

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



TRABAJO DE GRADUACION

TEMA:

“DISEÑO DE UNA WI-FI PARA LOS SIBASI’s DE NUEVA CONCEPCION,
SENSUNTEPEQUE Y MORAZAN”

PRESENTADO POR:

GUTIÉRREZ VALDEZ, BERNARDINO
QUINTANILLA ORTIZ, JOSE ALFONSO
PALMA, OSCAR RICARDO

PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERO ELECTRICISTA

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO 2006

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OPCIÓN DE:
INGENIERO ELECTRICISTA

TEMA:
“DISEÑO DE UNA WI-FI PARA LOS SIBASI’s DE NUEVA CONCEPCION,
SENSUNTEPEQUE Y MORAZAN”

PRESENTADO POR:
GUTIERREZ VALDEZ, BERNARDINO
QUINTANILLA ORTIZ, JOSE ALFONSO
PALMA, OSCAR RICARDO

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:
DOCENTE DIRECTOR: ING. DAVID WERNER MELENDEZ VALLE

SAN SALVADOR, MARZO DE 2006

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA:

Dra. Maria Isabel Rodríguez

SECRETARIA GENERAL:

Licda. Alicia Margarita Rivas de Recinos

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO:

Ing. Mario Nieto Lovo

SECRETARIO:

Ing. Oscar Eduardo Marroquín Hernández

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

DIRECTOR:

Ing. Luís Roberto Chevez Paz

TRABAJO DE GADUACION APROBADO POR:

Docente Director:

F. _____
Ing. David Werner Meléndez Valle

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, gracias a Dios por iluminarme y darme fuerzas para seguir hacia adelante y poner en mi camino a tantas personas, quienes han contribuido a este trabajo y a mi vida.

A mis padres, por sembrar en mí la semilla de la sensibilidad y la comprensión, por el cariño, amor y por enseñarme a que debemos tener la fortaleza de continuar hacia adelante no importa las circunstancias que la vida nos presenta.

Quiero agradecer a la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador por brindar el apoyo académico y darme las bases de mi formación profesional. Gracias de todo corazón por hacerme parte de esta Escuela que ya considero mi casa.

A mis compañeros de Tesis, Oscar y Alfonso, con los cuales hemos compartido incontables horas de trabajo. Gracias por los buenos y malos momentos, por aguantarme, escucharme y confiar siempre en mí.

A Rhina, por su apoyo, cariño y amor, durante todo este proceso. Por compartir las alegrías, las penas y por siempre tener palabras de aliento. Por que junto a ti, la alegría compartida aumenta su proporción y la tristeza disminuye significativamente.

A Aminta, por ser una compañera de estudios ejemplar, con quien compartí innumerables momentos llenos de risas y lagrimas. Mil gracias por tu amistad, por el apoyo y el cariño que siempre me brindaste.

Todo esto nunca hubiera sido posible sin el amparo incondicional de mi familia, mis hermanos, mis tíos y tías, en especial a mis tíos Felipe y Any, a mi querida Madrina Lita y a todos mis primos y primas. Esto también es su premio. Gracias a todos...

Gracias a todos mis amigos quienes siempre me dieron aliento para poder culminar mi carrera y en especial a Marvin, por ser mi amigo y hermano; por siempre darme tu apoyo; y porque siempre sé que estas allí cuando te necesito.

Muchas Gracias a todos.

BERNARDINO GUTIÉRREZ VALDEZ.

A Dios Todo Poderoso por que me ama y me ha guiado toda mi vida y me ha permitido recibir la gran bendición de culminar mi carrera.

A mi padre y a mi madre por todo su amor, por haberme inculcado el sentido de responsabilidad y entrega y haberse sacrificado para sacarme adelante.

A mi hermana Camila que toda su vida fue para mi un ejemplo de caridad, bondad, responsabilidad y de amor, además de ser siempre una fuerza impulsora que me motivaba a salir adelante. Bendita seas por siempre Cami.

A mis compañeros de tesis Oscar y Bernardino por ser verdaderos amigos y hermanos y por confiar en mi para poder trabajar juntos en éste trabajo.

A Aminta, Neto, Samuel, Mario y Omar por su amistad sincera la cual cultivamos a lo largo de nuestra carrera y con quienes compartí grandes momentos.

JOSÉ ALFONSO ORTIZ QUINTANILLA

A **DIOS TODOPODEROSO**, por guiarme siempre en mi camino permitiendo alcanzar esta meta. A la **VIRGEN MARIA, SAN JOSÉ Y DON BOSCO**, por cuidar de mí durante toda mi vida e interceder por mí ante el Padre.

A **MIS PADRES ANA MARGARITA PALMA Y RICARDO FLORES** las dos personas más importantes en mi vida, pues con sus sacrificios y ejemplo de vida les debo lo que soy, este logro es también de ellos.

A **MI TÍA IRMA LUCIA Y SU ESPOSO BENEDICTO DE JESÚS** por acogerme en su hogar y darme su apoyo incondicional.

A **MIS TÍAS DINA ASTRID Y ANA MARIA MI HERMANA ANA ELIZABETH Y MI TÍO JULIO CESAR** por apoyarme y estar pendientes de mi.

A **MIS PRIMOS ASTRID LUCIA, BRENDA MARCELA, VICTOR BENEDIC, REYNALDO HUMBERTO Y MI SOBRINO DIEGO** por brindarme su compañía y palabras de aliento.

A mis amigos **ROSA AMINTA TORRES, MARIO CORLETO, ERNESTO FIGUEROA, SAMUEL LUCERO Y OMAR MATA** por brindarme esa hermandad desinteresada y animarme a seguir adelante.

Y finalmente a la memoria de **MI HERMANO LUÍS ARMANDO** que ya no están conmigo, pero se que me cuida desde el cielo

OSCAR RICARDO PALMA

INDICE

	Pag.
INTRODUCCION GENERAL.....	xi
CAPITULO I GENERALIDADES.....	1
1.1 INTRODUCCION.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.4 OBJETIVOS.....	12
1.4.1 GENERAL.....	12
1.4.2 ESPECIFICOS.....	12
1.5 ALCANCES.....	13
1.6 LIMITACIONES.....	14
1.7 JUSTIFICACION.....	15
1.8 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION.....	17
1.9 EL ESTANDAR IEEE 802.11 WIRELESS LAN.....	19
1.9.1 INTRODUCCIÓN A LAS REDES WLAN.....	19
1.9.2 GENERALIDADES.....	20
1.9.2.1 DEFINICIÓN DE RED DE AREA LOCAL INALAMBRICA.....	20
1.9.2.2 APLICACIONES DE LOS SISTEMAS WLAN.....	22
1.9.3 CONFIGURACIÓN WLAN.....	23
1.9.4 NIVEL FÍSICO. ARQUITECTURA Y TECNOLOGIA DE MODULACION.....	25
1.9.4.1 ARQUITECTURA DE DE CAPAS 802.11.....	25
1.9.4.2 TECNOLOGÍA UTILIZADA EN LAS REDES INALAMBRICAS.....	27
1.9.5 NIVEL DE ACCESO AL MEDIO (MAC).....	31
1.9.5.1 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL MAC.....	31
1.9.5.2 DFC FUNCIÓN DE COORDINACION DISTRIBUIDA.....	32
1.9.5.3 PROTOCOLO DE ACCESO AL MEDIO CSMA/CA Y MACA.....	33
1.9.5.4 ESPACIADO ENTRE TRAMAS IFS.....	35
1.9.5.5 FORMATO DE LAS TRAMAS MAC.....	36
1.10 SEGURIDAD WI FI.....	38
1.10.1 MÉTODOS ESTANDARES DE AUTENTIFICACION Y AUTORIZACION....	39
1.10.2 SEGURIDAD BASICA. SSID's, WEP Y AUTENTIFICACION POR MAC.....	40
1.11 BIBLIOGRAFIA Y FUENTES.....	43
CAPITULO II TELEMEDICINA.....	44
2.1 INTRODUCCION.....	44
2.2 GENERALIDADES DE LA TELEMEDICINA.....	45
2.3 TECNOLOGÍAS DE LA COMUNICACION.....	46
2.4 EXPERIENCIAS EN EL MUNDO.....	49
2.4.1 Programa EHAS.....	51
2.4.2 Servicios de Telemedicina.....	56
2.5 CONCLUSIONES.....	61
2.6 BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES.....	62
CAPITULO III EL SECTOR SALUD EN EL SALVADOR.....	63
3.1 INTRODUCCIÓN.....	63
3.2 SITUACIÓN SANITARIA.....	64
3.3 EL SISTEMA DE SERVICIO DE SALUD.....	65
3.4 RECURSOS DEL SISTEMA DE SALUD.....	69
3.5 EL MINISTERIO DE SALUD.....	71
3.5.1 Estructura del Ministerio.....	71
3.5.2 La Unidad Técnica de Medicamentos e Insumos Médicos.....	73

3.5.3 Dirección de Control y Vigilancia Epidemiológica.....	74
3.5.4 PROGRAMAS DE SALUD.....	76
3.6 SELECCIÓN DE LOS SITIOS PARA LA INVESTIGACION.....	77
3.6.1 Mortalidad materna hospitalaria.....	77
3.6.2 Partos institucionales y extra hospitalarios.....	78
3.6.3 Mortalidad infantil.....	80
3.6.4 Desarrollo Humano.....	81
3.6.5 Selección de los SIBASI's.....	83
3.6.5.1 Región SIBASI Nueva Concepción.....	83
3.6.5.2 Región SIBASI Sensuntepeque.....	90
3.6.5.3 Región SIBASI Morazán.....	96
3.7 CONCLUSIONES.....	103
3.8 BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES.....	104
CAPITULO IV DISEÑO DE LA RED WI-FI.....	105
4.1 INTRODUCCION.....	105
4.2 MODELO DE TIERRA CURVA.....	106
4.2.1 DISTANCIA DE VISIBILIDAD.....	106
4.2.2 MODELO DE REFLEXIÓN.....	107
4.2.3 SUELO RUGOSO.....	113
4.2.4 DIFRACCIÓN DE OBSTÁCULOS.....	114
4.2.4.1 ZONAS DE FRESNEL.....	114
4.2.4.2 DIFRACCIÓN EN OBSTÁCULOS AGUDOS.....	117
4.3 DESVANECIMIENTOS.....	118
4.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS DESVANECIMIENTOS.....	120
4.3.2 DESVANECIMIENTOS MULTITRAYECTO.....	122
4.3.3 ESTADÍSTICAS DE DESVANECIMIENTO.....	124
4.3.4 DESVANECIMIENTOS PROFUNDOS.....	125
4.3.5 CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD DE DESVANECIMIENTO.....	127
4.3.5.1 Método de Mojoli.....	128
4.3.5.2 MÉTODO DE LA RECOMENDACIÓN UIT-R530.....	129
4.4 CONCEPTO DE MES MÁS DESFAVORABLE.....	130
4.5 CALCULO AUTOMATIZADO DE ENLACES.....	133
4.6 RESULTADOS.....	135
4.6.1 Resultados aplicando el modelo “TIERRA CURVA”.....	135
4.6.2 Resultados utilizando el método de Mojoli.....	136
4.6.3 Resultados utilizando el método de la REC. UIT-R 530.....	137
4.6.4 Resultados de <i>Radio Mobile</i>	138
4.7 EL REPETIDOR.....	146
4.8 REQUERIMIENTOS DE EQUIPO.....	147
4.9 REQUERIMIENTOS DE MONTAJE.....	149
4.10 PRUEBA DE ENLACE.....	149
4.10.1 EL PITAL – LA PALMA.....	149
4.10.2 LA PALMA – EL PITAL – SAN IGNACIO.....	153
4.11 CONCLUSIONES.....	157
4.12 BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES.....	158
ANEXOS.....	159

INTRODUCCIÓN GENERAL

La innovación tecnológica resulta esencial para el progreso humano, se han ido creando instrumentos para mejorar la salud, elevar la productividad y facilitar el aprendizaje y la comunicación. Esos adelantos están abriendo nuevas posibilidades para mejorar la salud y la nutrición, ampliar los conocimientos, fomentar el crecimiento económico y capacitar a las personas para participar en la vida de sus comunidades. Las transformaciones tecnológicas actuales se entrelazan con otra transformación, la globalización, y juntas van creando un nuevo paradigma: la era de las redes. Esas transformaciones aumentan las oportunidades, así como las recompensas sociales y económicas de la creación y el empleo de la tecnología. Están alterando también la forma de crear la tecnología, quién la crea y la posee, y cómo se hace accesible y se emplea. No hay persona, organización, empresa o gobierno alguno que pueda pasar por alto estos cambios. El nuevo campo exige alteraciones en la política pública para dominar las transformaciones tecnológicas actuales y emplearlas como instrumentos del desarrollo humano.

Teniendo en cuenta esto, se presenta a continuación el trabajo de graduación: **“Diseño de una red Wi-Fi para los SIBASIS de Nueva Concepción, Sensuntepeque y Morazán”**. El presente trabajo pretende sentar las bases para el futuro desarrollo de un sistema de comunicaciones y acceso a redes de bajo costo en zonas rurales de El Salvador. Dicho sistema se basa en las ideas desarrolladas por la fundación EHAS* (Enlace Hispanoamericano de Salud). Así, a través del estudio de indicadores de salud (mortalidad materna e infantil) e indicadores de desarrollo humano se seleccionaron aquellos lugares sobre los cuales el sistema de telemedicina mejoraría la atención sanitaria de la población rural.

Como cabría de esperar, se ha encontrado una fuerte correlación entre el elevado número de muertes maternas e infantiles y los bajos indicadores de desarrollo humano. El estudio de dichos indicadores nos ha llevado a considerar los tres posibles lugares donde se podría implantar un sistema de telemedicina. Dichos sitios corresponden, según

* En la sección 2.4.1 se habla sobre el trabajo realizado por el programa EHAS.

la distribución que hace el Ministerio de Salud Salvadoreño a los Sistemas Integrales Básicos de Salud de Nueva Concepción, Sensuntepeque y Morazán.

Sobre estas tres zonas geográficas se han hecho simulaciones para establecer las mejores características de una red de comunicaciones. El trabajo considera solamente la implantación de redes basadas en tecnología inalámbrica de alta fidelidad (Wi-Fi, por sus siglas en inglés). El presente estudio pretende en términos prácticos y de manera general, dar una visión sobre las tecnologías disponibles, las experiencias previas en otros países, las lecciones dejadas por dichas experiencias y sugerencias para la aplicación práctica de las mismas. Su enfoque no está dirigido de manera puntual a brindar un exhaustivo diagnóstico de los sistemas de salud, ni pretende ser un estudio pormenorizado de costos, temas que serían por sí mismos motivo de un estudio individual por la multiplicidad de parámetros a tener en cuenta para un diagnóstico certero de esas áreas específicas.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

En la actualidad existen muchas dificultades para acceder a las zonas rurales de los países subdesarrollados ó del tercer mundo. Éstas limitantes y dificultades repercuten de forma directa en el desarrollo de dichas zonas, y en la atención y ayuda que éstas puedan recibir; de manera muy especial el sector salud.

Informes de organizaciones Internacionales ponen en evidencia éste tipo de vulnerabilidades, pero al mismo tiempo plantean distintas soluciones a éstos problemas. Dentro de éstas soluciones destacan el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), las cuales al ser adecuadamente implementadas en zonas rurales con el fin de fortalecer, desarrollar y modernizar el sector salud, puede brindar grandes avances y solucionar grandes problemas en el sector salud.

Las distintas aplicaciones que podrían al contar con una red de telecomunicaciones confiable y económica en el sector salud de nuestro país son muchísimas, debido a la facilidad de poder enviar y recibir información. Dentro de las aplicaciones podríamos mencionar un mejor control epidemiológico (lo que influye grandemente en la prevención de enfermedades), capacitaciones a distancias, consultas remotas básicas, una mejor distribución de medicamentos, etc.

Se ve lo importante que es estar al día con la nueva tecnología, pues los beneficios a nivel social y humano son infinitos.

1.2 ANTECEDENTES

El Informe sobre Desarrollo Humano del PNUD del año 2001¹ pone de manifiesto, que la contribución del desarrollo de tecnologías apropiadas a la reducción de la mortalidad infantil es tres veces mayor que la del aumento de ingresos de las familias, y mayor también que el impacto producido por el aumento del nivel de instrucción de las madres. De todo esto se desprende que la ciencia, la tecnología y el conocimiento en general son instrumentos que tienen que ponerse al servicio global de la sociedad. Así el desarrollo e implementación de nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) pueden ayudar a mejorar los procesos de atención y tener un impacto positivo en la salud de las personas. Es evidente que las TIC's constituyen una herramienta indispensable para fortalecer los servicios de las instituciones de salud, ya que incide directamente en las actividades de atención, prevención y promoción de la salud. Esta tecnología constituye un medio para mejorar la calidad de los servicios básicos de salud; identificar y responder rápidamente ante los problemas de salud pública; apoyar las acciones de regulación sanitaria; mejorar la planeación y ejecución presupuestal; dotar de los servicios de salud a la población vulnerable; racionalizar el uso de los recursos; fortalecer el desarrollo y elevar la productividad del personal de salud. Para fomentar la equidad de los servicios, las TIC's pueden utilizarse para facilitar el acceso de los servicios de salud a las zonas rurales y las comunidades dispersas y lejanas, a fin de homogeneizar la distribución de los servicios.

Estas tecnologías pueden ser muy útiles para administrar de manera eficiente los equipos, la infraestructura hospitalaria y los recursos en general; para apoyar la formación del personal y adoptar un sistema de evaluación del desempeño; para facilitar el acceso a los expedientes clínicos, difundir los códigos de conducta y poner a disposición de todos la información científica, para apoyar la toma de decisiones en los

¹ United Nations Development Programme (UNDP). Human Development Report 2001: Making new technologies work for human development. Oxford University Press. New York (USA), 2001, <http://hdr.undp.org/reports/global/2001/en/>.

niveles locales, gerenciales y estratégicos, así como para fortalecer en todos los sentidos la operación de los programas de salud. La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce que la salud de los países con índice de desarrollo humano medio² ha mejorado gracias al aumento del acceso a agua limpia para beber y los esfuerzos realizados para reducir la tasa de mortalidad materno- infantil. Sin embargo, estos avances no son compartidos de igual forma por toda la población. Los grupos con condiciones de salud más críticas son la población infantil y las mujeres en edad fértil. Existe una desigualdad considerable según el nivel de ingresos y de instrucción, y entre la zona rural y la urbana. Las enfermedades transmisibles son la principal causa de muerte en la mayoría de los grupos de población. La falta de infraestructura y equipamiento sanitario, los problemas de comunicación, la insuficiencia de personal y sus carencias de formación son problemas que afectan a la mayoría de las zonas rurales de los países en desarrollo. La falta de agua potable y saneamiento, así como los problemas de desnutrición, deben considerarse problemas estructurales y como tales son tratados en las políticas de cooperación y en la definición de los ejes de lucha contra la Pobreza. Sin embargo, existe otra causa que tiene que ver con la prevención y la atención sanitaria. Aunque existen sistemas y servicios de atención de salud, éstos se muestran poco efectivos al trabajar en la prevención, el diagnóstico, el tratamiento y el seguimiento adecuado de la población rural. Se pueden señalar algunas de las causas de esta falta de efectividad:

- Existen dificultades para prevenir las enfermedades. Si bien son muchas las causas de este problema, una de ellas es que el sistema de vigilancia epidemiológica no resulta tan útil como cabría esperar, la información que circula por él; cuando lo hace, normalmente llega tarde y además en muchas ocasiones, con errores.
- Existen dificultades para realizar diagnósticos y tratamientos adecuados principalmente por tres causas: 1) La limitada capacitación del personal

² El índice de desarrollo humano (IDH) mide los logros de un país en tres dimensiones básicas: una vida larga y saludable, educación y un nivel digno de vida. El índice varía entre 1 y 0,8 para los países de desarrollo humano alto, de 0,8 a 0,5 para los países de desarrollo humano medio y por debajo de 0,5 los de desarrollo humano bajo. El Salvador ocupa el lugar 103 (0.72) en el año 2002

que atiende los establecimientos de salud rurales (la mayoría de los puestos de salud están dirigidos por auxiliares de enfermería o promotores de salud), 2) La falta de equipamiento para realizar pruebas diagnósticas y 3) La imposibilidad de realizar consultas en caso de duda a niveles jerárquicos superiores dentro del sistema de salud rural.

- Existen deficiencias muy importantes en el sistema de atención de emergencias médicas. Por un lado, no se puede atender esas emergencias en los establecimientos debido a la falta de conocimientos y medios al alcance el personal rural; pero, por otro, una vez decidida la evacuación a centros de mayor rango, existen problemas de comunicación para coordinar dichos traslados.

Como se puede ver, son muchos los problemas dentro de la atención de salud y, por lo tanto, varios los caminos posibles para mejorar las condiciones sanitarias de la población rural.

Una posibilidad es trabajar en la mejora de las condiciones higiénicas de la población, ofreciendo acceso a sistemas de agua potable, saneamiento y la nutrición a través del desarrollo productivo de la zona (ambas líneas estratégicas de la Asociación Madrileña Ingeniería Sin Fronteras), pero existen también otros caminos por explorar como por ejemplo el que plantea el Programa Enlace Hispano Americano de Salud (EHAS), el cual de manera general consiste en: La introducción de sistemas de comunicación para el personal sanitario rural que permitan un mejor uso de los recursos ya existentes y una mejor coordinación del sistema completo de atención de salud. Un análisis somero sobre el impacto previsto de esta actuación nos podría hacer pensar que:

- Un sistema de envío de datos informatizado podría acabar con los dos graves problemas de los actuales sistemas de vigilancia epidemiológica, su lentitud y sus errores, permitiendo a su vez la rápida realimentación de la información a la zona rural.

- El mismo sistema de comunicación podría permitir la formación remota del personal sanitario rural y el acceso del mismo a fuentes de información actualizada de salud, rompiendo en alguna medida la sensación de aislamiento profesional.
- Se podría además utilizar el mismo sistema de comunicación de voz y datos para realizar consultas remotas sobre dudas diagnósticas o de tratamiento, mejorando así los procesos de atención médica.
- Por último, los mismos sistemas pueden servir para coordinar adecuadamente la evacuación y atención de emergencias.

Sin embargo, la zona rural plantea unos condicionantes que impiden una actuación clásica para la instalación de sistemas de comunicación y servicios de información:

- Los ingresos de los establecimientos de salud rurales son tan bajos que descartan cualquier solución tecnológica con altos costos de operación.
- La mayoría de estos establecimientos no cuentan con sistemas de suministro de energía eléctrica.
- Algunos establecimientos de salud cuentan con línea telefónica, pero los de menor jerarquía carecen de ella.
- Existe una dificultad real para la realización de las tareas de mantenimiento y reparación de sistemas sofisticados de comunicación en la zona rural (falta de recurso humano calificado y concentración de los servicios técnicos en las grandes ciudades).

Podemos decir, entonces, que las condiciones generales que se dan en la atención primaria de salud en zonas rurales justifican una intervención centrada en el refuerzo de las capacidades del personal sanitario y en la dotación de sistemas de telecomunicación.

Sin embargo, hay dos características que condicionan una intervención de telemedicina³: Las limitaciones económicas de los agentes de salud y las condiciones específicas del trabajo en las zonas rurales. La primera aconseja el empleo de tecnología de telecomunicación apropiada y robusta, pero a su vez de bajo mantenimiento y fácil de manejar, de bajo consumo y costo, pero sobre todo con unos gastos de operación (costos de comunicación) mínimos; mientras la segunda impone el empleo de contenidos formativos y de intercambio de información que estén especialmente diseñados para el personal rural en su entorno de trabajo. Además, si se quiere que la intervención permita el desarrollo nacional a largo plazo, debe emplear una estrategia de intervención que apueste por el refuerzo de capacidades en los agentes locales que puedan asumir desde adentro, el desarrollo de infraestructura de telecomunicación rural y la generación y provisión de servicios de información para la salud.

Contexto nacional y situación actual.

El Salvador, es una República Centroamericana con un sistema de gobierno democrático y representativo, que tiene una extensión territorial de 21,040 Km² y 6,756,786 habitantes para el año 2004, lo que muestra una densidad demográfica de 321 habitantes por Km². Cuenta con una población básicamente joven, con el 61.7% de menores de 30 años. La población salvadoreña es joven y esta tendencia se mantiene para los próximos años, hay un ligero predominio de mujeres sobre los hombres, la población de adultos mayores va aumentando, la concentración de población está principalmente en el área urbana 59.7% [3]; si bien la expectativa de vida ha aumentado no se ha mejorado sustancialmente su calidad. Una quinta parte de los nacimientos ocurre en madres menores de 19 años con el consiguiente riesgo de enfermedad para la madre y su hijo. A nivel general la tasa de fecundidad ha disminuido aunque se mantiene en niveles altos en madres de escasos recursos económicos, baja escolaridad y habitantes de zonas rurales.

³ La Organización Mundial de la Salud entiende por telemedicina al uso de tecnología de comunicaciones para intercambio de información para el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades, la investigación, y la educación continua de los proveedores de salud.

Cerca de la mitad de la población vive bajo la línea de pobreza, concentrándose ésta en el campo y en áreas marginales, y es mayor en aquellos hogares donde la mujer es jefe de hogar. Pese a los avances en materia de educación, un quinto de la población es analfabeta, el porcentaje es mayor en las mujeres con relación a los hombres, y mayor en lo rural que en lo urbano; la escolaridad promedio del salvadoreño es baja sin alcanzar niveles de educación que le permitan prevenir la enfermedad y cuidar su salud en general.

Sector Salud en El Salvador. Esta conformado por tres subsectores que actúan descoordinadamente, con recursos concentrados en lo urbano, lo que duplica esfuerzos, y deja descubiertas amplias zonas del país. La cobertura provista entre los tres subsectores posiblemente alcanza a dos tercios de la población, quedando un tercio de la población, más de dos millones de personas, sin cobertura regular de servicios de salud. Por otra parte la utilización de la infraestructura de servicios de salud disponible no es óptima, esta presenta diversos patrones que van desde la saturación hasta la subutilización. La disponibilidad de recursos físicos es también muy variada. Existe además una insuficiente e inadecuada provisión de medicamentos, lo cual constituye un motivo central de malestar entre los usuarios. Casi la cuarta parte de los salvadoreños que se enferman no buscan ninguna atención porque la ayuda está muy lejos o por falta de recursos. Esta proporción aumenta a 35% entre las personas pobres. La mayor parte de esta población se encuentra dispersa en las zonas rurales y en zonas urbanas marginales.

El Gobierno de El Salvador propuso en 1996 que el Plan de Modernización del Sector Salud se realizará en tres fases; la primera de modernización institucional (1995-1999), la segunda que proyecta la modernización del sector salud y la consolidación de la primera fase (1999-2004); y la tercera dedicada a la consolidación del proceso de modernización del sector, cuyo desarrollo está proyectado entre 2004 y 2009. En una primera etapa, el Ministerio de Salud reorganizó 5 instancias regionales en 18 direcciones departamentales de salud. El año 2000 inició la segunda etapa estableciendo

una nueva estructura orgánica, administrativa y funcional expresada en la conformación de los Sistemas Básicos de Salud Integral (SIBASI), considerados como la unidad operativa descentralizada de los servicios de salud. En esta etapa se espera la reorganización de la red de servicios y la consolidación de 28 SIBASI a nivel nacional. Con los SIBASI se espera incrementar la conformación de redes de servicios de salud y la participación de todas las instituciones locales que ofertan servicios en el área que cubre el SIBASI. Esta red tiene tres niveles de atención de complejidad creciente: **el primer nivel** con enfoque preventivo y servicios de baja complejidad: centros rurales de nutrición, casas de salud y unidades de salud; **el segundo nivel** oferta programas preventivos y hospitalización (hospitales nacionales periféricos y hospitales generales centrales); **el tercer nivel** oferta servicios curativos especializados y hospitalización (hospitales de especialidades).

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Este estudio trata de determinar la viabilidad de diseñar un sistema de comunicación con base en el estándar IEEE 802.11b/g⁴ para los SIBASI's de Nueva Concepción y Sensuntepeque y Morazán. Identificando requerimientos de equipo para luego formular una propuesta en base a estos requerimientos. Ahora bien cabe la pregunta **¿Que importancia tiene el diseño de un sistema de comunicaciones como este?**

Según los estudios llevados a cabo por La Asociación Madrileña de Ingeniería Sin Fronteras en colaboración con el Grupo de Bioingeniería y Telemedicina de la Universidad Politécnica de Madrid y los Ministerios de Salud de algunos países de Latinoamérica⁵. Los sistemas de atención primaria de salud presentan una serie de problemas reiterados que reducen la eficacia y la eficiencia de los procesos de prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades así como la atención de emergencias en las zonas rurales. Dichos estudios encuentran siempre un factor que aparece en la mayoría de los casos. Se refiere a la imposibilidad de utilizar sistemas de comunicación de voz y de datos de bajo costo que permitan disminuir el aislamiento del personal rural, mejorar el sistema de vigilancia epidemiológica, disminuir los costos de intercambio de información, aumentar la capacitación del personal de salud, permitir la consulta con los niveles superiores, así como coordinar las evacuaciones y la distribución de medicamentos.

