ogunfunmi, 2008)

El estándar IEEE 802.11p/1609.x, especifica la tecnología adecuada para las redes de comunicación vehicular. Esta norma es una enmienda realizada sobre el estándar de la IEEE 802.11. Dentro de esta enmienda se encuentra un modo operativo, llamado WAVE (*Wireless Access in Vehicular Enviromentes*, Acceso Inalámbrico en Entornos Vehiculares). Permite la comunicación entre los vehículos que se mueven a altas velocidades o entre vehículos y la red de infraestructura fija para carreteras o vialidades. El estándar 1609.x está definido para la gestión de recursos y servicios de seguridad, servicios de red, y la operación de varios canales del modo WAVE.

La operación multicanal del modo WAVE se basa en la combinación de acceso al medio a través de FDMA o TDMA. Opera en la banda frecuencias 4,9 GHz a 5,9 GHz según el *Intelligent Transportation System* - Sistema de Transporte Inteligente ITS. Posee un canal de control CCH y cuatro canales de servicio SCH, cada uno de ellos ocupa 10 MHz de ancho de banda.

La estructura de red de este estándar está compuesta por nodos de red los cuales están denominados estaciones móviles y fijas. El funcionamiento de ambos nodos dentro del modo WAVE, definen cómo se realiza la transmisión de paquetes de datos que deben ser enviados dentro de un conjunto de servicios básicos.

Una estación móvil o fija, conmuta su canal entre el canal de control y de servicio en cada intervalo de canal. El valor predeterminado para el intervalo de los canales de control y el de servicio está establecido a 50 ms sobre el estándar.

Los estándares de la 802.11p y 1609.x trabajan en conjunto dentro de un dispositivo WAVE, sobre las capas de protocolos de comunicación.

En la tabla 2, se muestran las características más importantes de los estándares de WiFi.

Estándar	802.11	802.11 a	802.11b	802.11g	802.11n
Fecha de lanzamiento	1997	1999	1999	2003	2009
Velocidad	Hasta 2 Mbps	Hasta 54 Mbps	Hasta 11 Mbps	Hasta 54 Mbps	Hasta 600 Mbps
Canales no solapados	3	12	3	3	12
Costo	No hay información	Relativamente caro	Barato	Relativamente barato	Caro
Banda de frecuencia	2.4 – 2.484 GHz	5.15 – 5.35 GHz 5.425 – 5.675 GHz 5.725 – 5.875 GHz	2.4 – 2.497 GHz	2.4 – 2.497 GHz	2.4 GHz y 5 GHz
Cobertura	Baja cobertura	Cobertura baja	Buena cobertura	Buena cobertura	Buena Cobertura
Operación optima	No hay información	50 metros en interior y 150 metros en exterior con mala conectividad con obstáculos	100 metros en interior y 400 metros en exterior con buena conectividad con determinados obstáculos	100 metros en interior y 400 metros en exterior con buena conectividad con determinados obstáculos	100 metros en interior y 300 metros en exterior con buena conectividad con obstáculos
Acceso público	No hay información	Ninguno	El numero de hotspots crece exponencialmente	Compatible con los hotspots de 802.11b	Compatible con los hotspots de 802.11b y 802.11g
Compatibilidad	Dificultades de comunicación entre dispositivos de diferentes marcas	Compatible con 802.11n y incompatible con 802.11b y 802.11g	Compatible con 802.11g y 802.11n y no compatible con 802.11a	Compatible con 802.11b y 802.11n, no es compatible con 802.11a	Compatible con todos los estándares anteriores
Modos de datos	1,2 Mbps	6,9,12,18,24,36, 48 y 54 Mbps	1,2,5,11 Mbps	1,2,5,6,9,11,12, 18,34,36,48,54 Mbps	1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
Modulación	FHSS o DSSS	OFDM	DSSS	OFDM y DSSS	MIMO

Tabla 2, *Diferencias entre los Estándares IEEE 802.11x, Fuente:* ***Dorta, Francisco***

II.2.1.3 Enlaces Microondas

Las ondas electromagnéticas definidas en un rango de frecuencias entre 300 MHz y 3 GHz, son denominadas microondas. No obstante, definiciones menos rigurosas incluyen frecuencias mucho más elevadas.

Poseen una oscilación de 3 nano segundos a 3 pico segundos sobre una longitud de onda en el rango de un 1 metro a un 1 milímetro.

El rango de las microondas está incluido en las bandas de radiofrecuencia, concretamente en las UHF (U*ltra-High Frequency*, frecuencia ultra alta) (0.3 – 3 GHz), SHF (S*uper-High Frequency*, frecuencia super alta) (3 – 30 GHz) y EHF (E*xtremely-High Frequency*, frecuencia extremadamente alta) (30 – 300 GHz). (BMA, 2010)

En telecomunicaciones, las microondas son usadas con fines de radiodifusión, ya que pasan fácilmente a través de la atmósfera con menos interferencia que otras ondas de longitudes mayores. El ancho de banda en el espectro de microondas es mayor que el resto del espectro. Las microondas son usadas, entre otras aplicaciones, para transmitir señal de televisión y señal de localización remota. La televisión por cable y el acceso a Internet vía cable coaxial usan algunas de las más bajas frecuencias del rango denominado microondas.

Esta tecnología desempeña un papel muy importante, ya que es utilizada por los radares para detectar velocidades, extraer la identidad de objetos que se transportan en el espacio aéreo, mediante el uso de imágenes microondas de alta resolución.

Los sistemas de microondas son utilizados para enlaces de televisión, en multienlaces telefónicos y en redes de datos con alta capacidad de canales de información.

En la figura número 4 se puede observar la clasificación de las bandas en el espectro radioeléctrico.

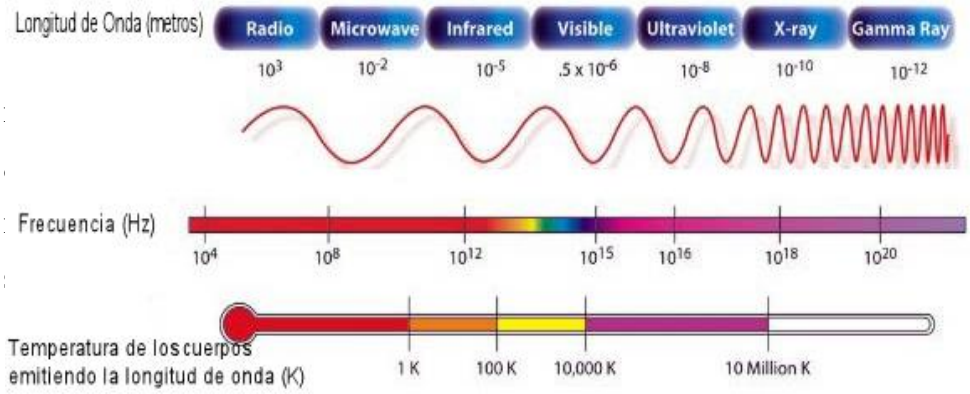

Figura 4, *Microondas, Fuente:* **(BMA, Blogspot, 2010)**

II.2.2 Transmisión Alámbrica

II.2.2.1 Ethernet IEEE 802.3

El estándar 802.3 mejor conocido como Ethernet, es una tecnología de acceso alámbrica para redes LAN. Utiliza el acceso múltiple con portadora y detección de colisiones (*Carrier Sense Múltiple Access with Collision Detection*, CSMA/CD) entre estaciones con diversos tipos de medios de transmisión guiados, permite un buen equilibrio entre velocidad, costo y facilidad de instalación, estos son puntos fuertes, que al ser combinados con la amplia aceptación en el mercado y la habilidad de soportar todos los protocolos de red existentes hacen a Ethernet la tecnología ideal para la redes LAN y MAN.

Fast Ethernet, también conocida como 10/100BASE-T, fue desarrollada en respuesta a la necesidad de compatibilidad de una red LAN con Ethernet que permitiera, una mayor tasa de transferencia y que a su vez pudiera operar sobre el cableado UTP. 100BASE-T fue desarrollado por la IEEE 802.3. Esta versión determina la forma en cómo los puestos de la red envían y reciben datos sobre un medio físico

compartido que se comporta como un bus lógico, independientemente de su configuración física, es totalmente compatible con 10BASE-T. Las especificaciones de 100BASE-T se encuentran en el estándar IEEE 802.3u.

Ethernet estándar, denominado 10BASE-T, soporta velocidades de transferencia de datos de 10 Mbps sobre una amplia variedad de cableado. En 100BASE-T, los parámetros de tiempo se incrementan por un factor de diez para alcanzar un incremento de 10 veces de la tasa de transferencia. Sin embargo, el resto del mecanismo de CSMA/CD no se modifica. La diferencia en el nivel de rendimiento es atribuido a cuan frecuentemente son transmitidas las tramas. El formato de la trama, la longitud, el control de errores, y la administración de información son prácticamente idénticas a las que se encuentran en 10BASE-T.

II.2.3 Clasificación de Redes según su Jerarquía

Las redes de transporte de información poseen diversas clasificaciones según su extensión. Entre las más utilizadas se encuentran las redes de área local (LAN), redes de área metropolitana (MAN) y redes de área amplia (WAN).

II.2.3.1 LAN (*Local Área Network* o Redes de Área Local)

Una red de área local permite la comunicación entre dispositivos terminales en ambos sentidos, dentro de un área geográfica pequeña, cuya extensión esta en el orden 10 metros a 1 km., su implementación es en áreas reducidas como una oficina, un centro educativo, entre otras. Generalmente es utilizado para conectar computadoras personales o estaciones de trabajo, con el objetivo de compartir información y recursos.

La velocidad de transmisión con la que trabajan varían entre 10 y 100 Mbps.

II.2.3.2 MAN (*Metropolitan Area Network* o Redes de Área Metropolitana)

Esta clasificación de redes es una versión más amplia de las redes LAN. Utilizando una tecnología muy similar a estas, puede interconectar un grupo de oficinas corporativas cercanas o una ciudad, actuando como una LAN de alta velocidad para compartir recursos o proveer una conexión compartida a otras redes, acoplándose a una WAN.

Principales características de una red MAN

- Son redes que se extienden sobre áreas geográficas urbanas.
- Soportan tasas de transferencia en el orden de los Gbps.
- Capacidad de soportar distintos protocolos de capa 2. Entre las tecnologías más utilizadas se encuentran ATM, Ethernet y Frame Relay.
- Representan redes de alto rendimiento
- Utilizadas por los proveedores de servicio.

II.2.3.3 WAN (*Wide Area Network* o Redes de Área Amplia)

Las redes WAN son aquellas que se despliegan sobre un área geográfica extensa, el cual se puede describir mediante un grupo de redes individuales conectadas a través de largas distancias. Los componentes de una red WAN incluyen:

- Dos o más LAN independientes.
- *Routers* conectados a cada LAN
- Dispositivos de acceso al enlace (L*ink Access Device* LADs) conectados a cada *router*
- Enlaces inter-red de área amplia conectados a cada LAD

En la figura 5 se puede observar un esquema típico de una red de área amplia.

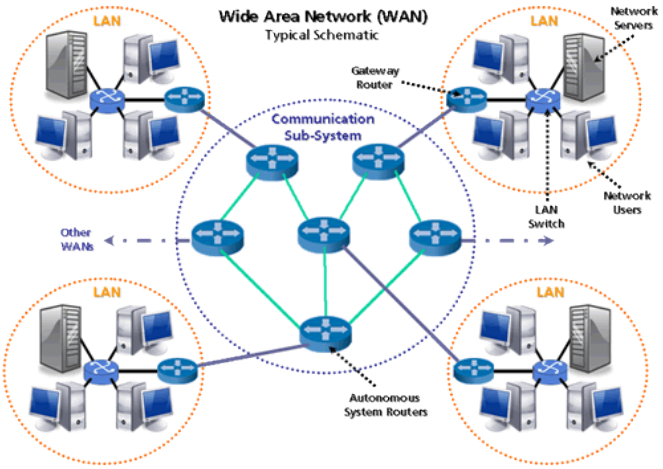

Figura 5, *WAN, fuente:* **(Air-Stream)**

Dentro de los protocolos de capa de enlace para redes WAN se encuentran X.25, Frame Relay, Metro Ethernet, ATM, entre otros. A continuación se explican los que fueron considerados para los propósitos de este trabajo de investigación.

A. Metro- Ethernet

Es una arquitectura tecnológica, la cual tiene como función principal brindar servicios de conectividad MAN/WAN de nivel 2, a

través de UNI's (*User-Network Interface*, o Interfaz de Red del Usuario) Ethernet. Estas redes soportan una gran variedad de servicios y aplicaciones, contando con mecanismos donde se incluye soporte al trafico RTP (*Real Time Protocol*, Protocolo de Tiempo Real), como lo es la Telefonía IP y Video IP. Este tipo de tráfico normalmente es sensible al retardo y al la variación de retardo (*jitter*), pero es muy bien manejado bajo este tipo de tecnología.

Las redes Metro Ethernet, principalmente, se encuentran soportadas por medios de transmisión guiados como el cobre, la fibra óptica y enlaces de radio. Las velocidades de transmisión son de 10 Mbps, 20 Mbps, 34 Mbps, 100 Mbps, 1Gbps y 10Gbps.

Para el área metropolitana, es ideal la fusión entre fibra óptica y cobre, ofreciendo una cobertura total a cualquier servicio a desplegar.

Una red Metro Ethernet es una colección de dispositivos de capa 2 y capa 3 como lo son los *switchs* y los *routers* conectados a través de fibra óptica. La topología implementada puede ser tipo anillo, *hub-and-spoke* (estrella), o malla parcial. La red también cuenta con una jerarquía, que básicamente se compone de: núcleo, distribución y acceso.

Ethernet en una red MAN, puede ser utilizado como puro Ethernet, pero esto implicaría sistemas más económicos, menos fiables y menos escalables, por lo tanto se limitan a pequeña escala. Para mejorar lo antes mencionado se utiliza SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*, Jerarquía Digital Síncrona) como medio de transmisión, soportando un mayor ancho de banda y generando sistemas más flexibles.

Uno de los modelos servicio Metro Ethernet, está compuesto por una red que funciona bajo *switchs Metro Ethernet Network* (MEN), ofrecido por un proveedor de servicios. Los usuarios acceden a la red mediante los CE (*Customer Equipement* Equipamiento de Cliente) los cuales están conectados a través de UNI's a velocidades como 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps ó 10Gbps.

Metro Ethernet está disponible tanto en configuraciones punto a punto como de conmutación, permitiendo:

- Velocidades flexibles por ubicación y aplicación.
- Compatible con el estándar 802.3z.
- Soluciones conmutadas y punto a punto.
- Velocidades de 512kbps – 10Gbps, Full dúplex.

Metro Ethernet utiliza las extensiones familiares de la tecnología LAN de Ethernet y se integra perfectamente con las actuales redes de Ethernet y Fast Ethernet. Utiliza los mismos protocolos y estándares que Ethernet (10 Mbps) y Fast Ethernet (100 Mbps), cumple con el estándar IEEE 802,3z marco, dúplex completo y flujo de operación de los métodos de control.

Beneficios:

- Alta fiabilidad debido a que los enlaces de cobre certificados Metro Ethernet, están constituidos por múltiples pares y los enlaces de fibra óptica se configuran mediante *spanning-tree*.

- Permite el fácil uso e interconexión con Ethernet, ya que se simplifican las operaciones de red, administración, manejo y actualización.
- Los servicios Ethernet reducen el capital de suscripción y operación de 3 formas:

A. Tiene un amplio uso ya que se emplean interfaces Ethernet utilizadas para las soluciones de redes.

B. Los servicios de Ethernet ofrecen bajo costo en la operación, administración y funcionamiento de la red.

C. Le permite a los usuarios tener conexiones de banda ancha a menor costo.

- Posee una gran flexibilidad ya que las redes con conectividad mediante Ethernet permiten manejar de una manera más dinámica y eficiente el ancho de banda y la cantidad de usuarios en corto tiempo.

Conexión Virtual Ethernet (EVC)

Es un enlace virtual que le proporciona al usuario servicios de extremo a extremo atravesando múltiples redes MEN (Metro Ethernet Network). Una conexión virtual Ethernet tiene dos funciones:

- Conectar diferentes UNI's, habilitando la transferencia de tramas entre ellos.

- No permite la transferencia de información entre usuarios que no pertenezcan al mismo EVC, brindando privacidad y seguridad.

Hay dos tipos de conexión virtual Ethernet que son los E-LINE y E-LAN.

E-LINE

Es un servicio que proporciona una conexión virtual Ethernet, mediante un enlace punto a punto entre dos interfaces UNI. Es utilizado para proporcionar conexión Ethernet punto a punto y una gran variedad de servicios.

En la figura 6 se puede observar un enlace punto a punto

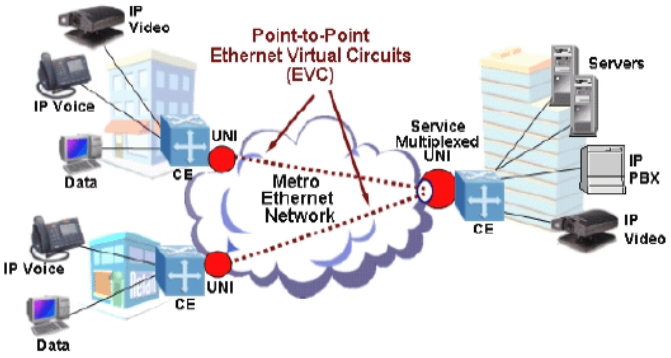

Figura 6, *EVC- Punto a punto*, *fuente*: **(Arias Y., Bastidas, & Guerra, 2011)**

E-LAN

Este tipo de servicio da una conectividad multipunto a multipunto, el cual conecta dos o más interfaces UNI. La información enviada desde un UNI llegara a uno o más destinos UNI

En la figura 7 se puede observar una E-LAN

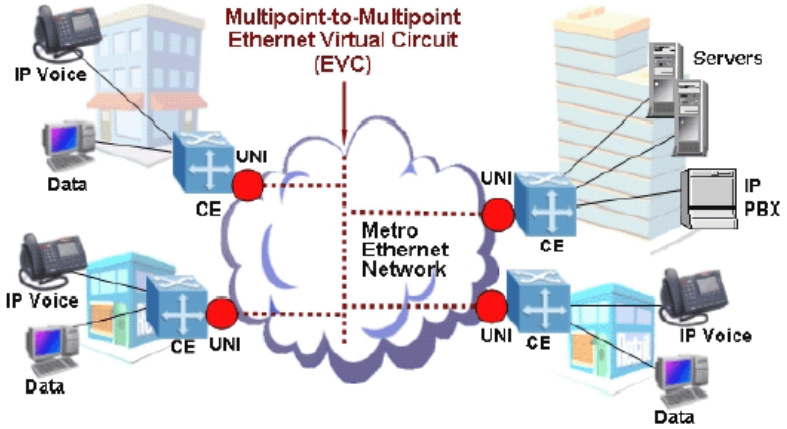

Figura 7, *EVC- multipunto a multipunto*, *fuente:* **(Arias Y., Bastidas, & Guerra, 2011)**

Una E-LAN puede operar con un ancho de banda dedicado o un ancho de banda compartido.

- EPLAN (*Ethernet Private* LAN): Brinda una conectividad multipunto entre dos o más UNI`s, con un ancho de banda dedicado No permite la multiplexación de servicios.
- EVPLAN (*Ethernet Virtual Private* LAN): también llamado VPLS (*Virtual Private LAN Service*), TLS (*Transparent LAN Service*), VPSN (*Virtual Private switched Network*): permite la multiplexación de diversos servicios. (Arias Y., Bastidas, & Guerra, 2011)

II.3 Referencias para el Diseño del Protocolo

II.3.1 Protocolo Mod Bus

El protocolo de comunicaciones industriales Mod BuS fue desarrollado en 1979 por la empresa norteamericana MODICON, y debido a que es público, relativamente sencillo de implementar y flexible, se ha convertido en uno de los protocolos de comunicaciones más populares en sistemas de automatización y control.

Mod Bus especifica el procedimiento que el controlador y el esclavo utilizan para intercambiar datos, el formato de estos datos, y cómo se tratan los errores. No especifica estrictamente el tipo de red de comunicaciones a utilizar, por lo que se puede implementar sobre redes basadas en Ethernet, RS-485, RS-232, entre otros.

Las comunicaciones Mod Bus se pueden realizar en modo ASCII o en modo RTU. En modo ASCII los bytes se envían codificados en ASCII, por cada byte a transmitir se envían dos caracteres ASCII (2 bytes) con su representación hexadecimal. En modo RTU se envían en binario. En el modo ASCII las tramas comienzan por 3AH (carácter ':'), y terminan en 0DH-0AH (CR LF *Carrier Return Line Feed*) y cada byte se envía como dos caracteres ASCII. En modo RTU no se utiliza indicador de inicio y final de trama.

En la figura 8 se puede observar el formato general de las tramas del protocolo MODBUS

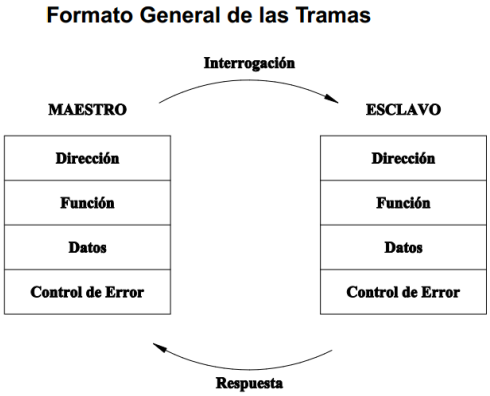

Figura 8, *Formato general de las tramas del protocolo Mod Bus,*
Fuente: **(Automatización)**.

Ya que uno de los objetivos de éste proyecto es diseñar un protocolo de transmisión que se adapte a los requerimientos de las aplicaciones y servicios

de que ofrecerá la RSC., MOD BUS se considera como punto de partida que permitirá el diseño del protocolo de capa de aplicación, debido a que su estructura y forma facilitan el acceso a la información de manera básica pero funcional.

Este protocolo fue clave en el diseño de las tramas del protocolo de la RSC, ya que nos sirvió como referencia al momento de realizar cada uno de los diseños de las tramas del protocolo. Adicionalmente, se consideró y se estudiaron ambas opciones que permiten realizar la comunicación en modo ASCII o modo RTU para la información que será almacenada en cada uno de los campos de las tramas del protocolo de la RSC.

II.3.2 Modelo TCP/IP

TCPP/ IP está basado en un modelo de referencia de 4 niveles, donde todos los protocolos pertenecientes al conjunto de protocolos TCP/IP se encuentran en los 3 niveles superiores de este modelo.

Cada nivel del modelo TCP/IP corresponde a uno o más niveles del modelo OSI que consta de siete niveles.

En la figura 9 se observa la suite de protocolos del modelo TCP/IP

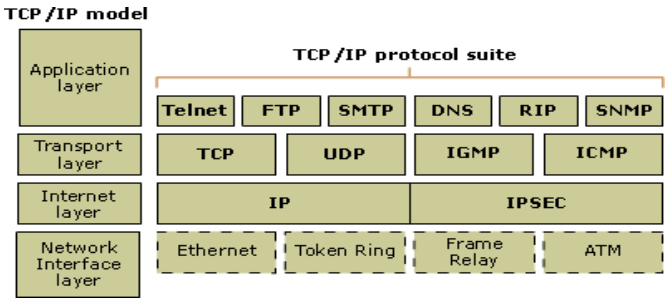

Figura 9, *Modelo TCP/IP y suite de protocolos, fuente:* **(Microsoft)**

Capa Aplicación: Es la que se encarga de definir los protocolos de aplicación TCP/IP y cómo se conectan los programas de host a los servicios del nivel de transporte para utilizar la red. Los protocolos utilizados en este nivel son HTTP, Telnet, FTP, TFTP, SNMP, DNS, SMTP, entre otros.

Capa Transporte: Es la capa que permite la administración de la sesión de comunicación entre los equipos terminales. Define el nivel de servicio y el estado de la conexión utilizada al transportar datos. Los protocolos utilizados son TCP, UDP, RTP

Capa Internet: Es la capa que se encarga de empaquetar los datos en datagramas IP, que posee información sobre la dirección de origen y destino utilizada para reenviar los datagramas entre *host* y a través de la red. Realiza el enrutamiento de los datagramas IP, dentro de los protocolos utilizados se tienen IP, ICMP, ARP, RARP.