Como justificación a esta afirmación se adjuntan algunos datos revelados por estos estudios:

⁴ Mejor conocido como Wi - Fi (Wireless Fidelity) que es el nombre que las empresas que fabrican productos que cumplen con esta norma.

⁵ Entre estos estudios se pueden mencionar: Estudio de necesidades de comunicación y acceso a información del personal sanitario rural del MINSA en las provincias de Morropón (Piura), Moyobamba (San Martín) e Islandia (Arequipa). Perú 1998. Estudio de necesidades de comunicación y acceso a información del personal sanitario rural del MINSA en la provincia de Chinandega. Nicaragua 1999. Estudio de necesidades de comunicación y acceso a información del personal sanitario rural del MINSA en la provincia de Alto Amazonas. Perú 2000.

- El 75 % del personal sanitario rural tiene sensación de aislamiento profesional.
- La mayoría de los establecimientos de salud rural están dirigidos por técnicos de enfermería, personal con escasa formación que necesita comunicación continua con su médico de referencia para hacer consultas clínicas.
- Entre uno y dos días a la semana quedan desatendidos los establecimientos rurales por viajes de coordinación del personal asistencial.
- La media de tiempo necesaria para que un técnico viaje hasta su centro de referencia (lugar donde encuentra a su médico responsable) es muy alta.

La mejora de procesos como el de interconsulta o atención de emergencias médicas puede producirse ofreciendo al personal de salud un medio para comunicarse rápido con otros colegas, lo cual ahora mismo sólo puede obtenerse mediante el desplazamiento del interesado. El resto de procesos (formación, acceso a documentación médica e intercambio de información epidemiológica) requiere, no sólo de un medio de transferencia de información, si no de un contenido que de sentido a la comunicación. Estos contenidos se materializan en la creación de servicios como: Servicio de formación a distancia, Automatización del sistema de vigilancia epidemiológica, Consultas remotas y referencias de pacientes a niveles jerárquicos superiores y Mejora de los sistemas de evacuación de emergencias y distribución de medicamentos. Ahora bien hay una serie de factores que limitan una intervención de este tipo y que hacen que no sea adecuada cualquier solución:

- En la mayoría de los casos, no se cuenta con infraestructura pública de telecomunicación, y la expansión a las zonas rurales de actuación, no está en los planes de las compañías de teléfonos en el mediano plazo.
- No hay acceso a electricidad en la mayoría de las poblaciones rurales.

- La capacidad económica de los sistemas de salud rurales es muy limitada para costear sistemas caros.
- Los sistemas de telecomunicación que actualmente existen en el mercado son de un costo demasiado alto como para servir de solución masiva para las zonas rurales de un país.
- No existen servicios de información que cubran las necesidades reales y tengan en cuenta las capacidades del personal rural de América Latina.

A pesar de esas limitaciones, existen posibilidades para el desarrollo e implantación de servicios de información y sistemas de telecomunicación apropiados. El programa EHAS lleva desarrollando desde 1997 sistemas que utilizan tecnología de comunicación apropiada, robusta pero a su vez fácil de manejar, de bajo consumo y bajo costo, pero sobre todo con unos gastos de operación (costos de comunicación) mínimos. Si se quiere abordar la problemática de salud rural en todo un país y con una perspectiva de medio o largo plazo, es necesario contar con agentes nacionales que puedan asumir el desarrollo de este tipo de iniciativas.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 GENERAL.

Determinar la viabilidad de implementar una red WI-FI para los SIBASI's de Nueva Concepción, Sensuntepeque y Morazán; utilizando herramientas informáticas y posteriormente realizando pruebas de campo, para generar una propuesta que sirva como referencia a las autoridades de estos establecimientos de salud para una posible ejecución de un proyecto de esta índole.

1.4.2 ESPECIFICOS.

- Conocer las condiciones de los establecimientos de salud que conforman los SIBASI's (geográficas, recursos con los que disponen sobre todo en el área informática).
- Investigar las experiencias ganadas por proyectos de este tipo en otros países de Latinoamérica.
- Seleccionar las herramientas informáticas adecuadas para la realización del diseño y determinar los requerimientos de equipo necesario para las pruebas de campo (pruebas de cobertura)
- Formular una propuesta del equipo necesario para la ejecución del proyecto, identificando posibles proveedores

1.5 ALCANCES

- Diseñar una red WI-FI que permita establecer comunicación entre los distintos centros de salud que conforman los SIBASI's de Nueva Concepción, Sensuntepeque y Morazán.
- Desarrollar pruebas de campo de los enlaces entre algunos puntos (se seleccionaran los puntos cuya geografía presente mayor dificultad recordando que un enlace WI-FI requiere línea vista) en base al diseño realizado y a los resultados obtenidos de la simulación con el software de aplicación *Radiomobile*.
- Realizar un propuesta para la implementación de la Red WI-FI (abarcando los requerimientos de equipo necesario para lograr los enlaces entre los establecimientos) en los SIBASI's de Nueva Concepción, Sensuntepeque y Morazán; y que este le sirva de referencia a las autoridades de los mismos para una posible realización de un proyectos de esta índole.
- Investigar sobre los beneficios de la realización de proyectos de telemedicina y su impacto en la población, tomando como base las experiencias en este campo de algunos países Latinoamericanos.

1.6 LIMITACIONES

- Por razones de tiempo y recursos la comprobación de los enlaces solo se llevara acabo en algunos establecimientos de salud, que se seleccionaran en base a sus condiciones geográficas, recordando que para que un enlace WI-FI sea posible debe existir línea vista entre los puntos a comunicar.
- Solo se plantean exponer los beneficios de la realización de proyectos de telemedicina en zonas rurales y su impacto en la salud de los pobladores, no se busca sentar las bases ni lineamientos para la prestación servicios de telemedicina, esto será campo para posteriores investigaciones.

1.7 JUSTIFICACION

Nuevamente es necesario situarse en un contexto más amplio del que supone la realización del presente estudio. Las Naciones Unidas señala que de las tres nuevas tecnologías con mayor capacidad transformadora sobre el desarrollo humano: Las TIC, la biotecnología y la nanotecnología, son las TIC las que mayor impacto pueden causar en el fortalecimiento de la participación comunitaria, debido a su capacidad para recolectar, almacenar, procesar y difundir información; estas tecnologías pueden hacer que los procesos de toma de decisiones sean más cualificados y participativos, facilitando el acceso a la información, la capacitación, la coordinación de acciones, y el intercambio de experiencias y opiniones entre personas que no se han visto en su vida pero que comparten intereses o necesidades. Así lo han entendido diferentes organismos en el ámbito mundial, que han creado programas destinados específicamente a promover la utilización de las TIC en el desarrollo de las personas y las comunidades. Programas de investigación como Digital Nations del MIT Media Laboratory, o de demostración como @LIS ("Alliance for Information Society" with Latin America) de la Unión Europea, se perfilan en esta dirección haciendo énfasis en temas como educación, cultura, salud, comercio y participación. El gran potencial de las TIC para contribuir al desarrollo humano está, sin embargo, fuertemente restringido por las posibilidades de acceso de la población a sus facilidades y servicios, esta situación genera un fenómeno a escala mundial: las TIC están convirtiéndose en un componente clave en la vida de las personas, pero están al mismo tiempo contribuyendo y profundizando las desigualdades entre la población, creando lo que se ha denominado la "brecha digital". Estos cambios (el surgimiento de una era digital basada en las TIC) establecen nuevos retos, especialmente para quienes viven en los países en desarrollo. La mitad de los habitantes del mundo todavía están por hacer su primera llamada telefónica. Más aún pocos han

usado Internet. La mayoría de los más de 6 mil millones de personas que habitan nuestro planeta han sido dejados completamente por fuera de la revolución digital y la promesa que conlleva. Al ritmo que se incrementa la revolución tecnológica, lo hace también la “brecha digital”. En un esfuerzo por luchar contra esta tendencia, gobiernos y organizaciones estudian diversos mecanismos para proveer acceso universal a los servicios de telecomunicaciones, con especial atención a sectores socialmente vulnerables, incluyendo pero no limitado a los adultos mayores, los niños, las comunidades rurales, los pueblos indígenas y las personas con capacidades diferentes. De tal forma que nadie puede quedar indiferente ante esta problemática como en el caso de todos los proyectos que trabajan en este campo, el gran reto que se tiene por delante es el de lograr convencer a las diversas instituciones públicas y a la propia comunidad, de las bondades de la iniciativa. En ello cuenta mucho que los servicios ofrecidos respondan efectivamente a las necesidades de la población con una adecuada relación costo-beneficio, como también una acertada labor de socialización. El establecimiento exitoso de una plataforma de telecomunicaciones de este tipo y sus consiguientes servicios, no sólo contribuirá a mejorar el nivel de vida de las comunidades rurales y a una mayor difusión del uso de las TIC en sus actividades cotidianas. También planteará nuevas posibilidades, retos y preguntas que deberán ser resueltas con el concurso de equipos de investigadores interdisciplinarios. Así la realización de investigaciones y estudios como el que se plantea en este documento sirven como referencia técnica, pero estas por si solas no bastan ya que a la base de la realización de proyectos de gran alcance que vengán a solventar estos problemas debe estar la voluntad de las instituciones responsables de llevar a la realidad los beneficios que este tipo de proyectos traen a las población mas desfavorecida.

1.8 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

Dentro de un trabajo de investigación se dan diferentes estudios tanto técnicos como científicos para resolver un determinado problema, el cual en la mayoría de casos es de interés social ya que se busca mejorar la calidad de vida de las personas. Para el presente estudio se pueden identificar los siguientes aspectos.

1. TRABAJO TEORICO.

Este consistirá en la recopilación de toda la información que puede ser de utilidad para la investigación. Esto brindara un panorama del camino a seguir sustentándose en experiencias vividas en otros países, en la ejecución de proyectos como el que aquí se propone.

También se puede incluir en este apartado las visitas preliminares que se realizan a las zonas en estudio. Estas servirán para identificar la zona: geografía, recursos de los establecimientos de salud y para entablar comunicación con las autoridades de salud de estos establecimientos. Centrándose posteriormente en el diseño de la red: El estándar IEEE 802.11b/g (Wi - Fi) utiliza la tecnología de espectro ensanchado, y opera en la banda de microondas de 2,4 GHz. A esta frecuencia es necesario seguir ciertos pasos: la selección de los puntos a emplazar; el estudio del trayecto de propagación de acuerdo a la topografía del terreno, considerando fenómenos como reflexión, refracción y difracción; y la obtención de los perfiles y la planeación del radio-enlace. Para ello se utilizará una herramienta informática *Radio Mobile*. Se trata de una herramienta informática de planificación radioeléctrica, de libre distribución; la versión más reciente de esta herramienta permite acceder automáticamente a los datos SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), disponibles en la página Web de la NASA, con una precisión de 3 segundos de arco (aproximadamente 100 metros). Se trata por tanto de una base de datos topográficos con una precisión similar a la de las

herramientas comerciales comparables. *Radio Mobile* permite el cálculo de coberturas radioeléctricas para sistemas zonales (móviles o de radiodifusión) en las bandas de 20 MHz a 20 GHz. Implementa el modelo de propagación conocido como Longley-Rice, en atención a sus primeros autores, o ITM (Irregular Terrain Model). Este modelo ha sido desarrollado en el ITS de Boulder, Colorado, instituto perteneciente al NTIA norteamericano. Además se analizarán teóricamente los enlaces, utilizando las ecuaciones para el cálculo de pérdidas en el espacio libre usando el Modelo de Tierra Curva, para verificar que los datos arrojados por *Radio Mobile* sean los esperados.

Esta etapa servirá además para establecer requerimientos de equipo tanto para la etapa de trabajo experimental, como para la elaboración de la propuesta de diseño a presentar a las autoridades de salud.

2. TRABAJO EXPERIMENTAL.

En esta etapa del estudio se realizarán las pruebas de radio-enlace entre los puntos de emplazamiento, para determinar de hecho la calidad del enlace. Se probará establecer comunicación de datos y voz, dejándolas debidamente documentadas. En ésta etapa se utilizará una herramienta informática, llamada NetStumbler la cual sirve para medir el SNR (Signal Noise Ratio) del enlace. Para la transmisión de voz, datos se utilizará el software llamado NetMeeting.

1.9 EL ESTÁNDAR IEEE 802.11 WIRELESS LAN

1.9.1 INTRODUCCIÓN A LAS REDES WLAN

En los últimos años se ha producido un crecimiento espectacular en lo referente al desarrollo y aceptación de las comunicaciones móviles y en concreto de las redes de área local (Wireless LANs). La función principal de este tipo de redes es la proporcionar conectividad y acceso a las tradicionales redes cableadas (Ethernet, Token Ring...), como si de una extensión de éstas últimas se tratara, pero con la flexibilidad y movilidad que ofrecen las comunicaciones inalámbricas. El momento decisivo para la consolidación de estos sistemas fue la conclusión del estándar IEEE 802.11 el pasado mes de junio de 1997. En este estándar se encuentran las especificaciones tanto físicas como a nivel MAC que hay que tener en cuenta a la hora de implementar una red de área local inalámbrica. Otro de los estándares definidos y que trabajan en este mismo sentido es el ETSI HIPERLAN.

La norma 802.11 ha sufrido diferentes extensiones sobre la norma para obtener modificaciones y mejoras. De esta manera, tenemos las siguientes especificaciones:

- 802.11 Especificación para 1-2 Mbps en la banda de los 2.4 GHz, usando salto de frecuencias (FHSS) o secuencia directa (DSSS).
- 802.11b Extensión de 802.11 para proporcionar 11Mbps usando DSSS.
- Wi-Fi (Wireless Fidelity) Promulgado por el WECA para certificar productos 802.11b capaces de interoperar con los de otros fabricantes.
- 802.11a Extensión de 802.11 para proporcionar 54Mbps usando OFDM.
- 802.11g Extensión de 802.11 para proporcionar 20-54Mbps usando DSSS y OFDM. Es compatible hacia atrás con 802.11b. Tiene mayor alcance y menor consumo de potencia que 802.11a.

La idea que queremos resaltar es que los sistemas WLAN no pretenden sustituir a las tradicionales redes cableadas, sino más bien complementarlas. En este sentido el

objetivo fundamental de las redes WLAN es el de proporcionar las facilidades no disponibles en los sistemas cableados y formar una red total donde coexistan los dos tipos de sistemas.

Este apartado está estructurado tal y como se indica a continuación: se presentan las generalidades de los sistemas WLAN mediante algunas definiciones y también lo dedicamos a las configuraciones de redes inalámbricas que podemos encontrar habitualmente. En el siguiente apartado nos centramos en el nivel físico y veremos qué soluciones nos aporta 802.11 en cuanto a tecnologías de modulación y gestión de la transmisión y recepción de datos. Luego nos centraremos en el nivel MAC del estándar IEEE 802.11 y hacemos una breve descripción del algoritmo de acceso que se utiliza en este nivel: el algoritmo CSMA/CA.

1.9.2 GENERALIDADES SOBRE REDES DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICAS

1.9.2.1 Definición de Red de Área Local Inalámbrica

Una red de área local inalámbrica puede definirse como a una red de alcance local que tiene como medio de transmisión el aire. Por red de área local entendemos una red que cubre un entorno geográfico limitado, con una velocidad de transferencia de datos relativamente alta (mayor o igual a 1 Mbps tal y como especifica el IEEE), con baja tasa de errores y administrada de forma privada. Por red inalámbrica entendemos una red que utiliza ondas electromagnéticas como medio de transmisión de la información que viaja a través del canal inalámbrico enlazando los diferentes equipos o terminales móviles asociados a la red. Estos enlaces se implementan básicamente a través de tecnologías de microondas y de infrarrojos.

En las redes tradicionales cableadas esta información viaja a través de cables coaxiales, pares trenzados o fibra óptica. Una red de área local inalámbrica, también llamada WIRELESS LAN (WLAN), es un sistema flexible de comunicaciones que puede

implementarse como una extensión o directamente como una alternativa a una red cableada. Este tipo de redes utiliza tecnología de radiofrecuencia minimizando así la necesidad de conexiones cableadas. Este hecho proporciona al usuario una gran movilidad sin perder conectividad. En la Figura 1.1 se muestra una WLAN formada por una red Cableada y una extensión Inalámbrica.

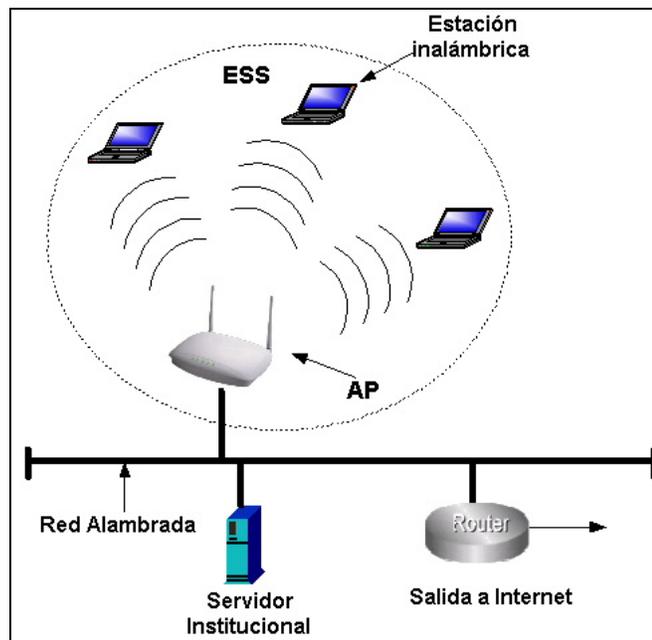


Fig. 1.1 Red WLAN clásica.

El atractivo fundamental de este tipo de redes es la facilidad de instalación y el ahorro que supone la supresión del medio de transmisión cableado. Aún así, debido a que sus prestaciones son menores en lo referente a la velocidad de transmisión que se sitúa entre los 2 y los 10 Mbps frente a los 10 y hasta los 100 Mbps ofrecidos por una red convencional, las redes inalámbricas son la alternativa ideal para hacer llegar una red tradicional a lugares donde el cableado no lo permite, y en general las WLAN se utilizarán como un complemento de las redes fijas.

1.9.2.2 Aplicaciones de los sistemas WLAN

Las aplicaciones más típicas de las redes de área local que podemos encontrar actualmente son las siguientes:

- Implementación de redes de área local en edificios históricos, de difícil acceso y en general en entornos donde la solución cableada es inviable.
- Posibilidad de reconfiguración de la topología de la red sin añadir costos adicionales. Esta solución es muy típica en entornos cambiantes que necesitan una estructura de red flexible que se adapte a estos cambios.
- Redes locales para situaciones de emergencia o congestión de la red cableada.
- Estas redes permiten el acceso a la información mientras el usuario se encuentra en movimiento. Habitualmente esta solución es requerida en hospitales, fábricas, almacenes, etc.
- Generación de grupos de trabajo eventuales y reuniones ad-hoc. En estos casos no valdría la pena instalar una red cableada. Con la solución inalámbrica es viable implementar una red de área local aunque sea para un plazo corto de tiempo.
- En ambientes industriales con severas condiciones ambientales este tipo de redes sirve para interconectar diferentes dispositivos y máquinas.
- Interconexión de redes de área local que se encuentran en lugares físicos distintos. Por ejemplo, se puede utilizar una red de área local inalámbrica para interconectar dos o más redes de área local cableadas situadas en dos edificios distintos.

1.9.3 Configuraciones WLAN

El grado de complejidad de una red de área local inalámbrica es variable, dependiendo de las necesidades a cubrir y en función de los requerimientos del sistema que queramos implementar podemos utilizar diversas configuraciones de red.

A. Peer to peer o redes ad-hoc

La configuración más básica es la llamada *de igual a igual* o *ad-hoc* y consiste en una red de dos terminales móviles equipados con la correspondiente tarjeta adaptadora para comunicaciones inalámbricas. En la figura 1.2 mostramos un ejemplo. Para que la comunicación entre estas dos estaciones sea posible hace falta que se vean mutuamente de manera directa, es decir, que cada una de ellas esté en el rango de cobertura radioeléctrica de la otra. Las redes de tipo *ad-hoc* son muy sencillas de implementar y no requieren ningún tipo de gestión administrativa.



Fig. 1.2 Configuración básica Peer to Peer.

B. Modo Infraestructura

Para aumentar el alcance de una red del tipo anterior hace falta la instalación de un *punto de acceso*. Con este nuevo elemento doblamos el alcance de la red inalámbrica (ahora la distancia máxima permitida no es entre estaciones, sino entre cada estación y el punto de acceso). En la figura 1.3 mostramos un ejemplo. Además, los *puntos de acceso*

se pueden conectar a otras redes, y en particular a una red fija, con lo cual un usuario puede tener acceso desde su terminal móvil a otros recursos. Para dar cobertura en una zona determinada habrá que instalar varios puntos de acceso de tal manera que podamos cubrir la superficie necesaria con las celdas de cobertura que proporciona cada punto de acceso y ligeramente solapadas para permitir el paso de una celda a otra sin perder la comunicación.

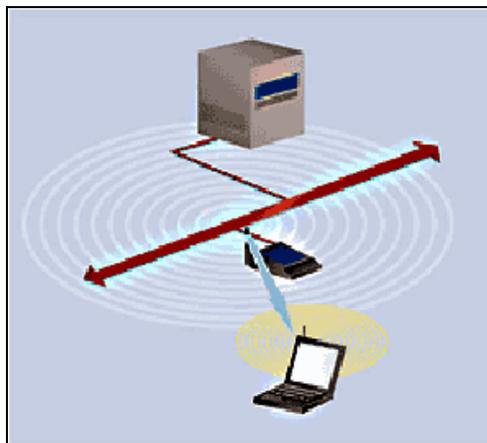


Fig. 1.3 Configuración tipo Estructura.

C. Enlace entre varias LAN o WMAN

Para finalizar, otra de las configuraciones de red posibles es la que incluye el uso de antenas direccionales. El objetivo de estas antenas direccionales es el de enlazar redes que se encuentran situadas geográficamente en sitios distintos tal y como se muestra en la figura 1.4. Un ejemplo de esta configuración lo tenemos en el caso en que tengamos una red local en un edificio y la queramos extender a otro edificio. Una posible solución a este problema consiste en instalar una antena direccional en cada edificio apuntándose mutuamente. A la vez, cada una de estas antenas está conectada a la red local de su

edificio mediante un punto de acceso. De esta manera podemos interconectar las dos redes locales.

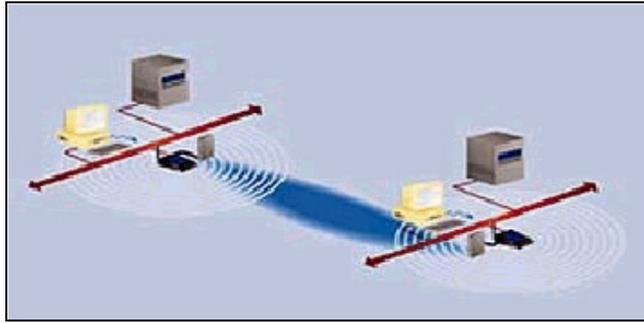


Fig. 1.4 Enlace entre dos redes LAN.

1.9.4 NIVEL FÍSICO. ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍAS DE MODULACIÓN

Realizaremos ahora una revisión de la arquitectura de la capa de nivel físico, donde nos centraremos en describir ligeramente el funcionamiento de la capa de convergencia, fundamentalmente resaltando el proceso de transmisión y recepción de y las técnicas de modulación utilizadas por 802.11 y 802.11b.

1.9.4.1 ARQUITECTURA DE CAPAS 802.11

La capa física proporciona una serie de servicios a la capa MAC o capa de acceso al medio. Diferentes tecnologías de capa física se definen para transmitir por el medio inalámbrico.

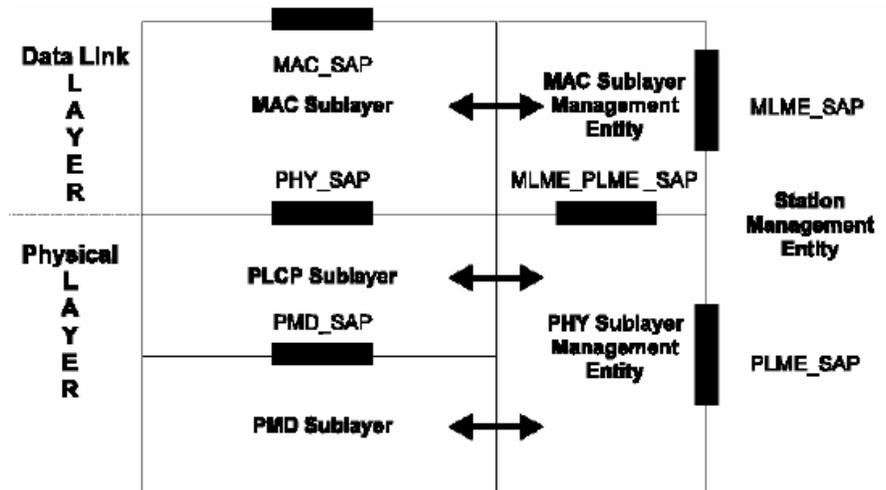


Fig.1.5 Arquitectura de las capas 802.11

La capa física de servicios consiste en dos protocolos:

- Una función de convergencia de capa física, que adapta las capacidades del sistema físico dependiente del medio (PMD). Esta función es implementada por el protocolo PLCP o procedimiento de convergencia de capa física, que define una forma de mapear MPDUs o unidades de datos MAC en un formato de tramas susceptibles de ser transmitidas o recibidas entre diferentes estaciones o STASs a través de la capa PMD.
- Un sistema PMD, cuya función define las características y un medio de transmitir y recibir a través de un medio sin cables entre dos o más STAs.

La comunicación entre MACs de diferentes estaciones se realizará a través de la capa física mediante de una serie de puntos de acceso al servicio, donde la capa MAC invocará las primitivas de servicio.

Además de estas capas, podemos distinguir la capa física de gestión. En esta capa podemos distinguir la estructura MIB (Management Information Base) que contienen por definición las variables de gestión, los atributos, las acciones y las notificaciones

requeridas para gestionar una estación. Consiste en un conjunto de variables donde podemos especificar o contener el estado y la configuración de las comunicaciones de una estación.

1.9.4.2 Tecnologías utilizadas en las Redes Inalámbricas

Podemos distinguir dos tecnologías de espectro ensanchado

A. Tecnologías de espectro ensanchado

La tecnología de espectro ensanchado consiste en difundir la señal de información a lo largo del ancho de banda disponible, es decir, en vez de concentrar la energía de las señales alrededor de una portadora concreta lo que se hace es repartirla por toda la banda disponible. Este ancho de banda total se comparte con el resto de usuarios que trabajan en la misma banda frecuencial. Existen dos tipos de tecnologías de espectro ensanchado:

- Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DSSS)
- Espectro Ensanchado por Salto en Frecuencia (FHSS)

A.1 Tecnología de espectro ensanchado por secuencia directa (DSSS)

Esta técnica consiste en la generación de un patrón de bits redundante llamado *señal de chip* para cada uno de los bits que componen la señal de información y la posterior modulación de la señal resultante mediante una portadora de RF. En recepción es necesario realizar el proceso inverso para obtener la señal de información original.

La secuencia de bits utilizada para modular cada uno de los bits de información es la llamada secuencia de Barker y tiene la siguiente forma:

+1, -1, +1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1, -1

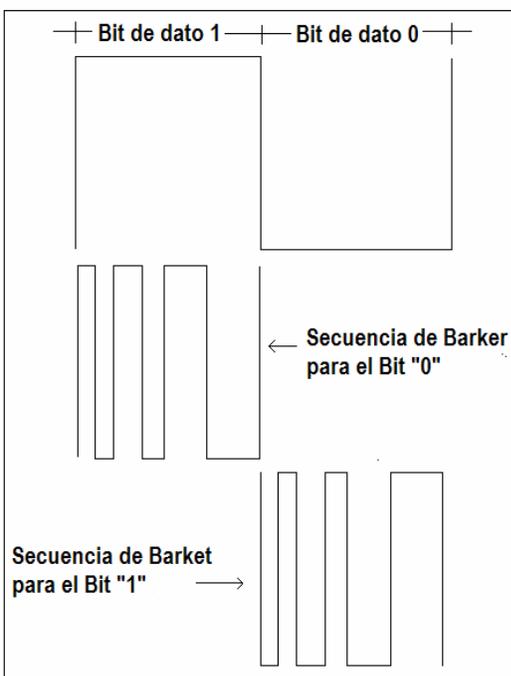


Fig. 1.6 Codificación de la información mediante la secuencia de Barker.

En la Figura 1.6 mostramos el aspecto de una señal de dos Bits a la cual le hemos aplicado la secuencia de Barker. DSSS tiene definidos dos tipos de modulaciones a aplicar a la señal de información una vez se sobrepone la *señal de chip* tal y como especifica el estándar IEEE 802.11: la modulación DBPSK, Differential Binary Phase Shift Keying y la modulación DQPSK, Differential Quadrature Phase Shift Keying proporcionando unas velocidades de transferencia de 1 y 2 Mbps respectivamente.