Capa Interfaz de red: Especifica de manera detallada el envío de los datos a través de la red, que incluye la señalización eléctrica de los bits mediante los dispositivos de hardware que conectan directamente con un medio de red como un cable de fibra óptica, un cable coaxial o un cable de cobre par trenzado. Las tecnologías utilizadas son *Ethernet*, *Frame Relay*, *Token Ring*, X.25, ATM entre otros. (Microsoft)

un mínimo 3 funcionarios policiales por cada ciudadano, no existen servicios que cuenten con una tecnología de avanzada para mejorar la comunicación y prestación de los mismos. Actualmente, la mayoría de los municipios del país cuenta con un servicio de asistencia de emergencias mediante el C.I.S.E 171 a través de la telefonía móvil o botones de seguridad que están disponibles sólo para los habitantes del mismo. El esfuerzo realizados no es suficiente ya que cada día continúan en aumento los índices de seguridad y emergencias presentadas, generando que los cuerpos de seguridad, protección civil y asistencia médica se vuelven ineficaces, al verse muy limitados, por falta de información y coordinación, para actuar de manera inmediata y prestar así asistencia oportuna a los ciudadanos ante una situación de emergencia. Esta es la razón por la cual TECHNITEL SOLUCIONES, C.A, C.A., empresa venezolana especializada en brindar soluciones integrales de seguridad electrónica, telecomunicaciones y sistemas de TI, propone el presente proyecto, que tiene como objetivo ***diseñar una red de seguridad ciudadana, implementable en cualquier municipio del territorio nacional, que tenga la capacidad de suministrar información a protección civil, seguridad policial y asistencia médica, con el fin de optimizar el funcionamiento de los servicios públicos de seguridad y emergencia, garantizando una respuesta inmediata y efectiva.***

I.2 Objetivos

I.2.1 Objetivo General

Diseñar una red telemática de seguridad ciudadana, para interconectar cuerpos de seguridad, emergencia y población civil.

I.2.2 Objetivos Específicos

1. Definir el conjunto de aplicaciones y servicios implementables en la red de seguridad ciudadana.

2. Evaluar y escoger una alternativa eficiente de trasmisión de información desde el punto de vista técnico y financiero para la red.
3. Realizar la selección de los equipos para el enrutamiento y transmisión de la información en la red.
4. Diseñar un protocolo de comunicación que se adapte a los requerimientos de las aplicaciones y servicios, que cumpla requisitos estándar de seguridad.
5. Realizar una propuesta de las condiciones bajo las cuales debe implementarse la red en cualquier municipio de la nación.

I.3 Alcance y Limitaciones

I.3.1 Alcance

El presente proyecto tiene como alcance el diseño de una red telemática de seguridad ciudadana implementable en cualquier municipio del Territorio Nacional, que permitirá ofrecer soluciones que mejoren la seguridad y calidad de vida de los ciudadanos.

Los aspectos puntuales que comprende el desarrollo del proyecto se basan en la elección del municipio piloto que será tomado como punto de referencia para el diseño de la red.

El diseño de la red incluye: la selección de las tecnologías, medios de transmisión, equipos de enrutamiento, diseño del protocolo de comunicación, cantidad de dispositivos por kilómetros cuadrados, condiciones para su implementación y un análisis de costos del componente de transmisión.

Este proyecto no contempla la puesta en funcionamiento, implementación y simulación del sistema, tampoco incluye el diseño de los

dispositivos que se encontrarán en la capa de acceso de la red, ni la generación de prototipos.

I.3.2 Limitaciones

Las siguientes limitaciones restringirán el diseño de la red telemática de seguridad ciudadana.

- La imposibilidad de acceso a la información necesaria que se desea obtener del municipio piloto seleccionado como base para el diseño de la red, debido a temas de confidencialidad y seguridad.
- A pesar de la excelente organización urbana que posee el municipio piloto seleccionado, no existe una distribución exacta que permita tener un diseño de la red cien por ciento extrapolable que se adapte a cualquier municipio de la nación, ya que estos no siguen un patrón único para su organización debido a las condiciones geográficas que posee el país.

I.4 Justificación

A través del diseño de la red telemática de seguridad ciudadana y los elementos que la componen, se ofrecerá una solución que garantice la eficiencia y respuesta inmediata de los diferentes cuerpos de seguridad, protección civil y asistencia médica, para cubrir las necesidades de los ciudadanos de un municipio cualquiera del territorio nacional, mediante la transmisión de información, usando tecnología de punta.

La red permitirá integrar todos los servicios que ofrecen actualmente las centrales de los cuerpos de bomberos, seguridad policial y asistencia médica, en una central única de operaciones y procesamiento de datos y señales de audio y video, sin

tener que atravesar las actuales cadenas de reporte de un evento o emergencia, lo que permitirá un ahorro de tiempo y por ende una respuesta inmediata y oportuna a la emergencia a ser atendida.

Adicionalmente, se podrán monitorear las unidades de seguridad policial, ambulancias, unidades de rescate, grúas y transporte público, para verificar el cumplimiento de las rutas y actividades asignadas a cada una de estas unidades mediante el uso de los transceptores móviles, diseñados en este proyecto, que son equipos propietarios de la empresa TECHNITEL SOLUCIONES C.A. Adicionalmente, se podrá registrar eventos que proporcionen información a través de dispositivos ubicados en áreas públicas y privadas del municipio a través de los transceptores fijos.

Asimismo, la red permitirá el envío de historias médica y signos vitales de pacientes mediante la evaluación previa realizada por los paramédicos que, posteriormente será enviada a los centros de salud más cercanos a los que se dirigirán las ambulancias. Por otro lado, la red tendrá un nivel de inteligencia capaz de interpretar la información recibida en la central, para tomar decisiones que garanticen la eficiencia del tiempo de respuesta sobre los servicios que ésta ofrecerá.

Capítulo III

Marco Metodológico

El presente capítulo describe la metodología utilizada para la realización del proyecto, y con ello, el logro de los objetivos planteados en este Trabajo Especial de Grado.

III.1.1 Diseño metodológico:

- Tipo de investigación: Las características del problema planteado y el hecho de proponer el diseño de una red telemática de seguridad ciudadana, indican que el esquema más adecuado para desarrollar este trabajo de investigación, es el **Proyecto Factible**. Como metodología, el proyecto factible comprende las etapas generales de diagnóstico, planteamiento y fundamentación teórica del proyecto, procedimiento metodológico para la obtención de información de las fuentes documentales, fuentes vivas y levantamiento de información en la aplicación. Posteriormente se determinan las actividades y recursos necesarios para la ejecución del proyecto, el análisis y conclusiones sobre la viabilidad y ejecutabilidad del proyecto planteado.
- Modelo: El modelo utilizado fue descriptivo, debido a que éste permitió efectuar un estudio estructurado que condujo a la elaboración del diagnóstico, desarrollo del planteamiento teórico y el diseño del proyecto.

III.1.2 Fuentes de información:

- Documentales:
  - ✓ Estándares de la IEEE.
  - ✓ Artículos de estudios realizados en diferentes universidades del mundo.
  - ✓ Tesis elaboradas en el área de la ingeniería de telecomunicaciones.

- Vivas: Las fuentes de información se dividieron por nivel de responsabilidad y se organizaron de la siguiente forma:
  - ✓ Gerente de la empresa TECHNITEL SOLUCIONES, C.A, generador del requerimiento que evidenció la necesidad de dar una solución al problema planteado.
  - ✓ Ingeniero en comunicaciones y electrónica, suministró información acerca de la organización y procedimientos vigentes para atender las necesidades de asistencia y emergencia de los habitantes del municipio.
  - ✓ Técnico superior en electrónica perteneciente al área de monitoreo y mantenimiento de los equipos del C.I.S.E 171 Chacao, proporcionó información que permitió hacer el diagnóstico del problema.
  - ✓ Operadores del C.I.S.E 171 Chacao, demostración de los procedimientos que se ejecutan.
- Población: La tabla 3 contiene la descripción del nivel de responsabilidad y la cantidad de población considerada para el presente trabajo de investigación. El criterio de selección fue el nivel académico, la experiencia técnica y experiencia en el desarrollo trabajo con el fin de hacer una consulta a los expertos.

Nivel de responsabilidad	Cargo
Gerente	Líder de proyectos de la empresa TECHNITEL SOLUCIONES, C.A.
Ingeniero	Supervisor de la Policía de Chacao
Técnico	Mantenimiento y funcionamiento de las tecnologías que emplea el sistema del C.I.S.E. 171 Chacao
Operador	Recibir las solicitudes de asistencia y emergencia que llegan al C.I.S.E. 171 Chacao

Tabla 3: *Nivel de responsabilidad*, *Fuente:* **Propia**

- Muestra: Debido a la que población definida era limitada, se estableció que ésta con la población considerada.
- Técnicas e instrumentos:
  - ✓ Técnicas: Análisis documental y entrevistas.
  - ✓ Instrumentos: resumen de análisis documental y guías de entrevistas.

Siguiendo la metodología de proyecto factible, se dividió el trabajo en ocho fases que permitieron materializar el diseño de una red de seguridad ciudadana (RSC) para un municipio del territorio nacional.

En la figura 10 se muestra el esquema metodológico que se empleó en el proyecto.

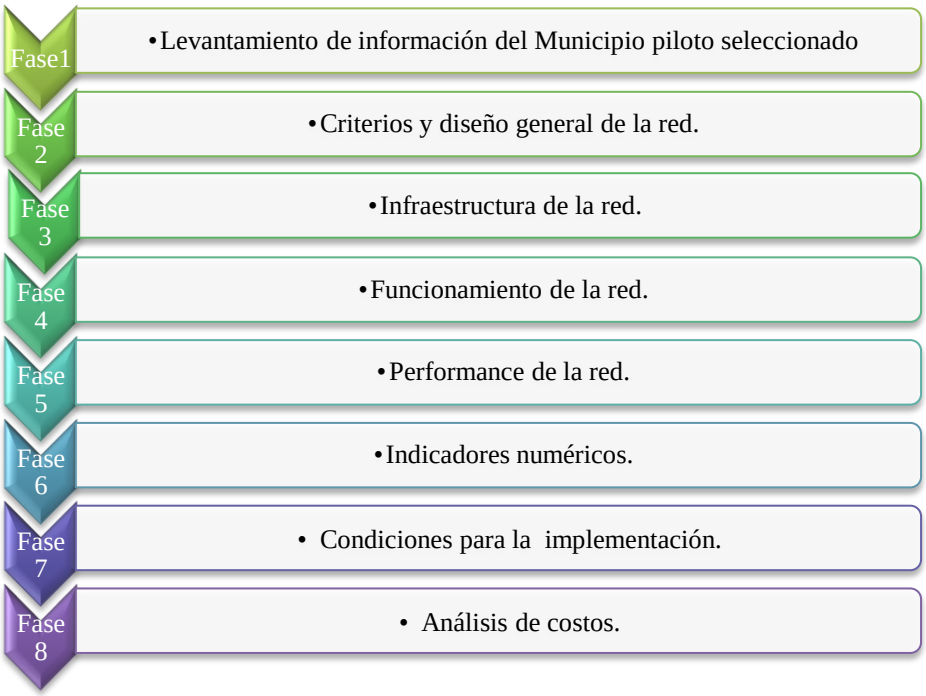

Figura 10 *Esquema metodológico empleado en el proyecto*, **Fuente: Propia**

III.1.3 Metodología Utilizada

Fase 1 Levantamiento de información del municipio piloto:

El criterio para la selección del municipio piloto se definió sobre la base de los siguientes indicadores:

- Ubicación en la capital de la república.
- Densidad de población residencial
- Infraestructura de los servicios de seguridad, emergencia y protección civil
- Disponibilidad de información sobre los servicios de seguridad, emergencia y protección civil

Estos indicadores llevaron al equipo a escoger el Municipio Chacao por las siguientes razones: posición geográfica, urbanismo, cantidad de habitantes, superficie territorial y eficiencia en la gestión de los servicios de asistencia y emergencia.

A través de las entrevistas realizadas a la muestra definida anteriormente, se pudo diagnosticar, conocer y evaluar los servicios de asistencia y emergencia que ofrece el municipio, los procedimientos de atención y respuesta, así como las diferentes tecnologías y medios de transmisión disponibles actualmente para la prestación de dichos servicios.

Fase 2 Criterios y Diseño general de la red.

Se realizó una descripción general del diseño de la RSC, así como el listado de las aplicaciones y servicios que la red ofrecerá y se mencionaron los criterios de diseño empleados en todo el proyecto.

Fase 3 Infraestructura de la red:

De acuerdo a los requerimientos de diseño exigidos por la empresa TECHNITEL SOLUCIONES, C.A, por medio de estudios y análisis se

seleccionaron las tecnologías, medios de transmisión, dispositivos de la red y la topología que será empleada en el diseño de la RSC.

Fase 4 Funcionamiento de la red:

Esta fase se realizó el diseñó del protocolo de comunicaciones que usarán los dispositivos terminales de la capa de acceso de la red, a través un estudio y análisis de los protocolos existentes, así como el diseño de las tramas y la determinación de las reglas y procedimientos que deben llevarse a cabo para establecer la comunicación. Adicionalmente, se eligió la estrategia de enrutamiento que emplearán los equipos de la red.

Fase 5 Performance de la red:

Se determinaron los criterios y consideraciones necesarias para obtener el rendimiento aproximado de los enlaces, velocidades teóricas de transmisión, ancho de banda aproximado que será destinado para los servicios que ofrecerá la RSC y el proceso de *handoff* y *handover* en transmisiones inalámbricas.

Fase 6 Indicadores numéricos:

Por medio de una herramienta de diseño, se pudo obtener indicadores que muestren la densidad promedio de dispositivos y conexiones que debe tener la red por kilómetros cuadrados para poder dimensionarla.

Fase 7 Condiciones para la implementación:

Se realizó una propuesta de condiciones bajo las cuales se debe implementar la RSC en cualquier municipio de la nación. Estas condiciones se establecieron de acuerdo a los requerimientos de diseño exigidos por la empresa TECHNITEL SOLUCIONES, C.A, así como aspectos fundamentales que permitirán la operatividad y rendimiento de la red.

Capítulo IV

Desarrollo y Análisis de Resultados

El presente capítulo muestra el proceso detallado de diseño de la red de seguridad ciudadana, conjuntamente con el criterio utilizado para la consecución de los objetivos del Trabajo Especial de Grado. Dicho proceso se divide en ocho fases explicadas en el capítulo tres, de las que se presentan detalles del desarrollo y los resultados obtenidos.

IV.1 Levantamiento de información del municipio piloto.

IV.1.1 Selección del municipio piloto para la recopilación de información.

La fase inicial de este capítulo consistió en la selección del municipio piloto que sirvió de base para el diseño de la red telemática de seguridad ciudadana (RSC).

Previo al proceso de elección, se realizó una investigación para escoger la región del país que permitiría llevar a cabo el desarrollo del diseño, y se determinó que la ciudad de Caracas por ser la capital, el centro financiero, comercial y cultural de la nación, posee las características necesarias para decidir si uno de los municipios que la conforman, podría ser escogido como base para realizar el diseño de la RSC.

Los municipios que constituyen la ciudad de Caracas (área Metropolitana) son: Sucre, Libertador, Chacao, Baruta y El Hatillo. Éstos fueron estudiados para seleccionar al municipio piloto, según los siguientes criterios:

- Planificación.
- Participación ciudadana.
- Tecnología
- Sistemas de asistencia al ciudadano
- Organización urbana
- Distribución geográfica.
- Densidad poblacional.

Sobre la base de la información obtenida de los municipios mencionados y tomando como referencia los criterios ya descritos, se efectuó una matriz de selección que permitió la escogencia del municipio piloto para el diseño de la RSC. Para cada criterio se determinó un peso de ponderación con los siguientes valores. En la tabla 4 puede observar la ponderación

1	2	3
No Cumple	Cumple parcialmente	Cumple

Tabla 4, *Ponderación***,** *Fuente***: Propia**

El municipio que obtuvo la mayor ponderación fue el que resulto elegido como piloto. En la tabla 5 se presenta el resultado de la matriz de evaluación:

Variable / Municipio	Sucre	Libertador	Chacao	Baruta	El Hatillo
• **Planificación eficiente.**	2	2	3	3	2
• **Participación Ciudadana.**	1	1	3	2	1
• **Tecnología de punta**	2	1	2	2	1
• **Sistemas de asistencia al ciudadano**	1	1	3	1	1
• **Organización Urbana**	2	1	3	2	1
• **Distribución geográfica.**	2	2	3	3	1
• **Densidad poblacional.**	3	3	3	3	1
	13	11	20	16	8

Tabla 5: *Matriz de evaluación,* fuente**: Propia**

Como se puede observar en la tabla 5, el Municipio Chacao fue el que tuvo el mayor peso, por lo que fue tomado como piloto para el desarrollo del diseño de la RSC.

El Municipio Chacao presenta las características siguientes:

- Distribución urbana bastante organizada, con gran cantidad de urbanizaciones distribuidas en cuadras con un tamaño muy similar entre sí, lo que permitió tomarlo como medida estándar.
- Extensión de 13 Km^2.
- Gran densidad poblacional, ya que además de los habitantes del mismo, la población flotante del municipio es bastante elevada por ser uno de los sectores financieros, comerciales y laborales más importantes del área Metropolitana de Caracas.
- Es un municipio turístico, lo que permite que personas de cualquier lugar del país o del extranjero se interesen en visitarlo.
- Cuenta con tecnología que le permite brindar asistencia a los ciudadanos que se encuentran en él.

Según el Instituto Nacional de Estadística, el municipio posee 71.244 habitantes y está integrado por una sola parroquia con las siguientes urbanizaciones: Altamira, El Bosque, Barrio Nuevo, La Castellana, La Manguera, Pajaritos, El Pedregal, Bello Campo, Campo Alegre, Country Club, La Cruz, San José de la Floresta, Los Palos Grandes, La Floresta, Sans Souci y Casco Central

Este municipio ofrece la mejor calidad de vida toda la Gran Caracas, lo que lo convierte en el más atractivo.

IV.1.2 Descripción de los servicios de asistencia al ciudadano que ofrece el municipio.

Una vez seleccionado el municipio piloto, se realizaron varias visitas a los principales centros de asistencia que posee, con el fin de conocer y evaluar los procedimientos de respuesta ante los eventos y emergencias

El servicio de seguridad está a cargo de la Policía Municipal, que cuenta con más de 727 funcionarios policiales, para garantizar la protección de las personas que se encuentren en el municipio. (Chacao). (Ver anexo B)

El servicio está soportado por una tecnología de avanzada, implementada en cámaras IP, ubicadas de forma estratégica en las entradas y salidas de las urbanizaciones, así como en las principales avenidas y calles para monitorear lo que sucede en los accesos al municipio durante las 24 horas del día.

También, cuenta con un centro integral llamado C.I.S.E 171 Chacao que permite recibir y canalizar solicitudes de servicios de seguridad y atención de emergencias en las áreas de policía, tránsito, protección civil, salud y bomberos. Este centro efectúa un seguimiento y control de las solicitudes realizadas por los usuarios, para garantizar pronta respuestas a dichas solicitudes. A su vez, establece un enlace con los organismos públicos del Área Metropolitana de Caracas y el Estado Miranda para lograr apoyo mutuo en materia de seguridad y atención de emergencias.

Su objetivo es coordinar la prestación de los servicios integrados de seguridad y atención de emergencias permanentes, en un tiempo de respuesta oportuno, para asegurar la integridad física de las personas, sus propiedades y bienes. Adicionalmente, mantiene los sistemas de comunicaciones de los institutos de policía municipal, tránsito, salud, ambiente y bomberos metropolitanos.

El C.I.S.E 171 Chacao, está conformado por despachadores, operadores, técnicos y supervisores que se encuentran conectados a través de una Intranet que les permite tener acceso a la información en la red para notificar eventos o emergencias presentadas en el municipio, así como tomar las decisiones pertinentes según el caso

Actualmente, cuenta con diversos tipos de tecnologías y medios de transmisión que le permiten prestar los servicios de seguridad y asistencia. Según el Sr. Rodolfo Peña (técnico en electrónica), perteneciente al equipo de trabajo técnico del C.I.S.E 171 de Chacao, el centro cuenta con 30 radio bases, de 2 enlaces de radio por cada una. Estos trabajan en un rango de frecuencia entre 2.4 MHz y 5.8 MHz, brindando una cobertura hasta de 10 Km. Las radio bases se encuentran distribuidas en todo el municipio de manera estratégica y secreta, y que por razones de seguridad, la ubicación exacta de cada una no fue suministrada.

Asimismo, el municipio posee fibra óptica de tipo multimodo, ubicada a lo largo de la Avenida Francisco de Miranda y en la Avenida Libertador, sin embargo la fibra no se encuentra funcionando porque presenta fallas en diversos tramos y empalmes.

Para el control total de la red vial y seguridad, hay 36 cámaras IP PTZ (*Pan Tilt Zoom*) y parlantes. Las señales de audio y video provenientes de estos dispositivos, viajan a través de la red gracias a la tecnología VoIP (*Voice Over IP*) empleada que permite tener en constante monitoreo

Para que los habitantes del municipio puedan solicitar los servicios de emergencias al C.I.S.E 171 Chacao, deben utilizar la telefonía fija y móvil. Los operadores del centro reciben las llamadas y notifican a los despachadores de servicios, el evento o emergencia presentada, para que estos luego envíen las unidades de asistencia que satisfagan la necesidad de los habitantes. El proceso de atención y despacho de la asistencia se realiza a través de la intranet, que permite

controlar un evento determinado, desde que la llamada es recibida, hasta que el servicio de asistencia ha finalizado.

Por medio de una interfaz, *software* y módulos GPS, puede ser visualizada la ubicación de quien realiza la llamada a través de una referencia directa o automática del número telefónico entrante.

Existen otros medios de comunicación que emplean los habitantes del municipio para comunicarse con el C.I.S.E 171 Chacao, tales como los radios vecinales y botones de emergencia. Estos dispositivos utilizan los enlaces de radio como medio de transmisión.

Los botones de emergencia trabajan en la banda UHF de 400 MHz. Los radios vecinales funcionan como un radio convencional, sin embargo sólo operan con el centro y no con otro tipo de sistemas de radio. Estos dispositivos deben ser adquiridos en la alcaldía para poder hacer uso de los servicios que ofrece el Municipio Chacao.

La tecnología empleada en el municipio brinda soluciones de asistencia, pero dado que los radios vecinales operan en una banda libre, significa que están sujetos a interferencias y que tengan que compartir el canal de comunicación. Esto implica que en determinados momentos, diferentes usuarios ocasionen ruido sobre el canal mientras se efectúa un intercambio de información con el C.I.S.E 171 Chacao, haciendo que el servicio sea un blanco fácil para el saboteo.

A pesar de que el municipio cuenta con botones de emergencias, éstos están distribuidos en lugares donde el acceso es prácticamente restringido, provocando que las personas que no habitan la zona, sólo cuenten con la telefonía móvil o fija para solicitar los servicios de asistencia.

En la actualidad los tiempos de respuesta de los servicios mencionados, son medidos desde que el C.I.S.E 171 Chacao recibe una solicitud de asistencia hasta que el servicio es atendido. Esto se debe a variables como el tráfico, condiciones de

funcionamiento de las unidades (patrullas, ambulancias y bomberos) y a eventos que se presentan en el municipio, son difíciles de controlar. Sin embargo, los tiempos de respuesta deberían medirse hasta que el requerimiento es atendido. Esto se debe variables como el tráfico, condiciones de funcionamiento de las unidades (patrullas, ambulancias y bomberos) y acontecimientos que se presentan a lo largo del municipio, son difíciles de controlar.

Es por esto que la RSC contará con los recursos y dispositivos de necesarios para dedicar canales de comunicación a cada uno de los usuarios que necesiten realizar solicitudes de asistencia, así como controlar variables como el tráfico vehicular y acaecimientos, para garantizar tiempos de respuesta oportunos, entre otros

IV.2 Criterios de diseño general de la RSC.

IV.2.1 Diseño general de la RSC.

El diseño de la RSC está basado en el modelo jerárquico de redes, conformado por la capa de acceso, distribución y núcleo (*core network*), así como del modelo de referencia TCP/IP. Por medio de estos dos modelos se definió la infraestructura, funcionamiento y performance que tendrá la red.

La capa de acceso de la RSC poseerá interfaces usuario red para enviar y recibir información a través de la misma. Asimismo, contará con dispositivos terminales denominados transceptores, encargados de generar el tráfico de la red. En la capa de distribución, se encontrarán *switchs* capa 2 y antenas PMP de radio frecuencia (RF), que tendrán la función de dirigir la información en la RSC. Por último, el núcleo de la red poseerá *switchs* capa 3 y las antenas mencionadas. Estos dispositivos emplean altas velocidades de transmisión, y harán llegar el tráfico proveniente de la capa de distribución hasta la central principal donde será clasificado, procesado e interpretado.