En el caso de Estados Unidos y de Europa la tecnología de espectro ensanchado por secuencia directa, DSSS, opera en el rango que va desde los 2.4 GHz hasta los 2.4835 GHz, es decir, con un ancho de banda total disponible de 83.5 MHz. Este ancho de banda total se divide en un total de 14 canales con un ancho de banda por canal de 5 MHz de los cuales cada país utiliza un subconjunto de los mismos según las normas reguladoras para cada caso particular. En el caso de España se utilizan los canales 10 y 11 ubicados en una frecuencia central de 2.457 GHz y 2.462 GHz respectivamente.

En topologías de red que contengan varias celdas, ya sean solapadas o adyacentes, los canales pueden operar simultáneamente sin apreciarse interferencias en el sistema si la separación entre las frecuencias centrales es como mínimo de 30 MHz. Esto significa que los 83.5 MHz de ancho de banda total disponible podemos obtener un total de 3 canales independientes que pueden operar simultáneamente en una determinada zona geográfica sin que aparezcan interferencias en un canal procedentes de los otros dos canales. Esta independencia entre canales nos permite aumentar la capacidad del sistema de forma lineal con el número de *puntos de acceso* operando en un canal que no se esté utilizando y hasta un máximo de tres canales. En el caso de España esta extensión de capacidad no es posible debido a que no existe el ancho de banda mínimo requerido.

A.2 Tecnología de espectro ensanchado por salto en frecuencia (FHSS)

La tecnología de espectro ensanchado por salto en frecuencia consiste en transmitir una parte de la información en una determinada frecuencia durante un intervalo de tiempo llamada *dwell time* y inferior a 400ms. Pasado este tiempo se cambia la frecuencia de emisión y se sigue transmitiendo a otra frecuencia. De esta manera cada tramo de información se va transmitiendo en una frecuencia distinta durante un intervalo muy corto de tiempo. En la Figura 1.7 observamos el modo de trabajo de FHSS.

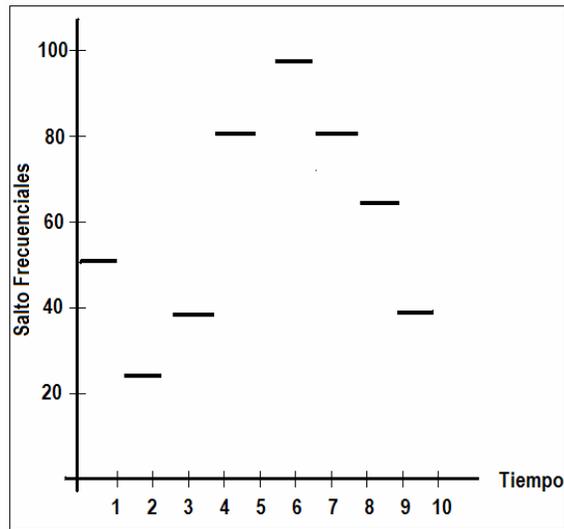


Fig. 1.7 Modo de trabajo de la Técnica FHSS.

Cada una de las transmisiones a una frecuencia concreta se realiza utilizando una portadora de banda estrecha que va cambiando (saltando) a lo largo del tiempo. Este procedimiento equivale a realizar una partición de la información en el dominio temporal.

El orden en los saltos en frecuencia que el emisor debe realizar viene determinado según una secuencia pseudoaleatoria que se encuentra definida en unas tablas que tanto el emisor como el receptor deben conocer. La ventaja de estos sistemas frente a los sistemas DSSS es que con esta tecnología podemos tener más de un *punto de acceso* en la misma zona geográfica sin que existan interferencias si se cumple que dos comunicaciones distintas no utilizan la misma frecuencia portadora en un mismo instante de tiempo.

Si se mantiene una correcta sincronización de estos saltos entre los dos extremos de la comunicación el efecto global es que aunque vamos cambiando de canal físico con el tiempo se mantiene un único canal lógico a través del cual se desarrolla la comunicación. Para un usuario externo a la comunicación la recepción de una señal FHSS equivale a la recepción de ruido impulsivo de corta duración. El estándar IEEE

802.11 describe esta tecnología mediante la modulación en frecuencia FSK, Frequency Shift Keying, y con una velocidad de transferencia de 1Mbps ampliable a 2Mbps bajo condiciones de operación óptimas también especificadas en la norma.

1.9.5 NIVEL DE ACCESO AL MEDIO (MAC)

Los diferentes métodos de acceso de IEEE802.11 están diseñados según el modelo OSI y se encuentran ubicados en el nivel físico y en la parte inferior del nivel de enlace o subnivel MAC.

Además, la capa de gestión MAC controlará aspectos como sincronización y los algoritmos del sistema de distribución, que se define como el conjunto de servicios que precisa o propone el modo infraestructura. Por último, veremos el aspecto y los tipos de tramas MAC.

1.9.5.1 Descripción Funcional MAC.

La arquitectura MAC del estándar 802.11 se compone de dos funcionalidades básicas: la función de coordinación puntual (PCF) y la función de coordinación distribuida (DFC).

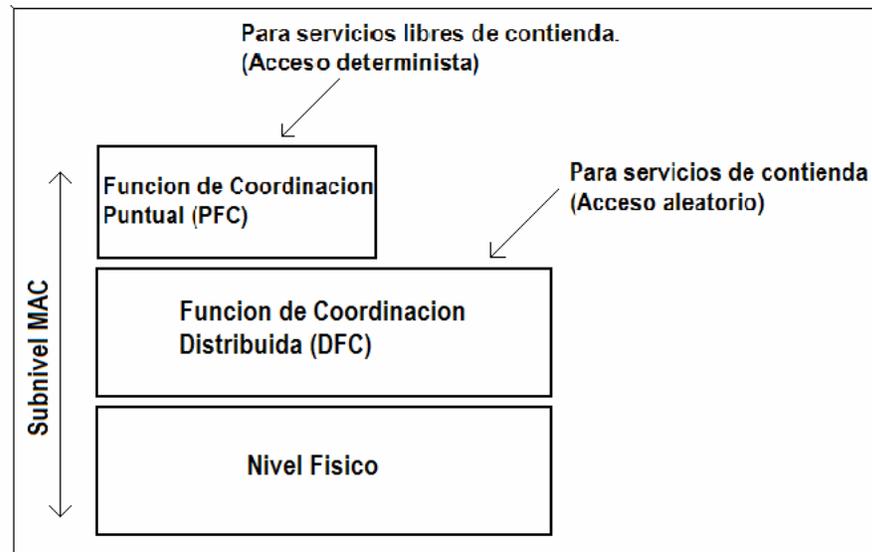


Fig. 1.8 Arquitectura MAC del Estándar 802.11

1.9.5.2 DFC Función de Coordinación Distribuida

Definimos *función de coordinación* como la funcionalidad que determina, dentro de un conjunto básico de servicios (BSS), cuándo una estación puede transmitir y/o recibir unidades de datos de protocolo a nivel MAC a través del medio inalámbrico. En el nivel inferior del subnivel MAC se encuentra la función de coordinación distribuida y su funcionamiento se basa en técnicas de acceso aleatorias de colisión por el medio.

El tráfico que se transmite bajo esta funcionalidad es de carácter asíncrono ya que estas técnicas de colisión introducen retardos aleatorios y no predecibles no tolerados por los servicios síncronos.

Las características de DFC las podemos resumir en estos puntos:

- Utiliza MACA (CSMA/CA con RTS/CTS) como protocolo de acceso al medio.

- Necesario reconocimientos ACKs, provocando retransmisiones si no se recibe.
- Usa campo Duration/ID que contiene el tiempo de reserva para transmisión y ACK. Esto quiere decir que todos los nodos conocerán al escuchar cuando el canal volverá a quedar libre.
- Implementa fragmentación de datos.
- Concede prioridad a tramas mediante el espaciado entre tramas (IFS).
- Soporta Broadcast y Multicast sin ACKs.

1.9.5.3 Protocolo de Acceso al medio CSMA/CA y MACA

El algoritmo básico de acceso a este nivel es muy similar al implementado en el estándar IEEE 802.3 y es el llamado CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance). Este algoritmo funciona tal y como describimos a continuación:

- 1.- Antes de transmitir información una estación debe testear el medio, o canal inalámbrico, para determinar su estado (libre / ocupado).
- 2.- Si el medio no está ocupado por ninguna otra trama la estación ejecuta una espera adicional llamada *espaciado entre tramas* (IFS).
- 3.- Si durante este intervalo temporal, o bien ya desde el principio, el medio se determina ocupado, entonces la estación debe esperar hasta el final de la transacción actual antes de realizar cualquier acción.
- 4.- Una vez finaliza esta espera debida a la ocupación del medio la estación ejecuta el llamado algoritmo de Backoff, según el cual se determina una espera adicional y aleatoria escogida uniformemente en un intervalo llamado *ventana de contienda* (CW). El algoritmo de Backoff nos da un número aleatorio y entero de ranuras temporales (slot time) y su función es la de reducir la probabilidad de colisión que es máxima cuando varias estaciones están esperando a que el medio quede libre para transmitir.
- 5.- Mientras se ejecuta la espera marcada por el algoritmo de Backoff se continúa escuchando el medio de tal manera que si el medio se determina libre durante un tiempo de al menos IFS esta espera va avanzando temporalmente hasta que la estación consume

todas las ranura temporales asignadas. En cambio, si el medio no permanece libre durante un tiempo igual o superior a IFS el algoritmo de Backoff queda suspendido hasta que se cumpla esta condición.

Cada retransmisión provocará que el valor de CW, que se encontrará entre CW_{min} y CW_{max} se duplique hasta llegar al valor máximo. Por otra parte, el valor del slot time es $20 \mu\text{seg}$. En la figura 1.9 podemos ver un ejemplo de funcionamiento de acceso CSMA/CA.

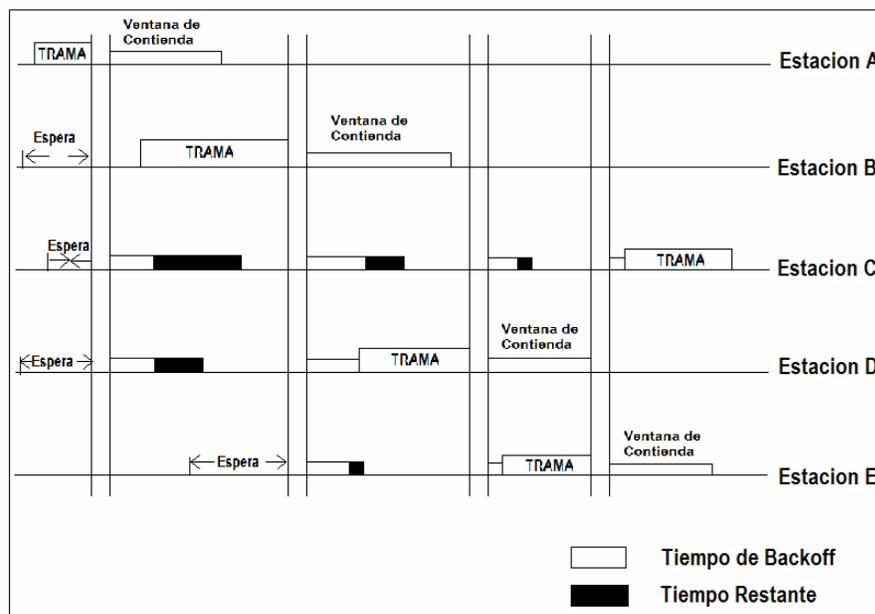


Fig. 1.9 Funcionamiento de acceso CSMA/CA.

Sin embargo, CSMA/CA en un entorno inalámbrico y celular presenta una serie de problemas que intentaremos resolver con alguna modificación. Los dos principales problemas que podemos detectar son:

- Nodos ocultos. Una estación cree que el canal está libre, pero en realidad está ocupado por otro nodo que no oye.
- Nodos expuestos. Una estación cree que el canal está ocupado, pero en realidad está libre pues el nodo al que oye no le interferiría para transmitir a otro destino.

La solución que propone 802.11 es MACA o MultiAccess Collision Avoidance. Según este protocolo, antes de transmitir el emisor envía una trama RTS (Request to Send), indicando la longitud de datos que quiere enviar. El receptor le contesta con una trama CTS (Clear to Send), repitiendo la longitud. Al recibir el CTS, el emisor envía sus datos.

Los nodos seguirán una serie de normas para evitar los nodos ocultos y expuestos:

- Al escuchar un RTS, hay que esperar un tiempo por el CTS
- Al escuchar un CTS, hay que esperar según la longitud

La solución final de 802.11 utiliza MACA con CSMA/CA para enviar los RTS y CTS.

1.9.5.4 Espaciado entre tramas IFS

El tiempo de intervalo entre tramas se llama IFS. Durante este periodo mínimo, una estación STA estará escuchando el medio antes de transmitir. Se definen cuatro espaciados para dar prioridad de acceso al medio inalámbrico (Véase la figura 1.10).

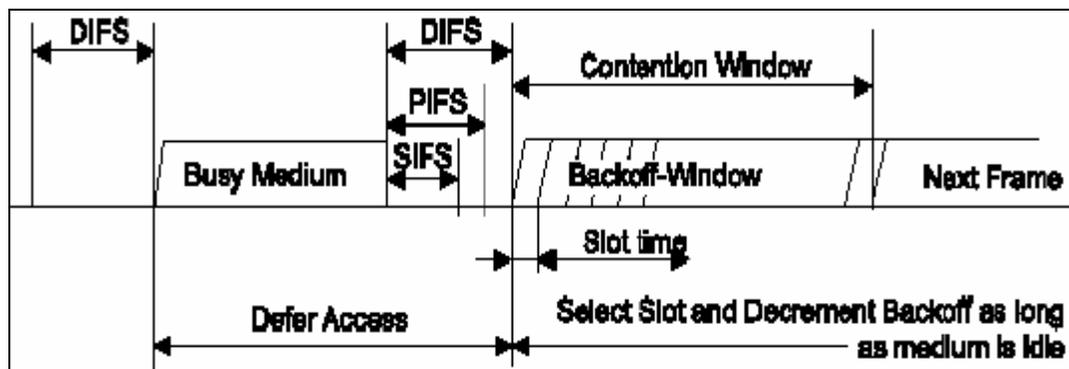


Fig. 1.10 Se muestra el intervalo de tiempo entre tramas.

- SIFS (Short IFS). Este es el periodo más corto. Se utiliza fundamentalmente para transmitir los reconocimientos. También es utilizado para transmitir cada uno de los fragmentos de una trama. Por último, es usado por el PC o Point Control para enviar testigo a estaciones que quieran transmitir datos síncronos
- PIFS (PCF). Es utilizado por STAs para ganar prioridad de acceso en los periodos libres de contienda. Lo utiliza el PC para ganar la contienda normal, que se produce al esperar DIFS.
- DIFS (DCF). Es el tiempo de espera habitual en las contiendas con mecanismo MACA. Se utiliza pues para el envío de tramas MAC MPDUs y tramas de gestión MMPDUs.
- EIFS (Extended IFS). Controla la espera en los casos en los que se detecta la llegada de una trama errónea. Espera un tiempo suficiente para que le vuelvan a enviar la trama u otra solución.

1.9.5.5 Formato de las tramas MAC

Las tramas MAC contienen los siguientes componentes básicos:

- Una cabecera MAC, que comprende campos de control, duración, direccionamiento y control de secuencia.
- Un cuerpo de trama de longitud variable, que contiene información específica del tipo de trama.
- Un secuencia checksum (FCS) que contiene un código de redundancia CRC de 32 bits.

Las tramas MAC se pueden clasificar según tres tipos:

- Tramas de datos.

- Tramas de control. Los ejemplos de tramas de este tipo son los reconocimientos o ACKs, las tramas para multiacceso RTS y CTS, y las tramas libres de contienda.
- Tramas de gestión. Como ejemplo podemos citar los diferentes servicios de distribución, como el servicio de Asociación, las tramas de Beacon o portadora y las tramas TIM o de tráfico pendiente en el punto de acceso.

El formato de la trama MC genérica lo podemos ver en la Fig. 1.11 y tiene el siguiente aspecto:

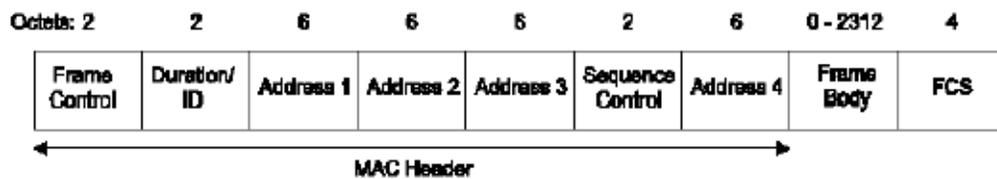


Fig. 1.11 Formato de una trama genérica.

Los campos que componen esta trama son:

- Campo de control. Merece examinar aparte.
- Duration/ID. En tramas del tipo PS o Power-Save para dispositivos con limitaciones de potencia, contiene el identificador o AID de estación. En el resto, se utiliza para indicar la duración del periodo que se ha reservado una estación.
- Campos address1-4. Contiene direcciones de 48 bits donde se incluirán las direcciones de la estación que transmite, la que recibe, el punto de acceso origen y el punto de acceso destino.
- Campo de control de secuencia. Contiene tanto el número de secuencia como el número de fragmento en la trama que se está enviando.
- Cuerpo de la trama. Varía según el tipo de trama que se quiere enviar.
- FCS. Contiene el checksum.

Los campos de control de trama (vease Fig. 1.12) tienen el formato siguiente:

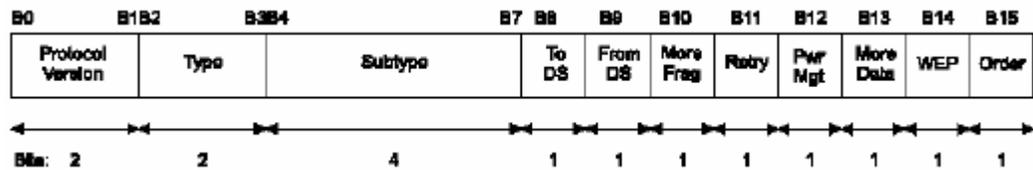


Fig. 1.12 Campos de control de una trama.

- Versión.
- Type/Subtype. Mientras tipo identifica si la trama es del tipo de datos, control o gestión, el campo subtipo nos identifica cada uno de los tipos de tramas de cada uno de estos tipos.
- ToDS/FromDS. Identifica si la trama si envía o se recibe al/del sistema de distribución. En redes ad-hoc, tanto ToDS como FromDS están a cero. El caso más complejo contempla el envío entre dos estaciones a través del sistema de distribución. Para ello situamos a uno tanto ToDS como FromDS.
- Más fragmentos. Se activa si se usa fragmentación.
- Retry. Se activa si la trama es una retransmisión.
- Power Management. Se activa si la estación utiliza el modo de economía de potencia.
- More Data. Se activa si la estación tiene tramas pendientes en un punto de acceso.
- WEP. Se activa si se usa el mecanismo de autenticación y encriptado.
- Order. Se utiliza con el servicio de ordenamiento estricto.

1.10 SEGURIDAD WI-FI.

¿Qué es seguridad?

- **Autenticidad:** El usuario es quien dice ser.
- **Privacidad:** La información no es legible por terceros.
- **Integridad:** La información no puede ser alterada en tránsito.

A diferencia de las redes cableadas tradicionales, en las que alguien que quisiera interceptar el tráfico de la red necesita tener una conexión por cable, en una red inalámbrica el tráfico puede ser capturado en forma pasiva sin necesidad de estar físicamente conectado a la red, utilizando hardware estándar y software libre. Con estas herramientas, un usuario puede violar la confidencialidad o la integridad de los datos en la red, hacer uso no autorizado de sus recursos o incluso interferir las comunicaciones legítimas. En el último tiempo se han publicado numerosos artículos que explican cómo realizar un “wardriving” que consiste en detectar redes inalámbricas con una computadora portátil y determinar sus fallos en seguridad. En general, entre la mitad y dos tercios de las redes inalámbricas desplegadas tienen sus sistemas de seguridad desactivados, debido principalmente a que estos vienen desactivados por defecto y a que al activarlos, el rendimiento de los equipos se reduce.

1.10.1 Métodos Estándares de Autenticación y Autorización.

Para que un punto de acceso permita a las estaciones tener acceso a la red, las estaciones móviles deben asociarse con el punto de acceso. Antes de permitir la asociación, las estaciones y el punto de acceso deben autenticarse mutuamente.

Sin embargo el método de autenticación por defecto del estándar 802.11 original, llamado *Open System Authentication*, autorizaba el acceso a todas las estaciones registradas con un determinado nombre (ID de Red o “SSID”). El sistema de autenticación abierto es muy común porque es fácil de usar. Un método de autenticación opcional (WEP) utiliza una llave compartida para realizar un cifrado simétrico de los frames de la red. Finalmente, a pesar de no ser parte del estándar, es común que los puntos de acceso puedan permitir el acceso de las estaciones por dirección MAC.

A pesar que WEP encripta o cifra los frames de la red, el nivel de seguridad ofrecido por este sistema no es suficiente para utilizarlo en ambientes corporativos. Esto se debe a que WEP utiliza la misma llave para cifrar los frames de todos los puntos de acceso y de

todos los usuarios móviles. Distribuir la clave de la red entre todos los usuarios es posible, pero si la clave es compartida por todos los usuarios de la red, finalmente será de público conocimiento. WEP no ofrece facilidades para distribuir las llaves, por lo que sería prácticamente imposible cambiar la llave de la red si en algún momento fuese necesario.

Una solución creada por la industria para reparar los problemas de WEP, es el estándar WPA (WIFI Protected Access). Este estándar es una versión reducida del futuro estándar IEEE 802.11i, que aún no ha sido ratificado. WPA soluciona la mayoría de los defectos de WEP. Está diseñado fundamentalmente para soluciones WIFI de tipo empresarial. La principal característica de WPA es que permite autenticar y proteger la información de usuarios, al utilizar una combinación de protocolos ya existentes, como 802.1x, EAP y servidores de autenticación Radius. Adicionalmente, el principal defecto de WEP, sus llaves estáticas es solucionado al utilizar llaves de cifrado dinámicas y asignadas por usuario y sesión.

1.10.2 Seguridad Básica: SSIDs, WEP, y Autenticación por MAC

La seguridad Básica incluye el uso de un “Conjunto de servicios Identificadores” (SSIDs por siglas en Inglés), la cual tiene una llave abierta que se comparte al momento de autenticar un cliente, una llave estática WEP, y una autenticación opcional de autenticación por dirección MAC. Esta combinación provee un rudimentario nivel de control de privacidad, el cual puede ser vulnerado. La “SSID” es el nombre de la red para un dispositivo en un subsistema WLAN; este sirve para subdividir lógicamente en segmentos el sistema inalámbrico. Un SSID previene acceso a cada cliente que no tiene SSID. Por defecto, sin embargo, un punto de acceso envía por difusión o broadcast el SSID. Lamentablemente podría ocurrir que un hacker detectara la SSID a través de un “sniffer” o equipo que pueda realizar monitoreo de red. El estándar 802.11, es un grupo de especificaciones para WLAN creado por el IEEE, soporta dos elementos de autenticación: una llave compartida de autenticación y una llave secreta administrada

por WEP. Una autenticación abierta involucra un poco más que suministrar el correcto SSID. Con autenticación compartida, el Access Point envía al cliente un paquete con que el cliente debe cifrar correctamente sus datos con WEP para retornar al Access Point. Sin la llave correcta, la autenticación puede fallar y al cliente no se le permite asociar con el Access Point. La autenticación compartida no se considera segura, puesto que es de fácil de detectar por un intruso ya que todo traspaso de información se comparte en texto claro (Sin cifrado), y con esta información es posible detectar la llave privada WEP de cifrado. Con autenticación abierta, cada vez que el cliente puede completar la autenticación y asociarla al Access Point, el uso de WEP previene que el cliente envíe datos al Access Point, a menos que el cliente tenga la misma llave de WEP. Una llave WEP esta compuesta de 40 o 128 bits y usualmente es definida estáticamente por el administrador de la red. Si el dispositivo que usa una llave WEP es conocida por un intruso, el procesador del dispositivo puede acceder a la red WLAN. Un administrador no puede ser capaz de detectar un acceso infiltrado de Wireless, a menos que sea reportado. El administrador entonces debe cambiar la llave WEP para cada dispositivo que utiliza la misma llave WEP. Por supuesto, si la llave es descifrada con una herramienta como “AirSnort” el administrador de la red no tendrá forma de conocer cuan comprometido esta con el intruso.

Algunos vendedores WLAN soportan autenticación basados en la dirección física, o MAC de la interfaz de red inalámbrica (NIC). Un Access Point podrá permitir la asociación con un cliente solo si su dirección MAC corresponde a una dirección aceptada por el Access Point. Pero la autenticación por MAC es una medida de seguridad inadecuada, porque la dirección MAC puede ser cambiada, perdida o robada.

Otra forma de seguridad básica esta ahora disponible, es el WPA con llave precompartida o (PSK). El PSK verifica al usuario vía password o código de identificación. Un cliente puede tener acceso a la red inalámbrica solo si ingresa la

password correcta. La password provee una relación de acuerdo único para generar el cifrado TKIP en la red. Siendo WPA más segura que WEP, WPA PSK es similar a WEP estática en el sentido que se compromete con la estación cliente, la diferencia es que es única y dinámica lo cual hace difícil de descubrir. Acceso Remoto para Redes Wireless LAN. En algunas condiciones, las empresas pueden requerir proteger una conexión extremo a extremo. Para proteger sus aplicaciones de negocio. Para acceso remoto, los administradores utilizan un conjunto de Red Privada virtual (VPN) para permitir a usuarios móviles, por ejemplo, usuarios de hotspots de: aeropuertos, hoteles y centros de convención, realizar túneles para llegar a las redes de la corporación.

Algunas empresas, tales como instituciones financieras, que requieren importantes medidas de seguridad podrían implementar VPN para su WLANs en la intranet. Esta solución, sin embargo, agrega procesamiento al envío de paquetes, desde este punto de vista es una solución costosa. Es decir implementar VPN protegiendo la seguridad para redes WLAN no es necesaria pues existen los estándares adecuados para el tratamiento de seguridad.

1.11 BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES

- **TELEMEDICINA RURAL EN PAISES EN DESARROLLO.** Departamento de Salud Internacional, Escuela de Salud Internacional, Universidad Carlos III, Madrid, España.
- Martínez Fernández, Andrés (Director del Programa EHAS). **Comunicaciones para salud en países en desarrollo: ¿lujo o necesidad?**
- Variables e Indicadores. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de El Salvador, Año 2004, <http://www.mspas.gov.sv/indicadores2004.asp.htm>
- Chiroque Luján, Ana Maria. **USOS DE LAS TIC's en ZONAS RURALES DE LA REGION CHAVÍN EN EL CAMPO DE LA SALUD.**
- **Perfil del sistema de servicios de salud de EL Salvador.** OPS/OMS, Programa de organización y gestión de servicios de salud, División de Desarrollo de Sistemas y Servicios de Salud. Junio 2001.
- Encuesta de hogares de propósito múltiple 2004 de la DIGESTYC
- Propuesta de reforma integral de salud. MSPAS
http://www.mspas.gov.sv/avance_reformas.asp.htm

CAPITULO II

TELEMEDICINA

2.1 INTRODUCCION

En algunos países de Latinoamérica tales como Perú y Colombia, se ha venido desarrollando un proyecto de telecomunicaciones realizada por el Programa EHAS (Enlace Hispanoamericano de Salud), el cual pretende poner en práctica la medicina y todo lo que ella conlleva a través de sistemas de comunicación; el empleo de éstos sistemas está enfocado principalmente en la zonas rurales ó en lugares remotos en donde el acceso vehicular es muy difícil ó el acceso a vías de telecomunicaciones convencionales no existe.

Dada la ubicación geográfica y la topografía de los terrenos de los lugares donde se está implementando la Telemedicina, el programa EHAS se ha visto en la necesidad de utilizar herramientas y tecnologías de telecomunicación no muy convencionales o poco comunes para lo que es el área de la Medicina en general y las zonas urbanas. Estamos hablando mayormente de servicios de radiofrecuencia ó hercianos, dentro de los cuales las tecnologías más utilizadas son la VHF (debido a su robustez, dada la irregularidad del los terrenos en las zonas rurales) y la tecnología Wi-Fi (debido a su fácil manejo y a lo relativamente económica que es comparada con las demás tecnologías). La implementación de Telemedicina en éstos países nos brinda una idea bastante clara de los muchos beneficios que se pueden obtener al desarrollar e implementar un proyecto similar en nuestro país.

2.2 GENERALIDADES DE LA TELEMEDICINA.

La telemedicina es la práctica de la medicina y de sus actividades conexas, como la educación y la planeación de sistemas de salud, a distancia, por medio de sistemas de comunicación. Su característica principal es la separación geográfica entre dos o más agentes implicados: ya sea un médico y un paciente, un médico y otro médico, o un médico y/o la información o los datos relacionados con ambos.

La telemedicina tiene beneficios como la disminución de los tiempos de atención, diagnósticos y tratamientos más oportunos, mejora en la calidad del servicio, reducción de los costos de transporte, atención continuada, tratamientos más apropiados, disminución de riesgos profesionales, posibilidad de interconsulta, mayor cobertura, campañas de prevención oportunas entre otras muchas virtudes.

Algunos opinan que la telemedicina se remonta a la aparición del telégrafo y después comenzó a efectuarse por radio: la telemedicina en alta mar comenzó en los años 1920, cuando varios países ofrecieron asesoramiento médico desde los hospitales a su flota de buques mercantes, utilizando el código Morse. En los años 50 la telemedicina se difundió mediante circuitos cerrados de televisión en los congresos de medicina. En los '60 la NASA desarrolló un sistema de asistencia médica que incluía el diagnóstico y el tratamiento de urgencias médicas durante las misiones espaciales. En 1965 se realizó una demostración de operación de corazón abierto con la ayuda de un sistema de telemedicina entre el Methodist Hospital en Estados Unidos y el Hôpital Cantonal de Genève en Suiza. La transmisión se realizó por medio del primer satélite de interconexión continental creado por Comsat llamado "Early Bird".

Dada la variedad de especialidades existentes en la medicina y las diversas maneras de adaptar o utilizar las tecnologías para hacer telemedicina se presentan distintas maneras de clasificarla: en el **tiempo**, en las **especialidades** y en el tipo de **aplicación médica**. La clasificación en el tiempo hace referencia al momento en que se realiza la intervención médica a distancia y la comunicación entre el proveedor del servicio y el cliente: tiempo diferido y tiempo real. En la clasificación por tipo de servicio tenemos:

Teleconsulta, Telediagnóstico, Teleterapia (Telepsiquiatría, Telefisioterapia, Teleoncología, Teleprescripción) y Telefarmacia entre otras. En cuanto a la clasificación por especialidades tenemos: Telerradiología, Telepatología, Telecardiología, Teleendoscopia, Teledermatología, Teleoftalmología, Telecirugía etc.

La telemedicina se puede practicar a nivel rural o a nivel urbano. En el primer caso hablamos con frecuencia de comunicaciones para la salud; en el segundo de telemedicina hospitalaria. Los escenarios en el caso rural suelen ser muy simples: canales de comunicación de bajo ancho de banda, equipos básicos y aplicaciones muy simples. En telemedicina hospitalaria urbana se utilizan en general canales de gran ancho de banda y sistemas de información muy complejos y costosos.

Los proyectos piloto de telemedicina en general se realizan entre dos puntos remotos. Uno de ellos es el remitente de casos médicos y el otro el centro de referencia en donde los proveedores del servicio interactúan para ayudar a resolverlos. Otros proyectos, de mayor alcance, se realizan entre varios puntos remitentes y uno o varios puntos de referencia. En el primer caso, el sistema de referencia, así como el de transmisión y almacenamiento de la información, la interconexión física y lógica son punto a punto. En general esto se da entre un punto aislado y un centro hospitalario importante. Aunque también se podría dar entre dos puntos que cuenten con especialistas en distintas áreas para complementar los servicios prestados. En el segundo caso se presentan varias posibilidades o escenarios, que varían según la jerarquía establecida por el sistema de referencia y por la manera de transmitir y almacenar la información.

2.3 TECNOLOGIAS DE LA COMUNICACION.

En la actualidad existen muchas tecnologías de comunicaciones disponibles en el sector domiciliario y corporativo. Muchos de los servicios domiciliarios se suelen usar en el sector corporativo para bajar los costos. Los servicios corporativos proporcionan anchos de banda superior pero a costos mucho más elevados que los domiciliarios. Por otra

parte en muchas poblaciones remotas estos servicios no están disponibles y hay que conformarse con los servicios básicos. Así por ejemplo, en muchas poblaciones aún no es posible contar con los servicios RDSI, los cuales solo se ofrecen en algunas capitales principales. Dada la gran diversidad de servicios existente, solo trataremos los más comunes que puedan ser útiles en aplicaciones de telemedicina. Muchos de ellos son servicios cableados por cobre o fibra óptica. Otros servicios utilizan las ondas hercianas, especialmente en aquellos lugares en donde realizar un cableado es difícil o costoso. A continuación se presentan estos dos tipos de servicios.

Existen servicios cableados y servicios de radiofrecuencia o hercianos. Algunos de los servicios cableados son: la Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC o RTC) que es la red de telefonía básica que todos conocemos en el sector domiciliario y corporativo. Para la transmisión de datos mediante estas líneas se utilizan los módems de 56 Kbps; la Red Digital de Servicios Integrados RDSI que es un servicio en el cual la conexión entre la central telefónica y el usuario final no es analógica como en el caso de la RTPC, sino que es totalmente digital, aunque sigue llegando al usuario mediante pares de cobre, lo que permite comunicaciones a 128 Kbps en el servicio básico BRI y 2048 Kbps en el denominado primario PRI; xDSL, que es la familia de servicios DSL (Digital Subscriber Line) y consiste en la transmisión de información modulada a muy alta frecuencia (respecto a la utilizada en telefonía y en los módems) sobre los pares de cobre convencionales. Esta tecnología permite conectar al usuario final con la central telefónica a una velocidad muy alta sobre una línea telefónica convencional. Este sistema permite una conexión permanente con la central sin que por lo tanto se bloquee el uso del teléfono por voz, fax o datos. El costo de operación para estos servicios suele ser independiente del volumen de datos transferidos y dependen solamente del ancho de banda contratado. Esto se conoce como *tarifa plana*. El ancho de banda varía entre 64 Kbps y 52 Mbps; El modo de transferencia asíncrono (ATM, Asynchronous Transfer Mode) es una técnica de conmutación de pequeños paquetes de información muy rápida concebida para encaminar todo tipo de información digital y en general utiliza fibra óptica.

Las ondas electromagnéticas utilizadas por el hombre tienen un amplio espectro y un gran número de aplicaciones. Gracias a estas ondas tenemos aplicaciones médicas como la radiología convencional con los rayos X, la medicina nuclear con los rayos gamma, la luz visible con todas las aplicaciones ópticas como el microscopio, la radio, la televisión, las comunicaciones satelitales y la telefonía celular.

Estas ondas se utilizan en comunicaciones terrestres o satelitales. Dado que las ondas se desplazan en línea recta se requiere que exista una línea de vista entre las dos antenas terrestres. Cuando no es posible el alcance a través de las ondas de radio terrestres para comunicar dos antenas terrestres se hace necesario hacer un puente con un satélite en órbita que tenga línea de vista con cada una de las antenas terrestres. Cuando se establecen enlaces de comunicaciones entre dos estaciones, de las cuales por lo menos una de ellas es móvil estamos hablando de “comunicaciones móviles”. Las estaciones fijas se llaman terrestres. Las comunicaciones móviles se pueden clasificar de muchas maneras. Según las facilidades de comunicación que ofrecen en: Radiotelefonía de Corto Alcance (RTCA, “Walkie-Talkies); Radiomensajería (Paging); Telecomunicación sin hilos (inalámbrica); Sistemas de comunicaciones móviles por satélites geoestacionarios o GEO, a unos 36.000 Km. de altura, Sistemas de órbitas medias, o MEO (Medium Earth Orbit), con satélites situados entre los 10.000 y 15.000 Km de altura y Sistemas de órbitas bajas o LEO (Low Earth Orbit), con satélites situados a menos de 3.000 Km de altura; Telefonía móvil celular: En los sistemas de telefonía móvil celular la zona de cobertura deseada se divide en zonas más pequeñas llamadas células, a las que se asigna un cierto número de radiocanales. La característica principal es que permiten una gran capacidad de abonados y un servicio similar al telefónico convencional con gran capacidad de expansión. Las ondas hercianas se utilizan igualmente de manera muy amplia en las comunicaciones terrenas por radio con antenas fijas. Las ondas hercianas de radiofrecuencia más utilizadas para comunicaciones entre antenas terrestres a grandes distancias son las que tienen frecuencias bajas y longitudes de onda grandes. Las ondas utilizadas en las comunicaciones terrenas por radio se denominan así: LF Baja Frecuencia; HF Alta Frecuencia; VHF Muy Alta Frecuencia; UHF Frecuencia Ultra

Alta; y luego viene la gama de las micro-ondas. El alcance de la onda no depende solamente de la línea de vista, ya que con la distancia la onda sufre atenuación. Las ondas con mayor longitud de onda tienen mayor alcance que las de menor longitud de onda, pero son más sensibles a los fenómenos atmosféricos y requieren antenas más grandes y transmisores más potentes.

2.4 EXPERIENCIAS EN EL MUNDO.

En los países industrializados como Estados Unidos, Francia o Noruega se ha superado la etapa de implementación de pilotos que demuestren la eficacia y las bondades de la misma. Dado que ya han demostrado que la telemedicina sí funciona, han procedido a su masificación y a la integración de los servicios. Por ejemplo, en Francia se trabaja por la integración de las historias clínicas con las imágenes para que estén disponibles en una red de alcance nacional. Todas las regiones de Francia han desarrollado al menos una red de telemedicina. A raíz de este gran número de aplicaciones, el Ministerio del Empleo y la Seguridad Social han creado un sistema de cartografía de los proyectos de telemedicina. Esta cartografía ha puesto en evidencia la necesidad de una coherencia interregional para aislar y resolver los problemas comunes. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha implementado junto con otros patrocinadores, muchos proyectos de telemedicina en el mundo con la siguiente observación: “Para muchos la telemedicina es sinónimo de videoconferencia y, por lo tanto, de un gran ancho de banda, pero para muchas aplicaciones prácticas, los servicios de telemedicina no requieren de videoconferencia. Una simple red telefónica puede ser utilizada”.

En Estados Unidos la telemedicina comenzó a fines de la década de 1950 con una serie de proyectos piloto en zonas rurales y urbanas que conectaban clínicas rurales, hogares de ancianos, prisiones y reservas indígenas con centros de atención sanitaria distantes. Las aplicaciones incluyen: atención sanitaria básica, medicina preventiva, salud pública, sistemas de información sanitaria, enseñanza médica permanente, servicios consultivos y

sistemas para mejorar las transacciones financieras y administrativas y facilitar la investigación. Más de 35 estados llevan a cabo actualmente proyectos de telemedicina y muchos de ellos desarrollan redes de telecomunicaciones estatales para conectar los hospitales con las zonas rurales, a fin de disminuir los costos y mejorar la calidad del sistema estatal de atención sanitaria.

En Noruega existen más de 300 aplicaciones de telemedicina en centros de salud basadas en videoconferencia con un ancho de banda de 384 Kbps. La videoconferencia es igualmente utilizada para teleeducación entre médicos, enfermeras, fisioterapeutas y otros. Los servicios en tiempo diferido comienzan a reemplazar los de tiempo real ya que permiten una adaptación más eficaz en el medio laboral de los profesionales de la salud.

En España, el Ministerio de Sanidad y Consumo definió el Plan de telemedicina del INSALUD, el cual marca las pautas para el desarrollo de la telemedicina. La mayoría de las experiencias giran en torno a la telerradiología y se llevan a cabo importantes experiencias en televigilancia y teleatención. A nivel de cooperación con los países de Hispanoamérica, España cuenta con programas como:

El Programa EHAS (Enlace Hispano Americano de Salud) creado en 1997 entre la Universidad Politécnica de Madrid y la ONG Ingeniería Sin Fronteras, con la intención de ofrecer posibilidades de comunicación de bajo costo, a través de radios convencionales de HF, VHF y WI-FI, y servicios de acceso a información para el personal de salud en las zonas rurales de América Latina. Actualmente funcionando en Perú, Colombia.

Otro ejemplo lo ofrece Cuba con los “sistemas de soporte de decisiones en medicina de cuidados intensivos”; un método que consiste en un flujo de información almacenado en una base de datos que permite al médico obtener diagnósticos en poco tiempo y también

sirve para clasificar al paciente en diferentes estados de su enfermedad cuando llega a terapia.

En Japón el 70% de los planes pilotos fueron interrumpidos debido, principalmente, a la falta de reembolso por los planes estatales de seguros de salud. En Australia los proyectos de telemedicina que han sido puestos a punto dentro de un ambiente artificial (desarrollados por razones políticas o administraciones centrales) han fracasado debido al intento de instaurar telecentros independientes de instituciones de salud o servicios de emergencia, en los cuales el grupo beneficiado no es el principal conductor del proyecto.

2.4.1 Programa EHAS.

Se pondrá especial interés en el programa EHAS ya que este está dirigido a la realidad latinoamericana en materia de salud. El Proyecto EHAS - Alto Amazonas- es el primer proyecto piloto del Programa EHAS en Perú. El objetivo principal de este proyecto es la provisión de servicios de acceso a información para el personal de salud del Ministerio de Salud en la provincia de Alto Amazonas, departamento de Loreto (véase la Fig. 2.1).



Fig. 2.1 Mapa de Perú. Departamento de Loreto en la provincia de Alto Amazonas

El proyecto trabaja en zonas donde no ha llegado el servicio de telefonía básica, desarrollando redes de comunicación de bajo costo. Los servicios se basan en el intercambio de información entre colegas, consulta a especialistas, formación a distancia, mejora del sistema de vigilancia epidemiológica, coordinación de emergencias y acceso a documentación especializada. Las tecnologías desarrolladas permiten el acceso a Internet a través de sistemas de radio, y están basadas en el uso exclusivo del correo electrónico sin costos de operación. Todos los sistemas están alimentados a través de energía solar. Tras 9 meses de funcionamiento efectivo de la red y los servicios EHAS en los 39 establecimientos de salud (7 micredes) afectados por el experimento en la provincia de Alto Amazonas se realizó la medida de las variaciones entre la situación inicial y el impacto a medio plazo. Los resultados de dicha evaluación se muestran a continuación⁶.

- Uso diario del sistema (% de uso): voz (100%), computadora personal (86,7%) y correo electrónico (71,4%).
- Utilidad del sistema para consultas: Antes del proyecto el 94% de los usuarios decía que era difícil o imposible consultar. Después del programa, el 93% piensa que es fácil y rápido de consultar. Incremento en las consultas: 700%. 98% de los diagnósticos resueltos satisfactoriamente.
- Ahorros de tiempo: Preparación de informes en 7 horas. Envío de informes: reducción en un 75% del tiempo de envío. Transferencia de pacientes: 3-5 horas de reducción (de 8,6 a 5,1 horas).

⁶ Se tratara de señalar los resultados mas importantes del programa EHAS – Alto Amazonas- si se requiere información mas detallada de estos se puede consultar la pagina Web <http://www.ehas.org/resultados>

- Vidas salvadas (en opinión del personal de salud): 58 vidas en los primeros nueve meses gracias al uso del sistema de comunicación.

Otro proyecto que es de mucho interés es el ejecutado en El Municipio de Silvia, en el Departamento del Cauca de Colombia. En este lugar, la Universidad del Cauca, inspirada en los desarrollos tecnológicos y la experiencia del programa EHAS, ha desarrollado una experiencia piloto de telemedicina rural para ayudar a la mejora de la eficiencia del sistema de salud de la zona. Con el planteamiento de base de usar tecnología apropiada y de bajo costo, se han adoptado soluciones de redes mixtas de voz y datos sobre sistemas inalámbricos VHF y Wi-Fi, y se han instalado servicios de acceso e intercambio de información tales como un sistema de vigilancia epidemiológica informatizado, formación a distancia, referencia y contrarreferencia de pacientes y teleconsulta. El objetivo del proyecto es poner a disposición de los actuales responsables de la salud rural una herramienta para la recolección, análisis y realimentación de la información, que permita mejorar la coordinación, evitar la sensación de aislamiento social y profesional del personal de salud rural, y mantener un sistema de formación continua de los trabajadores rurales a un costo razonable.

Los resultados buscados en este proyecto para alcanzar ese objetivo son tres: 1) la creación de una red de alta velocidad que permita la interconexión de los principales establecimientos de salud de la zona de intervención con el hospital regional y la Dirección Departamental de Salud del Cauca, así como el desarrollo de una red de voz y datos de baja velocidad que interconecte cada uno de estos establecimientos principales con los puestos de salud remotos que dependan de ellos; 2) dotar a estos establecimientos ya interconectados de un sistema de vigilancia epidemiológica informatizado, un sistema formación a distancia, un sistema para manejar la referencia y contrarreferencia de pacientes controlada, y posibilidades de teleconsulta en caso de dudas diagnósticas o de tratamiento, y;

3) realizar una evaluación de viabilidad técnica y económica, así como un estudio de impacto en los procesos de atención sanitaria y en la salud de las comunidades. En la Fig. 2.2⁷ se puede observar el despliegue de esta red de telecomunicaciones.

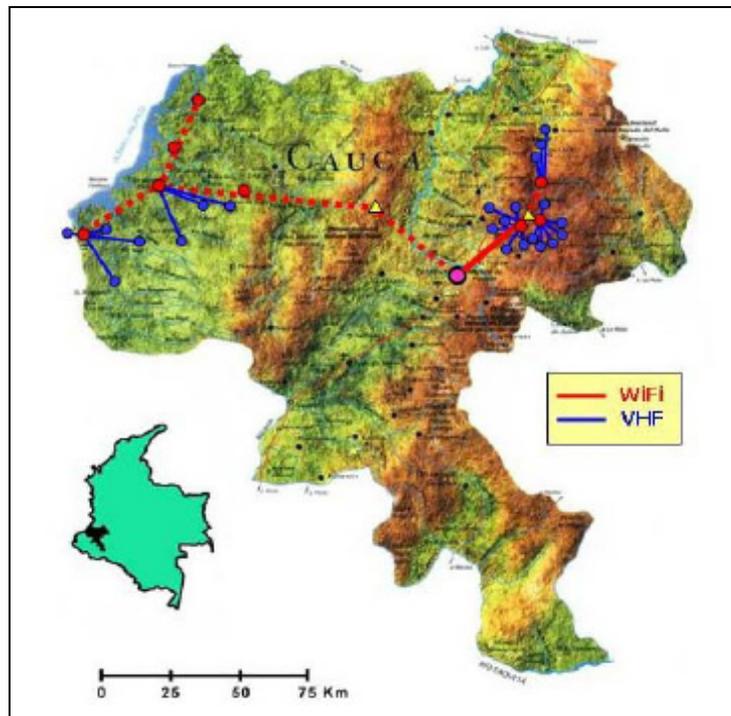


Fig. 2.2 Interconexión de los establecimientos de salud de los municipios de Silvia, Jambaló, Guapi, Timbiquí y López de Micay.

⁷ Fuente www.ehas.org

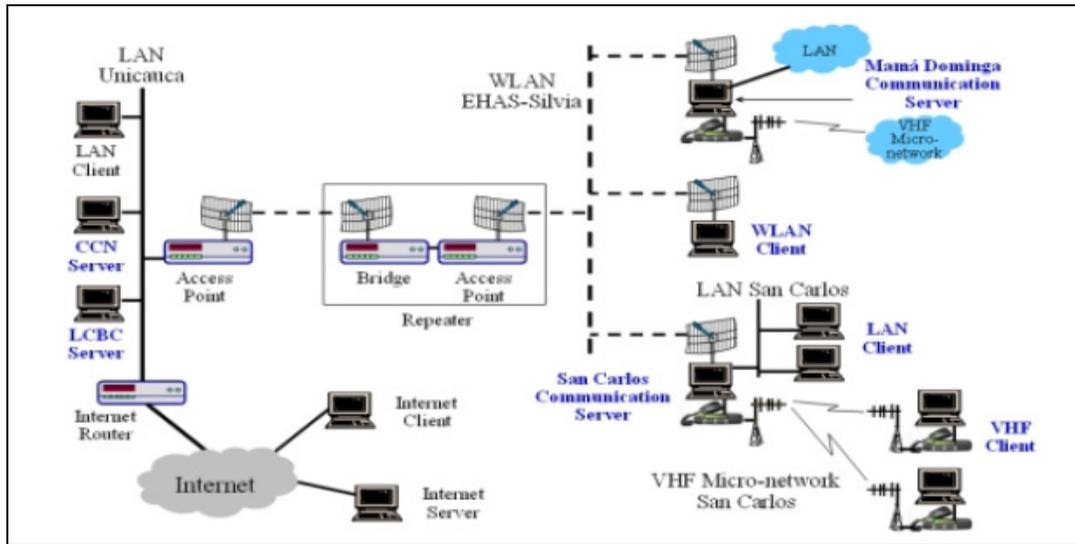


Fig. 2.3 Topología de la red mixta WiFi – VHF de la red EHAS en el Departamento del Cauca.

En paralelo con el despliegue de las instalaciones de este proyecto piloto, se están llevando a cabo tareas de investigación y desarrollo entorno al uso de WiFi con el propósito de optimizar las tecnologías empleadas en futuras instalaciones de la red. EHAS tiene ya una cierta experiencia en la realización de enlaces de banda ancha con tecnología IEEE 802.11b de hasta 40 Km. de distancia, pero actualmente se planean enlaces de hasta 90 Km. en la costa Pacífica, donde no es posible hacerlo en tramos más cortos por las características del terreno; esto es un gran reto, ya que no se tiene conocimiento de que existan instalaciones permanentes de tan largo alcance con esta tecnología en ningún sitio del mundo, pero estamos trabajando en ello porque lograrlo supondría llevar voz y datos con banda ancha y a bajo costo a una región que carece por completo de comunicaciones.

2.4.2 Servicios de Telemedicina

Según los estudios de necesidades llevados a cabo por el Programa EHAS en varios países latinoamericanos, el personal de salud rural de la región necesita de los siguientes servicios de intercambio y acceso a información:

Vigilancia epidemiológica: Existen graves dificultades para la recolección, envío, procesado, visualización y realimentación de información epidemiológica. La información o no llega, o llega tarde, o llega con errores, lo que incapacita, en muchos casos, la toma de decisiones y la rápida intervención. El Departamento de Telemática de la Universidad del Cauca está desarrollando un sistema de edición centralizada de formularios (XML schemas) que se distribuyen a través de la red EHAS. Dichos formularios se conforman y presentan en destino, de manera que el personal de salud pueda rellenarlos para satisfacer las necesidades tanto del sistema

de vigilancia epidemiológica activa, como de todos los programas verticales (materno-infantil, tuberculosis, etc.). La información fluirá de esta manera a través del sistema de salud, permitiendo en todos los niveles el procesado automático y la visualización. A través de boletines de actualización mensuales se realimenta la información a los puestos de salud rurales.

Formación continua: La Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad Carlos III de Madrid están desarrollando un sistema de formación a distancia que cumple con los requerimientos de conectividad intermitente de los establecimientos rurales de las redes EHAS, asumiéndose que la comunicación de datos a veces sólo es posible a través de correo electrónico. Se desarrolló un módulo de edición de cursos en XML con una interfaz de fácil uso. Estos cursos pueden incorporar texto, imágenes estáticas y en movimiento, tablas, auto evaluaciones, referencias y exámenes remotos. Los transformadores

XML/HTML y XML/PDF permiten convertir el curso al formato necesario para viajar por la red partido en lecciones, así como imprimirlo o volcarlo completo en un servidor Web. Hay un entorno de aprendizaje en el que están las herramientas de seguimiento de alumnos como permisos, foros, actualización de cursos, etc.; los puestos de salud se sincronizan periódicamente con este entorno a través de correos electrónicos. De este modo, la aplicación cliente permite a un médico o enfermero rural trabajar con un entorno de aprendizaje tan completo como los que están en línea aunque se encuentre en un establecimiento de salud aislado, con conexión únicamente a través de correo electrónico por radio.

Referencia-contrarreferencia de pacientes: El envío de pacientes desde los establecimientos de salud rurales hacia los hospitales de la capital resulta siempre muy complicado, tanto para el médico rural como para el propio paciente. La introducción de un sistema de referencia con cita previa (obtenida a través de correo electrónico), sumado al envío de un resumen de la historia clínica del paciente, puede facilitar muchísimo la efectividad de la atención especializada. Adicionalmente, la posibilidad también de reenviar hacia el médico rural una contrarreferencia explicando los procedimientos llevados a cabo en el hospital, mejora el seguimiento del paciente.

Interconsulta: La posibilidad de obtener una segunda opinión en casos graves hace que el número de evacuaciones urgentes disminuya, con el consiguiente ahorro de costos como quedó demostrado en el estudio piloto en Perú. Así mismo, en caso de evacuación, la posibilidad de contar con un sistema de voz (VHF o VoIP) que interconecte los establecimientos de los diferentes niveles permite un rápido y más eficiente uso de los medios de transporte disponibles en zona rural, logrando reducir considerablemente el tiempo de evacuación.

Correo Electrónico. El servicio de correo electrónico es prestado en todos los establecimientos de salud y está orientado a permitir la comunicación del personal entre sí y con el Centro Coordinador Nacional. En virtud de la configuración del Servidor de Comunicaciones en el hospital o centro de salud de referencia, los mensajes que tienen como destinatario un puesto de salud son enviados a él a través de una conexión de radio VHF que se establece cuatro veces al día. Los auxiliares de enfermería o promotores de salud en los puestos de salud obtienen los mensajes de correo electrónico recibidos, utilizando el cliente de correo configurado (Netscape 7.0). Así mismo, cuando el auxiliar o promotor desea enviar un mensaje, lo redacta mediante la utilidad componer del Netscape y lo envía; el mensaje queda almacenado en la bandeja de salida del cliente de correo, y cuando éste detecta la conexión vía el módem de radio, envía el mensaje a través del Servidor de Comunicaciones.

Consulta Remota a Especialistas Este servicio tiene como propósito el ofrecer una interconsulta a través de correo electrónico con especialistas a los trabajadores de salud en el nivel de atención I. El Proyecto EHAS lo define como “sistema de consulta de dudas y telepresencia como apoyo a los procesos diagnósticos y de tratamiento en los establecimientos rurales”. El objetivo sería evitar una remisión a un Hospital de más alto nivel, mediante una interconsulta con el especialista quien puede aconsejar la más adecuada manera de manejar un caso particular.

Capacitación a Distancia. El objetivo de este servicio es apoyar la formación continua del personal de todos los niveles de atención en salud en áreas rurales, con el fin de promover su desarrollo integral, mejorar la calidad y efectividad de la vigilancia epidemiológica, y optimizar la gestión de los servicios. En una etapa inicial se realizó la adaptación de dos de los servicios de capacitación

implementados en el proyecto EHAS-Alto Amazonas: cursos de capacitación y el servicio de preguntas y respuestas (Pregunta Al Día). Los cursos de capacitación consisten en un conjunto de lecciones que se envían al personal de salud por correo electrónico; los primeros que se han elaborado corresponden a temas relacionados con el montaje del Sistema de Vigilancia Epidemiológica, y se denominan “Salud y Enfermedad” y “Vigilancia Epidemiológica”.

Soporte al Sistema de Vigilancia Epidemiológica. Este servicio se ha considerado el eje central de los servicios de información del subprograma EHAS-Colombia. Tiene como objetivo mejorar la calidad del Sistema de Vigilancia Epidemiológica mediante el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la gestión de los procesos que en Salud pública se llevan a cabo en una determinada población. Dada la importancia del tema se formuló un nuevo proyecto denominado: “SIVE. Sistema de Vigilancia Epidemiológica Poblacional para el Municipio de Silvia, Cauca”. Este proyecto aborda la vigilancia epidemiológica más allá de la vigilancia de eventos clínicos, y engloba una nueva visión de la epidemiología (vigilancia epidemiológica poblacional) donde se recomienda recolectar, analizar e interpretar tres clases principales de información: eventos en salud, factores de riesgo, e intervenciones (programas de educación, promoción de la salud y prevención de la enfermedad). Como una experiencia inicial en el desarrollo del Sistema de Información para Vigilancia Epidemiológica (SIVE), se desarrolló una aplicación que permite enviar a través de la red de comunicaciones EHAS la información de las fichas epidemiológicas de los programas de promoción y prevención. La información se recoge en los puestos de Salud y se envía al Centro de Salud u Hospital de referencia, donde se consolida y se generan informes sobre la situación en salud de la zona de cobertura.

Referencia-contrarreferencia de Pacientes. Consiste en el envío a través de correo electrónico, de los formatos de remisión de pacientes (referencia y contrarreferencia) entre los Puestos de Salud, Centros de Salud y Hospitales. Aunque existen los formatos de referencia de pacientes en las instituciones de salud nivel I y formatos de contrarreferencia en los centros de atención de nivel II y III, el sistema nunca ha funcionado adecuadamente, por múltiples y diversas razones. Los pacientes remitidos frecuentemente pierden sus hojas de remisión o están diligenciadas mal o incompletas. La situación de la contrarreferencia es aún peor y lo más común es que el paciente se despacha del nivel II o III sin ninguna contrarreferencia. Aunque el servicio no se ha implementado aún, creemos que este servicio puede aportar una solución más efectiva a este problema.