Los Transceptores Móviles, serán ubicados dentro de las patrullas, ambulancias, bomberos, transporte público y grúas, mientras que los Fijos y Capturadores serán distribuidos a lo largo del municipio. La información que será propaga en la red, será generada por los dispositivos mencionados y almacenada en tramas de transmisión.

Por otra parte, la RSC está dividida en segmentos en los que se emplea dos tipo de tecnología de trasmisión: alámbrica e inalámbrica.

Los Transceptores Capturadores usan ambas tecnologías, inalámbrica para recibir el tráfico de los Transceptores Móviles y la alámbrica para transmitirlo hacia la red, mientras que los Transceptores fijos solo usan la alámbrica para enviar la información a través de la RSC.

Para que la información sea procesada por la central, los dispositivos terminales la transmitirán hasta los *switchs* capa 2 más cercanos a la capa de distribución. Adicionalmente, estos estarán conectados a las antenas PMP a través de un medio banda base. Cuando el tráfico llegue a ellas, éste será transmitido de forma inalámbrica hasta el núcleo de la red.

La central principal es el lugar donde converge toda la información que se genera en la red, y es aquí donde será procesada y almacenada por los distinto servidores destinados a administrar y clasificar el tráfico.

En las siguientes fases del desarrollo de este Trabajo Especial de Grado se podrá observar, de manera detallada, cómo se realizó el de diseño de la RSC. En la figura 11 se puede observar las capas del modelo jerárquico usado para el diseño de la red.

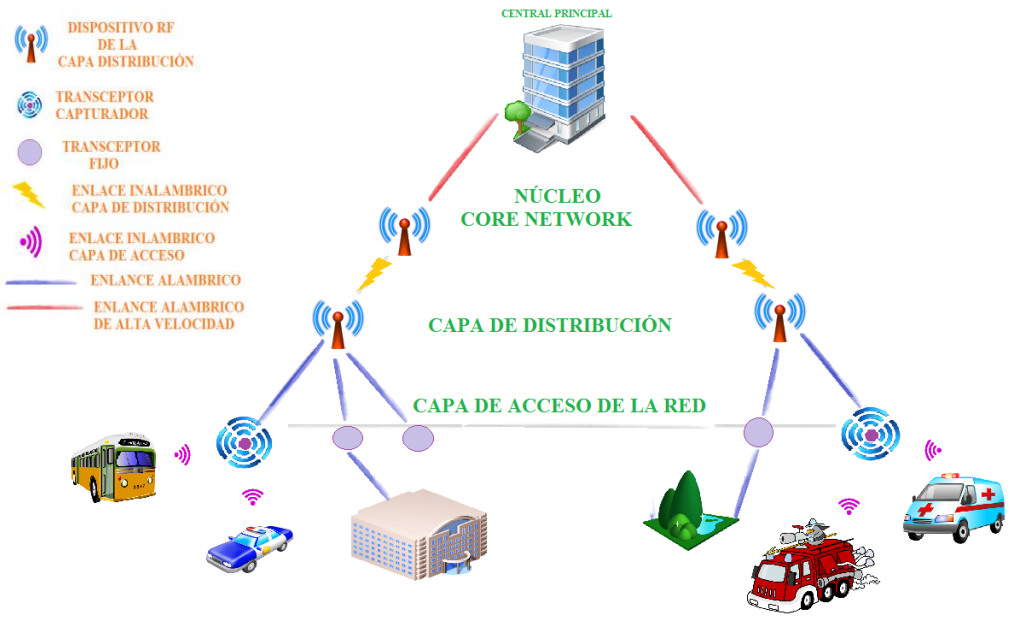

Figura 11, *RSC según el diseño jerárquico de redes*, Fuente**: Propia**

IV.2.2 Servicios y aplicaciones de la RSC.

Esta sección contiene el listado de aplicaciones y servicios de asistencia, emergencia y seguridad que ofrecerá la red para satisfacer las necesidades de los ciudadanos y los requerimientos de los funcionarios que atenderán los mismos.

Sobre la base del diseño de la red, una aplicación es la acción, modo o actividad en la que se realiza la prestación de un servicio.

Los dispositivos terminales de las unidades móviles (patrullas de policía, ambulancias, bomberos, grúas y transporte público) que estén relacionados a ciertos servicios, poseen un proceso de registro y envío de datos hacia la central principal, mediante dos dispositivos, uno ubicado en su interior denominado Transceptor Móvil, y otro situado en la localidad física más cercana (acera, edificios, postes, etc.) llamado Transceptor Capturador o punto de control. Ambos realizan el intercambio

de información y la propagan a través de la RSC por medio de tramas de transmisión, diseñadas para cada uno de los servicios, así como de tramas de registro.

Las tramas de transmisión y registro son generadas por los propios equipos terminales de la capa de acceso de la red (Tranceptores Móviles, Capturadores y Fijos), contienen información relacionada tanto a los servicios y aplicaciones como al dispositivo, mientras que la de respuesta es producida por la central principal e incluye mensajes de réplica. Estos dispositivos contarán con módulos de RF y Ethernet para poder establecer la comunicación y realizar el intercambio de datos con la central principal.

La función del punto de control es transmitir constantemente la trama de registro que abarca información de la identificación del punto, hora y fecha en la que se realiza el reconocimiento de las unidades mencionadas, así como su ubicación según las coordenadas geográficas.

Para efectuar el intercambio de información, el Tranceptor Capturador, por medio del módulo RF, debe reconocer la unidad móvil que se encuentre dentro de su radio de cobertura para proceder al envío de datos. Una vez reconocida, el dispositivo mencionado enviará la trama de registro al Transceptor Móvil para que sea añadida en la de transmisión.

Luego de integrar ambas tramas en una, el Transceptor Móvil se encargará de transmitirla al Tranceptor Capturador para que ésta, a través de su módulo Ethernet, sea propagada en la red.

Los servicios que emplean dispositivos terminales como Transceptores Fijos para difundir información en la red, poseen otros mecanismos para establecer la comunicación y realizar el intercambio de datos con la central.

La central se encargará de recibir, registrar, procesar e interpretar cada uno de los datos obtenidos, así como las señales de audio y video captadas por las cámaras

que pertenecerán a la red, mediante el uso de *softwares* que tendrán los diversos servidores. Las señales de audio y video viajarán través de la RSC por medio de protocolos de transmisión como: RTP, RTCP y UDP, utilizando SIP como protocolo de señalización, lo cual serán explicados en la fase de Funcionamiento de la red. De acuerdo al tipo de información que reciba la central, ésta enviará una trama de respuesta a los dispositivos que la necesiten.

Las aplicaciones y servicios que transmitirán de forma inalámbrica información del control y monitoreo de unidades como: seguridad policial, ambulancias, bomberos, grúas y transporte público, combinarán tecnología de posicionamiento satelital (GPS), dispositivos inalámbricos (RF), electrónica y diversos protocolos de comunicación.

El control y monitoreo permitirá conocer la ubicación de las unidades móviles dentro del municipio, así como la actividad asignada que se encuentren ejecutando, tales como:

- Patrullas de seguridad: rondas de patrullaje, puntos de control o alcabalas, control del tránsito y asistir eventos.
- Ambulancias: asistir emergencias.
- Transporte público: transitar rutas.
- Bomberos: división de rescate y brigada forestal.
- Grúas: auxilio vial.

Al presentarse un caso que amerite el uso de los servicios de asistencia y emergencia, la central determinará la unidad disponible más cercana al lugar para la asistencia a las personas, garantizando tiempos de respuesta oportunos.

A continuación se mencionan los servicios y aplicaciones que ofrecen el control y monitoreo de las unidades:

A. <u>COPA: Control de Patrullas</u>:

Será implementado en las unidades patrulleras que conforman la flota de la policía municipal, para mejorar la seguridad de los ciudadanos. Los cuerpos policiales actuarán de manera inmediata, de acuerdo a la naturaleza de los hechos presentados dentro del municipio.

Aplicación:

Control y Monitoreo de Unidades Patrulleras: En el caso de presentarse eventos particulares, los oficiales asignados a las patrullas, considerando su criterio y atribuciones, podrán asignar un modo de operación para instalar una alcabala o punto de control de seguridad vial, y así monitorear y registrar actividades o comportamientos inusuales de los habitantes. Este modo permite al sistema de la red, estar al tanto que la unidad no se encuentra disponible para realizar otro tipo de actividad y será la última en incorporarse ante una eventualidad en caso suscitarse de emergencia.

B. <u>MOAM: Monitoreo de Ambulancias:</u>

Servicio a ser realizado por las ambulancias del municipio. En él podemos encontrar una aplicación que permitirá a los paramédicos, actuar y responder de manera inmediata.

Aplicación:

Transmisión de Signos Vitales: Consistirá en la transmisión de los signos vitales del paciente que se encuentre en la ambulancia a través del Transceptor Móvil, hacia el centro de salud más cercano, para informar al personal médico la gravedad del paciente y disponer de los recursos necesarios para asistirlo o remitirlo a otra clínica u hospital.

De acuerdo a los datos obtenidos de la ubicación de la ambulancia, la central principal determinará el centro de salud más cercano al que debe dirigirse.

Uno de los paramédicos debe llenar en una plantilla en el formato de texto (.doc, txt), los signos vitales y añadir información adicional que sea relevante sobre la salud del paciente. Una vez completada la forma, los datos que se encuentren en ella serán transmitidos al hospital más cercano del municipio. Para ello será necesario que el Transceptor Móvil perteneciente a este tipo de unidad, tenga un teclado para introducir información necesaria, así como una pantalla donde pueda observarse el llenado.

C. Transporte Público:

Permitirá a los ciudadanos del municipio saber el tiempo de espera para el arribo del transporte público en cada una de las paradas de la ruta asignada.

Aplicación:

Control y monitoreo de rutas: Permitirá determinar el tiempo promedio de llegada de la unidad en todas las paradas. La central principal procesará la ubicación de la unidad y utilizará un algoritmo que emplea la velocidad promedio de circulación y la distancia por recorrer para llegar a cada una de las estaciones.

D. Bomberos:

Por medio de este servicio, la división de rescate y brigada forestal intervendrán para proteger la integridad física de los habitantes del municipio y los bienes de éstos producto de fenómenos naturales, incendios, entre otros.

Aplicación:

Control, Monitoreo y solicitud de las Unidades de Rescate de los Bomberos: Los modos de operación que serán utilizados a través de este servicio

son los de división de rescate y brigada forestal. Por medio de esta aplicación la central conocerá cuál de éstos será empleado para atender adecuadamente las diferentes eventualidades (incendios, derrumbes, deslaves, etc) y determinar si las unidades de rescate que serán asignadas cuentan con los recursos necesarios para manejar la situación. En casos de no poder controlarlas, se les designaran otras unidades para dar apoyo y refuerzos.

E. Grúas:

Se brindará el servicio de grúas para atender la demanda de los usuarios que requieran de la asistencia vial dentro del municipio.

Aplicación:

Control, Monitoreo y Solicitud de Grúas: Se llevará a cabo por medio del control y monitoreo de las grúas para conocer la ubicación de las mismas y la actividad que realiza (activa o inactiva).

El resto de las aplicaciones y servicios que serán mencionadas en esta sección, transmiten datos de forma alámbrica a través de los dispositivos Transceptores Fijos, empleando las tramas diseñadas para cada uno de los servicios. La información que será propagada en la red a través de los módulos Ethernet, será originada por los propios dispositivos mencionados.

A. Asistencia al Ciudadano:

Los ciudadanos podrán solicitar servicios de asistencia a través de los dispositivos transmisor/receptor denominados “Transceptores Fijos”, que estarán ubicados en puntos específicos del municipio. Éstos permitirán el intercambio de información entre la central principal y los habitantes, para notificar un acontecimiento presentado.

Este servicio dispondrá de dos aplicaciones para auxiliar a las personas en diferentes áreas del municipio. Cada una posee una trama de transmisión que le permitirá almacenar información necesaria que debe ser procesada por la central principal.

A través de este tipo de dispositivo terminal, la central le hará saber a los usuarios que sus requerimientos serán atendidos a la brevedad posible, por medio de códigos de respuesta que serán emitidos y desplegados en pantallas y parlantes de los Transceptores.

Aplicaciones:

Asistencia en Áreas públicas: Las áreas públicas y de recreación pertenecientes al municipio como plazas, parques, bibliotecas, entre otros, contarán con Transceptores Fijos, que permitirán la comunicación entre las personas y la central principal en el caso de presentarse un hecho que así lo amerite. Se contempla la ubicación de cámaras en puntos específicos para obtener imágenes de lo que ocurre durante del día, así como parlantes que se encargarán de emitir señales de audio proveniente de la central principal. La cantidad de Transceptores Fijos que estarán asignados para este tipo de aplicación, serán determinados de acuerdo al número de habitantes que transiten diariamente por un área en determinada.

El Transceptor Fijo contará con un botón para desbloquear el dispositivo y con otro tipo de botones que emitan señales y llamados hacia la central para indicar el grado de la emergencia presentada. Vale destacar que mediante el uso de las cámaras se podrá determinar si se trata de actos de vandalismo o falsa alarma.

Para poder establecer la comunicación y hacer el intercambio de información entre usuario y la central, será necesario desbloquear el Transceptor

Fijo, de lo contrario no se podrá establecer la comunicación con la red, e informar acerca del acontecimiento.

Intercomunicación para Áreas Privadas: Por medio de esta aplicación y dispositivos Transceptores Fijos ubicados en áreas o espacios privados que se encuentren en el municipio tales como: oficinas, locales comerciales, zonas residenciales, casetas de vigilancia, entre otros, permitiría a los habitantes del municipio comunicarse con la central principal para notificar el evento. Sin embargo, es necesario que las personas, empresas y/o instituciones interesadas realicen la petición del servicio de "Asistencia al ciudadano" para adquirir el dispositivo, de lo contrario tendrán que utilizar el método tradicional (telefonía móvil y fija) para informar la emergencia.

En caso de haber realizado la solicitud del servicio, el Transceptor Fijo asignado establecerá la comunicación con la central principal con sólo presionar uno de los botones del dispositivo, que permitirá realizar la llamada de emergencia e informar el acontecimiento presentado.

Además de contar con los botones que realizan llamados de emergencia, este dispositivo dispondrá de una pantalla y un parlante en los que se podrán mostrar y escuchar mensajes de respuesta provenientes de la central. El usuario conocerá si su solitud fue recibida por la central principal cuando ésta envíe un código a través de la trama de respuesta y se despliegue el siguiente mensaje: *"Solicitud recibida, en breves minutos será atendida".* Para ver la codificación de los mensajes de respuesta, ver apéndice C en la tabla 38

Se dispondrá de un botón que sólo debe ser presionado en casos de asaltos, secuestros, entre otro tipo de circunstancias definidas como situaciones extremas. Cuando éste sea presionado, el Transceptor Fijo enviará una señal BEE (señal de Botón de Emergencia Extrema) hacia la central principal. Esta señal hará que se active una alarma sobre una interfaz que permitirá visualizar de forma geográfica

la ubicación del botón BEE pulsado. Dicho botón no formará parte del dispositivo Transceptor Fijo, sin embargo se entregará e instalará cuando se haga la petición del servicio. La señal será transmitida de forma alámbrica hacia la red.

Aquellas personas que hagan la solicitud del servicio de asistencia al ciudadano a través de la aplicación de "Intercomunicación para Áreas Privadas", podrán añadir cámaras de vigilancia.

B. C.A.L.E: Controlador, Alarmas y Luces Estroboscópicas.

El servicio permitirá informar a las personas con vehículos particulares que hagan uso de las principales avenidas y calles del municipio, que deben despejar las vías y dar paso a las ambulancias, bomberos y patrullas policiales, mediante una señal de alerta que será activada a través de un dispositivo ubicado en las tanquillas eléctricas que alimentan y controlan a los semáforos del municipio.

Este dispositivo denominado "Controlador" tiene la función de intervenir los equipos de control del semáforo y estará cableado al Transceptor Capturador más cercano, ya que a través de la red y el dispositivo terminal mencionado, la central principal podrá enviar una señal de alerta al Controlador para que éste active las alarmas y luces estroboscópicas que serán colocadas en los diferentes semáforos.

La central, a través de la trama de respuesta, enviará la señal de alerta o código de operación para la activación de las alarmas (ver apéndice C tabla 38) cuando el sistema detecte que una unidad móvil se encuentra prestando un servicio y necesite dirigirse a un lugar en específico. Para que éstas sean desactivadas, la unidad mencionada debe salirse del radio de cobertura del Transceptor Capturador que realizó la conexión previa entre el Controlador y la red.

C. POVI (Policías Virtuales):

Consistirá en el monitoreo de zonas de bajo y alto tráfico vehicular y peatonal a través de cámaras y parlantes, con la finalidad de llevar un seguimiento constante de las actividades que se realicen en dichas zonas. En caso de que se genere una situación de emergencia, la central principal observará lo que ocurre en tiempo real, lo que permitirá reaccionar y hacerle saber, de manera inmediata, a los diferentes cuerpos de asistencia (salud, policial, bomberos y protección civil) el hecho presentado.

Además de monitorear las zonas mencionadas, este servicio poseerá una vinculación con el servicio C.A.L.E (Controlador, Alarmas y Luces Estroboscópicas), ya que las cámaras y los parlantes deberán cablearse con el Controlador para poder comunicarse con el Transceptor Capturador, y así transmitir desde este punto las imágenes obtenidas, a la central principal a través de la red, además de emitiría señales de audio proveniente de la central por medio de los parlantes.

D. Intercentrales

El servicio permitirá la interconexión entre los cuerpos que prestan servicios de asistencia y emergencia en una sola sede (central principal), a través de la RSC, para poder compartir recursos, simplificar la comunicación y acortar el tiempo de respuesta ante de las solicitudes de asistencia generadas por los habitantes del municipio.

La prestación del servicio se llevará a cabo a través de los dispositivos Transceptores Móviles y Fijos de la red, con la finalidad de asistir de manera inmediata las necesidades de los habitantes, y garantizar la integridad física de los cuerpos de seguridad, salud, protección civil y bomberos, que prestan los servicios mencionados.

Para poder establecer la interconexión, todos los dispositivos Transceptor Móviles y Fijos deberán contar con botones capaces de emitir y enviar señales de alarma hacia las diferentes centrales, para informar el hecho.

Los botones estarán clasificados de acuerdo al grado de emergencia que puede presentarse en el municipio. De esta manera los ciudadanos podrán activar el botón que les sea útil. Esto permitirá interconectar los servicios que la red ofrecerá a través de un solo dispositivo por medio de los botones mencionados. Ésta interconexión garantizará una reducción en el tiempo de respuesta ya que toda la información emitida será procesada en la central principal, y ésta a su vez, se encargará de otorgar la asistencia requerida de acuerdo a la emergencia generada.

Asimismo, a través de estos botones, los cuerpos de asistencia se podrán solicitar refuerzos o la intervención de otros cuerpos de asistencia para cubrir irregularidades o acontecimientos críticos que no puedan ser controlados con sólo presionar aquel botón que necesiten, lo que permitirá garantizar la integridad física de cada uno de los cuerpos de servicios pertenecientes al municipio. La clasificación y descripción de cada uno de los botones están representadas en la tabla (27) ubicada en el apéndice B, en la cual se observan los grados de emergencia, sus nombres y funciones.

La información que transmitirá cada Transceptor Móvil y Fijo está relacionada con el servicio al cual haya sido asignado dicho dispositivo, sin embargo deberán colocar los botones de emergencia sobre la estructura física de cada uno para suministrar información, del o los botones, que sean presionados.

En la figura12 se observa la distribución de los servicios y aplicaciones que ofrecerá la RSC. En el primer nivel se encuentra la red, en el segundo los servicios y en el tercero las aplicaciones.

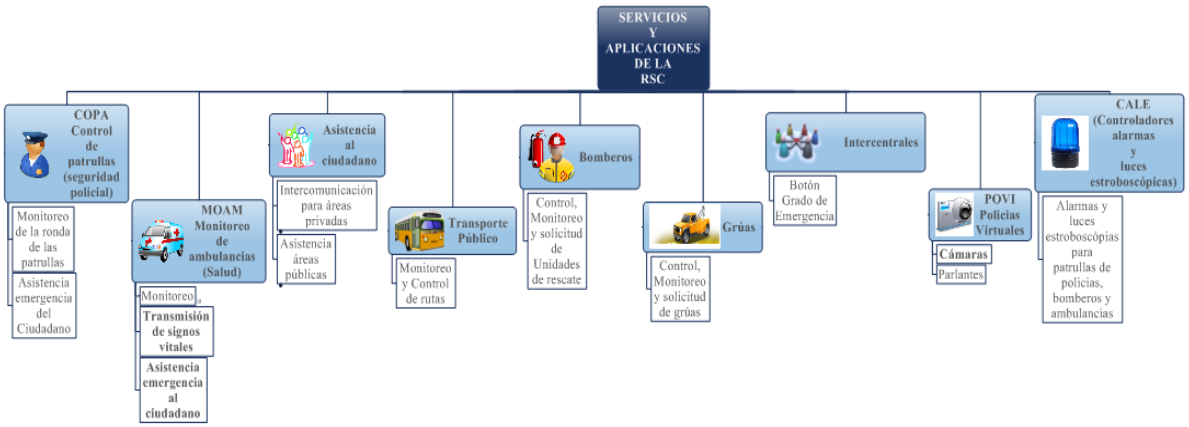

Figura 12, *Servicios y aplicaciones de la RSC***,** Fuente**: Propia**

IV.2.3 Criterios de diseño de la red.

El diseño de la RSC se llevó a cabo bajo las premisas de ***"Eficiencia de transmisión"*** y ***"Red de arquitectura propietaria"***.

Como los servicios que ofrecerá la RSC son masivos y se quiere evitar sobre cargas, la primera determinó cómo funcionarán sus recursos para garantizar altas velocidades de transmisión en todos los puntos, y usar de manera eficiente, el ancho de banda destinado al tráfico de la red. La segunda influyó en la decisión de usar únicamente equipos de la empresa TECHNITEL SOLUCIONES C.A en la capa de acceso de la red.

La selección de las tecnologías de transmisión que serán empleadas en los segmentos alámbricos e inalámbricos, se basó en los requerimientos de diseño exigidos por la empresa, ya que no se quiere depender de proveedores de servicio de telecomunicaciones para que la red opere.

IV.3 Infraestructura de la red.

Las consideraciones tomadas para el diseño de la infraestructura de la RSC se basaron en el modelo jerárquico de las capas de red, tecnologías y medios de

transmisión, equipos de enrutamiento y la topología de red que será empleada, así como las premisas de diseño exigidas por la empresa TECHNITEL SOLUCIONES C.A

IV.3.1 Análisis de tecnologías existentes.

Antes de realizar la elección de las tecnologías que serían utilizadas para la trasmisión de datos, audio y video en tiempo real, se elaboró un análisis comparativo de los aspectos y características más importantes que poseen para la transmisión de información. En la tabla 6 se pueden observar las características de las tecnologías más empleadas en sistemas de telecomunicaciones.

Características	TECNOLOGÍAS					
	INALÁMBRICAS			ALÁMBRICAS		
	WIMAX	WIFI (802.11 a-g)	MICROONDAS	ETHERNET	FRAME RELAY	ATM
TX en Tiempo real	Si	Si	Si	Si	No	Si
Tasa de bits (Mbps)	70	54	40 – 200	10, 100,1000	44,476	155 - 2500
Alcance (Mts)	15000	350	40000 promedio	Dependen del medio de Tx Guiado (Fibra, par trenzado, cable coaxial)	Dependen del medio de Tx Guiado (Fibra, par trenzado, cable coaxial	Dependen del medio de Tx Guiado (Fibra, par trenzado, cable coaxial
Soporte de datos, audio y video	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Dificultad de instalación	Intermedia	Intermedia	Intermedia	Alta	Intermedia	Intermedia
Tecnologías soportadas	IP,SDH, PDH,ATM , Frame Relay	IP, ATM, Frame Relay	Radio Frecuencia	PDH y SDH	PDH y SDH	PDH y SDH
Depende de proveedores de servicio	Si	No necesariamente	No necesariamente	No	Si	Si

Tabla 6, *Comparación de tecnologías***,** Fuente: **Propia**

La selección de las tecnologías que serán utilizadas en el diseño de la RSC, se basó en la forma de transmitir la información hacia el núcleo de la red.

Después de haber estudiado, analizado y comparado las tecnologías para la transmisión de datos, audio y video en tiempo real, se descartaron aquellas de acceso alámbrico e inalámbrico que dependen directamente de proveedores de servicios de

telecomunicaciones para su implementación, ya que desde el punto de vista técnico, implicaría tener un acceso restringido a la administración, seguridad, disponibilidad y confiabilidad de la red, además de, generar elevados cargos por facturación.