2.5 CONCLUSIONES

- En muchos países se ha implementado la telemedicina brindando diversos resultados dentro de los cuales destaca siempre una mejora en la calidad de servicios de medicina prestados y un mejor control.
- Uno de los servicios de Telemedicina “modelo” para la realidad que vivimos en Latinoamérica es el proyecto Alto Amazonas desarrollado por el programa EHAS.
- El proyecto Alto Amazonas a desarrollado distintos servicios como: intercambio de información entre colegas, consultas remotas a especialistas (tele consultas), capacitación a distancia, soporte de sistema de vigilancia epidemiológica y referencia-contrarreferencia de pacientes.
- Los servicios prestados por el proyecto Alto Amazonas fueron evaluados después de 9 meses de funcionamiento. La evaluación fue hecha tomando aspectos como la viabilidad técnica, impacto en el proceso clínico, impacto económico, impacto en la salud y el bienestar del paciente y viabilidad económica y sostenibilidad. De los resultados obtenidos de dicha evaluación concluimos que los beneficios aportados al sector salud, así como la viabilidad económica para poder implementarlos son bastante significativos.

2.6 BIBLIOGRAFIA Y FUENTES

- **Aplicaciones de telecomunicaciones en Salud en la Subregion Andina,** Organización Panamericana de la Salud
- Diego Mauricio López, María Fernanda Dulcey, Álvaro Rendón. **EHAS: Una Plataforma Integral para la Prestación de Tele-servicios a Comunidades Rurales.** Grupo de Ingeniería Telemática, Universidad del Cauca. Popayán, Cauca, Colombia
- Canto Neguillo, Rafael. **TELEMEDICINA: INFORME DE EVALUACIÓN Y APLICACIONES EN ANDALUCÍA.** Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía, España.
- Chiroque Luján, Ana Maria. **USOS DE LAS TIC's en ZONAS RURALES DE LA REGION CHAVÍN EN EL CAMPO DE LA SALUD.**
- Vélez B, Jorge Alberto. **Panorama y tendencias de la telemática en salud, hablando de Telemedicina.** Centro de Telemedicina de Colombia
- **La situación de las Tecnologías WLAN basadas en el estándar IEEE 802.11 y sus variantes (“Wi-Fi”).** Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación Grupo de Nuevas Actividades Profesionales

CAPITULO III

EL SECTOR SALUD EN EL SALVADOR

3.1 INTRODUCCION

Enfrentar los retos del Sistema de Salud para El Salvador del mañana, requiere de la convergencia de sus protagonistas: los prestadores de servicios, los trabajadores de salud y sus organizaciones así como los gremios de profesionales, los formadores de recursos humanos, las organizaciones no gubernamentales, el gobierno y, ante todo, la población, razón de ser del sistema de salud.

A continuación se hace una descripción general del Sector Salud en El Salvador, sin pretender ser exhaustivos en este tema, esta información nos revela que la atención sanitaria que provee el MSPAS se ofrece a través de los SIBASI. Es por eso que habrá que definir algunos criterios que nos permitan determinar aquellos SIBASI cuya atención sanitaria se vería mejorada a través de la telemedicina. Los criterios utilizados se basan en indicadores de mortalidad infantil y materna; así como indicadores de desarrollo humano y pobreza. Los indicadores demuestran la existencia de una correlación entre los criterios de mortalidad infantil y materna y los de desarrollo humano y pobreza. Es decir que aquellos lugares con nivel de desarrollo humano bajo son los mismos con altos índices de mortalidad materna e infantil. Dichos indicadores permiten identificar aquellas zonas con mayor necesidad de mejorar su atención sanitaria. Para finalizar una vez hecha la selección se hará una descripción de los lugares seleccionados

3.2 SITUACIÓN SANITARIA

De 1993 a 2003 la tasa de mortalidad infantil disminuyó de 52 niños por cada mil nacidos vivos a 25. En este caso, las mayores disminuciones se han registrado en el área rural, la cual pasó del 41% en el quinquenio 1993-98 al 24% en el quinquenio 1998-2003, cerrándose así la brecha que existía con el área urbana en este indicador [7].

Las principales causas de la mortalidad infantil son afecciones originadas en el periodo perinatal, diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso, neumonía, depleción de volumen, y diversas malformaciones congénitas del corazón.

Enfermedades transmisibles

- **Enfermedades transmisibles por vectores.** En 2002 hubo 4671 casos de dengue clásico y 405 de dengue hemorrágico –se consideró un año epidémico– con un saldo fatal de 11 muertes. Los meses de mayor incidencia fueron julio, agosto y septiembre. En 2003 se notificaron 3782 casos de dengue clásico y 138 casos de dengue hemorrágico. La epidemia de dengue se ha concentrado más en la zona urbano marginal (61% y 89% en los años 2001 y 2003, respectivamente) y la población más vulnerable ha sido la comprendida entre los 5 y 9 años (336 y 1295 casos en los años 2001 y 2003, respectivamente).

- **Paludismo.** Hasta septiembre de 2004 se registraron 104 casos de paludismo, 85 en 2003 y 117 en 2002 [4]. Todos los casos debido a *plasmodium vivax*.

- **Infecciones respiratorias agudas (IRA).** En 1995, las infecciones respiratorias agudas ocuparon el primer lugar como causa de morbilidad, con 721.538 consultas.

- **Rabia.** El MSPAS ha desarrollado campañas de vacunación canina y felina (553.220 y 666.990 en el 2000 y el 2001, respectivamente) para controlar la transmisión de la rabia. Como consecuencia los casos de rabia han disminuido de 12 registrados en 1992 a 4 en el 2002 (Boletín vigilancia epidemiológica sobre la rabia OPS, 2001)

- **En cuanto al VIH/SIDA.** El Salvador muestra un incremento de la infección por el VIH de 0,83 x 100.000 habitantes (1990) a 15,4 (2002). La principal forma de transmisión en El Salvador es sexual. Los grupos que experimentan un incremento más acelerado de la infección son las mujeres embarazadas y la población menor de cinco años. Así mismo, se ha incrementado la incidencia del VIH y SIDA en jóvenes, lo cual es preocupante teniendo en cuenta el alto índice de embarazo en adolescentes.

3.3 EL SISTEMA DE SERVICIO DE SALUD

El actual sistema de salud salvadoreño tiene su origen en la segunda mitad del siglo XX. Fue a finales de los años cuarenta y principios de los cincuenta donde se sentaron las bases del actual ministerio de salud pública. Además se creó un sistema de seguridad social dirigida, en un principio, a la clase obrera a través del Instituto Salvadoreño de Seguridad Social (ISSS). En este apartado se describe la organización del sistema sanitario salvadoreño, el acceso de la población, la provisión de los servicios de salud y los recursos con los que cuenta el sistema. Los servicios de salud son provistos por

1. Sector público.

- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS)
- Instituto Salvadoreño del Seguro Social (ISSS)
- Instituto Salvadoreño de Rehabilitación Integral (ISRI)
- Sanidad Militar

- Bienestar Magisterial

2. Sector privado.

3. Instituciones sin ánimo de lucro.

El MSPAS es el ente rector de la salud en El Salvador. La aplicación de las políticas de salud pública se realiza desde las oficinas del MSPAS. El MSPAS atiende a la población que no cuenta con seguro médico alguno. Aproximadamente el 80% de la población no cuenta con un seguro de salud.

El ISSS es un seguro de salud público destinado a las personas integradas al sector formal de la economía y que da cobertura al afiliado y a su grupo familiar (los hijos de los afiliados reciben atención sanitaria hasta los 12 años). Se estima que la cobertura a nivel nacional del ISSS es del 17% del total de la población.

El ISRI tiene a su cargo establecimientos e instituciones especiales de atención a minusválidos. Así, el ISRI tiene a su cargo la escuela nacional de ciegos, la escuela para sordos, fundaciones de rehabilitación, etc.

Sanidad militar da cobertura únicamente a los miembros del ejército y a sus familiares y escasamente supera el 1% del total de la población.

Bienestar Magisterial brinda atención sanitaria a los profesores del sistema público de educación no universitaria. En términos de cobertura representan el 0,8 % de la población salvadoreña.

Los sectores privados cubren el 1,5% de la población. El sector privado lucrativo dispone de clínicas, hospitales generales y especializados, concentrados en el área de la capital y las zonas urbanas de las principales ciudades. Su naturaleza jurídica es de

sociedades anónimas. Los hospitales privados venden servicios al ISSS, Bienestar Magisterial y Sanidad Militar.

Como una forma de resolver la falta de coordinación entre sus instituciones el MSPAS ha implementado un modelo descentralizado de gestión en salud basado en los Sistemas Básicos de Salud Integral (SIBASI). A través de este modelo se ha podido establecer un sistema organizado en redes de establecimientos y proveedores comunitarios de salud rural, con responsabilidad institucional de intervención en áreas geográficas y poblacionales bien delimitadas.

El número total de establecimientos prestadores de asistencia sanitaria del MSPAS es de 618. Los mismos se dividen en hospitales (30), unidades de salud (367), casas de salud (171), centros rurales de nutrición (47), clínicas de empleados (2), centros de atención de emergencia (2). Las unidades de salud y las casas de salud representan el 87% del total de establecimientos. La distribución de los establecimientos se puede observar en la Fig. 3.1

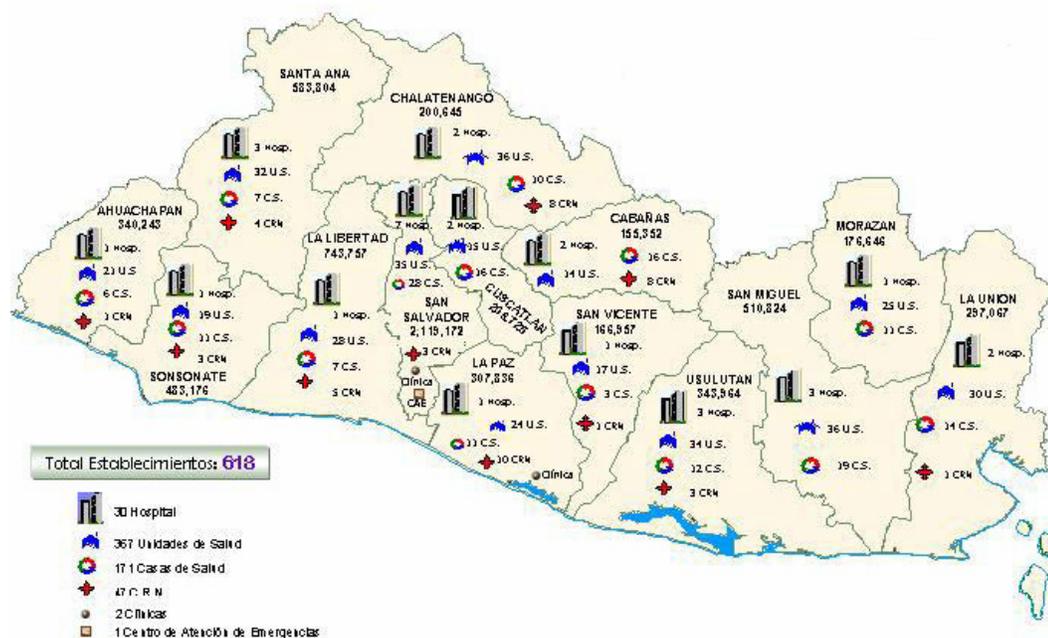


Fig. 3.1 Distribución de los establecimientos de salud por departamento.

Acceso a los servicios de salud. El sistema de salud en El Salvador ha padecido siempre de importantes inequidades en el acceso y la calidad de los servicios. El MSPAS no logra la cobertura útil de protección del 80% esperado en todos sus programas preventivos. Una proporción mucho mayor de personas que enfermaron buscaron atención en establecimientos del MSPAS en el 2002(39%) que en 1992(19%). Las que no consultaron disminuyeron del 60% al 43% (véase Tabla 3.1)

Personas que enfermaron y acciones que tomaron (1992 y 2002).			Personas que enfermaron y no consultaron, razones para no consultar (2002).		
Acción	1992	2002	Razones	1992	2002
Consultó MSPAS	19%	39%	Problemas de oferta	13%	29%
Consultó ISSS	4%	6%	Problemas de sobredemanda	40%	27%
Consultó a privado	14%	10%	Problemas económicos	37%	19%
Contultó a otro	3%	2%	Falta de confianza	4%	8%
No consultó	60%	43%	Considera no necesario	47%	44%

Tabla 3.1 Acceso a los servicios de salud.

Entre las razones por las cuales las personas que enfermaron no acudieron a una consulta médica destaca el aumento de “problemas de oferta”. De acuerdo con la información anterior, si el 56% de los que enfermaron en 2002 no consultó por problemas de oferta o de sobre demanda, ello significa que el 24% de la población salvadoreña no tiene acceso de forma sistemática a los servicios públicos de salud. Es decir que el 24% de la población no consultó por que el sistema sanitario no pudo ofrecer ningún tipo de asistencia sanitaria o porque los pacientes desbordaron el sistema sanitario.

Provisión de los servicios de salud. Según datos del MSPAS en el año 2003 se realizaron en todos los establecimientos un total de 9.327.896 consultas médicas. Como es lógico la mayor parte de las consultas se dan en las unidades y casas de salud (75%), véase Tabla 3.2

	Personas atendidas por primera vez (2003)	Emergencias (por médico y por enfermería)	Consultas médicas 2003
Hospitales	999639	957587	2322268
Unidades de salud	2335145	37919	6796493
Casas de salud	94498	3448	201752
Total	3430161	999022	9327896

Tabla 3.2 Atenciones en los establecimientos del MSPAS.

Calidad percibida de los servicios de salud. En un estudio financiado por el Banco Mundial⁸ se concluye en el caso de El Salvador, y los países en vías de desarrollo, que la gente valora más los hospitales y las unidades de salud de cabecera. Sin embargo tienden a considerar a los centros rurales de nutrición, casas de salud y unidades de salud rurales (tipo MSPAS) como lugares marginales que tienen poco impacto en el tratamiento de enfermedades.

3.4 RECURSOS DEL SISTEMA DE SALUD.

El gasto público en salud en El Salvador (que incluye al MSPAS y al ISSS) es del 3,6% del PIB, no es bajo si se lo compara con otros países de América Latina⁹, sin embargo, mientras el ISSS contaba con un presupuesto equivalente al 1,6% del PIB en 2000, para una cobertura del 17% de la población, el presupuesto del MSPAS ascendía a 1,8% del PIB para atender al 80% de la población. El MSPAS tiene una asignación per cápita de US \$ 48, mientras que la del ISSS era de US \$222,6. Del presupuesto correspondiente a 2002, el mayor porcentaje (59%) se concentró en los hospitales de segundo y tercer nivel, mientras una parte se invirtió en el primer nivel (véase la Fig. 3.2).

⁸ Lewis, Maureen, et. al. *Primary health care in practice: is it effective?* Health Policy, 2004.

⁹ Programa de las Naciones Unidas para El Desarrollo, Informe Desarrollo Humano 2003

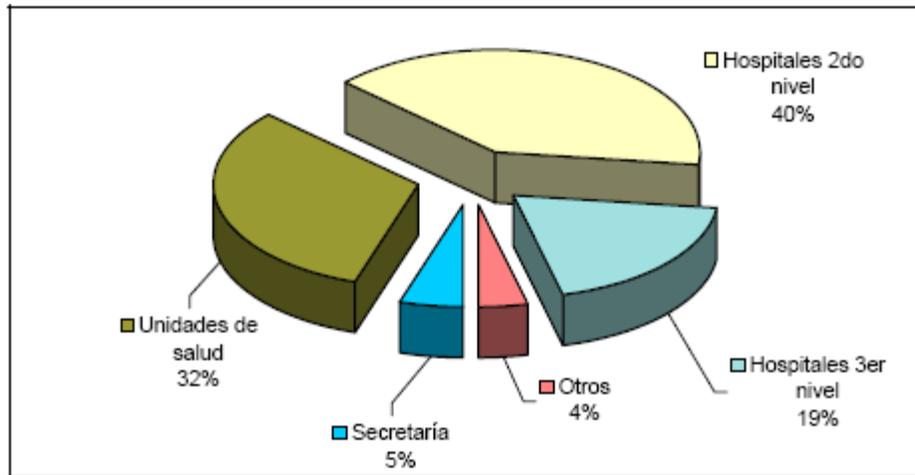


Fig. 3.2 Distribución del presupuesto según tipo de establecimiento.

La razón de médicos por cada 10.000 habitantes pasó de 11,8 en 2001 a 14,18 en 2003. De los cuales, en 2001, el 43% trabajaba para el MSPAS y el 60% de éstos son mujeres. Además, casi el 60% tiene menos de 15 años de servicio.

El MSPAS es el responsable de la regulación y control de alimentos y medicamentos; así como de la inspectoría del sector farmacéutico. El ISSS tiene su propio sistema de adquisición y distribución de medicamentos.

3.5 EL MINISTERIO DE SALUD

3.5.1 Estructura del Ministerio

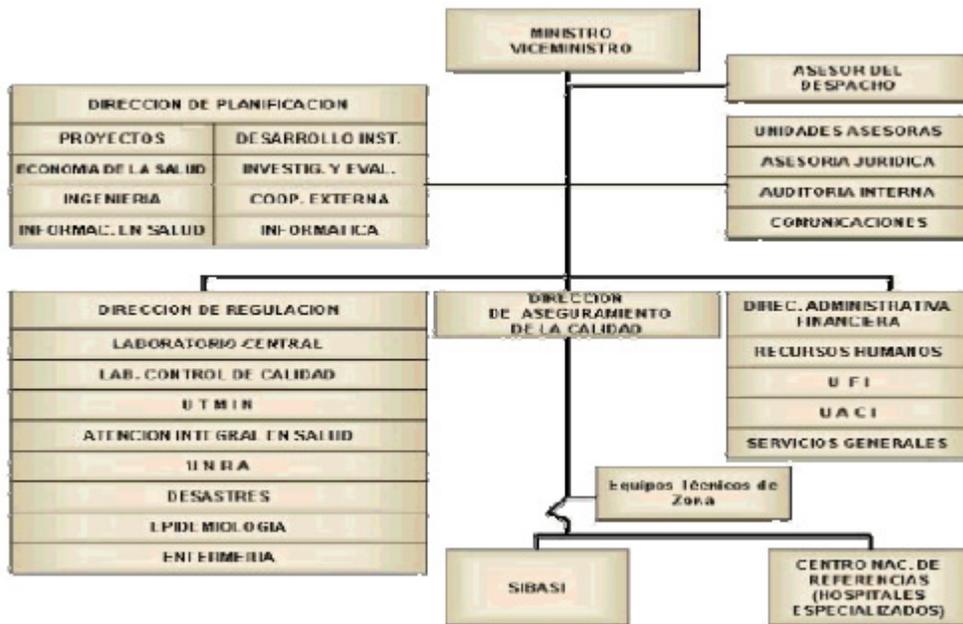


Fig. 3.3 Organigrama del MSPAS

En el organigrama observamos que la estructura del MSPAS tiene los siguientes componentes:

- Órgano de alta dirección: Ministro y Viceministro.
- Oficinas de asesoría y planificación: Asesoría jurídica, economía, ingeniería, información, cooperación externa, informática.
- Oficinas administrativas y financieras: Recursos humanos, unidad de adquisiciones.
- Oficinas de regulación: Laboratorios de control de calidad, unidad técnica de medicamentos e insumos internos, unidad de epidemiología, unidad de desastres, etc.

- Oficinas de aseguramiento de la calidad: Equipos técnicos de zona, hospitales especializados, SIBASI.

Los SIBASI son la nueva forma de organización territorial y administrativa del MSPAS. El sistema sanitario del MSPAS está dividido en 28 SIBASI (véase la Fig. 3.4). Cada SIBASI cuenta con un Hospital de segundo o primer nivel y un grupo de unidades de salud y puestos de salud asociados a éste. Dichos hospitales ofrecen servicios a poblaciones que van de los 50.000 a los 100.000 habitantes.

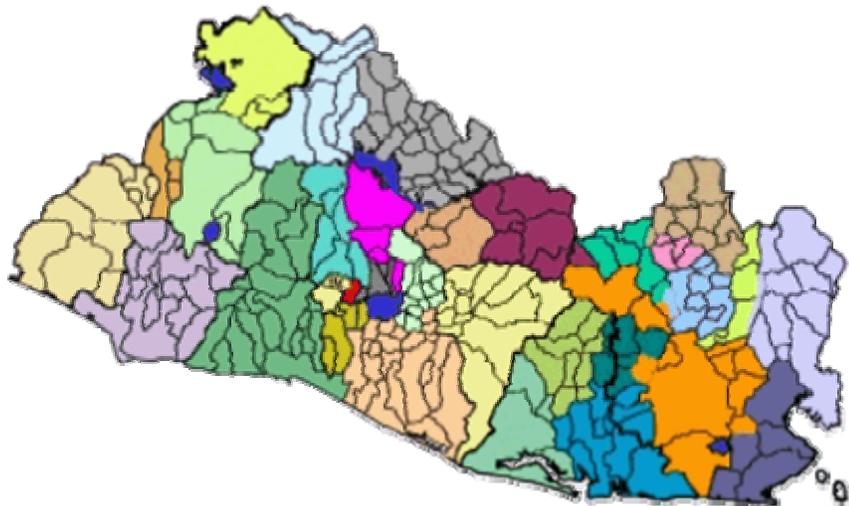


Fig. 3.4 Distribución de los SIBASI's en el territorio nacional.

Las unidades de salud son los establecimientos de mayor jerarquía en el primer nivel de atención, están situadas en su mayoría en las capitales de municipios y suelen contar con teléfono. Son centros de referencia de varias casas de salud donde se coordinan la distribución de medicamentos, envío y recepción de informes (administrativos y epidemiológicos) capacitaciones, etc. En términos generales las unidades de salud ofrecen servicios a poblaciones que van de los 5.000 a 40.000 habitantes.

Las casas de salud dependen de las unidades de salud y están situadas en poblaciones en la mayoría de los casos rurales. En su mayoría no cuentan con línea telefónica y están mal dotados de infraestructura sanitaria.

A continuación se analizarán algunas de las unidades del MSPAS que son de interés para un estudio como el presentado en el presente informe.

3.5.2 La Unidad Técnica de Medicamentos e Insumos Médicos

MSPAS atribuye (UTMIM) las competencias de planificación, elaboración de estándares, selección, programación, distribución, utilización, educación, investigación, información, monitoreo y evaluación de los medicamentos e insumos médicos. La UTMIM es una dependencia de la Dirección de Regulación y esta constituida por las siguientes áreas de trabajo:

- **Programación, Monitoreo y evaluación.** Apoyar la gestión del sistema de suministros médicos de la red de establecimientos de salud que conforman el MSPAS, a través de la coordinación de los procesos de selección, adquisición, almacenamiento y distribución de los suministros médicos.
- **Informática.** Diseñar, elaborar, implementar y dar mantenimiento a los sistemas que son elaborados para el manejo de la información en lo referente a suministros médicos. El sistema de información de suministros médicos, facilita la toma de decisiones, por los diferentes niveles, mediante datos e información oportuna, veraz y de calidad. En ese sentido las responsabilidades del área de informática son vitales para el desarrollo de las funciones de la UTMIM
- **Vigilancia de fármacos.** Promover la aplicación de medidas técnicas, administrativas y legales a fin de garantizar la calidad y seguridad de los

medicamentos, puestos a disponibilidad de la población salvadoreña. La vigilancia de fármacos ha tomado mayor importancia recientemente, tanto a nivel nacional como en la integración Centroamericana, por el desarrollo de nuevos medicamentos y el apareamiento de nuevas reacciones adversas, algunas fatales. Los beneficios del programa de vigilancia son enormes por cuanto garantiza la seguridad de los medicamentos, tanto para el que prescribe (médicos y odontólogos) como para los usuarios externos (pacientes).

- **Vigilancia sanitaria de medicamentos.** Verificar que los medicamentos que se fabriquen, importen y comercialicen en el territorio nacional, cumplan con los criterios de identidad, pureza, contenido o potencia y cualesquiera otra propiedad física, química y microbiológica establecida, a fin de asegurar la calidad y seguridad de los productos farmacéuticos a que accede la población salvadoreña.

3.5.3 Dirección de Control y Vigilancia Epidemiológica

Es sorprendente como la creación de una unidad tan importante en el sistema sanitario de un país se da hasta el año 2002. Hasta antes de la creación de La Dirección de Control y Vigilancia Epidemiológica (DICOVE) el tema de la vigilancia epidemiológica no tenía la importancia que merecía. Ahora, es una unidad de dependencia inmediata del ministro, como puede verse en la Figura 3.5.



Fig. 3.5 Estructura del DICOVE

A continuación se describen cada una de las funciones de las unidades que

Conforman el DICOVE:

- Unidad de educación y comunicación social. Se encarga del monitoreo de la situación clínica, de la promoción de la educación en salud, trata los temas de divulgación epidemiológica y ofrece asistencia técnica en aspectos clínicos.
- Unidad de Epidemiología. Se encarga del monitoreo de la situación epidemiológica diaria durante los 365 días del año, del monitoreo serológico y virológico, de la elaboración de análisis, tendencias y proyecciones, controla el flujo de la información, hace actividades de divulgación y prepara informes al ministro.
- Unidad de epidemiología de campo. Se encarga de la formación y capacitación epidemiológica, de la monitorización epidemiológica en el campo, de la coordinación de equipos de campo, de la elaboración de

protocolos, de la coordinación de equipos de brotes y de la asesoría y apoyo continuo a los SIBASI.

- Unidad de Control de Vectores. Tiene como funciones la supervisión en el control de focos, la vigilancia entomológica en el campo, la preparación de índices larvarios semanales por municipio y SIBASI, la coordinación de actividades antivectoriales (eliminación de criaderos de mosquitos y fumigación casa a casa) y asesoría y apoyo continuo a los SIBASI.
- Unidad de Zoonosis. Supervisa, vigila y controla las enfermedades que se dan en los animales y que se transmiten a los humanos.

En general DICOVE notifica 20 enfermedades a través de sus 28 SIBASI. Además se encarga de recabar los informes semanales elaborados por cada SIBASI, así como elaborar informes semanales sobre índices larvarios.

3.5.4 PROGRAMAS DE SALUD

Existen 11 programas de salud muy bien definidos

1. Atención integral en salud.
2. Atención integral en salud ambiental
3. ITS/VIH/SIDA
4. Salud bucal
5. Salud mental
6. Prevención de cáncer cérvico uterino
7. Tuberculosis
8. Lepra

9. Fortificación de alimentos
10. Enfermedades transmisibles por vectores
11. Escuela saludable

3.6 SELECCIÓN DE LOS SITIOS PARA LA INVESTIGACION

Hasta este momento se ha hecho una descripción general del entorno en el que se pretende implantar un sistema de telemedicina similar a los desarrollados por EHAS. Ahora, para poder determinar aquellos lugares donde un sistema de telemedicina tendrá mayor impacto en la atención sanitaria de la población rural salvadoreña.

Los criterios utilizados se basan en indicadores de mortalidad infantil y materna; así como indicadores de desarrollo humano y pobreza. Los indicadores demuestran la existencia de una correlación entre los criterios de mortalidad infantil y materna y los de desarrollo humano y pobreza. Es decir que aquellos lugares con nivel de desarrollo humano bajo son los mismos con altos índices de mortalidad materna e infantil. Dichos indicadores permiten identificar aquellas zonas con mayor necesidad de mejorar su atención sanitaria.

Una vez seleccionados 3 SIBASI de los 28 existentes se procederá a realizar un estudio pormenorizado de cada uno de ellos. Para cada uno de estos tres SIBASI se obtendrá información sobre el número de establecimientos de salud que lo forman, la posición de cada uno de estos, la infraestructura, el recurso humano, etc.

Además, y como parte importante de este estudio, se diseñaran sistemas de comunicaciones que permitan la comunicación y el acceso a redes de cada uno de los establecimientos de salud que forman cada uno de los tres SIBASI.

3.6.1 MORTALIDAD MATERNA HOSPITALARIA

Las muertes maternas hospitalarias registradas por el MSPAS en los años 2002, 2003 y 2004 han sido de 38, 52 y 35, respectivamente. La mayor cantidad de

muertes maternas hospitalarias se registraron en San Salvador (22, 19 y 17 en 2002, 2003 y 2004, respectivamente). Siendo el Hospital de Maternidad el que registró el mayor número de muertes maternas (16, 17 y 17 en 2002, 2003 y 2004, respectivamente). Las casas de salud no han registrado ninguna muerte materna en el periodo 2002-2004; mientras que las unidades de salud apenas registraron una muerte materna en ese mismo periodo.

3.6.2 PARTOS INSTITUCIONALES Y EXTRA HOSPITALARIOS

El total de partos registrados por el MSPAS en los años 2002, 2003 fue de 74.837 y 73.797. Para esos mismos años las casas de salud atendieron solamente 16 partos (11 se atendieron en las casas de salud de los SIBASI Sensuntepeque, Chalatenango y Morazán) mientras que las unidades de salud por otro lado atendieron 1102 partos.

Además de los partos institucionales el MSPAS ofrece algunas estadísticas de los partos atendidos por parteras que han recibido algún tipo de capacitación y acreditación. El número de parteras ha descendido de 3.125 a 2.915 en los años 2002 y 2004, respectivamente. El número de parteras registradas en las casas de salud ha pasado de 196 a 156 en el periodo 2002-2004 (el 40% se encuentran en los SIBASI de Cabañas y Chalatenango). El resto se encuentran adscritas a las unidades de salud. El número de partos atendidos por parteras capacitadas fue de 20.486 y 16.760 en los años 2002 y 2003, respectivamente.