El objetivo de diseño es la creación de una red propietaria y autónoma, que no posea dependencia alguna técnica ni administrativa por terceros, básicamente por temas de seguridad y costos.

Debido a que el diseño de RSC contempla dispositivos de acceso que manejarán dos tipos de tecnologías (alámbrica e inalámbrica), se seleccionaron módulos de radio frecuencia (RF) y de comunicación mediante el protocolo Ethernet, que serán integrados a dichos dispositivos, para la transmisión a través de la red. El funcionamiento de estos módulos, se regirá bajo los estándares de la IEEE 802.11p (para entornos móviles) y 802.3 (Fast Ethernet) mencionados en el capítulo II.

El estándar de la IEEE 802.11 se caracteriza por ser escalable y adaptable. La elección de la versión del estándar que será usada dependerá de las bandas de frecuencias libres o licenciadas que se deseen utilizar, así como de otros aspectos tales como radio de cobertura y patrón de radiación que deben considerarse al momento de realizar las pruebas e implementación.

La transmisión alámbrica se realizará a través de los módulos Ethernet de acuerdo al estándar IEEE 802.3 mencionado en el Capítulo II, ya que se debe recolectar toda la información captada por los dispositivos de la capa de acceso de la red en dichos módulos y enviarla a la central principal para que sea procesada e interpretada a través de los dispositivos de capa de distribución y núcleo que emplearán Fast Ethernet y MetroEthernet respectivamente, como tecnologías de transmisión.

Las tecnologías de acceso alámbrica e inalámbrica a utilizarse en la RSC, deben ser capaces de brindarle máxima cobertura al municipio donde se hará la

implementación, con alta confiabilidad y velocidades adecuadas, ya que es necesario recoger todos los datos transmitidos por los puntos de acceso de la red, y enviarlo a la central principal para que ésta se encargue de procesarlos.

De igual modo, será necesario que la estructura física de la red sea lo menos invasiva posible, porque los dispositivos serán ubicados tanto en áreas privadas como en áreas públicas, brindándole servicio a todos los ciudadanos que se encuentren en el municipio.

Las tecnologías seleccionadas cumplen con los requerimientos y premisas de diseño exigidas por la empresa “TECHNITEL SOLUCIONES

IV.3.2 Medios de transmisión.

Con el fin de dar la máxima flexibilidad a la RSC, la red se diseñó tomando en cuenta los medios de transmisión alámbrica e inalámbrica.

IV.3.2.1 Medios de transmisión alámbrico.

La RSC fue estructurada tomando como referencia el modelo jerárquico de redes constituido por 3 capas a saber: núcleo, distribución y acceso. Las características de este modelo apoyaron la selección de los medios de transmisión que han de constituir la red antes mencionada.

En la capa de acceso, se realizará la transmisión alámbrica utilizando el protocolo Ethernet (802.3) de 100 Mbps por interfaz, mejor conocido como Fast Ethernet, el que será implementado sobre cableado UTP CAT 6A, bajo el estándar de la TIA/EIA-568-B.2-10; lo que garantiza 100 metros sin pérdidas al usar los componentes adecuados para CAT 6A, que permite operar a una frecuencia máxima de hasta 500 MHz, soportando aplicaciones con altas velocidades de transmisión hasta 10Gbps Ethernet por canal. Este cableado será instalado desde los

Transceptores Fijos y Capturadores, que son los equipos que pertenecen a la capa de acceso de la red.

La capa de distribución estará conformada por los *switchs* de capa 2 (enlace) que se conectarán con los equipos de la capa de acceso. Dichos *switchs*, a su vez, irán conectados con el mismo tipo de cableado UTP CAT 6A, hasta el modulo de RF. Adicionalmente, la central principal contará con dispositivos interconectados con el medio de transmisión antes mencionado, hasta el cuarto de telecomunicaciones que formará parte de la capa de núcleo de la red.

La capa de núcleo se diseñó con una topología tipo anillo que utilizará fibra óptica (FO) monomodo que irá conectada hasta el ODF (*Optical Distribution Frame /* Armario de distribución de la fibra óptica*)* ubicado en el *entrance room* (Cuarto de distribución) de la edificación en donde vaya a funcionar el centro de operaciones y los servidores. En este punto se cambiará el tipo de fibra, de monomodo a multimodo, ya que esta última puede ser utilizada para distancias más cortas (como las que se encontrarán dentro del edificio) con un máximo de 3km. aproximadamente, siendo a su vez más económica y teniendo como beneficio un ahorro en el costo de implementación en la RSC. Este tipo de fibra se tenderá hasta el *Telecommunications Room* (Cuarto de telecomunicaciones) de la central principal.

Vale destacar que la fibra monomodo tiene la capacidad de transmitir señales en el mayor ancho de banda posible, siendo ideal para la transmisión en largas distancias, permitiendo un máximo de aproximadamente 80 km., con un emisor de luz tipo láser. Esta fibra posee una atenuación más baja que la multimodo.

La capa de núcleo al ser la capa de transporte de la red MAN, debe contar con dos hilos de fibra para establecer un canal de comunicación (enviar y recibir) entre dos puntos. También, se deben considerar dos hilos de respaldo, dando un total de cuatro hilos de fibra como mínimo. En este diseño, se recomienda el uso de fibra óptica de 12 hilos, lo que permitirá utilizar los hilos mínimos requeridos (4) y los 8

restantes podrán servir como respaldo o ser arrendados. Esto último permitiría obtener un beneficio adicional al municipio y amortizar parte de la inversión.

IV.3.2.2 Medios de transmisión inalámbrico.

La capa de acceso y la conexión que hay entre las capas de distribución y núcleo, emplearán radio enlaces RF como medio de transmisión inalámbrica, porque no sería factible cablear un municipio completo con un medio de transmisión alámbrica por los altos costos que esto representaría.

IV.3.3 Equipos de Red.

En esta sección se podrán observar la clasificación y las características básicas con las que deben contar los dispositivos de enrutamiento escogidos para la capa distribución y de núcleo de la red

Dispositivos para la capa de distribución:

Antenas Punto a Multipunto

- **Módulo Suscriptor**

Se puede observar un ejemplo de un modulo suscriptor en la figura 13

Figura 13, *Modulo Suscriptor***,** Fuente: **(Cambium Networks)**

Características:

- Banda de guarda configurable en 5MHz.

- Banda de frecuencia 5470-5877 MHz.
- Ancho de canal 10 MHz o 20 MHz
- Capa física: 2x2 MIMO y OFDM como tecnología para acceso al medio.
- Interfaces de Ethernet 10/100BaseT full duplex
- Protocolos utilizados : IPv4, UDP, TCP, ICMP, SNMP, telnet, HTTP,FTP
- VLAN 802.1ad, 802.1Q.
- Sensibilidad del receptor nominal por canal de 100 MHZ: OFDM: 2X=-86, 4X=-79, 6X=-72.
- Sensibilidad del receptor nominal por canal de 20 MHZ: OFDM: 2X=-83, 4X=-76, 6X=-69.
- Niveles de modulación (adaptativa): OFDM: QPSK, 16-QAM, 64-QAM.
- Rango cobertura máximo: hasta 25 millas con un reflector tipo plato.
- Latencia de 3-5 ms.
- Encriptación 56-bit DES, FIPS-197 128-bit AES.

❖ **Punto de Acceso (*Access Point*).**

Se puede observar un ejemplo de *Access Point* en la figura 16

Figura 14, *Access Point***,** Fuente: **(Cambium Networks)**

Características:

- Interfaz de agregado de 90Mbps.
- Tecnología de acceso al medio OFDM.
- MIMO (*multiple in multiple out*)
- Interfaces Ethernet 10/100BaseT full duplex.
- Rango de Frecuencia 5470-5875 Mhz.
- Permite 200 Subscriptores.
- Latencia de 3 – 5 ms.
- Rango máximo permitido 25 millas.
- Niveles de modulación OFDM:QPSK, 16QAM, 64-QAM (MIMO-B).

Encriptación 56-bit DES, FIPS-197 128-bit AES

Dispositivos para la capa de distribución

***Switch* Capa 2**

Se puede observar un ejemplo de switch de capa 2 en la figura 14

Figura 15, *Switch Capa 2***,** Fuente: **(Cisco Systems, 2009)**

Características:

- Veinticuatro (24) puertos 10/100 switch RJ-45 con MDI (*Automatic Medidum Dependent Interface*).
- Cuatro puertos (4) 10/100/1000 switched RJ-45 con detección de cable automática de MDI/MDI-X.
- 2 puertos convertidores mini-GBIC (*Mini Gigabit Interface Converter)* para la interconexión de fibra óptica o par trenzando.
- QoS a través de técnicas avanzadas usando 802.1p, para diferenciación de los tipos de servicios y especificaciones que prioriticen tráfico.

- Configuración y monitoreo desde navegadores estándares.
- Administración de seguridad remota a través de SSH (*Secure Shell*) y SSL para la seguridad del canal.
- 802.1Q basado en VLANs, que permite la segmentación de la red para mejora el rendimiento y seguridad.
- PVE (*Prívate VLAN Edge*) para simplificar la separación de las conexiones de visitantes o de la red autónoma
- Administración de la red simple mediante SNMP versión 1, 2c y 3.
- Fácil instalación.

Dispositivos para la capa del núcleo:

***Switch* MetroEthernet capa 3**

Se puede observar un ejemplo del Switch MetroEthernet en la figura 15

Figura 16, *Switch Capa 3 MetroEthernet***,** Fuente: **(Cisco Systems, 2009)**

Características:

- 24 puertos Gibabit Ethernet SFP UNI (user network interface).
- 4 puertos Gibabit Ethernet SFP de uplink/trunk .
- 2 puertos adicionales de 10 Gibabit Ehertnet X2 uplink. (10 Gigabit Ethernet LR, 10 km on single-mode fiber (SMF) (G.652).
- Puertos de *switch* capa 2 y VLAN trunk.
- Encapsulación por medio del estándar IEEE 802.1Q VLAN.
- DTP (*Dynamic Trunking Protocol*).

- PVST+ (Per-VLAN Spanning tree protocol plus) y PVRST (Per-VLAN Rapid.
- Spanning Tree protocol.
- Enrutamiento IP Estatico.
- Compatible con protocolos de enrutamiento dinámicos EIGRP, OSPF, RIP y RIP2.
- Permite una rápida convergencia a través de OSPF/EIGRP.
- Soporte IPv6.
- *Virtual Router Redundancy Protocol* (VRRP).
- Configuración QoS por Puerto.
- QoS por VLAN.
- Administración mediante SNMP.

.

IV.3.4 Topología de la red.

Siguiendo los criterios de diseño general de la RSC, la topología de la red estará compuesta por dos tipos: estrella y anillo.

Cada Transceptor Capturador y Fijo tendrán un enlace punto a punto dedicado con *switchs* capa 2 del segundo nivel de la jerarquía de red. Este dispositivo funcionará como administrador ya que debe recibir información proveniente de los equipos terminales, y no permitir el tráfico directo entre los mismos. Las conexiones que serán realizadas en esta sección de la red siguen el patrón de una topología tipo estrella.

Cuando la información se concentre en los *switch* capa 2, ésta será enviada a la central principal por medio de la interconexión de las subredes LAN a través de *switchs* capa 3 y antenas RF punto a multipunto (PMP), distribuidos en el núcleo de la red, siguiendo el esquema de una topología tipo anillo, ya que pertenecerá a la capa

del núcleo y tendrá una línea de transmisión que maneja altas velocidades dedicada punto a punto.

Para el funcionamiento de las antenas se dispondrá de módulos subscriptores (MS) y puntos de acceso (*Access Point*) AP. Estos dispositivos se encargarán de transmitir la información de forma inalámbrica hacia el anillo de fibra que pertenece al núcleo de la RSC. Adicionalmente, utilizarán la tecnología OFMD como método de acceso al medio, ya que pueden de trabajar con NLOS (*Non Line of Sigth* - sin línea de vista) y con reflexiones múltiples, por lo que la información llegará a su destino sin importar los obstáculos que se encuentren en su trayectoria. Esta tecnología es la solución que mejor se adapta en ciudades donde las reflexiones múltiples por infraestructuras y edificaciones son considerables mas no alteran el contenido de la información. En la figura 17, se muestra el diseño la topología descrita.

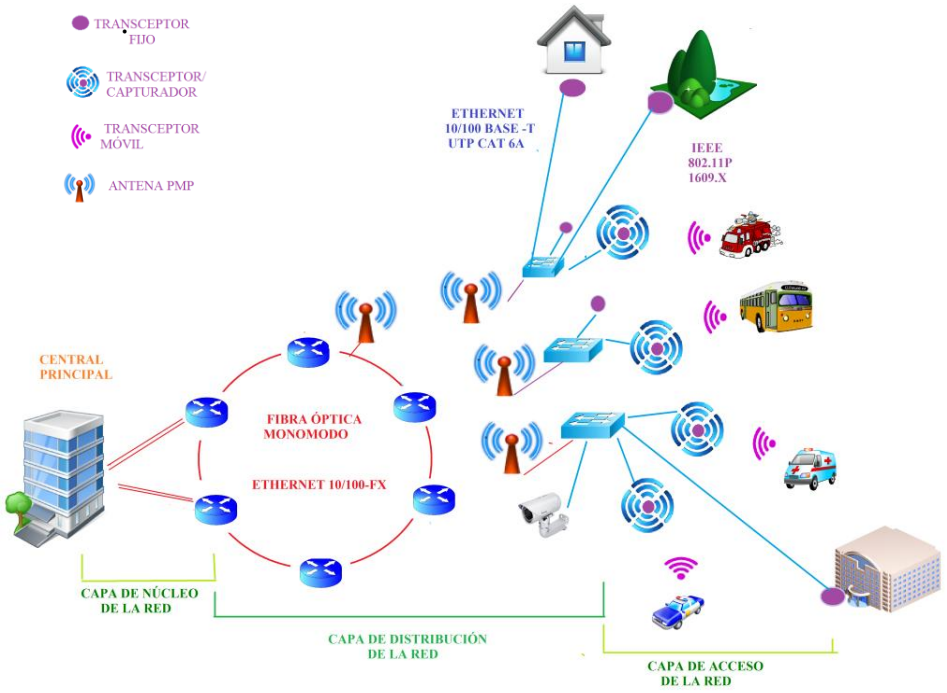

Figura 17, *Topología híbrida de la RSC, fuente:* ***Propia***

A través de una herramienta de diseño, se obtuvo la distribución que tendrán los diferentes dispositivos de las capas de la red. La comunicación entre las capas de la jerarquía se realiza de la siguiente manera:

- Los Transceptores Fijos, Híbridos y Capturadores deberán ir cableados hasta los *switch* de capa 2 que pertenecerán a la capa de distribución. Estos a su vez deben estar conectados a través de un medio de transmisión alámbrica banda base hasta el MS más cercano.
- Cuando la información de los puntos de acceso de la red lleguen a los MS, éstos deben transmitirla por RF a los AP(*Access Point*) del núcleo de la red.
- Una vez que la información se concentre en los AP, ésta debe bajar al anillo a través de un medio alámbrica banda base para que pueda llegar a la central principal.

Parte del diseño de la topología de la RSC se basó en la división del área del estudio por medio de celdas, lo que trae como consecuencia una reducción en los costos de implementación y la disminución de dispositivos por kilómetros cuadrados, debido a que cada una manejará una cantidad limitada de equipos.

En la figura 18, se observa el área de estudio, dividida en doce celdas limitadas por líneas azules. Asimismo, éstas se agruparon de acuerdo a la distribución que poseen los anillos de fibra, en cuatro celdas pertenecientes al anillo interno y ocho celdas limitadas entre el anillo interno y externo. Las líneas de color amarillo representan los enlaces de redundancia del *backbone* de la red. Las circunferencias blancas simbolizan los *switch* capa 3 que pertenecen al núcleo.

Los AP (*Access point*) deberán conectarse a los *switch* capa 3 más cercanos. Los subscriptores se ubicaran de manera intercalada por cuadras pertenecientes a cada una de las celdas, siempre y cuando no se encuentren en las fronteras del municipio.

En las fronteras se ubicarán dispositivos por cuadra, ya que se debe cubrir los accesos al municipio

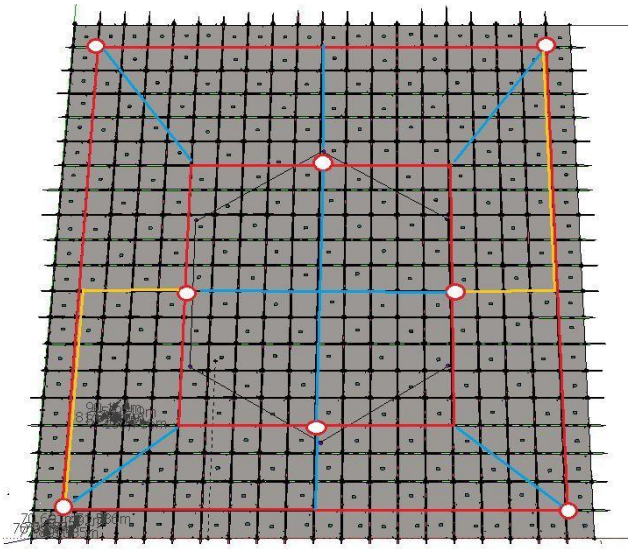

Figura 18, *División por celdas del área de estudio***.,** Fuente**: Propia**

La ventaja de esta topología es la redundancia generada por la misma estructura en anillo conformada por las conexiones entre las cuadras de las urbanizaciones de cualquier municipio del país, por lo que ubicar los Transceptores Fijos, Híbridos y Capturadores en puntos estratégicos, es vital para la RSC.

Por otra parte, no será necesario contar una tecnología de transmisión de respaldo que garantice redundancia. En el caso de que un enlace no se encuentre disponible, la información podrá llegar a su destino tomando vías alternas, gracias al tipo de topología física seleccionada para el diseño, así como la distribución que tendrán los dispositivos en las diferentes capas de la red.

Los equipos que estarán ubicados en los anillos de la capa de núcleo de la RSC, deberán implementar el protocolo *spanning tree*, para evitar los bucles que son generados por el tipo de topología seleccionada en esta capa.

IV.4 Funcionamiento de la red.

IV.4.1 Diseño del protocolo.

El protocolo de la Red de seguridad ciudadana (RSC) fue diseñado para los equipos de de la empresa “TECHNITEL SOLUCIONES C.A”. Este diseño, fue basado bajo la premisa de “Eficiencia de Transmisión”, ya que los servicios de la red, al ser masivos, se quisieron evitar sobre-cargas, disminuyendo al máximo el envío de información innecesaria.

Es por esto, que el protocolo de la RSC no tiene una trama única y está compuesto por tres tipos de tramas: respuesta, registro y transmisión. Éstas, se diseñaron según los requerimientos de cada servicio y aplicaciones que ofrecerá la red.

Sólo existirá una única trama de respuesta y ésta será utilizada por la central principal para contestar e informar alguna solicitud y/o servicio.

Asimismo, la trama de registro, será enviada por los capturadores a los transceptores móviles, funcionando como punto de control.

En cuanto a las tramas de transmisión, al ser diseñadas para cada servicio, se tendrán siete tramas: COPA, MOAM, transporte público, grúas, bomberos y asistencia al ciudadano para áreas privadas y públicas

Todas las tramas antes mencionadas, forman el protocolo de la RSC y son agregadas en la capa de aplicación del modelo TCP/IP. Éstas están definidas por una serie de campos con una cantidad de bits determinada según su función, lo que implica una mayor eficiencia en la red, ya que ningún servicio o dispositivo enviará a través de la misma, campos que no requiera, evitando usar el ancho de banda de manera ineficiente.

Al realizar la transmisión inalámbrica en la capa de acceso de la red, el transceptor fijo constantemente enviará la trama de registro, que al ser recibida por un transceptor móvil, se agregará a su trama de transmisión, formando una nueva y ésta será enviada al capturador, sirviendo como punto de control de la RSC. Esta última trama será propagada en la red a través de Ethernet

IV.4.1.1 Estudio de protocolos existentes.

Para que los dispositivos de la red RSC puedan comunicarse entre sí, fue necesario realizar una investigación de los protocolos que permitirán establecer la sesión, realizar el intercambio de información, así como asegurar que ésta llegue a su destino cuando sea necesario. A continuación se explicaran los protocolos utilizados según el modelo TCP/IP.

En cuanto a los protocolos de la capa de aplicación para la señalización, se estudiaron SIP y H.323 y se determinó que el que será utilizado es el SIP (*Sesión Initiation Protocol/* Protocolo de inicio de sesión). Debido a las ventajas que éste presenta respecto a H.323.

- SIP es un protocolo que fue desarrollado para trabajar sobre IP, mientras que H323 para redes LAN, MAN, WAN
- El sistema de mensajes de SIP está basado en HTTP con codificación ASCII, haciendo que la administración de los equipos sea más fácil, mientras H323 codifica los mensajes en un formato binario, compacto para conexiones de gran ancho de banda.
- SIP tiene una arquitectura cliente/servidor lo que hace que sea más fácil de implementar.
- En ambos la información es transportada por medio de RTP

En la Figura 19 se observa la arquitectura IEFT(*Internet Engineering Task Force*/Grupo especial sobre ingeniería de internet)

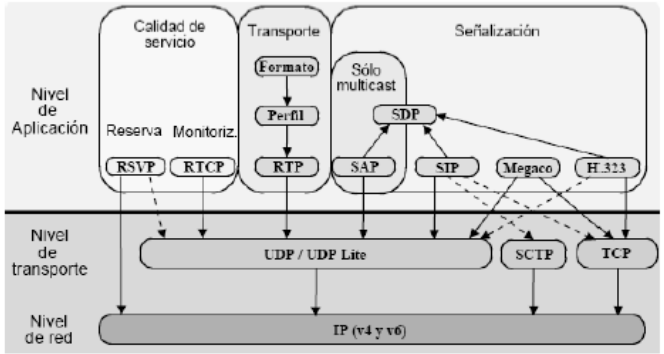

Figura 19, *Arquitectura IEFT modelo TCP/IP***,** Fuente**: (Gámez F)**

En cuanto al transporte en la capa de aplicación, se seleccionó RTP (*real time protocol)* ya que es un protocolo en tiempo real, que proporciona las funciones adecuadas y necesarias para la transmisión de audio y video en la RSC.

Para la calidad de servicio en la capa de aplicación, se utilizará el protocolo RTCP (*Real Time Control Protocol)* que permite el control de congestión y flujo de datos. Fue diseñado para funcionar en conjunto con RTP, que facilita la comunicación entre extremos para intercambiar datos y monitorear de esta forma la calidad de servicio de la RSC.

Además, de los protocolos antes mencionados en la capa de aplicación, cabe destacar que el protocolo RTP se utilizará con un perfil SRTP(*Secure Real-time Transport Protocol*), ya que permite seguridad, autenticación y encriptación de la información.

En el nivel de transporte del modelo TCP/IP se utilizará tanto el protocolo UDP como el TCP, porque al momento que una unidad móvil requiera del envío de información adjunta, ésta será considerada como importante y debe establecer la transmisión a través del protocolo TCP, ya que al ser orientado a conexión, garantiza la entrega de la información gracias a su proceso de negociación en tres pasos (*Three- wayhandshake*) que permite la retransmisión de paquetes, si existe una pérdida en los mismos.

El envío de datos simples, audio y video en la RSC deberá hacerse mediante el protocolo UDP (*User Datagram Protocol*) porque al no ser tráfico de vital importancia, en el caso de existir algún tipo de pérdidas, éstos se encontrarán constantemente transmitiendo. En el caso del audio y video, el tráfico será en tiempo real, lo que implicaría que sólo unos pocos segundos se perderían y no afectaría en la interpretación de la información. Para los datos simples, al ser servicios que serán monitoreados constantemente, se podrá tener la información de la transmisión anterior y la siguiente después de la pérdida. Esto representaría en los monitores de la central principal un pequeño salto de la posición geográfica.

En cuanto a la capa de red del modelo TCP/IP, se usará el protocolo por excelencia IP ya que los dispositivos de la red utilizarán las direcciones IP de origen y destino para poder comunicarse y para finalizar. En la capa de enlace/física se utilizará el protocolo Ethernet (802.3). En la figura 20 se puede observar los protocolos a utilizar con la trama de Ethernet.