Cuantificar la mortalidad materna extra hospitalaria es muy difícil y ha sido la asociación demográfica salvadoreña a través de las encuestas FESAL que ha provisto información valiosa sobre la mortalidad materna fuera de hospitales.

Para determinar la mortalidad materna extrahospitalaria las encuestas FESAL-93, FESAL-98 y FESAL-2003 usaron la metodología de “La hermana viva¹⁰”. En el

¹⁰ A partir de FESAL-98, la muestra es suficientemente grande para la mayoría de indicadores de la salud reproductiva, sin embargo no resulta ser suficiente para medir cambios en la razón de mortalidad materna. En FESAL-2002/03 se obtuvo información sobre apenas 27 casos reportados de hermanas que murieron durante un

caso de FESAL-2003, la estimación de la razón de mortalidad materna para el periodo de 1993 a 2002 indica que la cifra verdadera se encuentra entre 106 y 239 muertes maternas por 100.000 nacidos vivos, con un valor intermedio de 173.

Estos números de casos mínimos únicamente permiten establecer rangos o niveles generales de mortalidad materna.

Como se muestra en la Tabla 3.1 El Salvador solo el 69,4% de los partos tuvieron atención intrahospitalaria. Además, existe una brecha amplia de acuerdo al lugar de residencia de las mujeres, ya que la cifra cambia del 87,3% para las que proceden del área urbana al 54,1% para las del área rural. El diferencial en la atención intrahospitalaria del parto resulta ser mayor entre los departamentos de San Salvador (91,4%) y Morazán (49,6%), que representa una brecha de 42 puntos. Obsérvese además como las diferencias dentro del departamento de San Salvador que va de 97,5% para la zona este y 77,5% para la zona sur.

Los departamentos en los cuales los establecimientos del MSPAS tienen la cobertura más baja de partos hospitalarios son: Morazán, Ahuachapán, Sonsonate, La Libertad y Chalatenango. De los anteriores Morazán no alcanza ni siquiera el 50%. También, Sonsonate es el que presenta el mayor número de partos sin ningún tipo de atención.

embarazo, el parto o dentro de las 6 semanas después del parto, que es el criterio utilizado en esta metodología para considerar una muerte materna. Los números de casos identificados en las tres encuestas (31 en FESAL-93, 40 en FESAL-98 y 27 en FESAL-2003) son bastante pequeños

Area de residencia y departamento	ATENCIÓN INTRAHOSPITALARIA				ATENCIÓN EXTRAHOSPITALARIA				
	MSPAS	ISSS	Hospital privado	Subtotal	En casa con partera	En casa con otros	En casa sin nadie	Otro	Subtotal
Total	54	12,4	3	69,4	23	3,2	3,7	0,8	30,6
Area de residencia									
Urbana	61,7	20,3	5,3	87,3	9,2	1,4	1	1,1	12,7
Rural	47,4	3,6	1	54,1	34,8	4,7	6	0,5	45,9
Departamento									
Ahuachapán	45,1	6,8	1	52,8	34,9	6,4	5,5	0,3	47,2
Santa Ana	57,3	15,9	0,3	73,5	19,5	0,6	4,7	1,7	26,5
Sonsonate	47,8	6,6	1	55,3	28,9	6,5	8,8	0,6	44,7
Chalatenango	51,1	6,2	1,6	58,8	37,6	3,8	2	0,9	44,2
La Libertad	46,9	10,1	1,3	58,2	28,9	4,7	8	0,2	41,8
San Salvador	61,2	23,1	7	91,4	5,7	1,2	1,2	0,5	8,6
Zona Centro	64,8	11	15,6	91,4	6,1	0	0,3	2,2	8,6
Zona Oeste	60,6	27,3	8,3	96,4	1,6	0,4	0,4	1	3,6
Zona Sur	57,9	14,3	6,4	77,7	14,9	2,8	4	0,6	22,3
Zona Norte	62,4	23,7	6,5	92,6	5,3	1,4	0,6	0,1	7,4
Zona este	61,7	32,4	3,5	97,5	1,1	0,4	1	0	2,5
Cuscatlán	43,8	13,5	6	60,3	27,2	6,3	5,1	1,1	39,7
La Paz	44,3	12,4	2,4	59,1	34,8	2,8	3	0,3	40,9
Cabañas	59,7	1,6	1,2	62,5	29,3	3,7	4,2	0,3	37,5
San Vicente	56,7	2,7	0,1	59,4	29,5	8,2	2,4	0,5	40,6
Usulután	61,5	6,2	1,5	69,2	26,1	2,6	0,7	1,3	30,8
San Miguel	56,7	9,9	2,6	69,2	25,5	0,3	2,4	2,4	30,8
Morazán	43,8	3,5	2,3	49,6	45,4	1,6	2,4	1	50,4
La Unión	31,2	12,6	36,1	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5

Tabla 3.1 Lugar de atención del parto.

3.6.3 MORTALIDAD INFANTIL

A partir de los datos publicados por el MSPAS es muy difícil calcular índices fiables de mortalidad infantil. Ya que como se ha dicho el MSPAS pone a disposición solamente información hospitalaria. A pesar de lo limitado de la información diversas fuentes identifican al SIBASI Morazán como el que tiene la tasa de mortalidad infantil más alta. Lo cual es razonable pues es el sitio donde se da el mayor número de partos extrahospitalarios.

Los departamentos con mayor índice de mortalidad infantil rural según la Tabla 4 son: Morazán, San Vicente, Cabañas, y Chalatenango con 48, 47,1, 46,2 y 44,4 niños muertos por cada mil nacidos vivos, respectivamente.

3.6.4 DESARROLLO HUMANO

En términos del IDH El Salvador se encuentra en la posición 105. En términos comparativos el departamento con menor IDH ocuparía la posición 122, mientras que San Salvador quedaría en la posición 61, una diferencia de 61 posiciones. Examinando cada componente del IDH (Tabla 3.2 a y b) la esperanza de vida en San Salvador es superior en 6 años a la esperanza de vida de Cabañas. En educación San Salvador saca una amplia ventaja con un nivel educativo (0,844) muy superior a Morazán (0,647) y Cabañas (0,667). En cuanto al ingreso es evidente la brecha que existe entre San Salvador (0,720) y los de menor ingreso: Morazán (0,595), Chalatenango (0,590), San Vicente (0,579), Cabañas (0,559) y Ahuachapán (0,557).

Geográficamente, los departamentos con menor índice de desarrollo humano son los que se encuentran en la zona noreste del país, Chalatenango, Cabañas y Morazán; además de Ahuachapán, en la zona Oeste. Vemos pues como existe una fuerte correlación entre desarrollo humano y mortalidad infantil y materna.

En base a los indicadores obtenidos se ha determinado que las zonas geográficas en las cuales un sistema de telemedicina proveería algún tipo de mejora sobre la calidad sanitaria serían las que corresponden a los departamentos de Cabañas, Chalatenango y Morazán.

AÑO 1999	IPH-1	Poblacion que se estima que no sobrevivira hasta los 40 años de edad(%)	Tasa de mortalidad infantil(por mil)	Tasa de analfabetismo de adultos	Poblacion sin acceso a agua potable(%)	Poblacion sin acceso a servicios de salud(%)
Por area geografica						
Urbano	11,2	8,5	24,4	11,7	14,9	14,5
Por departamento						
San Salvador	8,7	6,6	18,8	8,3	9	14,1
La Libertad	9,1	8,4	24,1	8,8	7,8	16,6
Santa Ana	11,6	7,1	20,5	13,2	16,4	11
Sonsonate	12,3	9,9	28,4	14,7	17,3	10,5
Cuscatlan	13,1	9,9	28,3	11,8	19,3	19,8
Chalatenango	13,5	10,9	31,2	16,8	6,3	15,3
San Vicente	13,9	11,8	33,9	15,1	26,5	11,9
San Miguel	13,9	7,7	22,2	16,5	32,7	8
La Paz	15,7	8,7	24,9	16,6	28,4	19,6
Cabañas	17,6	11,5	33	21,1	28,3	17
Morazan	17,9	12,1	34,8	20,9	30,6	15,2
La Union	18,3	10,4	29,8	19,9	25,5	21,1
Ahuachapan	19,1	9,3	26,7	19,4	27,4	26,5
Usulután	19,6	8,7	24,9	22,5	34,6	18,4

Tabla 3.2 (a) Indicadores de desarrollo humano urbano por departamento.

AÑO 1999	IPH-1	Poblacion que se estima que no sobrevivira hasta los 40 años de edad(%)	Tasa de mortalidad infantil(por mil)	Tasa de analfabetismo de adultos	Poblacion sin acceso a agua potable(%)	Poblacion sin acceso a servicios de salud(%)
Por area geografica						
Rural	31,9	13,1	37,6	32,4	65,4	38,9
Por departamento						
Cuscatlan	23,9	14,5	41,5	19,1	61,6	17,8
La Paz	26,4	13,3	38,1	27,8	61,3	25,6
La Libertad	29,9	13	37,3	26,1	56,3	48,6
Sonsonate	30,3	14,5	41,6	34,3	59,5	28,6
Chalatenango	31,7	15,5	44,4	32,2	46,3	48,3
Ahuachapan	33,1	13,9	39,9	33,4	65,1	40,4
San Vicente	33,5	16,4	47,1	36,1	49,8	50,6
Usulután	33,5	13,3	38,1	37,8	81,8	23,3
San Vicente	33,5	11,2	32	25,5	79,8	37,5
Santa Ana	33,7	11,7	33,7	32,1	65,9	47,4
San Miguel	34,2	12,3	35,4	31,6	76,2	53
Morazan	34,4	16,7	48	39,4	68,2	33,3
Cabañas	35,8	16,1	46,2	41,1	59,5	46,2
La Union	36,8	15	43	42,1	72	35,5

Tabla 3.2 (b) Indicadores de desarrollo humano rural por departamento.

3.6.5 SELECCIÓN DE LOS SIBASI's

Administrativamente el MSPAS divide los departamentos de Cabañas en los SIBASI Ilobasco y Sensuntepeque; Chalatenango en los SIBASI Chalatenango y Nueva Concepción; y Morazán en cuatro redes. De éstos se han seleccionado para hacer el estudio los SIBASI y redes con mayores problemas de aislamiento. Es decir: SIBASI Nueva Concepción, SIBASI Sensuntepeque y del SIBASI Morazán la red 4.

3.6.5.1 Región SIBASI Nueva Concepción. El SIBASI Nueva Concepción (SNC) está ubicado en la zona norte del departamento de Chalatenango. Chalatenango tiene aproximadamente 202,273 habitantes distribuidos en un área de 2016,58 kilómetros cuadrados. Chalatenango se divide en 33 municipios y es el departamento con menos habitantes por kilómetro cuadrado (100 habitantes por kilómetro cuadrado) [3].

El SNC está constituido por 1 Hospital, 9 Unidades de Salud, 7 Casas de Salud y 1 Centro Regionales de Nutrición. Atiende a una población de 85,376 habitantes [4]. La Figura 3.5 muestra la distribución de los establecimientos de salud en cada uno de los municipios.

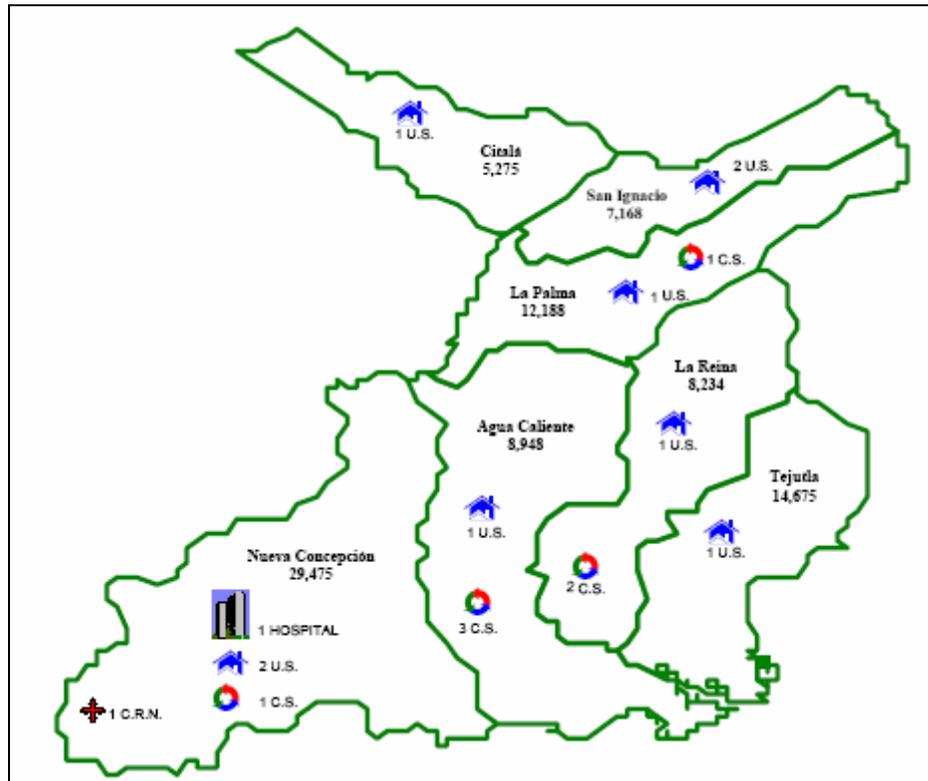


Figura 3.5 SIBASI Nueva Concepción.

Establecimientos de Salud pertenecientes al SIBASI Nueva Concepción¹¹.

¹¹ En un principio se tomaron los datos (coordenadas) provistos en un trabajo previo realizado por el Ing. Carlos Martínez (docente de la EIE), los cuales según el describe fueron tomados del sitio de mapas provisto por google en www.falligrain.com y del software Keyhole, luego se comprobaron estos datos con los resultados de mediciones in situ usando un equipo GPS las diferencias entre los datos rondaban los segundos y no influyeron de gran manera en los resultados de la simulación por lo tanto los datos obtenidos por la herramienta utilizada por el Ing. Martínez son bastante confiables

Municipios	No. Hab.	Localización	Establecimiento.	Lat. (N)	Long. (W)	Elevación (mt.)
N. Concepción	29,475	N. Concepción	Hospital de Ref.	14,08,01	89,18,04	378
		Arracaos	Unidad de Salud	14,03,00	89,13,00	249
		Potrero Sula	Unidad de Salud	14,05,60	89,22,00	500
		Sunapa	Casa de Salud	14,10,00	89,17,60	396
Tejutla	14,088	Tejuela	Unidad de Salud	14,10,03	89,06,06	365
Cítala	5,275	Cítala	Unidad de Salud	14,22,01	89,13,04	797
La Palma	12,188	La Palma	Unidad de Salud	14,18,58	89,10,02	1015
		Los Planes	Unidad de Salud	14,19,00	89,04,06	566
La Reina	8,234	La Reina	Unidad de Salud	14,11,60	89,09,00	463
		El Pepeto	Casa de Salud	14,13,60	89,10,00	538
		El Tigre	Casa de Salud	14,10,00	89,10,60	386
San Ignacio	7,168	San Ignacio	Unidad de Salud	14,20,00	89,11,00	463
		Las Pilas	Unidad de Salud	14,22,06	89,06,10	1976
Agua Caliente	8,948	Agua Caliente	Unidad de Salud	14,11,00	89,14,09	396
		Obrajuelo	Casa de Salud	14,07,60	89,13,00	286
		Cerro Grande	Casa de Salud	14,16,60	89,12,00	1120
		Encumbrados	Casa de Salud	14,13,60	89,15,00	527

Tabla 3.3 Establecimientos de salud

EL HOSPITAL NACIONAL DE NUEVA CONCEPCION.



Fig. 3.6 Hospital Nacional de Nueva Concepción.

El Hospital Nacional de Nueva Concepción (HNNC) sirve como hospital de referencia al SNC. El HNNC es uno de los dos hospitales de segundo nivel del departamento de Chalatenango que además hace atención de primer nivel y sirve de unidad administrativa del SNC.

Según la clasificación del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) el HNNC es un hospital de segundo nivel periférico (49 camas); mientras que el hospital de Chalatenango Dr. Edmundo Vásquez es un hospital central de segundo nivel (100 camas).

Según datos del ministerio de hacienda el HNNC tiene un presupuesto anual de US\$ 2,757,875 que incluye recursos propios (MH 2004). Además, el ministerio de hacienda tiene registrado el siguiente personal (Tabla 3.4) como parte de la nómina del HNNC.

Atención Ambulatoria		Atención Hospitalaria	
Médico especialista	1	Médico residente (becario)	3
Médico consulta general (8 hrs.)	1	Médico especialista I (6 hrs.)	1
Médico residente (becario)	4	Médico especialista II (6 hrs.)	1
Médico especialista (6 hrs.)	1	Enfermera supervisora	1
Enfermera jefe depto. de enfermería	1	Enfermera supervisora hospitalaria	4
Jefe de laboratorio clínico	1	Profesional en lab. Clínico	1
Profesional de lab. Clínico	1	Enfermera hospitalaria	8
Enfermera unidad móvil rural	1	Auxiliar de enfermería hospitalaria	15
Estudiante odontología	1	Trabajador social	1
Enfermera hospitalaria	5	Jefe de cocina	1
Jefe estadística y documentos	1	Tecnólogo en anestesia	4
Jefe de farmacia	1	Técnico en arsenal y esterilización	1
Auxiliar de enfermera hospitalaria	8	Tecnólogo en radiología	1
Técnico en radióloga	1		
Técnico en fisioterapia	1		
Jefe consulta externa (2 hrs.)	1		

Tabla 3.4 Personal del Hospital de Nueva Concepción.

También, dentro de los presupuestos del HNNC se incluye el personal para la promoción, fomento y restauración de la salud y saneamiento ambiental. En este grupo se encuentran, entre otros, los directores de las unidades de salud (10), los promotores de salud (56) y enfermeras (19).

Unidades de Salud de SNC.

El MSPAS clasifica las unidades de salud en dos tipos: MSPAS y Cabecera departamental. Su diferencia radica en la capacidad física instalada en función del número de usuarios. Así, las unidades de salud tipo MSPAS son aquellas instaladas fuera de las capitales departamentales y diseñadas para atender poblaciones inferiores a 5000 habitantes. Todas las unidades de salud del SNC son tipo MSPAS.

El servicio de atención de las unidades de salud del SNC es de lunes a viernes de 8 a.m. a 4 p.m. excepto dos unidades de salud, Tejutla que atiende los sábados y La Palma que lo hace los 365 días al año, ambas en el mismo horario.

En cuanto a vehículos hay cuatro unidades de salud que poseen ambulancias (Cítala, La Palma, La Reina y Las Pilas). El Hospital posee dos ambulancias. El tiempo promedio de reparación es de tres días.

Cada unidad de salud cuenta, en general, con un médico general, un licenciado en enfermería, un odontólogo, un auxiliar de enfermería, un inspector de saneamiento y promotores de salud.

En cuanto al aislamiento de los establecimientos de salud son las casas de salud de Cerrón Grande y Los Planes las que tienen mayores problemas de acceso. Referir pacientes de la casa de salud Cerrón Grande al establecimiento de salud superior (la unidad de salud de Agua Caliente) solo es posible a través de vehículo 4X4 y lleva más de una hora. Un tiempo similar lleva el referir pacientes de la casa de salud Los Planes a la Unidad de salud la Palma.

Casas de Salud.

Las casas de salud del SNC son los establecimientos de salud dan cobertura a las poblaciones más aisladas de la zona norte del departamento de Chalatenango. No tienen ningún tipo de infraestructura de telecomunicaciones aunque si cuentan con los servicios de luz eléctrica y agua.

El personal sanitario es muy limitado. El SNC tiene un auxiliar de enfermería en cada CS. La atención se da de lunes a viernes de 8 a.m. a 4 p.m.

Equipamiento de telecomunicación e informático.

- Teléfono. Todas las unidades de salud tienen servicio de telefonía fija excepto la unidad de salud Las Pilas que si tiene servicio de telefonía pero es inalámbrico. En cuanto a las casas de salud ninguna posee teléfono fijo.
- Radio. Ninguna unidad de salud y casa de salud posee algún equipo de radio comunicaciones.
- Internet. Todas las unidades de salud del SNC poseen un ordenador con acceso a Internet (plan de acceso por horas).

La tabla 3.5¹² muestra el total de consultas o atención ambulatoria realizada por los establecimientos de salud pertenecientes al SIBASI de

¹² La fuente que proporciono estos datos hizo notar lo incompleta que es la información que proporciona el MSPAS obsérvese por ejemplo como la unidad de salud La Reina refirió a otros centros en el año 2002 solo un paciente mientras que el año siguiente, 2003, fueron 95.

Nueva Concepción en los años 2004/2003/2002. Es evidente que el mayor número de casos atendidos se dan en las casas y las unidades de salud. También, puede apreciarse como la mayor cantidad de casos de emergencias son atendidos por el HNCC.

Establecimiento	Preventivas y curativas		Emergencias.	Referidos	
	Consultas médicas	Aten. por enfermería		A otros	De otros
HNCC	55464/57829/61103	1863/1571/1911	17465/17797/18019	530/560/641	733/626/698
U. DE SALUD					
Agua Caliente	12724/12396/13128	728/1.23/565	13/53/7	28/148/208	0/15/0
Arracaos	7889/5859/6288	475/811/853	8/36/0	67/51/42	0/0/0
Citala	6597/8073/5121	628/501/404	0/30/46	87/75/66	0/8/2
La Palma	35100/31413/24079	376/246/150	440/349/300	671/677/473	28/16/5
La Reina	11040/10934/11651	348/475/319	3/0/0	2/95/1	0/0/0
Las Pilas	13579/15589/13.217	171/374/1369	22/45/53	53/150/98	1/15/0
Potrero Sula	7251/5245/6263	374/2022/1521	6/2/9	0/0/12	0/0/2
San Ignacio	7457/8728/10433	238/167/54	14/24/53	104/133/12	0/9/2
Tejuela	21120/19486/18705	453/339/999	67/62/112	251/250/143	67/55/0
TOTAL	122,747/117,767/108,885	3,791/6160/6234	573/601/580	1263/1579/1528	96/118/70
CASAS DE SALUD					
Cerro Grande	526/362/855	980/1858/1447	11/5/5	27/36/28	4/6/0
Encumbrados	915/758/816	853/1222/816	0/3/0	16/1/0	1/0/0
El Pepeto	263/350/464	1061/1262/1707	18/22/12	41196	1/0/0
El Tigre	514/439/455	1825/1931/2059	4/1/1	0/1/7	0/0/0
Los Planes	1688/1575/1730	911/1321/956	5/0/0	10/16/22	2/7/4
Obrajuelo	1121/1013/1496	617/882/528	0/0/0	18/10/21	3/5/4
Sunapa	766/1070/1791	1140/1246/601	0/0/252	16/22/6	1/4/0
TOTAL	5,793/5567/7607	7,387/9713/8114	38/3/270	97/100/96	12/22/8
TOTAL SNC	184004/181163/177595	13,041/17444/16259	18076/18429/18869	1890/2239/2265	841/766/776

Tabla 3.5 Total de consultas o atención ambulatoria realizada por el SIBASI de Nueva Concepción.

3.6.5.2 Región SIBASI Sensuntepeque. El SIBASI Sensuntepeque (SS) esta ubicado en el departamento de Cabañas y se ha incorporado a este el municipio de Nuevo Edén de San Juan del departamento de San Miguel. Cabañas tiene una población de 156,190 habitantes distribuidos en 1,103.51 kilómetros cuadrados (142 hab. /Km²) [3].

El SS está constituido por 1 Hospital, 7 Unidades de Salud, 8 Casas de Salud y 5 Centro Regionales de Nutrición. Atiende a una población de 74,742 habitantes. Además la población de Sensuntepeque es compartida por el SIBASI Ilobasco [4].

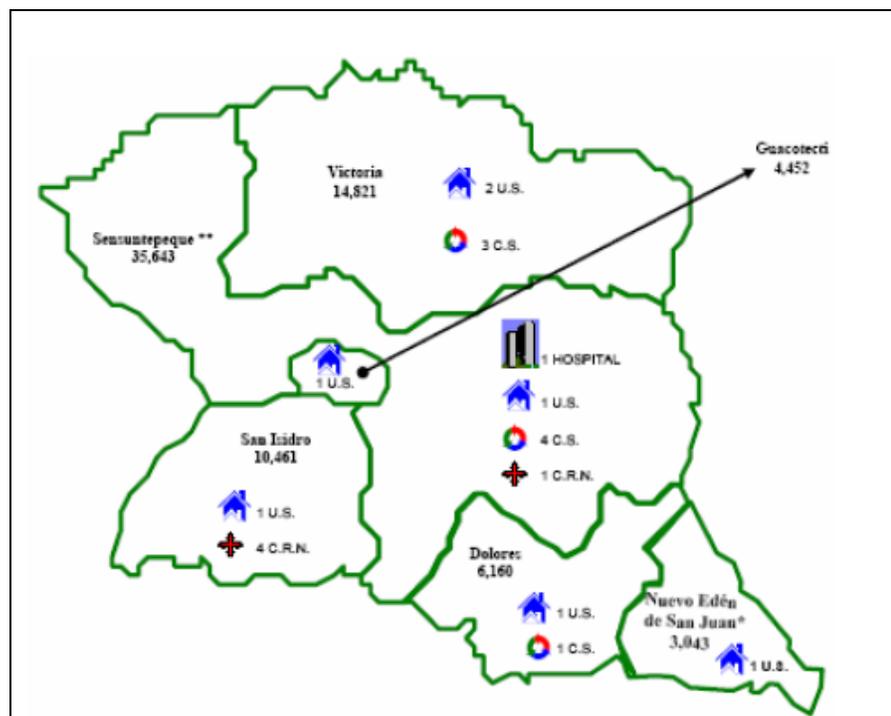


Figura 3.7 SIBASI Sensuntepeque.

Establecimientos de Salud pertenecientes al SIBASI de Sensuntepeque.

Municipios	No. Hab.	Localización	Establecimiento.	Lat. (N)	Long. (W)	Elevación (mt.)
Sensuntepeque	41,068	Sensuntepeque	Hospital de Ref.	13,51,53	88,38,08	712
		Copinolapa	Casa de Salud	13,54,00	88,44,00	314
		Cuyanepeque	Casa de Salud	13,50,00	88,37,00	518
Victoria	14,737	Victoria	Unidad de Salud	13,57,00	88,38,00	882
		Santa Marta	Unidad de Salud	13,57,00	88,42,00	335
		San Antonio	Casa de Salud	13,59,00	88,39,00	280
		San Pedro	Casa de Salud	14,00,00	88,32,00	356
		Paratao	Casa de Salud	13,58,00	88,36,00	463
		San Gregorio	Casa de Salud	13,55,00	88,33,00	235
Dolores	6,098	Dolores	Unidad de Salud	13,47,03	88,34,06	108
		San Carlos	Casa de Salud	13,51,00	88,31,00	237
San Isidro	10,927	San Isidro	Unidad de Salud	13,49,57	88,43,01	363
Guacotecti	4,339	Guacotecti	Unidad de Salud	13,52,04	88,39,02	632
N. Edén de SJ	3,043	Nuevo Edén SJ	Unidad de Salud	13,49,00	88,29,02	130

Tabla 3.6 Establecimientos de Salud del SIBASI de Sensuntepeque.

HOSPITAL NACIONAL DE SENSUNTEPEQUE.



Fig. 3.8 Hospital Nacional de Sensuntepeque.

El Hospital Nacional de Sensuntepeque (HNS) sirve como hospital de referencia al SS. El HNS es uno de los dos hospitales de segundo nivel

del departamento de Cabañas que además hace atención de primer nivel y sirve de unidad administrativa del SS. Según la clasificación del MSPAS el HNS es un hospital de segundo nivel central (50 camas).

Según datos del Ministerio de Hacienda el HNS tiene un presupuesto anual de US \$ 2.978.850, que incluye recursos propios (MH, 2004). Además, el Ministerio de Hacienda tiene registrado el siguiente personal como parte de la nómina del HNS.

El ministerio de hacienda tiene registrado el siguiente personal como parte de la nómina del HNNC. Los datos se pueden ver en la tabla 3.7

Atención Ambulatoria		Atención Hospitalaria	
Médico residente II (becario)	1	Jefe residentes	1
Laboratorio clínico	2	Medico especialista I	1
Enfermera hospitalaria	3	Médico residente I y II (becario)	9
Médico consulta general	1	Enfermera subjefe (hospital)	1
Jefe estadística y documentos	1	Jefe laboratorio clínico	1
Jefe de farmacia	1	Médico especialista	1
Laboratorista	1	Profesional en lab. Clínico	1
Auxiliar de enfermera hospitalaria	10	Enfermera Jefe	2
Trabajador social	1	Enfermera hospitalaria	9
Subjefe estadística y documentos	1	Laboratorista	1
Tecnólogo en anestesia	3	Auxiliar de enfermería	16
Técnico en fisioterapia	1	Subjefe anestesiología	1
Auxiliar de estadística	1	Tecnólogo en anestesia	2
Auxiliar de servicio	2	Tecnólogo en radiología	1
		Médico especialista II (2 hrs.)	3
		Jefe alimentación y dietas	1

Tabla 3.7 Personal del Hospital de Sensuntepeque.

También, dentro de los presupuestos del HNS se incluye el personal para la promoción, fomento y restauración de la salud y saneamiento ambiental. En este grupo se encuentran, entre otros, los directores de las unidades de salud (6), los promotores de salud (45) y enfermeras (13).

Unidades de Salud del SS.

Comparadas a las unidades de salud del SNC las del SS tienen asignados menos recursos humanos. La explicación se encuentra en la menor población que atiende el SS. El servicio de atención de las unidades de salud del SS es de lunes a viernes de 8 a.m. a 4 p.m. Se

En cuanto a vehículos hay. El Hospital posee dos ambulancias.

Cada unidad de salud cuenta, en general, con un médico general, un licenciado en enfermería, un odontólogo (Sensuntepeque, San Isidro y Victoria), un auxiliar de enfermería y promotores de salud. La US más aislada es la de Nuevo Edén de San Juan. Los pacientes que necesitan ser referidos a Sensuntepeque solo pueden desplazarse a través del único autobús, que hace un solo recorrido. La otra alternativa de transporte es el Ferri, a través del embalse Suchitlán.

Casas de Salud SS.

Todas las CS del SS tienen problemas de acceso. A la mayoría de ellos se accede solo con vehículos todo terreno. En promedio según entrevista mantenida vía telefónica con la jefa del SS el tiempo que lleva trasladar un paciente de una CS a una US oscila entre los 45 y 90 minutos. El personal sanitario es muy limitado. El SS tiene un auxiliar de enfermería

en cada CS; con atención de lunes a viernes de 8 a.m. a 4 p.m. Además, un médico ofrece consulta general tres veces por semana.

Equipamiento de telecomunicaciones e informático.

- Teléfono. Todas las unidades de salud tienen servicio de telefonía fija. En cuanto a las casas de salud ninguna posee teléfono fijo.
- Radio. Ninguna unidad de salud ni casa de salud posee equipo de radio comunicación.
- Internet. Únicamente el HNS posee conexión a Internet.

La tabla 3.8 muestra el total de consultas o atención ambulatoria realizada por los establecimientos de salud pertenecientes al SIBASI de Sensuntepeque en los años 2004/2003/2002.

Establecimiento	Preventivas y curativas		Emergencias	Referidos	
	Consultas médicas	Atención por enfermería		A otros	De otros
HNS	32003/40073/38075	0/0/0	9772/11068/6192	423/343/616	701/831/641
U. DE SALUD					
Dolores	13432/10865/12656	1068/3304/2223	38360	265/274/201	0/0/1
Nuevo Edén	3962/3642/2777	3217/3076/2506	22/17/68	66/86/118	1/3/9
San Isidro	14655/13555/14134	3727/8674/4449	0/0/0	220/260/127	0/0/0
Santa Marta	5389/5733/4069	1576/1481/2349	264/356/48	107/97/89	0/0/0
Sensuntepeque	64573/59776/53664	932/1735/5870	0/2836/234	1071/845/669	0/2/0
Victoria	16650/16281/14320	739/1400/3239	82/18/2	235/285/212	1/0/0
TOTAL	125201/118133/101620	13439/22244/20636	370/3639/360	2026/1869/1438	3/5/13
CASAS DE SALUD					
TOTAL	8052/6709/14149	12167/15430/18557	162/230/302	226/250/193	16/116/10
TOTAL SS	165256/164915/153838	25606/37674/39193	10304/14937/6854	2675/2462/2247	720/952/664

Tabla 3.8 Total de consultas o atención ambulatoria realizada por el SIBASI de Sensuntepeque.

En la tabla anterior se muestra el flujo de pacientes que llegan o que son transferidos a otros establecimientos de salud. Puede observarse que el mayor flujo va de las unidades de salud al HNS lo que indica la necesidad de tener un buen sistema de comunicaciones entre estos establecimientos y la necesidad de tener conectadas las Casas de Salud con sus Unidades de Salud.

3.6.5.3 Región SIBASI Morazán

El SIBASI Morazán (SM) está constituido por cuatro redes, véase Figura 3.9. Todas las redes tienen como hospital de referencia el Hospital Nacional San Francisco Gotera (HNSFG). La Red cuatro (R4) está formada por 10 unidades de salud y 3 casas de salud. La red tres (R3) está formada por cuatro unidades de salud y tres casas de salud. La red dos (R2) está formada por 7 unidades de salud y por 4 casas de salud. La red uno (R1) está formada por 4 unidades de salud y por 1 casa de salud.

El concepto de SIBASI es, como se dijo cuando se describió el MSPAS, una reestructuración administrativa, económica y de provisión de servicios de salud que busca hacer más eficiente la atención sanitaria. A veces, como en el caso del SM, esa reestructuración ha hecho necesario para algunos SIBASI compartir población de municipios que administrativamente no le pertenece. Así, los municipios de Sociedad y Jocoro de la R3 comparten población con el SIBASI de Santa Rosa de Lima. El municipio de Torola de la R4 comparte población con el municipio San Antonio del Norte del SIBASI Ciudad Barrios. El municipio Guatajiagua de la R2 comparte población con los SIBASI Ciudad Barrios y San Miguel. El municipio San Simón, comparte población con el SIBASI Ciudad Barrios.

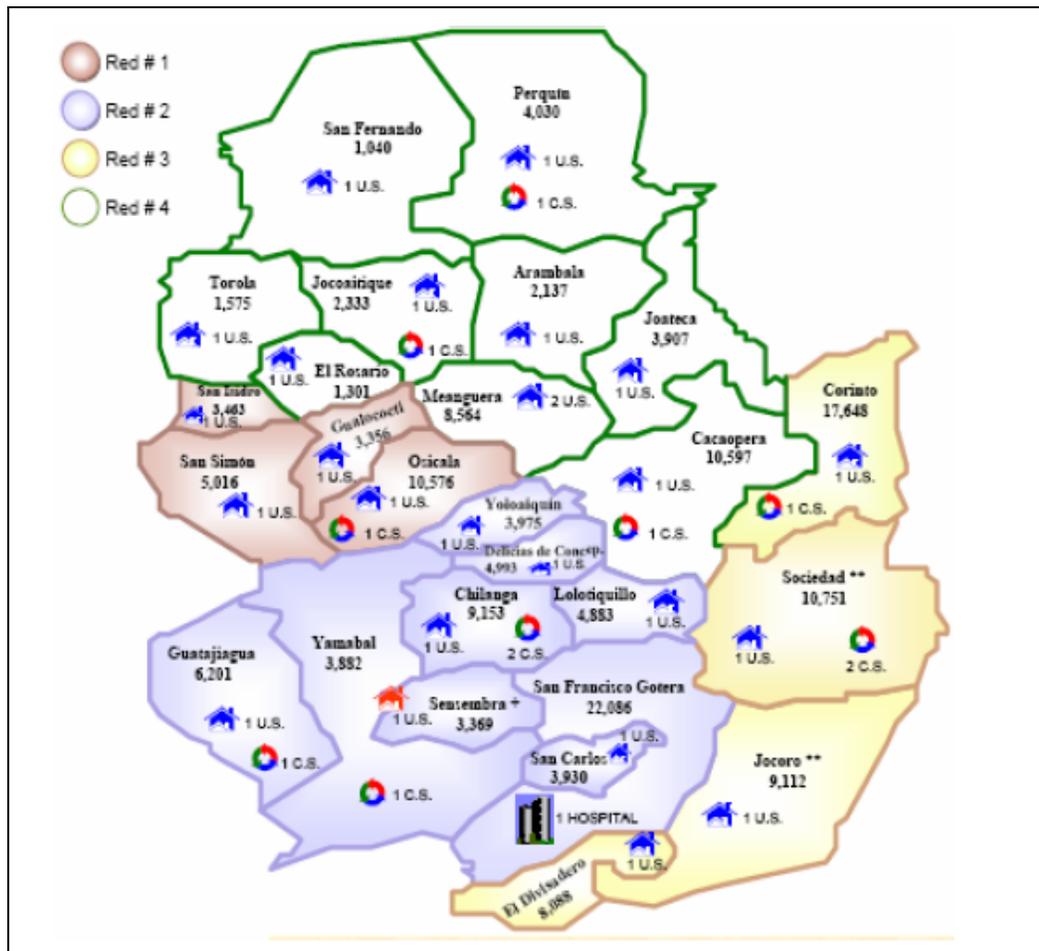


Fig. 3.9 Región SIBASI Morazán.

Establecimientos de salud pertenecientes al SIBASI de Morazán.

Municipios	No. Hab.	Localización	Establecimiento.	Lat. (N)	Long. (W)	Elevación (mt.)
RED 4						
San francisco G.		Gotera	Hospital de Ref.	13,42,00	88,06,00	301
Cacaopera	10,597	Cacaopera	Unidad de salud	13,45,59	88,05,00	609
		Calavera	Casa de Salud	13,49,00	88,00,00	939
Jocoatique	2,333	Jocoatique	Unidad de Salud	13,5400	88,09,00	678
		Quebracho	Casa de Salud			
El Rosario		El Rosario	Unidad de Salud	13,52,00	88,15,00	300
Joateca	3,907	Joateca	Unidad de salud	13,54,03	88,03,02	780
Meanguera	8,564	Meanguera	Unidad de Salud	13,51,02	88,09,02	463
Arambala	2,137	Arambala	Casa de Salud	13,55,05	88,08,05	912
Perquin	4,030	Perquin	Unidad de Salud	13,57,03	88,10,00	1004
		Rancho Q.	Casa de Salud			
San Fernando	1,040	San Fernando	Unidad de Salud	13,58,01	88,12,05	963
Corola	1,575	Corola	Unidad de Salud	13,55,00	88,14,06	720
RED 2						
Jocoso	9,112	Jocoso	Unidad de salud	13,37,04	88,01,05	280
Sociedad	10,751	Sociedad	Unidad de salud	13,42,03	88,10,08	376
		El Peñon	Casa de salud	13,42,00	87,59,00	419
		La Joya	Casa de salud	13,42,00	87,58,00	476
El Divisadero	8.088	El Divisadero	Unidad de salud	13,36,01	88,03,05	244
Corinto	17,648	Corinto	Unidad de salud	13,49,01	87,58,06	858
		Hondable	Casa de salud	13,51,44	87,59,15	934

Tabla 3.9 Establecimientos de salud del SIBASI de Morazán.

HOSPITAL NACIONAL DE SAN FRANCISCO GOTERA.



Fig. 3.10 Hospital Nacional de San Francisco Gotera.

El HNSFG sirve como hospital de referencia al SIBASI Morazán. Según la clasificación del MSPAS el HNSFG es un hospital central de segundo nivel periférico (64 camas). Tuvo un presupuesto el año 2004 de US\$ 4,697,870 [MH, 2004]. Además, el Ministerio de Hacienda tiene registrado el siguiente personal como parte de la nómina del HNSFG.

Atención Ambulatoria		Atención Hospitalaria	
Medico especialista I (6 horas)	1	Jefe de residentes	1
Medico especialista II (6 horas)	2	Medico residente I (becario)	8
Jefe departamento arsenal y esterilización	1	Medico residente II (becario)	1
Estudiante de odontología	1	Medico especialista I (6 horas)	21
Enfermera hospitalaria	5	Enfermera Jefe	1
Psicólogo	1	Jefe de laboratorio clínico	1
Jefe de farmacia	1	Medico especialista I (4 horas)	1
Auxiliar de enfermería	12	Enfermera y enfermera supervisora	7
Trabajador social	1	Profesional laboratorio clínico	2
Subjefe estadística	1	Laboratorista	4
Subjefe anestesiología	1	Auxiliar de enfermería	18
Técnico en radiología	4	Tecnólogo en anestesia	3

Inspector saneamiento ambiental	3	Técnico en anestesia	1
Auxiliar de estadística	5	Auxiliar de enfermería	1
Auxiliar de farmacia	3	Ayudante de enfermería	4

Tabla 3.10 Personal asignado al HNSFG.

También, dentro de los presupuestos del HNSFG se incluye el personal para la promoción, fomento y restauración de la salud y saneamiento ambiental. En este grupo se encuentran, entre otros, los estudiantes de medicina en servicio social que desempeñan cargos de directores de las unidades de salud (22), estudiantes de odontología en servicio social (9), promotores de salud (94) y enfermeras (38).

Unidades de salud y casas de salud del SM

Dentro de las peculiaridades del SM tenemos su división en cuatro redes. Así, la R1 está formada por los municipios de San Isidro, San Simón, Gualococti, Osicala; la R2 por los municipios de Guatajiagua, Yamabal, Sensembra, San Carlos, Chilanga, Yoloaiquín, Delicias de Concepción, Lolotiquillo, San Francisco Gotera; la R3 por los municipios Corinto, Sociedad, Jocoero, Divisadero; y la R4, la más grande, por los municipios de más al norte: Jocoaitique, El Rosario, Joateca, Meanguera, Arambala, Perquín, San Fernando y Torola.

Las unidades de salud de los municipios de Oscicala, San Francisco Gotera, El Divisadero y Perquín sirven como centro de coordinación de las redes R1, R2, R3 y R4, respectivamente. Es decir que éstas tienen atribuidas responsabilidades administrativas y de provisión de servicios de salud sobre las otras unidades y casas de salud.

Todas las unidades de salud cuentan con línea telefónica y servicios de agua y luz. Ninguna posee equipo de radio y solo poseen ordenador aquellas que sirven como coordinadoras de red. En cuanto a medios de

transporte las unidades de salud que cuentan con servicio de ambulancia son las de Corinto, Joateca, Oscicala y Perquín.

Las casas de salud del SS no tienen ningún tipo de infraestructura de telecomunicaciones aunque si cuentan con servicios de luz eléctrica y agua. El personal sanitario es muy limitado. El SS tiene un auxiliar de enfermería en cada CS; con atención de lunes a viernes de 8 a.m. a 4 p.m. Además, un médico ofrece consulta general tres veces por semana. En principio el programa FOSALUD permitirá (a partir del mes de marzo) contratar un médico para ofrecer consultas cinco días a la semana de 8 a.m. a 4 p.m.

Equipamiento de telecomunicaciones e informático.

- Teléfono. Todas las unidades de salud tienen servicio de telefonía fija. En cuanto a las casas de salud ninguna posee teléfono fijo. El HNSFG cuenta con 3 líneas telefónicas y 1 fax.
- Radio. Ninguna unidad de salud y casa de salud posee algún equipo de radio comunicaciones.
- Internet. Las unidades de salud que poseen ordenador son las cabeceras de red (Perquín, Divisadero y Oscicala). El Hospital cuenta con 3 computadoras.

La tabla 3.11 muestra el total de consultas o atención ambulatoria realizada por los establecimientos de salud pertenecientes al SIBASI de Morazán (R2 y R4) en los años 2004/2003/2002. Es evidente como

el mayor volumen de atención lo llevan aquellas unidades de salud que son coordinadoras de red.

Establecimiento	Preventivas y curativas		Emergencias	Referidos	
	Consultas médicas	Atención por enfermería		A otros	De otros
HNS	47773/58490/53964	0/0/0	15825/11644/16863	449/661/532	1437/1254/1010
U. DE SALUD					
Arambala	3777/4468/3631	2587/2369/1564	38360	57/83/34	5/0/8
Cacaopera	9310/13700/11457	3946/1931/878	0/1/7	122/158/128	7/26/36
Corinto	20682/20954/16915	3152/4528/4161	238/346/703	337/534/205	17/1/49
El Divisadero	14980/14153/11704	1886/1734/2248	36/64/41	107/23/17	8/6/8
Joateca	6846/6809/6155	3725/4975/3074	0/0/5	81/100/27	0/1/0
Jocoatique	5204/4835/5085	1822/2312/1677	0/12/11	130/64/66	0/0/1
Jocoso	19388/16800/13122	1240/1152/1772	0/90/132	224/230/299	147/29/54
Meanguera	6110/6233/4190	1603/1841/1549	0/9/13	62/44/31	0/5/2
Perquin	15049/19897/11379	242/2240/2132	15/106/32	206/385/190	0/1/9
San Fernando	4260/4714/4472	2017/1527/1492	4/0/7	24/28/11	4/7/0
Sociedad	12519/12508/11894	1790/989/999	123/71/47	212/128/71	33/0/0
Corola	4427/5036/4695	2153/2447/1996	0/0/7	73/112/29	7/13/9
TOTAL	122552/130107/104699	28345/28045/23542	416/716/1006	1635/1889/1108	228/89/176
CASAS DE SALUD					
TOTAL	73689/81626/78887	63370/55699/47548	1061/655/1336	1108/1015/831	99/66/45
TOTAL SM	244014/270223/237550	91715/83744/71090	17302/13015/19205	3192/3565/2471	1764/1409/1231

Tabla 3.11 Total de consultas o atención ambulatoria realizada por el SIBASI de Morazán.

3.7 CONCLUSION

La presente investigación ha permitido identificar aquellos lugares de El Salvador en los que merecería la pena echar a andar un proyecto de telemedicina, como los desarrollados por la fundación EHAS. La motivación principal de la misma ha sido: mejorar la calidad de los sistemas públicos de asistencia sanitaria de las zonas rurales de El Salvador, un país en vías de desarrollo. Dicha cambio será producto de la mejora de las condiciones de trabajo del personal sanitario rural a través de la implantación de infraestructura de comunicación de los establecimientos rurales, principalmente los más aislados, y de la educación a distancia que se impulsaría con dicho sistema.

3.8 BIBLIOGRAFIA Y FUENTES

- **Propuesta de reforma integral de salud.** Ministerio de Salud Publica y Asistencia Social. http://www.mspas.gov.sv/avance_reformas.asp.htm
- **Marco Conceptual y Operativo Para el Desarrollo del Sistema Básico de Salud Integral.** Ministerio de Salud Publica y Asistencia Social.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) **Informe sobre Desarrollo Humano El Salvador 2003.** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). -- 1a. ed.-- San Salvador, El Salv. : PNUD, 2003
- Trabajos de recolección de información en los SIBASI's de Nueva Concepción, Sensuntepeque y Morazán. Elaborados por el Ing. Carlos Martínez (docente de la EIE)
- Encuesta Nacional de Salud Familiar (FESAL) 1998-2003
<http://www.fesal.org.sv>

CAPITULO IV

DISEÑO DE LA RED WIFI

4.1 INTRODUCCION

En el año de 1999 surgió una nueva tecnología de interconexión inalámbrica, llamada Wi-Fi (o Fidelidad Inalámbrica del inglés Wireless Fidelity); que ofrece la posibilidad de conectarse sin cables a velocidades que van desde 1Mbps hasta más de 50Mbps. Wi-Fi es el nombre comercial dado al estándar técnico IEEE 802.11. Esta tecnología extiende la interconexión de las redes actuales cableadas (o también llamadas Ethernet), evitando el uso de cables adicionales mediante la transmisión de ondas de radio por el espacio. Los gobiernos imponen reglas muy claras para su uso, legislando la potencia máxima transmitida permitida en cada una de las bandas, el tipo de uso, el uso de antenas y amplificadores externos, etc. Esta tecnología ofrece grandes posibilidades en muchos campos distintos, es así como esta nueva tecnología presenta grandes posibilidades en el área de la telemedicina.

En este apartado se trataran los aspectos que deben ser tomados en cuenta para el diseño de la red (selección de un modelo adecuado de propagación) que nos permite tener una predicción razonable del desempeño de la red, también se incluye la selección del equipo de radiocomunicación (características y posibles fabricantes) que permitan que el desempeño calculado sea posible. Por ultimo se mostraran los resultados de algunas pruebas realizadas en los establecimientos de salud que servirán para comparan los datos calculados con los valores de las mediciones realizadas in situ.

4.2 MODELO DE TIERRA CURVA.

4.2.1 Distancia de visibilidad.

Cuando la longitud del enlace es del orden de la distancia de visibilidad radioeléctrica o mayor, es preciso tener en cuenta la curvatura terrestre. Se considera una trayectoria rectilínea y una tierra ficticia de radio kR_0 .

Se denomina distancia de horizonte d_{ht} (véase Figura 4.1) de una antena a la distancia entre el pie de la antena y el punto T de tangencia con la superficie terrestre de un rayo trazado desde la antena.

Se llama distancia de visibilidad radioeléctrica (d_v) para dos antenas a la suma de sus distancias de horizonte.

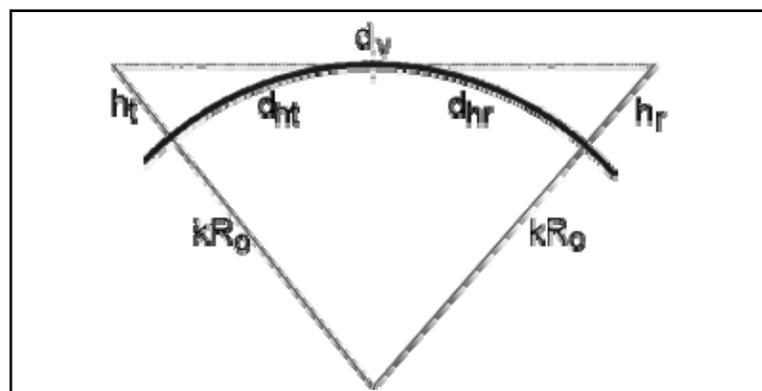


Fig. 4.1 Distancia al horizonte.

La distancia del transmisor se obtiene mediante la relación:

$$(kR_0 + h_t)^2 = d_{h_t}^2 + (kR_0)^2 \quad \text{Ec. 4.1}$$

Desarrollando y teniendo en cuenta que la altura de la antena es muy pequeña frente al radio de "Tierra Ficticia", la expresión anterior queda:

$$d_{h_t}^2 \approx 2kR_0h_t \quad \text{Ec. 4.2}$$

La distancia de visibilidad será por tanto:

$$d_v = \sqrt{2kR_0h_t} + \sqrt{2kR_0h_r} \quad \text{Ec. 4.3}$$

Efectuando un cambio de unidades y sustituyendo el valor del radio terrestre R_0 , y usando un valor de $k = 4/3$, resulta:

$$d_v (km) = 4.1(\sqrt{h_t(m)} + \sqrt{h_r(m)}) \quad \text{Ec. 4.4}$$

4.2.2 MODELO DE REFLEXIÓN.

En la figura 4.2 se representa un trayecto de propagación por reflexión sobre tierra curva: la propagación se modela mediante un rayo directo y otro reflejado en el suelo; por tanto, la atenuación de propagación depende de la interferencia entre el rayo directo y el rayo reflejado.

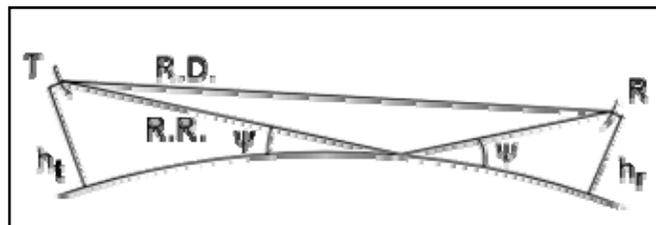


Fig. 4.2 Modelo de reflexión sobre tierra curva.

En este apartado, no se va a considerar la contribución de la onda de superficie, generalmente, mucho menor que la contribución de la onda directa y reflejada. De este modo, la expresión del campo eléctrico recibido \bar{E} , viene dada por:

$$\bar{E} = \bar{E}_0 \{1 + R_e \cdot \exp(-j\Delta)\} \quad \text{Ec. 4.5}$$

Donde \bar{E}_0 es el campo eléctrico en condiciones de espacio libre, R_e , el coeficiente de reflexión en el suelo y Δ , el ángulo de desfase entre la componente directa y la reflejada.

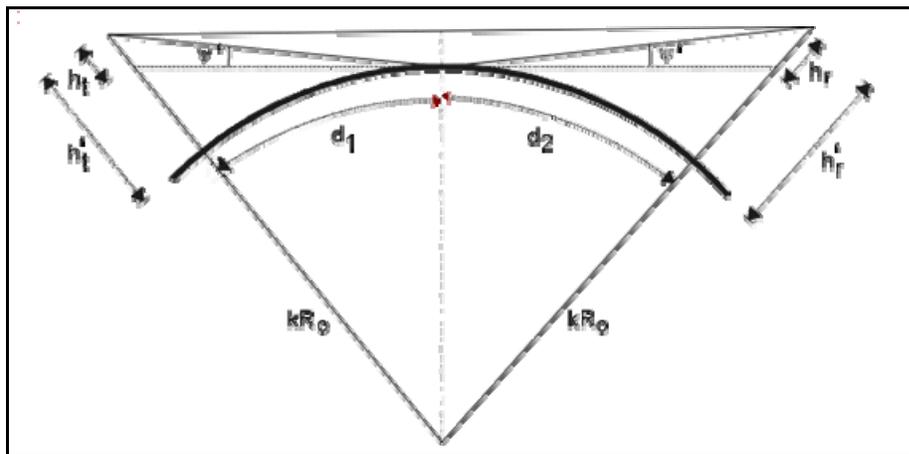


Fig. 4.3 Punto de reflexión sobre tierra curva cuando las antenas transmisora y receptora tienen diferentes alturas.

Así, para conocer el valor de campo eléctrico es preciso determinar el valor del coeficiente de reflexión en el suelo (R_e) y el ángulo de desfase entre la componente directa y la reflejada (Δ) a partir de los parámetros que se conocen:

- las alturas de las antenas, h'_r y h'_t
- la distancia del enlace, d
- el factor k de modificación del radio terrestre.

a) Cálculo del ángulo de desfase entre el rayo directo y reflejado

De manera similar ha como se hacía con tierra plana, en primer lugar se calcula la diferencia de trayectos Δl entre ambos rayos:

$$\Delta l(m) = \frac{2h_t' h_r'}{d} \cdot 10^{-3} \quad \text{Ec. 4.6}$$

Con lo cual el desfase es:

$$\Delta(\text{rad}) = \frac{\pi \cdot f \cdot \Delta l}{150} = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta l = \frac{4\pi}{\lambda} \frac{h_t h_r}{d} \quad \text{Ec. 4.7}$$

En este caso, es preciso determinar los valores de h_t y h_r , alturas de las antenas transmisora y receptora, respectivamente, sobre la tangente a la superficie terrestre en el punto de reflexión de la superficie terrestre, a diferencia del modelo de tierra plana donde coincidían con las alturas reales de las antenas. El proceso de cálculo se inicia determinando el punto de reflexión, o expresado de otro modo, calculando las distancias d_1 y d_2 que lo separan de la antena transmisora y de la antena receptora:

$$h_t' = h_t - \frac{d_1^2}{2kR_0} \quad \text{Ec. 4.8}$$

$$h_r' = h_r - \frac{d_2^2}{2kR_0} \quad \text{Ec. 4.9}$$

En dicho punto, además, el ángulo de incidencia debe igualar al ángulo de reflexión:

$$\tan \psi = \frac{h_t}{h_r} = \frac{d_1}{d_2} \quad \text{Ec. 4.10}$$

Por su parte, la distancia del enlace debe ser igual a

$$d = d_1 + d_2 \quad \text{Ec. 4.11}$$

Combinando estas cuatro ecuaciones anteriores –cuatro ecuaciones, cuatro incógnitas– se obtiene una ecuación de una sola variable de orden tres:

$$d_1^3 - \frac{3d}{2}d_1^2 - \left[kR_0(h_t - h_r) - \frac{d^2}{2} \right]d_1 + kR_0h_t d = 0 \quad \text{Ec. 4.12}$$

cuya solución es:

$$d_1 = \frac{d}{2} + p \cdot \cos\left(\frac{\pi + \phi}{3}\right) \quad \text{Ec. 4.13}$$

donde

$$p = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \left[6.37k(h_t + h_r) + \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right]^{1/2} \quad \text{Ec. 4.14}$$

$$\phi = \cos^{-1} \left[\frac{12.74k(h_t - h_r)d}{p^3} \right] \quad \text{Ec. 4.15}$$

A partir de d_1 se puede determinar d_2 , h_t y h_r . El ángulo de incidencia es

$$\psi(\text{mrad}) = \frac{h_t' + h_r'}{d} \quad \text{Ec. 4.16}$$

mientras que el ángulo entre el rayo directo y el plano tangente vale

$$\alpha(mrad) = \frac{h_r' - h_t'}{d} \quad \text{Ec. 4.17}$$

Todos estos cálculos están basados en la denominada teoría de reflexión de Óptica Geométrica. Esta teoría es aplicable siempre que:

$$\psi_{\text{lim}}(mrad) = \left(\frac{5400}{f} \right)^{1/3} \quad \text{Ec. 4.18}$$

Con f en MHz, pues en caso contrario habría que aplicar el modelo de difracción sobre tierra esférica.

b) Cálculo del coeficiente de reflexión sobre tierra curva.