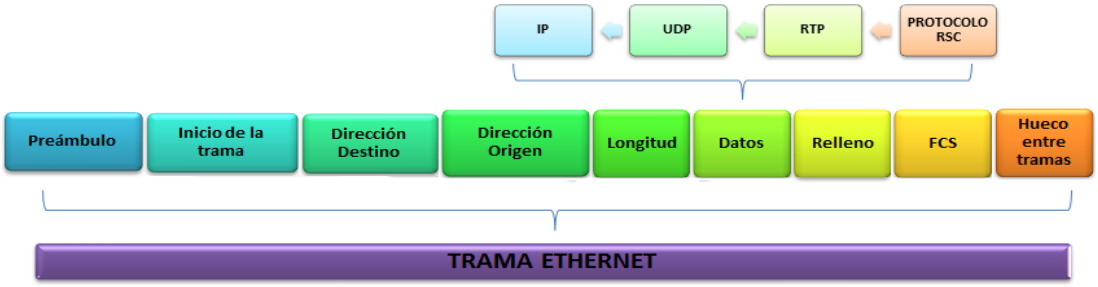

Figura 20 *Trama de Ethernet con el protocolo RSC*, Fuente: **Propia**

IV.4.1.2 Diseño de las tramas.

En esta sección se nombran cada uno de los campos que son utilizadas por cada trama diseñada. Los gráfico de cada una de éstas, se encuentran en el apéndice A, la descripción de cada uno de los campos en el apéndice B, y la codificación de las mismas están en el apéndice C.

Los campos que corresponde a la ubicación geográfica (latitud, longitud) de los servicios COPA, MOAM, grúas, Bomberos se encontrarán codificados en modo ASCII(Ver Anexo A) y el resto de los campos de las tramas de todos los servicios serán codificados en modo binario.

La codificación ASCII permitirá reducir el tiempo de procesamiento de la información, ya que el módulo GPS que tendrá el dispositivo Transceptor Móvil suministra la información de la ubicación geográfica con esta codificación y la transformación de un modo a otro consumirá tiempo que retrasará la transmisión de los datos en la red. Sin embargo el resto de los campos se encuentran codificados en binario, ya que reducirá el ancho de banda a utilizar por cada aplicación.

COPA

El gráfico y los detalles tales como número de bits, rango y cantidad de código disponible por cada campo se muestran en el apéndice A, tabla número 27

La descripción detallada de cada uno de los campos, se encuentra en el apéndice B, tabla número 28.

La trama de transmisión perteneciente al servicio COPA que ofrecerá la RSC cuenta con los siguientes campos:

Nombre del campo	CODIFICACION APENDICE C TABLA NRO.
✓ Preámbulo o Inicio de trama	39
✓ identificación del dispositivo (ID Tx-Rx)	48
✓ Tipo de servicio que presto. (TSP)	41
✓ Identificación de la unidad móvil.(IUM)	43
✓ Código de operación (CO).	44

✓ Identificación del primer oficial (ID 1).	45
✓ Identificación del segundo oficial (ID 2)	46
✓ Hora (H)	67
✓ Minutos (M)	68
✓ Segundos (S)	69
✓ Hora decimales de segundos (HDS)	ver anexo A
✓ Latitud grados (LTG)	ver anexo A
✓ Latitud minutos(LTM)	ver anexo A
✓ Latitud decimales de minutos (LTDM)	ver anexo A
✓ Norte/Sur (N/S)	ver anexo A
✓ Longitud grados (LGG)	ver anexo A
✓ Longitud minutos (LGM)	ver anexo A
✓ Longitud decimales de minutos (LGDM)	ver anexo A
✓ Este/Oeste (E/O)	ver anexo A
✓ BGE.	57
✓ Datos adjuntos sobre la información de licencia (DA-INLI).	58
✓ Información adjunta sobre el ciudadano (INCA).	59
✓ Peso del documento adjunto (PDOC).	60
✓ Acción correspondiente para la acción del ciudadano (A-INCA).	61
✓ Fin de la trama :	40

MOAM (ambulancias)

El gráfico y los detalles tales como número de bits, rango y cantidad de código disponible por cada campo se muestran en el apéndice A, tabla número 28.

La descripción detallada de cada uno de los campos, se encuentra en el apéndice B, tabla número 29.

La trama de transmisión perteneciente al servicio MOAM que ofrecerá la RSC cuenta con los siguientes campos:

Nombre del campo	**CODIFICACION APENDICE C TABLA NRO.**
✓ Preámbulo inicio trama.	39
✓ ID Tx-Rx.	41
✓ Tipo de Servicio que Prestó	42
✓ Identificación de la unidad móvil.	43
✓ Código de operación	44
✓ Identificación del parmedico1	45
✓ Identificación del paramédico 2	46
✓ Identificación del paramédico 3	46
✓ Hora binario (H)	67
✓ Minutos binario (M)	68
✓ Segundos binario (S)	69
✓ Hora decimales de segundos (HDS)	ver anexo A
✓ Latitud grados (LTG)	ver anexo A
✓ Latitud minutos (LTM)	ver anexo A
✓ Latitud decimales de minutos (LTDM)	ver anexo A
✓ Norte/Sur (N/S)	ver anexo A
✓ Longitud grados (LGG)	ver anexo A

✓ Longitud minutos (LGM)	ver anexo A
✓ Longitud decimales de minutos (LGDM)	ver anexo A
✓ Este/Oeste (E/O)	ver anexo A
✓ Centro de salud al que se dirige (CSD).	62
✓ BGE.	57
✓ Datos adjunto información de licencia (DA-INLI).	58
✓ Información adjunta de la historia médica del paciente. (INHM).	63
✓ Codificación del documento adjunto (PDOC).	60
✓ Fin de la trama	40

Transporte publico

El gráfico y los detalles tales como número de bits, rango y cantidad de código disponible por cada campo se muestran en el apéndice A, tabla número 29.

La descripción detallada de cada uno de los campos, se encuentra en el apéndice B, tabla número 30.

La trama de transmisión perteneciente al servicio Transporte Público que ofrecerá la RSC cuenta con los siguientes campos:

Nombre del campo	**CODIFICACION APENDICE C TABLA NRO.**
✓ Preambulo Inicio de trama.	39
✓ Identificación del dispositivo (ID Tx-Rx).	41
✓ Tipo de servicio prestado (TSP).	42
✓ Identificación de la unidad móvil (IUM).	43

✓ Identificación del conductor (IDC)	45
✓ Hora binario (H)	67
✓ Minutos binario (M)	68
✓ Segundos binario (S)	69
✓ Hora decimales de segundos (HDS)	Anexo A
✓ Latitud grados (LTG)	Anexo A
✓ Latitud minutos (LTM)	Anexo A
✓ Latitud decimales de minutos (LTDM)	Anexo A
✓ Norte/Sur (N/S)	Anexo A
✓ Longitud grados (LGG)	Anexo A
✓ Longitud minutos (LGM)	Anexo A
✓ Longitud decimales de minutos (LGDM)	Anexo A
✓ Este/Oeste (E/O)	Anexo A
✓ Número de personas a bordo (NPA).	64
✓ Fin de la trama	40

Grúas

El gráfico y los detalles tales como número de bits, rango y cantidad de código disponible por cada campo se muestran en el apéndice A, tabla número 29.

La descripción detallada de cada uno de los campos, se encuentra en el apéndice B, tabla número 30.

La trama de transmisión perteneciente al servicio Grúas que ofrecerá la RSC cuenta con los siguientes campos

Nombre del campo	CODIFICACION APENDICE C TABLA NRO.
✓ Preámbulo. Inicio de la trama.	39
✓ Identificación del dispositivo (ID Tx-Rx).	41
✓ Tipo de servicio prestado (TSP).	42
✓ Identificación de la unidad móvil (IUM).	43
✓ Estado de operación (EO).	74
✓ Identificación del conductor(IDC)	45
✓ Hora binario (H)	67
✓ Minutos binario (M)	68
✓ Segundos binario (S)	69
✓ Hora decimales de segundos (HDS)	Anexo A
✓ Latitud grados (LTG)	Anexo A
✓ Latitud minutos (LTM)	Anexo A
✓ Latitud decimales de minutos (LTDM)	Anexo A
✓ Norte/Sur (N/S)	Anexo A
✓ Longitud grados (LGG)	Anexo A
✓ Longitud minutos (LGM)	Anexo A
✓ Longitud decimales de minutos (LGDM)	Anexo A
✓ Este/Oeste (E/O)	Anexo A
✓ BGE	57
✓ Fin de la Trama	40

Asistencia al Ciudadano

Áreas públicas

El gráfico y los detalles tales como número de bits, rango y cantidad de código disponible por cada campo se muestran en el apéndice A, tabla número 31.

La descripción detallada de cada uno de los campos, se encuentra en el apéndice B, tabla número 32.

La trama de transmisión perteneciente al servicio Áreas públicas que ofrecerá la RSC cuenta con los siguientes campos:

Nombre del campo	CODIFICACION APENDICE C TABLA NRO.
✓ Preámbulo. Inicio de la trama.	39
✓ Identificación del dispositivo (ID Tx-Rx).	41
✓ Tipo de servicio prestado (TSP).	42
✓ Binario latitud grados (BLTG)	47
✓ Binario latitud minutos (BLTM)	48
✓ Binario latitud segundos (BLTS)	49
✓ Binario latitud decimales de segundos (BLTD)	52
✓ Binario Norte/Sur (BN/S)	50
✓ Binario longitud grados (BLGG)	51
✓ Binario longitud minutos (BLGM)	53
✓ Binario longitud segundos (BLGS)	54
✓ Binario longitud decimales de segundos (BLGDS)	55
✓ Binario Este/Oeste (BE/O)	56

✓ BGE.	57
✓ Activación botón de desbloqueo (BDD).	65
✓ Activación Intercomunicador (AC).	66
✓ Documento adjunto (PDOC).	60
✓ Fin de la Trama	40

<u>Áreas privadas</u>

El gráfico y los detalles tales como número de bits, rango y cantidad de código disponible por cada campo se muestran en el apéndice A, tabla número 32.

La descripción detallada de cada uno de los campos, se encuentra en el apéndice B, tabla número 33.

La trama de transmisión perteneciente al servicio Áreas privadas que ofrecerá la RSC cuenta con los siguientes campos:

Nombre del campo	CODIFICACION APENDICE C TABLA NRO.
✓ Preámbulo. Inicio de la trama.	39
✓ Identificación del dispositivo (ID Tx-Rx).	41
✓ Tipo de servicio prestado (TSP).	42
✓ Binario latitud grados (BLTG)	47
✓ Binario latitud minutos (BLTM)	48
✓ Binario latitud segundos (BLTS)	49
✓ Binario latitud decimales de segundos (BLTD).	52
✓ Binario Norte/Sur (BN/S)	50

✓ Binario longitud grados (BLGG)	51
✓ Binario longitud minutos (BLGM)	53
✓ Binario longitud segundos (BLGS)	54
✓ Binario longitud decimales de segundos (BLGDS)	55
✓ Binario Este/Oeste (BE/O)	56
✓ Activación botón de emergencia extrema (BEE)	73
✓ BGE.	57
✓ Fin de la trama	40

Bomberos

El gráfico y los detalles tales como número de bits, rango y cantidad de código disponible por cada campo se muestran en el apéndice A, tabla número 33.

La descripción detallada de cada uno de los campos, se encuentra en el apéndice B, tabla número 34.

La trama de transmisión perteneciente al servicio bomberos que ofrecerá la RSC cuenta con los siguientes campos

Nombre del campo	CODIFICACION APENDICE C TABLA NRO.
✓ Preámbulo. Inicio de la trama.	39
✓ Identificación del dispositivo (ID Tx-Rx).	41
✓ Tipo de servicio prestado (TSP).	42
✓ Identificación de la unidad móvil (IUM).	43
✓ Identificación código de operación (CO).	44

✓ Identificación Bombero 1(ID B1).	45
✓ Identificación Bombero 2(ID B2)	46
✓ Hora binario (H)	67
✓ Minutos binario (M)	68
✓ Segundos binario (S)	69
✓ Hora decimales de segundos (HDS)	Anexo A
✓ Latitud grados (LTG)	Anexo A
✓ Latitud minutos (LTM)	Anexo A
✓ Latitud decimales de minutos (LTDM)	Anexo A
✓ Norte/Sur (N/S)	Anexo A
✓ Longitud grados (LGG)	Anexo A
✓ Longitud minutos (LGM)	Anexo A
✓ Longitud decimales de minutos (LGDM)	Anexo A
✓ Este/Oeste (E/O)	Anexo A
✓ Datos adjuntos información licencia (DA-INLI).	58
✓ Boton grado de emergencia (BGE).	57
✓ Peso documento adjunto (PDOC)	60
✓ Fin de la trama.	40

Transceptor/Capturador

El gráfico y los detalles tales como número de bits, rango y cantidad de código disponible por cada campo se muestran en el apéndice A, tabla número 34.

La descripción detallada de cada uno de los campos, se encuentra en el apéndice B, tabla número 35.

La trama de transmisión perteneciente al servicio Transceptor/Capturador que ofrecerá la RSC cuenta con los siguientes campos

Nombre del campo	CODIFICACION APENDICE C TABLA NRO.
✓ Preámbulo. Inicio de la trama.	39
✓ Identificación del dispositivo (ID Tx-Rx).	41
✓ Binario Hora.	67
✓ Binario Minutos	68
✓ Binario Segundos.	69
✓ Día.	70
✓ Mes	71
✓ Año.	72
✓ Binario latitud grados (BLTG)	47
✓ Binario latitud minutos (BLTM)	48
✓ Binario latitud segundos (BLTS)	49
✓ Binario latitud decimales de segundos (BLTDS)	52
✓ Binario Norte/Sur (BN/S)	50
✓ Binario longitud grados (BLGG)	51
✓ Binario longitud minutos (BLGM)	53
✓ Binario longitud segundos (BLGS)	54
✓ Binario longitud decimales de segundos (BLGDS)	55
✓ Binario Este/Oeste (BE/O)	56
✓ Fin de la trama	40

Transceptor hibrido

El gráfico y los detalles tales como número de bits, rango y cantidad de código disponible por cada campo se muestran en el apéndice A, tabla número 35.

La descripción detallada de cada uno de los campos, se encuentra en el apéndice B, tabla número 36.

La trama de transmisión perteneciente al servicio Transceptor hibrido que ofrecerá la RSC cuenta con los siguientes campos:

Nombre del campo	CODIFICACION APENDICE C TABLA NRO.
✓ Preámbulo o inicio de la trama.	39
✓ Identificación del dispositivo (ID Tx-Rx).	41
✓ Tipo servicio prestado (TSP).	42
✓ Binario Hora.	67
✓ Binario Minutos	68
✓ Binario Segundos.	69
✓ Día.	70
✓ Mes	71
✓ Año.	72
✓ Preámbulo o inicio de la trama.	39
✓ Identificación del dispositivo (ID Tx-Rx).	41
✓ Tipo servicio prestado (TSP).	42
✓ Binario Hora.	67
✓ Binario Minutos	68

- ✓ Binario Segundos. 69
- ✓ Día. 70
- ✓ Mes 71
- ✓ Año. 72
- ✓ Binario latitud grados (BLTG) 47
- ✓ Binario latitud minutos (BLTM) 48
- ✓ Binario latitud segundos (BLTS) 49
- ✓ Binario latitud decimales de segundos (BLTDS) 52
- ✓ Binario Norte/Sur (BN/S) 50
- ✓ Binario longitud grados (BLGG) 51
- ✓ Binario longitud minutos (BLGM) 53
- ✓ Binario longitud segundos (BLGS) 54
- ✓ Binario longitud decimales de segundos (BLGDS) 55
- ✓ Binario Este/Oeste (BE/O) 56
- ✓ Botón grado de emergencia (BGE). 57
- ✓ Activación botón de desbloqueo (BDD). 65
- ✓ Activación del intercomunicador (AC). 66
- ✓ Peso documento adjunto (PDOC). 60
- ✓ Fin de la trama. 40
- ✓ Botón grado de emergencia (BGE). 57
- ✓ Activación del intercomunicador (AC). 66
- ✓ Peso documento adjunto (PDOC). 60
- ✓ Fin de la trama. 40

Respuesta

El gráfico y los detalles tales como número de bits, rango y cantidad de código disponible por cada campo se muestran en el apéndice A, tabla número 36.

La descripción detallada de cada uno de los campos, se encuentra en el apéndice B, tabla número 37.

La trama de transmisión perteneciente al servicio respuesta que ofrecerá la RSC cuenta con los siguientes campos:

Nombre del campo	CODIFICACION APENDICE C TABLA NRO.
✓ Preámbulo Inicio de la trama	39
✓ Mensajes de respuesta	38
✓ Fin de la trama	40

IV.4.1.3 Reglas y procedimientos para establecer la comunicación.

Antes de mencionar las reglas y procedimientos necesarios para establecer la comunicación entre los puntos de acceso y la central principal, se nombrarán y describirán las funciones de los dispositivos que pertenecerán a la RSC.

A. ***Transceptor***: Tiene la capacidad de transmitir y recibir información a ser propagada en la red. Se clasifica en cuatro tipos: Móvil, Fijo, Capturador e Híbrido. En esta sección se definirán los requerimientos de diseño para los dispositivos mencionados.

- **Transceptor Móvil tipo 1:** Estará ubicado en el interior de las unidades móviles tales como: ambulancias, patrullas de seguridad y bomberos. Para este equipo se requiere los siguientes componentes:

  - Una pantalla y un teclado para suministrar información al sistema.
  - Interfaces de salida tipo Fast-Ethernet para conectar cámaras y teléfonos IP.
  - Puerto de consola para la configuración del Transceptor Móvil tipo 1.
  - 4 Puertos USB que permitirán conectar simultáneamente diversos dispositivos que requieran este tipo de interfaz para la conexión. Entre otros usos a través de estos puertos se podrá descargar información desde o hacia dispositivos de almacenamiento (flash drive, discos duros externos, etc.).
  - Lector de licencias integrado a este o considerar una interfaz de salida para conectar dicho lector con el Transceptor Móvil tipo 1.
  - Botones de Emergencia.
  - Módulo de Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

- **Transceptor Móvil tipo 2:** Se ubicarán en el interior de las grúas y transporte público.

  - Una pantalla y un teclado para suministrar información al sistema.
  - Interfaces de salida tipo Fast-Ethernet para conectar cámaras y teléfonos IP (opcional para las grúas).
  - Puerto de consola para la configuración del Transceptor Móvil tipo 2.
  - 4 Puertos USB que permitirán conectar diversos dispositivos que poseen este tipo de interfaz para la conexión. Además a través de estos puertos se podrá descargar información de un dispositivo de almacenamiento cuando sea necesario.
  - Botones de Emergencia.

- Módulo de Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

- **Transceptor Fijo tipo 1:** Estarán distribuidos en las áreas públicas del municipio tales como: salas de recreación, plazas, parques, bibliotecas, locales comerciales, zonas residenciales, entre otras. Los componentes requeridos son:
  - Interfaces de salida tipo Fast-Ethernet para conectar cámaras y parlantes.
  - Puerto de consola para la configuración del Transceptor Fijo tipo 1.
  - Botones de Emergencia.
  - Pantalla por el cual el usuario podrá observar la respuesta emitida por la central principal.

- **Transceptor Fijo tipo 2:** Serán instalados, a solicitud de los usuarios, en diferentes áreas privadas del municipio tales como: edificios residenciales, centros comerciales, torres de oficinas.
  - Interfaces de salida tipo Fast-Ethernet para conectar cámaras y parlantes
  - Puerto de consola para la configuración del Transceptor Fijo tipo 2
  - Botones de Emergencia.
  - Pantalla por el cual el usuario podrá observar la respuesta emitida por la central principal.
  - Botón de emergencia extrema (BEE).

- **Transceptor Capturador:** Serán ubicados en puntos estratégicos del municipio. También es conocido como punto de control de la red.

  - Interfaces Fast-Ethernet para conexiones de cámaras IP, del Controlador y para propagar la información a través de la RSC.

- **Transceptor Híbrido:** Combina las características del Transceptor Capturador y el Transceptor Fijo. Esto permitirá que las funciones que poseen ambos dispositivos, sean condensadas en uno sólo, con la finalidad de reducir los costos de implementación de la red, al disminuir la cantidad de dispositivos por kilómetro cuadrado. Éstos serán distribuidos a lo largo del municipio.

    - Interfaces Fast-Ethernet para conexiones de cámaras IP, del Controlador, parlantes y uno adicional para propagar la información a través de la RSC.
    - Puerto de consola para la configuración del Transceptor Fijo tipo 1.
    - Botones de Emergencia.
    - Lector capta huella integrado a este sistema o considerar una interfaz de salida para conectar dicho lector con el Transceptor Fijo tipo 1.
    - Pantalla por la cual el usuario podrá observar la respuesta emitida por la central principal.

B. Controlador:

Permite la transmisión y recepción de información que debe ser propagada en la red. Su función es intervenir los equipos de control de los semáforos. El controlador estará ubicado en la tanquillas eléctricas que alimenta a los semáforos y conectados mediante cableado al Transceptor Capturador más cercano, lo que permitirá que a través de la red y mediante el equipo mencionado, la central principal podrá enviar una señal de alerta al Controlador para que éste active las alarmas sonoras y las luces estroboscópicas.

C. Cámaras.

Las cámaras a ser implementadas en la red deben ser de tecnología IP, debido a que son videocámaras diseñadas especialmente para enviar señales de audio y video a través de conmutadores en redes de área Local (LAN) y redes de área Metropolitana

(MAN). Estas serán distribuidas a lo largo del municipio sobre semáforos, avenidas y calles de alto y bajo tráfico, para así poder llevar controlar y monitorear las actividades que se realicen en diferentes zonas del municipio.

Las cámaras IP deben ser compatibles con los protocolos de comunicación a utilizar y en especial con el SIP.

D. Parlantes:

Los parlantes de la red deben funcionar con la misma tecnología que las cámaras IP, ya que como se mencionó anteriormente, esta tecnología permitirá enviar señales de audio a través de conmutadores en redes LAN Y MAN.

Los parlantes serán ubicados junto con las cámaras asignadas a los servicios que ofrece la red, con la finalidad de informar y alertar a los ciudadanos acerca de situaciones de emergencia. Las cámaras IP poseen salidas de audio, por lo que al conectar los parlantes en estas salidas, la central principal podrá emitir las señales de audio necesarias a través de la red.

E. Servidores dedicados:

Un servidor dedicado, es una computadora perteneciente a una red que cumple con la función de servir determinadas necesidades de la misma. En el caso de la RSC, el servidor se utilizará para almacenar la información de la red, tales como reportes de monitoreo, imágenes obtenidas por las cámaras IP, y cualquier otro tipo de información proveniente de todos los dispositivos pertenecientes a la red.

Entre las características más importantes que debe cumplir este tipo de servidor están: a) poseer gran capacidad de almacenamiento en disco para respaldar toda la información de la red. b) Debe ser escalable para permitir el crecimiento de la capacidad de procesamiento (RAM de memoria y CPU) derivado de los diferentes tipos de tráfico de la red, porque ésta puede presentar cambios en un futuro ya sea por

aumento de la cantidad de dispositivos conectados, la actualización del software y la preservación de información que es suministrada.

F. ***CODECS***:

Los CODEC describen una especificación desarrollada en software, hardware o una combinación de ambos, capaz de transformar un archivo con un flujo de datos o una señal. Este proceso es llamado codificación (*encod*) mientras que el proceso inverso es llamado decodificación (*decod*). Los CODECS pueden codificar el flujo de datos para la transmisión, compresión y encriptación de la información.

Los CODECS de audio se encargan de transformar la señal de voz analógica en tramas digitales y viceversa. Utilizan técnicas de compresión, eliminando información redundante o de poca importancia, para así reducir el ancho de banda requerido. La compresión de señales de voz requiere de altos niveles computacionales, ya que mientras mayor es la compresión lograda, mayor es el costo computacional del CODEC para un nivel de calidad dado (Ruliez L, 2005). Dentro de los CODECS de audio más utilizados se encuentran G.711, G.723.1 y el G.729

Los de video se encargan de dividir la imagen en bloques y aplicar los algoritmos de compresión a cada uno de estos bloques. Los más utilizados son MPEG-2, H.263, H.264. La compresión de video se basa en aprovechar cualquier tipo de redundancia tanto en tiempo como en el espacio.

G. ***Enrutador (Router***):

El *router* es un dispositivo que se encarga de interconectar segmentos de red o redes enteras, tomando sus decisiones en base a la mejor ruta para luego redireccionar los paquetes hacia el segmento y el puerto de salida adecuados. Este dispositivo trabaja en la capa 3 o capa de red del modelo ISO-OSI.

H. Conmutador (Switch):

Este dispositivo opera en la capa 2 del modelo ISO-OSI (capa de enlace), fue diseñado para resolver problemas de rendimiento en la red debido a anchos de banda pequeños y embotellamientos en las redes. El *switch* se encarga de reenviar los paquetes en base a la dirección MAC de un dispositivo, y a su vez funciona como puerta de enlace. Este segmenta la red en pequeños dominios de colisión, lo que genera un alto porcentaje de ancho de banda para cada estación final.

I. Monitores de alta resolución:

Los monitores de la red tendrán la función de mostrar las imágenes obtenidas por las cámaras IP y las provenientes de las unidades móviles, con la finalidad de observar lo que ocurre diariamente en el municipio.

El operador de la central principal asignado a manejar este dispositivo de alta resolución, tendrá acceso a las cámaras, ya sea para rotarlas y observar otro ángulo o punto de vista que la cámara no haya cubierto, así como para hacer llamados de atención a los ciudadanos del municipio de acuerdo a las imágenes que obtenga la cámara en el momento y actuar de manera responsable y eficiente ante la observación de una irregularidad o emergencia que no haya sido reportada por los ciudadanos o cuerpos de asistencia del municipio.

Luego de haber nombrado todos los positivos con los que la red debe contar para poder operar en conjunto entre las capas del modelo jerárquico, a continuación se mencionaran los procedimientos necesarios que se llevarán a cabo para establecer la comunicación entre los dispositivos de acceso y la central principal, partiendo de la definición del protocolo diseñado.

El protocolo de comunicaciones que emplearán los equipos propietarios (Tranceptores) de la empresa TECHNITEL SOLUCIONES C.A en la capa de aplicación del modelo de referencia TCP/IP lleva por nombre de **Protocolo RSC**

(PRSC). Éste fue diseñado bajo las premisas de ***"Eficiencia de Transmisión"*** y ***"Red de arquitectura propietaria"***.

Según lo explicado en la sección de "Estudio de Protocolos Existentes", el Protocolo RSC no tiene una trama única, y está compuesta por diferentes tipos de tramas diseñadas según los requerimientos de los servicios y las aplicaciones que serán ofrecidos.

Las tramas de este protocolo, son agregadas en la capa de aplicación del modelo TCP/IP. Si el acceso a la RSC se realiza de forma inalámbrica, a las tramas de transmisión se le agregará una sección fija correspondiente a la información del Transceptor Capturador (trama de registro), siendo éste el punto de control, lo que arrojaría como resultado una nueva trama que contendrá los campos respectivos diseñados a cada uno de los servicios y los adicionados por dicho punto.

En el segmento inalámbrico intervienen los Transceptores Capturadores y Transceptores Móviles, los cuales establecen la comunicación y realizan el intercambio de información a través del estándar de la IEEE 802.11 que usarán los módulos RF. Sin embargo, antes de establecer la comunicación entre ambos dispositivos, el Transceptor Capturador debe detectar la unidad móvil (patrullas, ambulancias, bomberos, grúas, y transporte público), que se encuentren dentro del perímetro del radio de cobertura aproximado de 250 metros, definido por el estándar 802.11p estudiado y tomado como referencia para el diseño de la transmisión inalámbrica de la red, garantizando así la conservación de los paquetes cuando se realiza el intercambio de información entre los dispositivos móviles. Sí el radio de cobertura es mayor a la distancia establecida por el estándar 802.11p, la probabilidad de perder paquetes aumentará.

Cabe destacar que éste proyecto sólo corresponde a un diseño para un municipio tipo, cuando se desee implementar la RSC en cualquier municipio de la nación, se debe determinar la versión del estándar 802.11 que emplearán los módulos

de RF, a su vez, se deben considerar los radios de cobertura, probabilidades de pérdida de paquetes y las bandas de frecuencias para que todos estos aspectos mencionados se asemejen a los del estándar 802.11p y garanticen la transmisión de información hacia la red.

Una vez detectada la unidad móvil, el Transceptor Capturador debe sincronizarse con el Transceptor Móvil para poder establecer la comunicación y así realizar el intercambio de información entre ambos dispositivos.

El proceso de detección y sincronización que realiza el estándar 802.11p, se lleva a cabo mediante el canal de control (CCH) que administra tramas WSA (WAVE *Service advertisement*) y WSAA (WAVE *Service Advertisement Acknowledgment*). Estas tramas son enviadas en modo *broadcast* para detectar y confirmar las unidades móviles que se encuentren dentro del radio de cobertura del Transceptor Capturador. Adicionalmente, a través de la trama WSA, se podrá determinar cuál de los cuatro canales de servicio (SCH) que posee el estándar, será asignado para realizar el intercambio de información. A través de la trama WSSA, se podrá conocer si se realizó la sincronización o no.

Cuando el Transceptor Capturador detecte la unidad y envíe la trama de registro, el Transceptor Móvil deberá agregar a la trama de transmisión los datos provenientes del punto de control. Si el canal SCH asignado a la unidad se encuentra activo, el Transceptor Móvil enviará todos los datos de la nueva trama a través de este canal hacia el Transceptor Capturador, para que luego éste, por medio de su módulo de Ethernet, propague la información en la RSC, haciendo usos de los *switch* capa 2 que se encontrarán en la capa de distribución de la red.

El procedimiento mencionado para establecer la comunicación y realizar el intercambio de información, es posible gracias a los módulos de RF y Ethernet que cada Transceptor Capturador, Móvil, Físico e Hibrido tendrá. La información que recibe el módulo de RF será propagada a la red de forma directa a través de la

conexión con el módulo Ethernet. En la figura 21 se pueden observar los módulos que contienen cada uno de los dispositivos de acceso de la red.

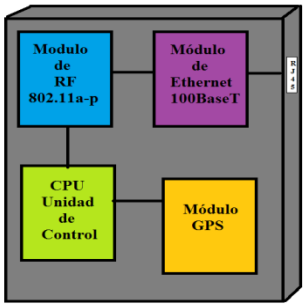

Figura 21, *Esquema Básico del diseño de los Transceptores***,** Fuente: **Propia**

Los Transceptores Capturadores transmitirán cada segundo la trama de registro. Esto permitirá que las unidades móviles la reciban apenas entren en el radio de cobertura.

Los Transceptores Fijos tipo 1 ubicados en áreas públicas del municipio, deben contar con un botón para activar el dispositivo y habilitar los botones de grados de emergencia que serán presionados por los ciudadanos para solicitar servicios de asistencia. Una vez activado, la central principal deberá enviará un mensaje a través de la trama de respuesta con un código para hacerle saber al usuario que su solicitud será atendida.

En caso de que las personas necesiten comunicar una emergencia y describir detalles de la misma, la podrán realizar mediante los Transceptores Fijos tipo 1A. Ésta clasificación del dispositivo permitirá al usuario comunicarse directamente con la central principal mediante el habla, con solo presionar el botón del intercomunicador. La activación de este tipo de dispositivo, se hará de la misma manera que el Transceptor Fijo tipo 1.

Los Transceptores Fijos tipo 2 tendrán los botones de emergencia y un botón adicional que sólo será presionado en caso de presentarse un acontecimiento extremo (Botón BEE). La comunicación se establecerá con los cuerpos de seguridad policial de la central principal a través de la señal emitida por la activación de éste botón. Sin embargo, sí se presionan cualquiera de los botones restantes, la comunicación será igualmente establecida de manera inmediata con la central principal.

El estándar de la IEEE 802.3 será empleado en los módulos Ethernet de los Transceptores Fijos, Transceptores Híbridos y Transceptores Capturadores, para propagar la información en la capa de acceso de la red. Estos dispositivos se encontrarán conectados a los *switch* capa 2 a través del módulo mencionado. La distancia máxima que debe haber entre el Transceptor Capturador - *switch* capa 2 y Transceptor Fijo - *switch* capa 2, debe ser de 100 metros de acuerdo a las normas que establecen los medios de transmisión alámbricos seleccionados en la fase de Infraestructura de la Red.

Los *switch* capa 2 reciben el tráfico proveniente de los Transceptores Fijos y Capturadores y lo envían a los módulos subscriptores (MS). Cuando la información llega los MS de la capa de distribución, ésta será reenviada a los *Access Point* (AP) para que estos dispositivos se encarguen de retransmitirla hacia el núcleo de la red utilizando un medio alámbrico banda base que conecta a los *switch* capa 3 que estarán distribuidos en los anillos del *backbone*.

Las capas de distribución y núcleo de la red operarán con Metro Ethernet, debido a que la RSC es considerada una red MAN integrada por grupos de redes LAN, que a su vez, las conforman los dispositivos terminales que emplean medios alámbricos y Fast Ethernet como tecnología de transmisión.

Las tecnologías mencionadas entregarán una velocidad máxima de 100 Mbps, ya que son compatibles con del estándar de la IEEE 802.3.

Para la capa del núcleo de la red, se utilizará fibra óptica de tipo multimodo, ya que de esta manera se realizará la interconexión desde el cuarto de distribución hacia el de telecomunicaciones de cada piso de la central principal. Es necesario emplear conectores ópticos ST para los extremos de la fibra.

El cuarto de distribución debe contar con un *router* capaz de dirigir, a través del comando *port forwarding*, el tráfico recibido hacia los diferentes puertos asignados a cada uno de los cuartos de telecomunicaciones de la central.

La central operará en condiciones normales, recibiendo, procesando y generando información para la toma de decisiones. Contará con el equipamiento ideal en cada uno de los cuartos de comunicaciones donde se procesarán cada uno de los tipos de tráficos que manejará la red, así como el personal capacitado y entrenado para interpretar la información que llega a cada uno de los servidores y tomar las decisiones pertinentes a los casos que se presenten.

Adicionalmente, la central tendrá servidores para cada tipo de procesos. De este modo se contempla servidores de tráfico capaces de informar a las unidades móviles, especialmente patrullas de seguridad, ambulancias y bomberos, acerca de la ruta que deben tomar, así como de controlar los semáforos de las calles y avenidas del municipio en caso de que alguna unidad presente una emergencia. También contará con servidores que manejan la información de la huella dactilar y número de licencia de los ciudadanos, servidores que almacenan la información del personal que opera en la red y el tiempo restante de espera para que las unidades de transporte público lleguen a la parada determinada. Por otra parte, es necesario considerar servidores de respaldo en casos de que el sistema presente fallas.

El método de acceso que utilizan las tecnologías seleccionadas para la transmisión de datos, audio y video en la RSC, es CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect*), el cual consiste en el control de la transmisión de información sobre un medio físico compartido.

Todos los dispositivos de la red que deseen transmitir información, deben comprobar el estado del medio físico de transmisión. Un solo dispositivo puede enviar información cuando detecte que el medio se encuentra libre. Cuando un dispositivo transmite, lo demás dispositivos de la red deben esperar hasta que la información llegue a su destino y que el medio físico se encuentre libre nuevamente.

Una colisión de datos ocurre cuando dos o más dispositivos de la red transmiten al mismo tiempo, esto provoca que la transmisión de datos se detenga por un período de tiempo aleatorio. Adicionalmente, este tiempo que es tomado por cada uno de los dispositivos, reduce la posibilidad de que todos vuelvan a retransmitir simultáneamente y produzcan nuevas colisiones. Cuando una colisión tiene lugar dentro del medio físico, los dispositivos de la red la podrán detectar debido al aumento de amplitud que tendrá la señal emitida cuando llegue a su destino.

Es conveniente minimizar las cantidades de las colisiones dentro de una línea de transmisión, ya que reducen el rendimiento del medio. Los riesgos de colisiones se dan cuando las tramas no son lo suficientemente grandes o no contienen la cantidad de bits necesarios para ocupar la línea de trasmisión de extremo a extremo. Es por esta razón que el diseño del protocolo de la RSC posee una trama lo suficientemente grande que minimizará la cantidad de colisiones que degraden el rendimiento de la red.

IV.4.2 Estrategia de enrutamiento.

El enrutamiento estático y dinámico, proporcionan diferentes mecanismos para elaborar y mantener las tablas de enrutamiento de los diferentes *routers* que pertenecen a una red, determinando la mejor ruta para llegar a cualquier dispositivo que pertenezca a ella.

El enrutamiento estático consiste en la asignación de rutas fijas mediante direcciones IP en los *routers* y es realizada a través de una configuración manual que

es hecha por el administrador de la red. Las direcciones ingresadas serán las vías que el router conocerá para transmitir la información y así poder crear la tabla de enrutamiento de dicho dispositivo.

Por su parte, el enrutamiento dinámico consiste en la asignación de la mejor vía mediante el uso de protocolos de enrutamiento: OSPF, RIP(v1,v2), BGP, entre otros. Este tipo de enrutamiento, por lo general, es utilizado cuando la topología lógica se mantiene en constante cambio. Estos, permiten intercambiar las tablas de enrutamiento automáticamente y así poder conocer sus *routers* vecinos y la red. Asimismo, serán programados por medio de los comandos del sistema operativo del dispositivo. En la tabla 7 se pueden observar las características de los enrutamientos

CARACTERISTICAS	
Estático	**Dinámico**
Poca escalabilidad, se debe volver a configurar si la red crece.	Escalable y adaptable: la red puede crecer y adaptarse
No puede adaptarse a fallas que se presenten en la red.	La red puede ser híbrida: parte de la red puede tener enrutamiento estático y la otra parte con enrutamiento dinámico.
No impone sobrecarga en los *routers* y los enlaces de la red.	Origina sobrecarga en la red: se envían paquetes entre *routers*.

Tabla 7, *Caracteristicas Enrutamiento*, Fuente**: Propia**

Para llevar a cabo el diseño de la RSC, fue necesario utilizar el protocolo de comunicación IP, porque la operatividad de la red depende de las decisiones que sean

tomadas por éste. Asimismo, es importante recordar que la red no posee un nivel de inteligencia como tal, para que ésta pueda tomar una decisión de encaminamiento por sí sola.

La RSC usará dos tecnologías para redes LAN y MAN. Físicamente no es posible integrar todos sus dispositivos, como si fuera una gran red WAN, por lo que se diseñó una red de área metropolitana conformada por un conjunto de arreglos de redes LAN en cada una de las cuadras del municipio piloto, definidas por sus dominios.

Sin embargo, el diseño de la RSC cuenta con una topología fija, por lo que el enrutamiento podría ser estático. El acceso al monitoreo de los dispositivos se haría de forma remota y se configurarían a través del protocolo Telnet a través de la red. En el caso que sea necesario realizar una sustitución de dispositivos, se harán las actualizaciones de las tablas de enrutamiento mediante de un *broadcast*.

Existe una alternativa opcional para llevar a cabo la administración de la red, mediante un protocolo de enrutamiento dinámico OSPF. Pero la decisión de utilizar un enrutamiento estático o dinámico, queda por parte de los administradores de la red. Se debe definir un modo de enrutamiento de la red, pero como éste es realizada, resulta transparente para la operatividad de la RSC

IV.5 Performance de la red.

Una vez seleccionado el municipio piloto, con la finalidad de obtener las dimensiones y características de organización de la red, se realizó un estudio planimétrico que permitió proyectar y simular el área del mismo (13 Km cuadrados) por medio de un método gráfico, utilizando una herramienta de diseño SketchUP.

Mediante la herramienta mencionada, se graficó un plano del área del municipio, considerando cuadras y calles con medidas estándares, con el fin de realizar un diseño general de la RSC, objeto de este trabajo especial, para que pueda ser instalado y

adaptado a las características propias de cualquier otro municipio del país. Esto debido a que no todos los municipios del territorio nacional poseen una relación de igualdad en cuanto a la extensión geográfica y la distribución urbana.

Debido a que el diseño de la red está compuesto por un conjunto de arreglos de redes LAN, el área de estudio simulada se dividió en celdas de una arquitectura propia, distinta a la de telefonía móvil, partiendo de la alternativa de comunicación inalámbrica punto a multipunto seleccionada para el diseño de la RSC.

Para la ubicación de los dispositivos de acceso de la red, en el plano del área de estudio realizado, se investigó el radio de cobertura, con forma elipsoidal, que tendrán los Transceptores Capturadores y Móviles, así como el comportamiento de estos, considerando la existencia de las infraestructuras y/o edificaciones. Para la ubicación de estos dispositivos por cuadras se realizaron varias simulaciones manuales de posicionamiento de los mismos por medio de la elaboración de dibujos con radios de cobertura aproximados.

Las simulaciones consistieron en ubicar los dispositivos en cada una de las cuadras, siempre y cuando sus radios ocuparan por completo las calles del área simulada, de manera que no quedaran espacios sin cobertura. Para garantizar que todas las zonas del área de estudio quedaran cubiertas, fue necesario el solapamiento de los radios de los dispositivos.

El solapamiento de los radios no es causal de problemas en la transmisión inalámbrica, ya que el protocolo de comunicación TCP empleado en esta sección, es orientado a conexión a través del proceso de negociación en tres pasos *(Three way Handshake)* que asegura el intercambio de datos adjuntos cuando un dispositivo móvil se encuentra en el área de solapamiento, así como cuando entre y salga de un radio de cobertura. Este procedimiento es conocido como traspaso o *handoff*, cuando se realiza el proceso de transferencia de información de una celda a otra. En la figura 23 pág. 111(donde se muestra el solapamiento en la sección de indicadores numéricos de la red).En el caso que el envío de información sea sin datos adjuntos se realizará mediante

el protocolo UDP, lo que implicaría que si hay pérdidas de datos no se puedan recuperar. Sin embargo, esto no afectara la interpretación de la misma, porque los dispositivos móviles se encontrarán enviando la información constantemente. En el caso del monitoreo se tendrá la posición segundos antes de la perdida y después de la misma.

Para asegurar que los paquetes que se transmiten entre los Transceptores Capturadores –Transceptores Móviles no se pierdan, es necesario estudiar el comportamiento del *handoff* que ocurre en el segmento inalámbrico de la red por medio de técnicas de medición como simulaciones y pruebas.

Adicionalmente, estas técnicas podrán calibrar el rendimiento exacto de los enlaces del segmento inalámbricos de la red cuando hay altos y bajos niveles de ruido.

Las capacidades de la red serán calculadas considerando el ancho de banda destinado al tráfico de la misma, los casos típicos, atípicos y probables, así como las velocidades de transmisión que manejarán los módulos de RF de los Transceptores Móviles y Fijos del segmento inalámbrico.

La asignación del ancho de banda será variable. Esto motivado a que uno de los servicios que ofrecerá la red es la transmisión de video en forma continua, por medio de las cámaras instaladas para monitorear el municipio, lo que implica la asignación de una porción fija del ancho de banda de aproximadamente el 50%. El resto será destinado a los datos y el audio que corresponde al ancho de banda variable.

El monitoreo de los elementos que conforman la RSC y la detección oportuna de fallas permitirán garantizar la eficiencia de transmisión. El monitoreo mencionado puede realizarse de dos formas: uno activo donde se emplean técnicas basadas en el protocolo TCP y UDP para medir la tasa de transferencia, diagnosticar problemas en

la capa de aplicación, medir la pérdida de paquetes, así como el seguimiento de las rutas *(traceroute)*, y otro pasivo para analizar el tráfico de la red.

IV.6 Indicadores numéricos de la red.

En esta sección se presentan algunos indicadores que han sido definidos con varios objetivos: el primero de ellos es el de la rápida obtención de un estimado de la cantidad de dispositivos fijos (transceptores, switchs, radios, etc.) requeridos por kilómetro cuadrado en promedio en un municipio. El segundo objetivo es la determinación de tasas de bits promedio, destinadas a los servicios que ofrecerá la RSC. Por último, los indicadores numéricos constituyen una medida para extrapolar cantidades, distribuciones y/o densidades en un municipio de cualquier tamaño, realizando un estimado a partir de valores obtenidos en el presente diseño de la RSC en el municipio escogido como piloto.

Indicadores para el dimensionamiento de la red

A través del software de diseño Google SketchUp, disponible en la web de forma gratuita, se determinó gran parte de los indicadores numéricos de la red. Puntos de referencia que simulaban la ubicación de dispositivos fíjos en la cuadras fueron ubicados en un plano del software, utilizando las medidas estándares de una cuadra (150x150 metros, aproximadamente); Esto permitió la realización de cálculos necesarios para la obtención de indicadores.

Adicionalmente, se consideraron dos canales viales para la separación entre (cuadras con sus respectivos hombrillos), y se tomó en cuenta el ancho de cada canal (C) y del hombrillo (H), los cuales son de 3.6 metros y 0.6 metros, respectivamente; por lo tanto, el ancho total de la calle de 2 canales y 2 hombrillos (AC), es el mostrado en la fórmula 1.

$$C = 3{,}6m \quad H = 0{,}6m$$

Fórmula 1, *Ancho de calle,*

Fuente **Propia** $AC = 3{,}6x(2) + 0{,}6x(2) = 8{,}4\ m$

El área de estudio (A) considerada para el diseño del plano del municipio piloto fue de 20 cuadras y 20 calles, lo cual arrojó una medida de 3223.055 metros x 3174,892 metros, equivalente a 10,23 Km^2. En la figura22 se puede observar la representación de un municipio con una distribución homogénea y simétrica de 20x20 cuadras y sus respectivas calles, donde se muestran las medidas para realizar el cálculo del área mediante la fórmula 2

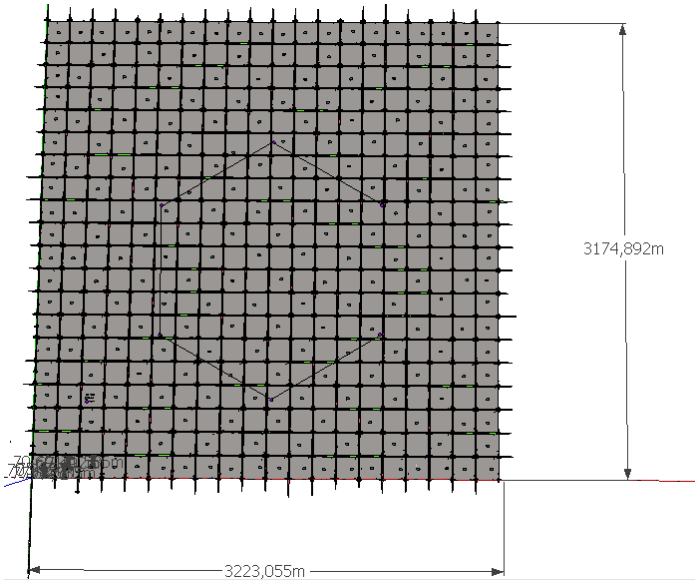

Figura 22, *Medidas del área de estudio, fuente:* ***Propia***

Fórmula 2, *Área,* $A = 3{,}23\ Km.\ x\ 3{,}174 Km. = 10{,}23 Km.^2$

Fuente: ***Propia***

Asimismo, la herramienta de diseño SketchUp permitió realizar los cálculos aproximados de la cantidad de Transceptores Capturadores, partiendo del radio de cobertura dado por el estándar 802.11p (250 metros), de cada módulo de RF con el que cada dispositivo contaría, así como el patrón de radiación correspondiente, que es

de forma elipsoidal. Sin embargo, el tipo de patrón de radiación escogido, se debe a la consideración de los posibles obstáculos como estructuras y edificaciones que se pueden encontrar en las diferentes zonas del municipio, que permiten que la propagación de la onda, que en un principio es esférica, se convierta en elipsoidal.

En la figura 23 se observan los patrones de radiación representados. Cada Transceptor Capturador cubre un lado de cada cuadra, de acuerdo a la línea de vista que dicho dispositivo tendrá, lo que demuestra un solapamiento entre radios de cobertura entre los diferentes dispositivos a lo largo de las calles del área de estudio. Los solapamientos de los radio de cobertura presentan colores más oscuros en la figura mencionada.

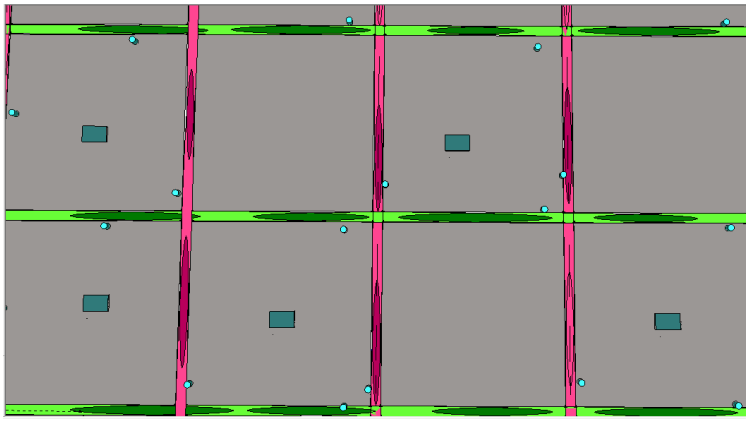

Figura 23, *Patrón de Radiación, fuente:* ***Propia***

Para determinar la cantidad de Transceptores Capturadores (CAP) y *switch* capa 2 (SW2) por 1 Km^2, se realizaron los siguientes cálculos mediante las fórmulas 3 y 4

Fórmula 3, *Capturadores por Km^2,*

$$CAP = \frac{684\ Transceptores\ capturadores\ x\ 1\ Km^2}{10{,}23 Km^2} = 67\ capturadores/Km.^2$$

Fórmula 4, *Switchs por Km^2,*

$$SW2 = \frac{238\ switch\ x\ 1\ Km^2}{10{,}23\ Km^2} = 24\ Switch/Km.^2$$

Fuente: ***Propia***

Los valores mostrados en la tabla 8 proporcionan una idea aproximada de la cantidad de dispositivos por Km^2 requeridos en un municipio para la implementación de la RSC propuesta, lo que permite un rápido cálculo de la cantidad total de dispositivos, al multiplicar el área total del municipio (en Km^2) por cada indicador.

Dispositivo	Km^2	Cantidad
Transceptor Capturador	1	67
Switch Capa 2	1	24
Switch Capa 3	10	8
MS	1	24
AP	1	8

Tabla 8, *Dispositivos aproximados por Km.*^{2,} *fuente:* ***Propia***

Se necesitaran 67 Transceptores Capturadores como mínimo por cada Km^2, los cuales deberán estar conectados con cable UTP CAT6A hasta el *switch* capa 2 más cercano. Este cableado no puede superar los 100 metros, según la norma TIA/EIA-568-B.2-10. Así mismo, los *switchs* deben ir cableados hasta el MS(modulo suscriptor) más cercano a través de un cable banda base. Esto implica que ambos dispositivos deben estar en la misma cuadra. El MS se encargará de transmitir la información a los AP (*Access Point*) pertenecientes al anillo de fibra óptica de alta velocidad.

Es importante considerar que al realizar la implementación de la RSC, se deben distribuir Transceptores Capturadores a lo largo de las entradas y salidas del municipio, ya que existen calles y avenidas que son compartidas con otros municipios, y deben estar cubiertas por la red. La distribución interna de los transceptores será de forma intercalada, por cuadras, por lo que cada 0,0225 Km^2 se

deben colocar cuatro Transceptores Capturadores. Mediante las figuras 24 y 25 se puede observar la leyenda y la distribución de los Transceptores Capturadores, los *switch* capa 2 y las distancias que debe haber entre estos dos dispositivos.

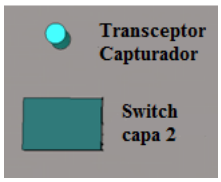

Figura 24, *Leyenda de la distribución de los transceptores, fuente:* ***Propia***

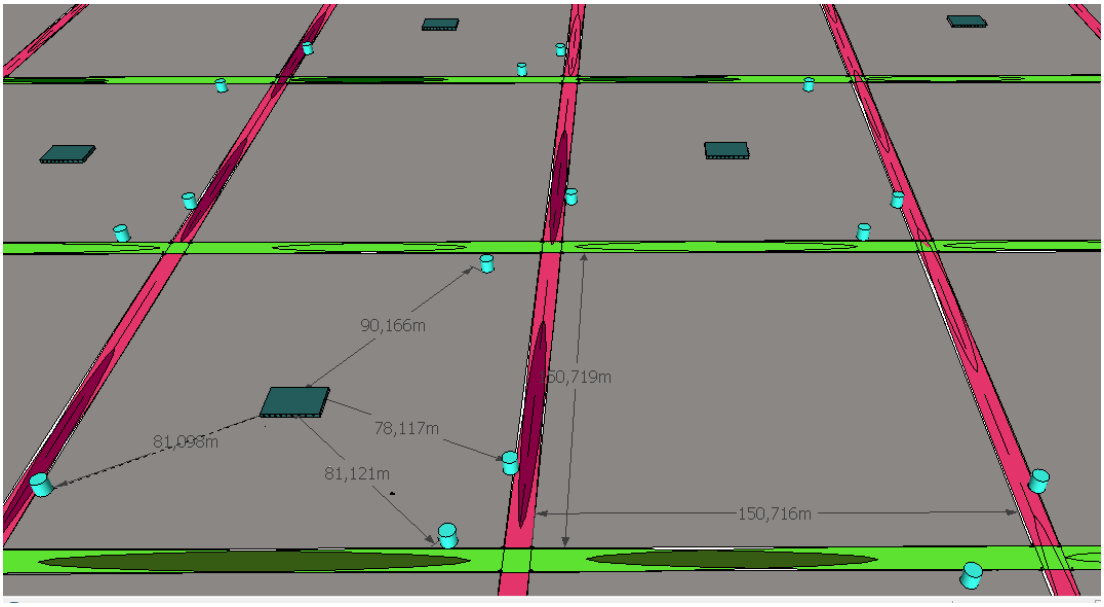

Figura 25, *distribución de los transceptores, fuente:* ***Propia***

Indicadores de Rendimiento de la Red.

Para calcular el rendimiento aproximado de la red se realizaron tablas que permitieron obtener la tasa de bits que manejará el protocolo de la RSC.

Para ello se tomó en cuenta el tamaño de cada una de las tramas de los servicios y aplicaciones. Estos fueron clasificados según las necesidades de los habitantes, las cuales son: asistencia al ciudadano, salud, seguridad policial. Adicionalmente se tomaron en cuenta otros parámetros que son fundamentales para el diseño de la RSC como lo son el radio de cobertura, tasa de bits, entre otros.

Las aplicaciones y servicios que se encuentran resaltados de color verde oscuro en la tabla 9, representan los diversos tipos de información adjunta que se pueden encontrar en alguno de los servicios previamente diseñados según sea el caso. A continuación se muestra la clasificación de la información adjunta perteneciente a los diferentes campos de los servicios que los contengan:

- Información scanner licencia: Debe tener un tamaño máximo de 1 KB, ya que la información obtenida a través del mismo corresponde a la numeración de la licencia digitalizada, el cual debe ser enviada a través de la RSC hacia la central principal. La numeración debe estar almacenada en una base de datos que debe estar asociada a la información del habitante.
- Ciudadano: Esta información debe tener un tamaño máximo de 40KB, que será utilizado como medida de respaldo en el caso que el ciudadano no tenga licencia y no aparezca en la base de datos del sistema. Esta información será enviada a través de un documento de texto simple. A su vez, este documento le proporcionará información adicional a la central principal, suministrada por los cuerpos policiales, en caso de delitos, eventos o incidentes en los que el ciudadano se encuentre involucrado.
- Historia Médica: Este campo tiene un tamaño máximo de 4MB ya que permitirá el envió de datos e imágenes de alta resolución.

En la tabla 9 se puede observar la tasa de bits según cada servicio

	Aplicaciones y servicios	Número de bits	Número de bytes	KB doc. adjuntos	Aprox. Bytes	nueva cantidad bits
Seguridad	COPA	379	47,375	-	48	384
	Información scanner licencia	8192	1024	1	1024	8192
Asistencia al ciudadano	Ciudadano	327680	40960	40	40960	327680
	Transporte público	350	43,75	-	44	352
	Áreas públicas	164	20,5	-	21	168
	Áreas privadas	163	20,375	-	21	168
	Bomberos	359	44,875	-	45	360
	Grúas	340	42,5	-	43	344
Salud	Historia médica	33554432	4194304	4096	4194304	33554432
	MOAM (Ambulancias)	402	50,25	-	51	408
Otros	Respuesta	74	9,25	-	10	80
	Transceptor-híbrido	196	24,5	-	25	200
	Capturador	181	22,625	-	23	184
	Cantidad total de Bits	**33892912**				
	Cantidad Total de Bytes	**4236614**				

Tabla 9, *Tasa de bits por servicio diseñado,' fuente:* ***Propia***

Luego de haber obtenido el tamaño de cada uno de los servicios y los parámetros que son fundamentales para el diseño de la RSC, se escogió el servicio que tuviese el mayor tamaño porque partiendo de esta selección se garantizará el tamaño máximo de datos que podrán ser transmitidos en la línea de transmisión.

Es importante considerar que está selección es denominada como el caso menos favorable, significa que hay una mayor ocupación de bits en la línea de transmisión. Fue necesario realizar este procedimiento ya que se debe asegurar el rendimiento de la red en los casos más y menos favorables

Adicionalmente, se tomó en cuenta la información adjunta de cada uno de las aplicaciones pertenecientes a los diferentes servicios que contienen los campos definidos para almacenarla, tales como COPA, MOAM, Bomberos, los cuales fueron estudiados mediante una tabla comparativa.

En la tabla 10 se pueden observar los servicios y otros dispositivos pertenecientes a la red que contienen información adjunta.

	Servicios con información Adjunta		
	COPA	**MOAM**	**Bomberos**
Bits	336256	33563032	8552
Bytes	42032	4195379	1069
KB	41,046875	4097,049805	1,043945313
Aprox KB	42	4098	2

Tabla 10, *Servicios con información adjunta, fuente:* ***Propia***

Como resultado del análisis comparativo, se obtuvo que el servicio MOAM posee el peso más alto de la tabla, porque este servicio puede enviar dos tipos de información adjunta, historia médica del paciente y/o información del scanner de licencia. La escogencia del peso de este servicio garantizará el rendimiento de la red.

A pesar de haber escogido el servicio que arrojó el tamaño más grande, fue necesario considerar el tamaño del segmento que proporciona el Transceptor Capturador por medio de la trama de registro. La suma de ambos segmentos da como resultado la cantidad de bytes que manejará como máximo el protocolo de la RSC (PRSC), este valor fue denominado como Datos PRSC. Cabe destacar que la información que manejará el protocolo está definida únicamente por datos.

En la tabla 11 se puede observar el tamaño de los datos que maneja el protocolo, considerandos los datos adjuntos. En la tabla 12 tal aparecen los datos sin contenido adjunto, los cuales serán llamados datos simples.

Datos del protocolo de la RSC con datos adjuntos	
MOAM (bytes)	4196352
Capturador (bytes)	23
Total	**4196375**

Tabla 11, *Datos del protocolo de la RSC, con documentos adjuntos, Fuente:* ***Propia***

Datos del protocolo de la RSC con datos simples	
MOAM (sin archivos adjuntos)	51
Capturador	23
Total Bytes	**74**

Tabla 12, *Datos del protocolo de la RSC, simple, Fuente:* ***Propia***

Para poder realizar los cálculos del rendimiento de la red en la transmisión inalámbrica, se consideró el tamaño de las diferentes cabeceras que son agregadas por los protocolos que se encuentran involucrados al momento de realizar la transmisión. Los datos agregados fueron las cabeceras del protocolo IP, TCP, RTP, la cabecera Mac y Física del estándar IEEE 802.11 y el valor nominal de Datos PRSC.

En la tabla 13 se puede observar la cantidad de bytes utilizados por cada uno de los protocolos, así como los bytes de los Datos PRSC y el tamaño de los archivos adjuntos que intervienen en la transmisión inalámbrica.

Inalámbrica							
Protocolo	**Cabecera IP**	**Cabecera TCP**	**Cabecera 802.11a MAC**	**Cabecera 802.11a PHY**	**Cabecera RTP**	**Datos del protocolo de la RSC**	**Total**
Bytes	20	20	30	5	12	4196375	**4196462**

Tabla 13, *Cabeceras de protocolos y datos del protocolo de la RSC, adjuntos fuente:* ***Propia***

Las unidades móviles de la RSC no transmiten información adjunta constantemente, sólo envían datos simples, por lo que esto es considerado el caso más común en la transmisión de datos en la red.

En la tabla 14 se puede observar la cantidad de bytes utilizados por cada uno de los protocolos, así como de los bytes de los Datos PRSC simples(sin datos adjuntos) que intervienen en la transmisión inalámbrica.

Inalámbrica							
Protocolo	**Cabecera IP**	**Cabecera TCP**	**Cabecera 802.11a MAC**	**Cabecera 802.11a PHY**	**Cabecera RTP**	**Datos del protocolo de la RSC**	**Total**
Bytes	20	20	30	5	12	74	**161**

Tabla 14, *Cabeceras de protocolos y datos del protocolo de la RSC simple,*
fuente: ***Propia***

Luego de haber calculado la cantidad de bits que deben transmitirse en la sección inalámbrica, con o sin archivos adjuntos, se pudo obtener el tiempo promedio de transmisión por medio de la relación que hay entre la cantidad de bits a transmitir en esta sección con cada una de las diferentes velocidades que posee el protocolo 802.11p.

Las velocidades son valores teóricos del estándar, por lo que es necesario realizar, en el futuro, pruebas que demuestren una relación entre los valores prácticos y los teóricos; ésto aún y cuando deben ser consideradas variables como la disponibilidad del canal que será utilizado para la transmisión de información, para así obtener los resultados deseados.

Para realizar los cálculos de los tiempo promedio a través de la velocidad y el tamaño de la información, se utilizaron la formula 5

Fórmula 5, *Tiempo Promedio*,

$$Tiempo\ (S) = \frac{Bits\ a\ transmitir}{V\ bps}$$

Fuente: ***Propia***

En la tabla 15 se puede observar el tiempo promedio obtenido según las velocidades teóricas del estándar 802.11p., tomando en cuenta el valor del tamaño de los Datos PRSC en el caso menos favorable..

Inalámbrica								
Tamaño Datos(Bits)	33571696							
Velocidad Mbps	3	4,5	6	9	12	18	24	27
Velocidad (bps)	3000000	4500000	6000000	9000000	12000000	18000000	24000000	27000000
Tiempo (S)	11,19056533	7,460376889	5,595282667	3,730188444	2,797641333	1,865094222	1,398820667	1,243396148

Tabla 15, *Tiempo Promedio con datos del Protocolo de la RSC***,** *fuente:* ***Propia***

A medida que la velocidad teórica de trasmisión aumenta, se podrá enviar la información en una menor cantidad de tiempo, lo que permitirá un mejor rendimiento de la red y la implementación de nuevos servicios como cámaras IP vehiculares siempre y cuando la velocidad promedio obtenida sea mayor a 12Mbps, ya que si estos son agregados cuando la velocidad es menor, se presentaran retrasos en la transmisión, así como perdidas de paquetes debido a los diferentes tamaños que pueden ocupar los nuevos servicios. Sin embargo, al considerar el tamaño de los Datos PRSC con el caso más común, se puede observar en la tabla 16 que los tiempos de transmisión son menores a los obtenidos cuando el caso es menos favorable.

Inalámbrica								
Tamaño Datos(Bits)	1288							
Velocidad Mbps	3	4,5	6	9	12	18	24	27
Velocidad (bps)	3000000	4500000	6000000	9000000	12000000	18000000	24000000	27000000
Tiempo (S)	0,000429333	0,000286222	0,000214667	0,000143111	0,000107333	7,15556E-05	5,36667E-05	4,77037E-05

Tabla 16, *Tiempo Promedio con datos Simples PRSC***,** *fuente:* ***Propia***

En cuanto al rendimiento de la red en la transmisión alámbrica, se consideró el tamaño de los Datos PRSC (simples o con archivos adjuntos) así como el tamaño de la trama de Ethernet. En la figura 26 se puede observar la estructura de la trama Ethernet.

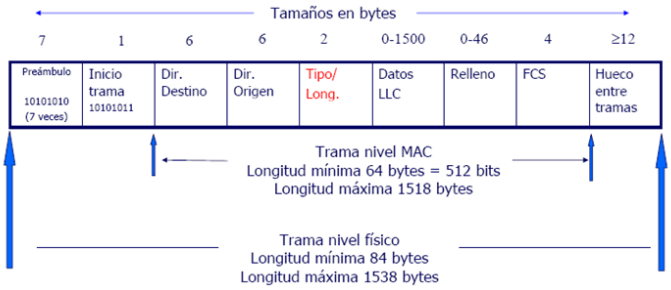

Figura 26, *Trama Ethernet*, *fuente:* **(Carmona)**

- ***Cabecera Ethernet*** *= Preámbulo + SOF + Dir. dest. + Dir. Origen + Longitud.*

  Cabecera Ethernet *= 7+1+6+6+2 = 22 bytes*

- ***Payload Ethernet*** *= Cabecera IP + Cabecera UDP + Payload UDP + Cabecera RTP.*

- ***Tamaño trama Ethernet*** *= Cabecera Ethernet + FCS + GAP + Payload Ethernet.*

En la tabla 17 se puede observar la ocupación de datos por canal en la sección alámbrica en el caso menos favorable, compuesta por la suma del *payload* y cabecera de la trama Ethernet, cabecera RTP agregada en dicha sección, así como los Datos PRSC. Y en la tabla 18 se puede observar con los datos simples el que sería el caso más favorable.

Alambrica Datos	
Protocolo	**Bytes**
Inf. Inalambrica (Payload Ethernet)	4196427
Cabecera Ethernet	22
Cantidad Total en la trama	**4196449**

Tabla 17, *Ocupación datos protocolo de la RSC (adjuntos) por canal,*

.

Alambrica Datos	
Protocolo	**Bytes**
Inf. Inalambrica (Payload Ethernet)	126
Cabecera Ethernet	22
Cantidad Total en la trama	**148**

Tabla 18, *Ocupación datos protocolo de la RSC simple por canal,* Fuente:

Adicionalmente, se consideró el tamaño que tendrán las imágenes dada por los códec de video H. 264 seleccionado, donde los parámetros considerados fueron:

- La resolución o cantidad de pixeles por cuadro: se calcularía al multiplicar el ancho por el alto del cuadro de la imagen. La resolución tomada para el diseño fue 640x360.
- Cuadros por segundo (FPS): La velocidad óptima que otorga el estándar es de 30 FPS, sin embargo se consideró tomar una velocidad mejor (16 FPS) para el diseño, ya que permitirá tener una calidad media de los cuadros obtenidos por segundo de la imagen y un requerimiento moderado en cuanto a la tasa de bits por canal. Si se desea observar imágenes en alta resolución, éstas se encontrarán almacenadas un DVR, al que se podrá acceder en cualquier momento, en red o físicamente.

- Rango de movimiento: Es la cantidad de movimiento que posee la imagen, si el valor del parámetro es:
  - ✓ 1: el rango de movimiento es bajo. Se recomienda para la obtención de imágenes fijas.
  - ✓ 2: el rango de movimiento es medio. Se recomienda para escenarios sin muchos cambios o movimientos repentinos de cámaras.
  - ✓ 4: el rango de movimiento es alto. Se recomienda para objetos que se mueven a velocidades altas y en cambios de movimientos impredecibles.

  Debido al tipo de imágenes que se obtendrán a través de cámaras ubicadas en puntos estratégicos de un municipio, se consideró el rango de movimiento medio que equivale al valor 2.

- Valor base por pixel, por cuadro y por rango de movimientos: Es un patrón que viene dado en bps, el cual al ser multiplicado por los parámetros de cuadros, pixeles y rango de movimiento dados por una imagen, permite obtener la estimación de la tasa de bits de acuerdo a los requerimientos deseados. El patrón tiene un valor nominal de 0.07 bps

La tasa de bits del códec se calculó mediante la multiplicación de los parámetros antes mencionados. Mediante la fórmula 7 (AMERASINGHE)se observa cómo fue calculada la tasa de bits y en la tabla19 se observan las características definidas en el diseño RSC.

$$Tasa\ de\ bits = (Resolución)\ x\ (FPS)\ x\ (Rango\ de\ movimiento)\ x\ (0{,}07bps)$$

Fórmula 6, *Cálculo Tasa de bits CODEC H.264****,*** *Fuente: (AMERASINGHE)*

CODEC VIDEO H.264	
Resolución (Pixeles por cuadro)	640 X 360
Cuadros por segundos (fps)	16
Rango de Movimiento	2
Valor base X pixel (bps)	0,07
Tasa de bits	**516096**
Kb	**516,096**

Tabla 19, *Parámetros considerados para el CODEC H.264,* fuente**: Propia**

Para la transmisión de audio, se escogió el códec H.269 el cual posee una tasa de bits de 8Kbps. En la tabla 20 se observa la tasa de bits del códec seleccionado

CODEC AUDIO H.269	
Tasa de Bits	**8 Kbps**

Tabla 20, *Tasa de bits CODEC H.269,* fuente**: Propia**

El rendimiento total aproximado de la RSC está conformado por cada uno de los tamaños que fueron calculados para obtener el valor del mismo. Se tomó en cuenta la tasa de bits de los codecs de audio y video escogidos para el diseño, así como el tamaño el de Datos PRSC, sin embargo cada uno de estos tipos de información viajará por canales independientes. N canales de audio, M canales de video y L de Datos PRSC. Adicionalmente, se consideró que las antenas utilizadas para transmitir la información de manera inalámbrica al núcleo de la red, garantizan una interfaz de salida de al menos 90 Mbps, por lo tanto, el ancho de banda queda limitado a 90Mbps por sector, el cual comprende aproximadamente 20 cuadras del área de estudio. Como resultado, se estableció que el 56% del ancho de banda disponible será utilizado para las transmisiones fijas la cual corresponde a la

transmisión de video y el 44 % restante se consideró para transmisiones variables como el audio y los datos.

La tasa de bits que utiliza el video por canal es de **516,59 Kbps**, ya que para realizar la transmisión se deben considerar las cabeceras de los protocolos UDP, RTP, IP y Ethernet así como los parámetros antes mencionados en la tabla 17. Adicionalmente, se tomó en cuenta que por cada celda hay 20 cuadras aproximadamente, en cada cuadra habrá un promedio de 5 cámaras IP, por lo que se tendrán 100 canales de video, el cual generan una tasa de bits promedio de 51,65 Mbps, dejando un ancho de banda libre para los otros servicios de 38 Mbps, como se puede observar en la tabla 21

Tasa de Bits promedio para el Video	
Ancho de banda disponible	90000000
Cantidad promedio de canales por sector	100
CODEC Video H.264 Bits y cabeceras	516592
Tasa de Bits promedio para video	51659200
Ancho de banda disponible para transmisiones variables audio y datos	**38340800**
Mb	**38,3408**

Tabla 21, *Ancho de banda disponible para datos y audio, Fuente****: Propia***

Por otra parte, la tasa de bits por canal de audio corresponde a 32 Kbps y la tasa de bits por canal de Datos PRSC simple corresponde 296 bps. Estos cálculos dan una estimación aproximada de la cantidad de canales de audio y de datos máximos que podría soportar una transmisión, para saberlo detalladamente es necesario realizar estudios a través de simulaciones, el cual no es un objetivo que pertenezca al presente proyecto.

En la tabla 22 se puede observar el caso más favorable que ocurra, basado en el estudio del estándar 802.11p, el cual posee 4 canales de servicio para la

transmisión de información, permitiendo que 4 unidades móviles transmitan datos de forma inalámbrica al mismo tiempo y así como la transmisión alámbrica de 2 dispositivos fijos con 3 canales de audio.

Tasa de Bits promedio para el audio		Tasa de Bit promedio para datos simples	
Cantidad de canales	3	**Cantidad de canales**	4
Codec Audio H.269 y cabeceras bits	32000	**Datos Protocolo RSC (PRSC) Bits**	1184
Tasa de Bits promedio para el audio	96000	**Tiempo (S)**	1
Mbps	0,096	**Tasa de Bits para datos bps**	4736
Tasa de Bits para Audio y Datos	**100736**		
Mbps	**0,100736**		

Tabla 22, *Caso favorable, con datos del protocolo de la RSC (PRSC) simple,* fuente**: Propia**

Utilizando Datos PRSC con archivos adjuntos, se podrá realizar 4 transmisiones de datos adjuntos desde el mismo punto adicionando a su vez 3 canales de audio. Este caso es considerable como menos probable, el cual se puede observar en la tabla 23.

Tasa de Bits promedio para el audio		Tasa de Bit promedio para datos adjuntos	
Cantidad de canales	3	**Cantidad de canales**	4
Codec Audio H.269 y cabeceras bits	32000	**Datos Protocolo RSC (PRSC) Bits**	33571592
Tasa de Bits promedio para el audio	96000	**Tiempo (S)**	4
Mbps	0,096	**Tasa de Bits para datos bps**	33571592
Tasa de Bits para Audio y Datos	**33667592**		
Mbps	**33,667592**		

Tabla 23, *Caso menos favorable, con datos PRSC adjuntos, fuente****: Propia***

En la tabla 24, se puede observar el caso más probable cuando se realiza la trasmisión de 3 canales de audio y un solo canal para datos con archivos adjuntos desde el mismo punto.

Tasa de Bits promedio para el audio		Tasa de Bit promedio para datos adjuntos	
Cantidad de canales	3	**Cantidad de canales**	1
Codec Audio H.269 y cabeceras bits	32000	**Datos Protocolo RSC (PRSC) Bits**	33571592
Tasa de Bits promedio para el audio	96000	**Tiempo (S)**	4
Mbps	0,096	**Tasa de Bits para datos bps**	8392898
Tasa de Bits para Audio y Datos	**8488898**		
Mbps	**8,488898**		

Tabla 24, *Caso favorable, con datos PRSC adjuntos, F*uente**: Propia**

IV.7 Condiciones para la implementación.

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar una red telemática de seguridad ciudadana, para el uso de los cuerpos de seguridad, emergencia y población civil, implementable en cualquier municipio del territorio nacional. De ser implementado, deben cumplirse una serie de etapas, considerando los siguientes aspectos:

Capital Humano:

- Seleccionar, contratar y capacitar al personal para que ejerzan funciones de operador en la central principal, que se encargarán de analizar los datos y señales de audio y video proveniente de los dispositivos de la capa de acceso de la red.
- Capacitar y adiestrar al personal que presta servicios de asistencia y emergencia, mediante cursos que muestren el funcionamiento de los Transceptores de la red.
- Seleccionar, contratar y capacitar personal que preste servicios de operación y mantenimiento, sobre los dispositivos, para evitar degradaciones del sistema.

Dispositivos de la red:

- Los Transceptores Capturadores no se deben encontrar a más de 100 metros de los *switch*. Si la distancia entre estos dispositivos es mayor a la establecida, se debe colocar un *switch* más pequeño para que regenere las tramas sin ocasionar perdidas.
- Los Transceptores Fijos, Transceptores Capturadores y Controladores deben ser resistentes a las condiciones climáticas.
- Cumplir con la cantidad mínima de dispositivos por kilómetros cuadrados establecidos en la fase 6 del proyecto (*Indicadores numéricos*).
- Sustituir de manera inmediata los dispositivos que dejen de funcionar.

- Dotar a la central principal con los mejores equipos tecnológicos para procesar de manera inmediata la información proveniente de los dispositivos de acceso de la red.

Administración:

- Realizar una base de datos de todos los dispositivos de la red.
- Realizar una base de datos de todo el personal que presta servicios de asistencia y emergencia, como los que operan la red.
- Realizar una base de datos de las unidades móviles que ofrecerán servicios sobre la red.
- Realizar una base de datos de la población habitacional del municipio.
- El administrador de la red debe estar al tanto de las actualizaciones de los software de cada uno de los dispositivos de la red, para garantizar su rendimiento.

Requisitos que debe cumplir el municipio:

- Educar y entrenar a los habitantes del municipio sobre el sistema y los dispositivos que sean desea implementar.
- Condiciones de Infraestructura.
    - La distancia entre calles entre debe ser lo más aproximada al valor estándar de las mismas. Deben tomarse en cuenta la el ancho de los hombrillos.
    - Si las urbanizaciones poseen zonas geográficas de difícil acceso, se deben considerar alternativas de transmisión que tendrán los dispositivos de acceso, así como su ubicación en dichas zonas, de manera que la transmisión sea continua en todo momento.
    - Debe cumplir con las características que poseen los municipios urbanos.

- El municipio debe contar un el suministro de energía necesario en los diversos puntos en los cuales serán ubicados los dispositivos de acceso, distribución y núcleo de la red.

Si se cumplen los pasos mencionados anteriormente, el municipio que implemente la RSC, obtendrá los beneficios de respuesta inmediata sobre eventos y emergencias e presentadas, la calidad en la prestación de los servicios de asistencia que se deseen ofrecer y a su vez simplificar el proceso de atención hacia los habitantes

IV.8 Análisis de costos del componente de transmisión.

Con el fin de determinar la arquitectura de red con menor costo se hizo una estimación del componente de transmisión obteniendo como resultado que la implementación con switch ME (*MetroEthernet*) capa 3, resultaba más económica (ver tabla 25) al compararlo con una arquitectura tradicional (capa 2- capa 3) (ver tabla 26). El mayor costo de la arquitectura tradicional se deriva de la adición de otros equipos como son los routers ME y tarjetas adaptables para la fibra.

Dispositivo	Precio Unitario	Cantidad por Unidad	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad	Costo Total
Infraestructura de Red						
Red de Acceso Local Ethernet						
Switches	$ 300,00	1	Equipo	238	$ 300,00	$ 71.400,00
Cableado UTP	0,53	600	ML	142800	$ 318,00	$ 75.684,00
Total Red de Acceso Local Ethernet					**$ 618,00**	**$ 147.084,00**
Red de Acceso Inalámbrico						
User Interface	$ 600,00	1	Equipo	238	$ 600,00	$ 142.800,00
Access Interface	$ 2.600,00	1	Equipo	12	$ 2.600,00	$ 31.200,00
Cable UTP	$ 0,53	100	ML	25000	$ 53,00	$ 13.250,00
Total Red de Acceso Inalámbrico					**$ 3.253,00**	**$ 187.250,00**
Capa de Distribución						
Access Point (A)	$ 2.000,00	1	Equipo	8	$ 2.000,00	$ 16.000,00
Módulo suscriptor (SM)	$ 600,00	1	Equipo	240	$ 600,00	$ 144.000,00
Total Capa de Distribución de la red					**$ 2.600,00**	**$ 160.000,00**
Core Network						
MetroEthernet Switch	$ 13.500,00	1	Equipo	9		$ 121.500,00
Fibra Óptica Monomodo	$ 455,01		1000FT	72,8200		$ 33.133,83
Ducto de PVC para fibra	$ 585,09		1000FT	60,86		$ 35.608,63
Total Core Network						**$ 190.242,46**
Obra Civil (tendido de fibra)						
Zanja en terreno duro (profund 1m)	$ 4,32		ML	18550,1280		$ 80.136,55
Colocación de ducto + empalme	$ 2,28		ML	18550,1280		$ 42.294,29
Total Obra Civil						**$ 122.430,84**
Total						**$ 807.007,31**
					Cambio Oficial	**Bs. 3.470.131,41**
					Cambio Paralelo	**Bs. 8.070.073,06**

Tabla 25, *Switch capa 3, F*uente**: Propia**

Dispositivo	Precio Unitario	Cantidad por Unidad	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad	Costo Total
Infraestructura de Red						
Red de Acceso Local Ethernet						
Switches	$ 300,00	1	Equipo	238	$ 300,00	$ 71.400,00
Cableado UTP	0,53	600	ML	142800	$ 318,00	$ 75.684,00
Total Red de Acceso Local Ethernet					**$ 618,00**	**$ 147.084,00**
Red de Acceso Inalámbrico						
User Interface	$ 600,00	1	Equipo	238	$ 600,00	$ 142.800,00
Access Interface	$ 2.600,00	1	Equipo	12	$ 2.600,00	$ 31.200,00
Cable UTP	$ 0,53	100	ML	25000	$ 53,00	$ 13.250,00
Total Red de Acceso Inalámbrico					**$ 3.253,00**	**$ 187.250,00**
Capa de Distribución						
Access Point (A)	$ 2.000,00	1	Equipo	8	$ 2.000,00	$ 16.000,00
Módulo suscriptor (SM)	$ 600,00	1	Equipo	240	$ 600,00	$ 144.000,00
Total Capa de Distribución de la red					**$ 2.600,00**	**$ 160.000,00**
Core Network						
MetroEthernet ROUTER	$ 13.500,00	1	Equipo	9		$ 121.500,00
Fibra Óptica Monomodo	$ 455,01		1000FT	72,8200		$ 33.133,83
Ducto de PVC para fibra	$ 585,09		1000FT	60,86		$ 35.608,63
Card Slots	$ 2.000,00	1	Equipo	16		$ 32.000,00
Total Core Network						**$ 222.242,46**
Obra Civil (tendido de fibra)						
Zanja en terreno duro (profund 1m)	$ 4,32		ML	18550,1280		$ 80.136,55
Colocación de ducto + empalme	$ 2,28		ML	18550,1280		$ 42.294,29
Total Obra Civil						**$ 122.430,84**
Total						**$ 839.007,31**
					Cambio Oficial	**Bs. 3.607.731,41**
					Cambio Paralelo	**Bs. 8.390.073,06**

Tabla 26, *Switch capa 2 y Routers , F*uente**: Propia**

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

V.1 Conclusiones

Los servicios de seguridad, atención de emergencias y protección civil son procesos complejos en cuanto a la selección y capacitación del capital humano, la disponibilidad de medios así como la definición de sistemas y procesos para detección, manejo y atención de los eventos que se presenten, que, en caso de presentar deficiencias, afecta la calidad de vida de los habitantes y el normal desenvolvimiento de las actividades en un municipio. Se da el caso de que a pesar de contar con el personal calificado y los medios adecuados para la prestación de los servicios, no se logra que estos sean eficientes debido a limitaciones en la captación y manejo de la información sobre los eventos que ocurren en las zonas de responsabilidad, por no contar con una plataforma tecnológica adecuada para el manejo de la data que se genera antes, durante y después de la ocurrencia de los eventos.

En la búsqueda contínua de procesos y sistemas optimizados, empresas como TECHNITEL SOLUCIONES C.A, proponen y apoyan proyectos de desarrollo y soluciones tecnológicas que den respuesta eficiente a las necesidades de los potenciales clientes. Es por ésto que se planteó este proyecto con el propósito dar una solución a los problemas de manejo y atención de eventos que se presentan en un municipio del país, garantizando la reducción del tiempo de respuesta en los servicios que ofrecerá la Red Telemática de Seguridad Ciudadana (RSC) así como la mejora en los mismos.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos durante el desarrollo del presente Trabajo Especial de grado, se concluye lo siguiente:

- Se diseñó una red que permitirá a los cuerpos de seguridad ciudadana y emergencias del Municipio Chacao, escogido como municipio piloto, disponer de una red telemática para el manejo eficiente de los servicios de asistencia y emergencia, que contribuyan mejorar los tiempos de respuesta ante las necesidades de los ciudadanos.

- Se realizó un conjunto de aplicaciones y servicios basados en las necesidades que posee el municipio en materia de seguridad, salud y asistencia ciudadana, para reducir los tiempos de respuesta, desde que se recibe la solicitud de los servicios, hasta que ésta es atendida.

- Se determinó que el estándar IEEE 802.11P escogido es versátil, adaptable, flexible y escalable en sus diferentes versiones para transmisiones inalámbricas, siendo el más adecuado en la selección de la tecnología que emplearán los Módulos de Radio Frecuencia (RF) de última generación disponibles en el mercado. La selección dependerá de aspectos técnicos fundamentales como radios de cobertura, patrones de radiación y bandas de frecuencias libres o licenciadas, así como la disponibilidad de los recursos económicos necesarios, considerando adicionalmente las características ambientales y físicas del municipio donde se vaya a implementar la red, con la finalidad de garantizar el rendimiento de la misma y la transmisión continua de información entre los dispositivos de la capa de acceso de la red.

- Se seleccionaron equipos capa 2 y capa 3 para el enrutamiento así como dispositivos de transmisión de RF punto a multipunto que operan en la banda 5.4GHz a 5.8GHz que emplean la tecnología OFDM como método de acceso al medio, para propagar la información de la red, porque trabajan a altas velocidades a través de las interfaces de entrada y salida. Además, son lo suficientemente robustos (*RUGGEDIZED*), de fácil configuración y

compatibles con tecnologías de transmisión que permiten la escalabilidad de la red.

- Se diseñó el protocolo de comunicaciones que usarán los dispositivos Transceptores propietarios de la empresa TECHNITEL SOLUCIONES C.A, que opera en la capa de aplicación del modelo TCP/IP, cumpliendo con el requerimiento exigido por la misma, debido a que el diseño de la RSC se fundamentó bajo la premisa de operar la red en una arquitectura propietaria.

- Se elaboró una propuesta de las condiciones que deben implementarse en la RSC en cualquier municipio del territorio, considerando el capital humano, administración, recursos de la red y los requerimientos del municipio que se deben cumplir para garantizar el buen funcionamiento de las mismas, basado en el diseño de eficiencia de transmisión.

- El diseño de la red telemática de seguridad ciudadana, forma parte de un proyecto integral, que permitirá el desarrollo de nuevos proyectos que incluyan los diseños de los dispositivos de la capa de acceso de la red, así como la simulación, pruebas del protocolo de comunicaciones y posterior implementación.

- El desarrollo de este Trabajo Especial de Grado, permitió aplicar y afianzar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, así como también ofreció la oportunidad de interactuar con otras áreas de la ingeniería.

V.2 Recomendaciones

La RSC es parte de un proyecto integral, que contempla la ingeniería conceptual, básica y detallada que son tomadas en cuenta para el diseño, simulación, pruebas e implementación del mismo.

Este Trabajo Especial de Grado forma parte de la ingeniería conceptual del proyecto integral, por lo que se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones con la finalidad de continuar con las próximas etapas de la ingeniería que serán desarrolladas más adelante.

- Tomar en consideración los resultados de las velocidades prácticas de acceso inalámbrico que se obtendrán en la fase de pruebas del proyecto integral. Sí estos son mayores a 12Mbps, se podrán incluir en las unidades móviles, transmisiones de señales de audio y video, con calidad media.

- Para implementar una arquitectura de red tradicional capa 2 y capa 3 (*swtichs* y *routers*) en el diseño de la RSC, es importante considerar las características que deben cumplir los dispositivos de enrutamiento mencionados en este Trabajo Especial de Grado, para poder realizar los cambios sin que se altere el rendimiento de la red.

- Para optimizar la cantidad de dispositivos de la capa de acceso de la red, se podrán ubicar Transceptores Híbridos en zonas rodeadas por accesos viales, que pueden operar al mismo tiempo como un Transceptor Fijo y Capturador, lo que permitirá la reducción de costos en la fase de implementación.

- Considerar un plan de contingencia como respaldo de la red cuando se presenten fallas graves que impidan su buen funcionamiento.

- Diseñar un plan de comunicación que permita educar a los habitantes y dar a conocer el funcionamiento del sistema de la RSC que será implementado.

Bibliografía

(n.d.). Retrieved Abril 15, 2012, from Redes Cableadas: http://redescableadas.wordpress.com/2012/03/22/la-fibra-optica/

(2011). Retrieved enero 28, 2012, from World Telecomunicaciones: http://worldtelecomunicaciones2011.blogspot.com/p/telecomunicaciones-y-sus-ambitos-de.html

Air-Stream. (n.d.). Retrieved julio 7, 2012, from http://www.air-stream.org.au/wan

AMERASINGHE, K. (n.d.). *Adobe.* Retrieved Julio 18, 2012, from http://wwwimages.adobe.com/www.adobe.com/content/dam/Adobe/en/devnet/video/articles/h264_primer/h264_primer_es.pdf

Arias Y., R. G., Bastidas, J., & Guerra, D. (2011, Junio). Retrieved febrero 20, 2012, from http://www.scribd.com/doc/58109711/Metro-Ethernet

Atelin, P., & Dordoigne, J. (2007). *TCP/IP y protocolos de internet.* Barcelona: ENI.

Automatización, l. d. (n.d.). Retrieved from http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/transparencias%5Cmodbus.pdf

Beltrán Chaurán, A. (n.d.). Compresión de Video. Caracas, Miranda, Venezuela.

Bísaro, M., & Danizio, E. (n.d.). Retrieved Julio 29, 2012, from http://www.google.co.ve/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Ftraficoweb.googlecode.com%2Ffiles%2FCapitulo_04_Ethenet_IEEE_802_3.pdf&ei=8gNYULKJKIum8ATeq4DICw&usg=AFQjCNFP0Vzwqvk2pZNdupXED4jdZrBJDg&sig2=CpqjxKOxA77djw1tjW

BMA. (2010, Septiembre). Retrieved abril 10, 2012, from http://bryn91.blogspot.com/2010/09/microondas.html

Cambium Networks. (n.d.). Retrieved septiembre 15, 2012, from Cambiumnetworks: http://www.cambiumnetworks.com/products/index.php?id=pmp450

Catalán, J. R. (2008, Agosto 27). *Emagister*. Retrieved febrero 20, 2012, from http://www.emagister.com/curso-redes-transmicion-datos-1/medios-transmision-par-trenzado-cable-coaxial-fibra-optica

Chacao, A. M. (n.d.). *Chacao*. Retrieved julio 10, 2012, from http://www.chacao.gov.ve/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=398&Itemid=70

Chavez, R. (2009, Octubre 9). *Culturación*. Retrieved Febrero 15, 2012, from http://www.google.co.ve/imgres?imgurl=http://culturacion.com/wp-content/uploads/2009/10/topologiaBus.gif&imgrefurl=http://culturacion.com/2009/10/topologias-de-red/&usg=___NT7gDd4Mexa2jL1ay5uyn0DgLA=&h=215&w=412&sz=11&hl=en&start=14&zoom=1&tbnid=VhxNOBsa-

Cisco Systems. (2009). *Cisco*. Retrieved septiembre 15, 2012, from http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps6568/ps7009/product_data_sheet0900aecd8052f36b.html

Communications, A. (n.d.). *Rnds*. Retrieved Agosto 1, 2012, from http://www.rnds.com.ar/articulos/044/RNDS_140W.pdf

Escobar, S. P., & Martinez, C. Y. (2002, Marzo). Retrieved Febrero 20, 2012, from http://es.scribd.com/doc/53093599/Presupuesto-Fibra-Optica-muy-completo

Espina, D. C., & Durán, H. A. (2009, Marzo 09). *UCAB.* Retrieved Diciembre 5, 2011, from UCAB: http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR6328.pdf

Flores Vivas, M. (2006/2007). *slideshare.* Retrieved Julio 30, 2012, from http://www.slideshare.net/manuelfloresv/analisis-de-los-protocolos-de-tiempo-real-rtp-rtcp-y-rtsp

Fluke networks. (2008). *Flukenetworks.* Retrieved junio 20, 2012, from http://www.woodcomm.ie/helpful/How-To-Test-TIA-EIA-568B.2-10-Augmented-CAT6A.pdf

Gámez F, D. R. (n.d.). *neutron.ing.ucv.* Retrieved julio 10, 2012, from http://neutron.ing.ucv.ve/comunicaciones/Asignaturas/DifusionMultimedia/Tareas%202005-1/Estandadres%20de%20VoIP%20H323%20&%20SIP%20-%20B&W.pdf

Gonzáles Moreno, C., & Boquete Depeca, L. (n.d.). *deimos-space.* Retrieved from http://www.worlditsdirectory.com/ftp/090602_IX%20CONGRESO%20ESPANOL%20ITS,%20ANDORRA%20LA%20VELLA/3%20DE%20JUNIO/SESION%207%20A/CARLOS%20FERNANDEZ-DEIMOS.pdf

Guerrero Ibañez, J. A., Flores Cortés, C., Barba Marti, A., & Reyes, Á. (n.d.). *upccommons.* Retrieved Agosto 1, 2012, from http://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/11304/1/CNCIIC-2010_angelica.pdf

Icky, O. (2010, Octubre 06). *TicTac*. Retrieved Marzo 8, 2012, from http://ttictacc.blogspot.com/2010/10/cable-de-par-trenzado-twisted-pait-wire.html

IEEE. (2010, Julio 15). *IEEExplore.* Retrieved agosto 2, 2012, from http://ieeexplore.ieee.org

Infocellar. (n.d.). Retrieved julio 16, 2012, from http://www.google.co.ve/imgres?imgurl=http://www.infocellar.com/networks/images/OSI-1.png&imgrefurl=http://www.infocellar.com/networks/osi-model.htm&usg=__JEjV4Td5Gspvq0yX_x2svtL2oqI=&h=541&w=604&sz=35&hl=en&start=14&zoom=1&tbnid=vzS0QHa6AR190M:&tbnh=121&

Instituto Nacional de Estadística. (n.d.). *Instituto Nacional de Estadística*. Retrieved noviembre 11, 2011

Jeffrey, A., Arunabha, G., & Rias, M. (2007). *Understanding Broadband Wireless Networking.* Pretince Hall.

Kapsch. (2008, Octubre 10). *kapsch.* Retrieved Agosto 7, 2012, from www.kapsch.net/us/en/.../KTC-USA_eWave.pdf

Kozierok, C. M. (2005, Septiembre 20). *TCPipguide*. Retrieved Julio 30, 2012, from http://www.tcpipguide.com/free/t_TCPConnectionEstablishmentProcessTheThreeWayHandsh-3.htm

Metroethernetforum. (n.d.). *Metroethernetforum.* Retrieved from http://www.docstoc.com/docs/56906240/Overview_of_MEF_6_and_10

Microsoft. (n.d.). Retrieved Julio 7, 2012, from Technet.microsoft: http://technet.microsoft.com/es-es/library/cc786900(v=ws.10)

Moreno Navarro, C., & Ramírez Fernandez, N. (10 de 3 de 2011). Implementación de un proyecto piloto para la migración de enlaces Frame Relay a Metro Ethernet sobre redes de servicios de datos bancarios. Caracas.

Moreno Navarro, C., & Ramírez Fernandez, N. (2011, Marzo 10). Implementación de un proyecto piloto para la migración de enlaces Frame Relay a Metro Ethernet sobre redes de servicios de datos bancarios. Caracas, Venezuela.

Moring, J. (2009, Junio). Retrieved agosto 13, 2012, from http://www.google.co.ve/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fvii.path.berkeley.edu%2F1609_wave%2Fjun09%2Fpresentations%2F1609%2520overview%2520090617.ppt&ei=qPpXUOLTLYjI9QSP8oGQCg&usg=AFQjCNG31BEHPwUfwH742TzIwitFzz5PwA&s

O, I. (2010, Octubre 6). Retrieved febrero 18, 2012, from Tic Tac: http://www.google.co.ve/imgres?imgurl=http://1.bp.blogspot.com/_xtGRekrFrPs/TK0T3w9qkYI/AAAAAAAAAIk/UWtogALh7cA/s1600/cable%2Butp1.gif&imgrefurl=http://ttictacc.blogspot.com/2010/10/cable-de-par-trenzado-twisted-pait-wire.html&usg=__CkCWaJkmcgVc2GihnfB-D5

Oliva, J. G., Salvadó, J., & Penados, C. (2001, Noviembre). Retrieved Marzo 20, 2012, from http://www.tesis.ufm.edu.gt/pdf/3271.pdf

Principio de Comunicaciones móviles. (2003). CPET.

Rohde & Schwarz. (n.d.). *rohde-schwarz.* Retrieved agosto 5, 2012, from www2.rohde-schwarz.com/file/1MA152_2e.pdf

Ruliez L, J. C. (2005). Retrieved Julio 20, 2012, from saber.ucv: http://saber.ucv.ve/jspui/bitstream/123456789/694/1/Tesis.pdf

Santitoro, R. (n.d.). *MethoEthernetforum.* Retrieved julio 15, 2012, from http://metroethernetforum.org/metro-ethernet-services.pdf

Solórzano Roldán, C. A. (2008, Agosto 11). Retrieved Julio 7, 2012, from Wordpress: http://sds200511667.wordpress.com/2008/08/11/protocolos-modelo-tcpip/

Thomas, P., & Ogunfunmi, T. (2008). *Wireless LAN Comes of Age: Understanding the IEEE 802.11n Amendment.* IEEE CIRCUITS and SYSTEMS MAGAZINE.

Tomás Gabarrón, J. B., Egea López, E., & García Haro, J. (n.d.). *upct.* Retrieved agosto 5, 2012, from http://ait.upct.es/~eegea/pub/jitel09-2.pdf

Van de Venis, A. J. (n.d.). Retrieved agosto 12, 2012, from http://www.google.co.ve/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&sqi=2&ved=0CDcQFjAC&url=http%3A%2F%2Freferaat.cs.utwente.nl%2FTSConIT%2Fdownload.php%3Fid%3D1167&ei=hgJYUL3cDJHo8gS8t4GwCw&usg=AFQjCNHRc6iGC1zDmP0gJvCx0bGe8KYqJQ&sig2=5a68LEkn2igTlhvICXKgFA

Verón Piquero, J. (2009). *Prácticas de servicio en red y aplicaciones Web.*

Wang, S. Y., Chou, K. C., Ho, T. W., Hung, W. J., Huang, C. F., Hsu, M. S., et al. (n.d.). Retrieved Julio 30, 2012, from cs.nctu: ftp://lenst.det.unifi.it/pub/.../T02S02P02.PDF

Weigle, M. (2008, Primavera). Retrieved agosto 2, 2012, from http://www.cs.odu.edu/~mweigle/courses/cs795-s08/lectures/5c-DSRC.pdf

Fase 8 <u>Análisis de costos del componente de transmisión</u>:

Se realizó un análisis de costos-beneficios del componente de transmisión para la implementación de la RSC en un municipio del país, basándose en los indicadores numéricos obtenidos en la fase 6 del proyecto, en combinación con los costos de cada uno de los dispositivos de acceso, equipos de enrutamiento y medios de transmisión que serán utilizados en el diseño de la red.