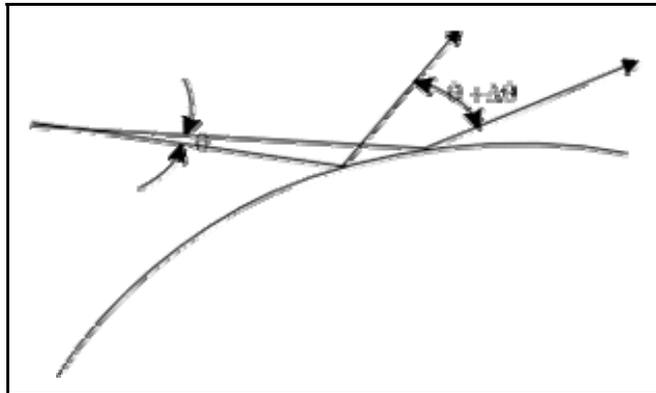


Fig. 4.4 Divergencia de rayos.

Como la reflexión se produce sobre una superficie esférica convexa, el haz de rayos reflejados experimenta una divergencia (véase figura 4.4) lo que equivale a una reducción aparente del coeficiente de reflexión. El coeficiente de reflexión efectivo pasa a ser:

$$R_e = R \cdot D \quad \text{Ec. 4.19}$$

donde R es el coeficiente de reflexión complejo de tierra plana, mientras que D es el factor de divergencia dado por:

$$D = \left[1 + \left(\frac{5}{16k} \right) \frac{d_1^2 d_2^2}{dh_t'} \right]^{-1/2} \quad \text{Ec. 4.20}$$

donde d , d_1 y d_2 deben sustituirse en Km, mientras que h_t en metros.

El valor del campo en recepción se calcula aplicando la ecuación del campo eléctrico recibido:

$$\bar{E} = \bar{E}_0 \left[1 + (D \cdot |R|)^2 + 2 \cdot D \cdot |R| \cdot \cos(\beta + \Delta) \right]^{1/2} \quad \text{Ec. 4.21}$$

en función del valor de campo eléctrico en condiciones de espacio libre y considerando $R = |R| \exp(j\beta)$. Así, la pérdida básica de propagación, en dB, puede ponerse como:

$$L_b = L_{bf} + 20 \log \left(\frac{\bar{E}}{\bar{E}_0} \right) \quad \text{Ec. 4.22}$$

Luego:

$$L_b = L_{bf} - 10 \log \left[1 + (D \cdot |R|)^2 + 2 \cdot D \cdot |R| \cos(\beta + \Delta) \right] \quad \text{Ec. 4.23}$$

4.2.3 SUELO RUGOSO.

Cuando el terreno es ligeramente rugoso u ondulado, la reflexión es difusa, lo cual supone una reducción del coeficiente de reflexión. El nuevo coeficiente se calcula modificando el anterior del modo siguiente:

$$R_e = |R| \cdot D \cdot \exp(-\gamma^2 / 2) \quad \text{Ec. 4.24}$$

Donde:

$$\gamma = \frac{4\pi\sigma_c \sin \psi}{\lambda} \quad \text{Ec. 4.25}$$

Siendo ψ el ángulo de incidencia y σ_c la rugosidad del terreno medida como desviación típica de las cotas de los puntos del perfil sobre su valor medio calculadas en la zona determinante de la reflexión.

4.2.4 DIFRACCIÓN EN OBSTÁCULOS.

4.2.4.1 Zonas de Fresnel.

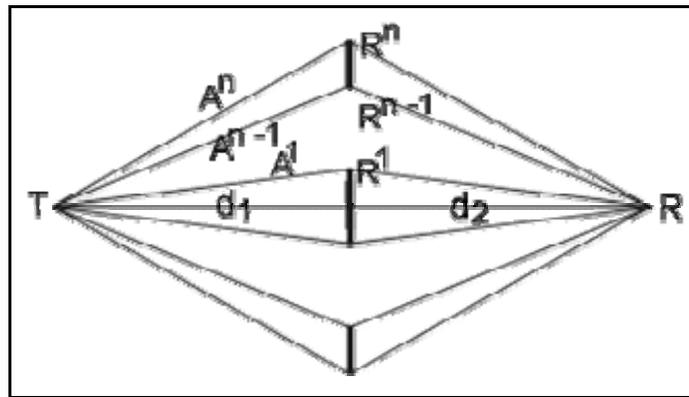


Fig. 4.5 Zonas de Fresnel

Considérese el trayecto radioeléctrico en espacio libre entre transmisor y receptor (TR). El campo en R , en condiciones de espacio libre, puede demostrarse que es la resultante de contribuciones de campo producidas por anillos de radios R_{n-1} , R_n dispuestos en planos ortogonales al eje TR (véase figura 4.5) situados a distancias d_1 y d_2 de T y R , respectivamente. Cada anillo define y delimita una zona de Fresnel. Los radios de los anillos cumplen la condición

$$TA_nR - TR = n\lambda / 2 \quad \text{Ec. 4.26}$$

de donde se deduce que:

$$R_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d}} \quad \text{Ec. 4.27}$$

donde:

- R_n es el radio de la n-ésima zona de Fresnel
- f es la frecuencia
- d_1 es la distancia del transmisor al plano considerado
- d_2 es la distancia del receptor al plano considerado

En unidades prácticas resulta:

$$R_n = 548 \sqrt{\frac{nd_1 d_2}{fd}} \quad \text{Ec. 4.28}$$

Las zonas de Fresnel son elipsoides concéntricos formados por la revolución de la figura 4.5 en torno al eje TR . Sus focos son los puntos T y R ; el n-ésimo elipsoide es el lugar geométrico de los puntos A_n que cumplen la condición anterior. Las secciones de los elipsoides normales al trayecto de propagación TR son círculos concéntricos.

De manera general, puede estudiarse la variación del campo recibido en R cuando se suprime la contribución (por ejemplo, mediante un diafragma) al mismo de diversas zonas de Fresnel desde un punto determinado situado a una distancia d_1 del transmisor:

- El campo varía de forma oscilatoria alrededor de su valor en espacio libre.
- Si la apertura del diafragma es $0,577R_1$, el campo es igual al de espacio libre.
- Puede lograrse una ganancia teórica de 6 dB para $r = R_1$ (las componentes de onda se suman en fase).

- En algunos casos, aun con visibilidad, el campo eléctrico puede ser menor que el de espacio libre (algunas componentes de la onda se suman en oposición de fase).

Estos principios se aplican a la propagación troposférica cuando el trayecto de la onda pasa cerca de un obstáculo (protuberancia de la Tierra, accidentes del terreno, árboles edificios, etc.)

El análisis de la influencia de los obstáculos se realiza mediante los elipsoides de Fresnel, considerándose que la propagación se efectúa en condiciones de visibilidad directa si no existe ningún obstáculo dentro del primer elipsoide. Debido al carácter oscilatorio del campo, es innecesario que el trayecto pase muy por encima de los obstáculos. Basta trabajar en el entorno de la primera zona de Fresnel, por lo que se suele usar como parámetro de referencia R_1 . Haciendo $n = 1$ en la Ec. 4.28 tenemos:

$$R_1 = 548 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{fd}} \quad \text{Ec. 4.29}$$

Cuando el rayo pasa cerca de un obstáculo o es interceptado por este, experimenta una pérdida debida a la difracción. Se denomina "despejamiento" a la distancia h entre el, rayo y el obstáculo .La UIT-R considera, por convenio $h < 0$ cuando el rayo pasa por encima del despejamiento (véase fig. 4.6) y $h > 0$ cuando hay interceptación del rayo (véase fig. 4.7)

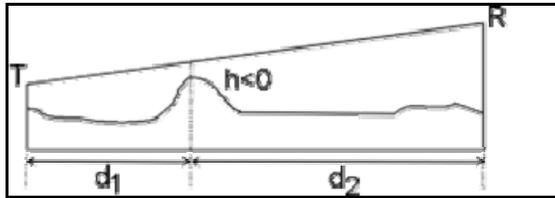


Fig. 4.6 Despejamiento negativo.

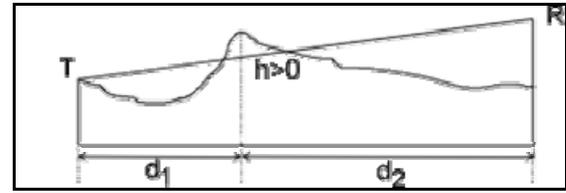


Fig. 4.7 Despejamiento positivo.

Para evaluar el despejamiento y la consiguiente atenuación por difracción, debe representarse el perfil del terreno sobre una tierra de radio kR_0 y procederse a un análisis del número, situación e influencia de los obstáculos.

4.2.4.2 Difracción en obstáculos agudos ("filo de cuchillo").

En esta asignatura sólo se va a considerar difracción en un obstáculo aislado y agudo (arista en filo de cuchillo). El cálculo de la difracción debida a un obstáculo agudo es un problema resuelto mediante las integrales de Fresnel. Para las aplicaciones usuales de radiocomunicación, se dispone de curvas proporcionadas por ITU, que representan las atenuaciones adicionales que hay que considerar por el hecho de propagarse una señal en presencia de un obstáculo en función del parámetro adimensional v :

$$v = h \left[\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right) \right]^{1/2} \quad \text{Ec. 4.30}$$

Expresando v en unidades usuales, resulta:

$$v = 2.58 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{f \cdot d}{d_1 d_2}} \cdot h \quad \text{Ec. 4.31}$$

Este parámetro v sigue el mismo convenio de signos que el despejamiento h , definido en el apartado anterior. Se puede comprobar que v es igual a $\sqrt{2}$ veces el despejamiento normalizado respecto al radio de la primera zona de Fresnel.

También es posible calcular esas atenuaciones adicionales en (dB) mediante aproximaciones numéricas sencillas:

$$L_D(v) = -10 \log \frac{1}{2} \left\{ \left[\frac{1}{2} - C(v) \right]^2 + \left[\frac{1}{2} - S(v) \right]^2 \right\} \quad \text{Ec. 4.32}$$

4.3 DESVANECIMIENTOS

La Propagación de señales radioeléctricas a través de diversos medios esta sujeta a la variabilidad de las características físicas de estos medios. Por ello, la pérdida básica de propagación es una variable aleatoria. Supuesto invariable con el tiempo el valor medio de la potencia transmitida, la variabilidad de la pérdida básica implica que la potencia

recibida sea también variable. Se denomina, en general, potencia recibida nominal al valor mediano de la potencia recibida y suele ser uno de los objetivos de diseño de los sistemas de radiocomunicaciones.

Se conoce con el nombre de desvanecimiento a toda disminución de la potencia recibida de la señal con relación de su valor nominal. La diferencia entre este nivel nominal y el nivel recibido en condiciones de desvanecimientos se llama profundidad de desvanecimiento y se expresa en dB. Al intervalo de tiempo que media entre la disminución y la recuperación del nivel nominal, se le llama duración del desvanecimiento.

En la Fig. 4.8 se aclara la terminología utilizada. Se observan pequeñas variaciones aleatorias de la señal en torno al valor nominal de la potencia P_o (dB_m). Ocasionalmente, hay un desvanecimiento intenso y, en este caso, en su entorno el valor mediano de la potencia es P_f (dB_m), que es inferior a P_o . Se llama depresión de la mediana o depresión de Pearson a esta disminución del valor mediano que acompaña a los desvanecimientos intensos. En el instante t_1 el valor de la potencia es P_1 (dB_m). La Profundidad de desvanecimiento F_1 es igual a $P_o - P_1$ (dB_m). Para $t > t_1$, el nivel de señal sigue disminuyendo. El nivel mínimo es P_2 y corresponde a la profundidad $F_2 = P_o - P_1$ (dB_m). Seguidamente, el nivel de la señal se recupera y en el instante t_2 alcanza nuevamente el valor de P_1 . En consecuencia, la duración del desvanecimiento F_1 es

$$\tau_1 = t_1 - t_2$$

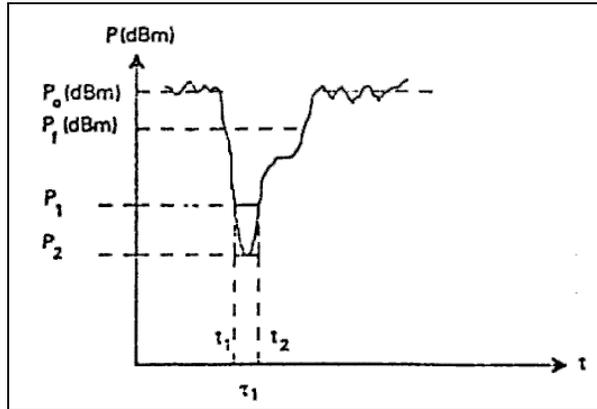


Fig. 4.8 Desvanecimiento Intenso.

La expresión cuantitativa del desvanecimiento puede hacerse, alternativamente, en términos de la tensión de envolvente de la señal. Si llamamos r a tal tensión, se obtiene:

$$F_1 = P_o - P_1 = 20 * \log \frac{r_o}{r_1} \text{ (dB)} \quad \text{Ec. 4.33}$$

4.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS DESVANECIMIENTOS.

Hay diversos criterios para la clasificación de los desvanecimientos. En la tabla 4.1 se ofrece una posible clasificación según diversas características.

CARACTERÍSTICAS	TIPO DE DESVANECIMIENTO	
Profundidad	Profundo	Muy Profundo
Duración	Lento	Rápido
Característica Espectral	Plano	Selectivo
Mecanismo de Producción	Factor K	Multitrayecto
Distribución Probabilística	Gaussiano	Rayleigh, Rice
Dependencia Temporal	Continuado	Puntual

Tabla 4.1. Clasificación y características de los desvanecimientos.

Se han dispuestos las distintas clases de desvanecimientos en dos columnas. Dentro de cada columna hay cierta coherencia, esto es, un desvanecimiento muy profundo suele ser muy selectivo, se produce por interferencia multitrayecto y se modela mediante una distribución Rayleigh.

Un desvanecimiento es plano, cuando la caída de nivel afecta por igual a todas las componentes del espectro de una portadora modulada. En cambio, los desvanecimientos selectivos producen distorsión en el espectro de la señal modulada, al afectar de modo diferente a unas frecuencias y a otras.

Ello provoca, a su vez, una degradación en la señal demodulada. Por este motivo, es necesario dotar a ciertos sistemas de radiocomunicaciones de contramedidas protectoras de los desvanecimientos selectivos.

Se llaman desvanecimientos de “potencia”, o de “factor k ”, a los producidos por variaciones del índice de refracción troposferita que, al aumentar la curvatura aparente de la tierra, reducen el margen libre de obstáculos, pudiendo, incluso, llegar a convertir un trayecto de visibilidad directa en otro obstruido. Este tipo de desvanecimiento suele ser lento con duración larga y profundidades de hasta unos 6 dB.

Como el radio de Fresnel depende de la frecuencia, este desvanecimiento también variará con la frecuencia, pero a gran escala, es decir, de una banda a otra, pero no dentro de la misma banda. Se trata, pues, de un desvanecimiento plano.

También puede producirse este desvanecimiento por mecanismos de súper refracción y formación de conductos que desenfocan el haz radioeléctrico.

Las variaciones de nivel correspondientes a estos desvanecimientos se modelan mediante distribuciones Gaussianas o expresiones empíricas.

Los desvanecimientos de factor k pueden controlarse mediante una elección adecuada de las alturas de las Antenas.

Los desvanecimientos multitrayectos se originan por la aparición de varios caminos de propagación entre el receptor y el transmisor, de forma que se

produce una interferencia entre el rayo directo y los que alcanza la antena receptora con diversos ángulos, tras recorrer otros trayectos de propagación. La señal resultante es la suma de una componente prácticamente constante (Señal Directa) y otras componentes de amplitudes variables y fases aleatorias, dando una resultante que puede tener una amplitud variable en función de las amplitudes y fases instantáneas de las componentes.

En condiciones “normales” de propagación suele estar presente otro desvanecimiento de pequeña intensidad, originado por irregularidades en la troposfera denominado “Centelleo”, y que se modela mediante una distribución gaussiana.

4.3.2 DESVANECIMIENTOS MULTITRAYECTO.

El desvanecimiento multitrayecto, debido a su intensidad y al hecho de ser selectivo en frecuencia, en muchas ocasiones produce una importante atenuación y distorsión en la señal recibida, por lo que ejerce una marcada influencia sobre la calidad de los sistemas de radiocomunicaciones. Por estas razones debe ser objeto de un estudio con algo de detalle.

Como ya hemos indicado, el desvanecimiento multitrayecto es consecuencia de la interferencia entre componentes de señal que se propagan por caminos diferentes. La existencia de dos o más trayectos de propagación, además del trayecto principal, se debe a reflexiones ya sean el suelo en capas atmosféricas como consecuencia, en este último caso, de discontinuidades en el índice de refracción de la troposfera.

La reflexión especular o difusa en el suelo suele ser previsible y puede contrarrestarse en cierto grado. Aquí nos ocuparemos de los multitrayectos atmosféricos que dependen de la distancia, gradiente de N , espesor, altura y grado de estratificación de la atmósfera.

Cuando existe una componente dominante (rayo directo), la resultante tiende a distribuirse según la estadística de Rice. Si, en cambio, las componentes tienen amplitudes instantáneas similares, la resultante es del tipo Rayleigh. Esta situación se produce, típicamente, cuando no existe rayo directo, por encontrarse obstruido el trayecto de propagación, como suele suceder en los sistemas de radiocomunicaciones móviles.

En la figura 4.9, que representa la variación temporal de la amplitud de envolvente de la señal recibida, se observan las dos situaciones de desvanecimiento que se han descrito.

El primer tramo corresponde a un centelleo. La señal sigue una ley gaussiana de media m y desviación típica σ , que es pequeña, del orden de unos 0.5 dB. En el segundo tramo existe un desvanecimiento intenso debido a propagación multitrayecto. Se observa que la señal fluctúa en torno de un valor promedio r , que es inferior a m .

El porcentaje de tiempo durante el cual el desvanecimiento es de tipo multitrayecto se denomina “factor de actividad de multitrayecto” y se ha designado mediante η en la fig. 4.9, por consiguiente, $(1 - \eta)$ mide el porcentaje de tiempo de propagación en condiciones normales. El parámetro η es una variable aleatoria cuya estadística depende del periodo de observación y condiciones meteorológicas. El periodo suele ser de un mes, y en cuanto al clima, se elige el “*mes más desfavorable*”. En climas templados, la actividad de multitrayecto suele durar unos tres meses, en torno al verano, por lo que el valor de η para el “año medio” es aproximadamente igual a la cuarta parte del valor obtenido para el mes mas desfavorable.

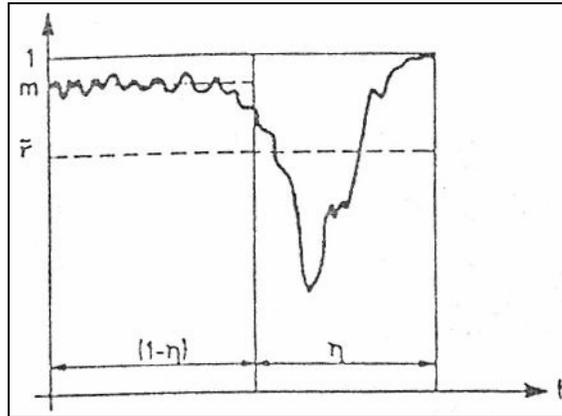


Fig. 4.9 Variación temporal de la amplitud de la envolvente de la señal recibida.

4.3.3 ESTADÍSTICAS DE DESVANECIMIENTO.

Para el diseño de los sistemas radioeléctricos, es necesario evaluar la probabilidad de que se rebase una determinada profundidad de desvanecimiento, F (dB). También en ocasiones deben predecirse la duración media de los desvanecimientos y la frecuencia de los mismos, esto es, el número de desvanecimientos de profundidad superior a F por unidad de tiempo. Para todo ello deben utilizarse distribuciones estadísticas como las Rayleigh, Rice u otras obtenidas experimentalmente, que se traducen a expresiones empíricas. Las estadísticas varían según los valores de F . Si F es pequeño (2 – 5 dB), puede aplicarse una distribución gaussiana. En este caso el desvanecimiento es del tipo de centelleo y la probabilidad de rebasar F se expresa mediante:

$$P_G(F) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{F}{\sigma_G} \right) \quad \text{Ec.4.34}$$

Donde $erfc(x)$ es la función error complementaria y σ_G la desviación típica de la distribución.

Si F es grande ($F > 15$ dB), $P_G(F) \approx 0$ y se aplican generalmente estadísticas derivadas de la distribución Rayleigh. Para valores intermedios se emplean métodos de interpolación.

4.3.4 DESVANECIMIENTOS PROFUNDOS.

Sea r la tensión de la envolvente de la señal recibida. Normalizamos r haciendo igual a uno la tensión nominal (valor mediano en condiciones de recepción normal, sin desvanecimiento profundo). La densidad de probabilidad de r , en el modelo de desvanecimiento Rayleigh, es:

$$f(r) = \frac{2r}{\sigma_r^2} \exp(-r^2 / \sigma_r^2) \quad \text{Ec.4.35}$$

La función de distribución de r será:

$$F(r) = 1 - \exp(-r^2 / \sigma_r^2) \quad \text{Ec.4.36}$$

La profundidad de desvanecimiento F_1 (dB) correspondiente a una tensión recibida igual a r_1 , es:

$$F_1 = -20 \log(r_1) \quad \text{Ec.4.37}$$

De donde

$$r_1^2 = 10^{-F_1/10} \quad \text{Ec.4.38}$$

En la fig. 4.10, se indican r_1 , F_1 , así como la **mediana** r en condiciones de desvanecimientos profundos (depresión de Pearson), cuyo valor (dB) es:

$$-20 \log r = 1.59 - 10 \log \sigma_r^2 \quad \text{Ec.4.39}$$

como se desprende inmediatamente de la distribución Rayleigh.

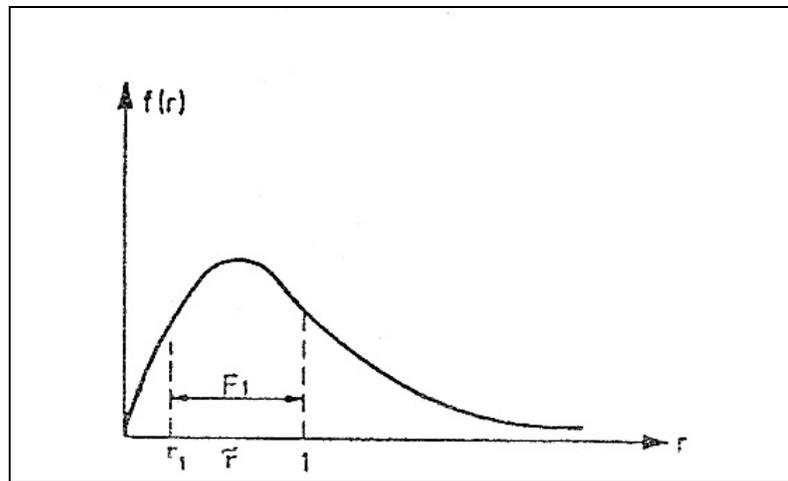


Fig. 4.10 Se indica r_1 , F_1 , así como la **mediana** r en condiciones de desvanecimientos profundos.

La probabilidad $P_R(F > F_1)$ (Condicionada a que el desvanecimiento sea de Rayleigh) de que la profundidad sea mayor que F_1 es igual a la probabilidad de que sea $r < r_1$, esto es:

$$P_R(F > F_1) = F(r_1) = 1 - \exp\left(\frac{-r_1^2}{\sigma_r^2}\right) \quad \text{Ec.4.40}$$

Sustituyendo Ec 4.38 en Ec 4.40 resulta:

$$P_R(F > F_1) = 1 - \exp\left(\frac{-10^{-F_1/10}}{\sigma_r^2}\right) \approx \frac{1}{\sigma_r^2} 10^{-F_1/10} \quad \text{Ec.4.41}$$

Se observa que cuando F_l varia en diez dB, la probabilidad lo hace en una década, por lo que la ley expresada mediante la Ec. 4.41 se denomina “Ley de 10 dB/década” y es característica de los desvanecimientos profundos.

La probabilidad absoluta de que el desvanecimiento sea superior a F_l (dB) será:

$$P(F > F_1) = \eta \cdot P_R(F > F_1) = \frac{\eta}{\sigma_r^2} 10^{-F_1/10} \quad \text{Ec.4.42}$$

De una forma general, si designamos mediante $P(F)$ la probabilidad de rebasar un desvanecimiento profundo F , podemos definir la Ec 4.41 de la siguiente manera:

$$P(F) = P_0 \cdot 10^{-F/10} \quad \text{Ec.4.43}$$

Donde $P_0 = \eta / \sigma_r^2$ es un parámetro denominado “factor de aparición de desvanecimiento”, y que depende de la longitud del enlace, de la frecuencia, de la rugosidad del terreno y del clima.

4.3.5 CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD DE DESVANECIMIENTO.

Todos los métodos de cálculo de la probabilidad de desvanecimiento profundo hacen uso de la ley (Ec.4.43), difiriendo únicamente entre si en la forma de evaluar P_0 . Presentaremos dos métodos. El de Mojoli desarrollado en Italia y el que describe la recomendación 530 de la UIT.

4.3.5.1 Método de Mojoli.

En este método, el valor de P_0 para el mes más desfavorable, se calcula como sigue:

$$P_0 = 0.3 \cdot a \cdot b \left(\frac{f}{4} \right) \left(\frac{d}{50} \right)^3 \quad \text{Ec.4.44}$$

Donde:

f : Frecuencia, en GHz

d : Longitud del enlace, en Km.

a : Parámetro descriptivo del clima, que varía entre 0.25 y 4 Para climas templados, $a = 1$. En climas secos y montañosos, $a = 0.25$ Para climas húmedos o que presentan variaciones térmicas intensas (Desiertos), $a = 4$.

b : Parámetro que incluye la influencia del terreno. Para terrenos medianamente ondulados con una ondulación s comprendida entre 5 y 100 metros, se tiene:

$$b = \left(\frac{s}{15} \right)^{-1.3} \quad \text{Ec.4.45}$$

La ondulación s se define como el valor de la desviación típica de las alturas del terreno para los puntos del perfil con exclusión de los terminales y puntos situados dentro de un intervalo de 1000 metros desde los mismos.

Mojoli también proporciona la siguiente relación empírica entre η y P_0 :

$$\eta = \begin{cases} 1.0 & P_0 > 10 \\ 0.182 * P_0^{0.7} & 0.01 < P_0 < 2 \\ 1.44 * P_0 & P_0 < 0.01 \end{cases} \quad \text{Ec.4.46}$$

4.3.5.2 Método de la Recomendación UIT-R530.

Este método no utiliza el perfil del trayecto y puede ser útil para la planificación inicial de un vano de radioenlace. Su aplicación se realiza según las siguientes fases:

1. Se denomina el factor geoclimático para el trayecto, en el mes más desfavorable, mediante datos de desvanecimiento de la zona, si están disponibles, o a partir del porcentaje de tiempo P_L en que el gradiente de N en los 100 metros inferiores de la atmósfera es menor que -100 unidades N . para ello se utiliza las siguientes expresiones empíricas:

$$k = P_L^{1.5} \cdot 10^{-6.5} \quad \text{Ec.4.47}$$

Para trayectos terrestres, sobre regiones no montañosas.

$$k = P_L^{1.5} \cdot 10^{-7.1} \quad \text{Ec.4.48}$$

Para trayectos terrestres, sobre regiones montañosas.

$$k = P_L^{1.5} \cdot 10^{-6.0} \quad \text{Ec.4.49}$$

Para trayectos grandes superficies de agua.

2. Se calcula el ángulo de inclinación del trayecto $|\varepsilon_p|$ (mrad) mediante:

$$|\varepsilon_p| = \frac{|h_t - h_r|}{d} \quad \text{Ec.4.50}$$

Donde:

h_t : es la altura de la antena de transmisión, en metros, sobre el nivel del mar.

h_r : es la altura de la antena de recepción, en metros, sobre el nivel del mar.

d : es la longitud del trayecto, en Km.

3. El valor de la probabilidad $P(F)$, en porcentaje (%) es:

$$P(F) = k \cdot d^{3.6} \cdot f^{0.89} (1 + |\varepsilon_p|)^{-1.4} \cdot 10^{\frac{-F}{10}} \quad \text{Ec.4.51}$$

Donde f esta en GHz.

4.4 CONCEPTO DE MES MÁS DESFAVORABLE.

La calidad de funcionamiento de un sistema de radiocomunicación depende primordialmente de la potencia recibida, la cual, a su vez, es función de la atenuación de propagación. Sobre esta influye diversos fenómenos físicos del medio, como son la mayor o menor estratificación de las capas atmosféricas, índice de pluviosidad, etc., que varían de unas épocas temporales a otras. Si la señal recibida esta por debajo de un umbral determinado, el enlace radioeléctrico se considera cortado o interrumpido. Este efecto se produce porque la atenuación de propagación ha superado a su vez, un cierto

valor umbral a causa de que el fenómeno físico del que depende también ha rebasado un umbral determinado. Tal situación se mantiene en tanto permanece este rebasamiento de cualquiera de los umbrales.

Una característica de calidad es el porcentaje del tiempo de interrupción del enlace, o fracción de tiempo de rebasamiento de un umbral concreto. Debido a la dependencia temporal del fenómeno, los criterios de calidad aplicables a los sistemas de radiocomunicación se refieren a un período normalizado, conocido, en general, como “cualquier mes”.

En la recomendación UIT-R P.581, se establece que el criterio de calidad de funcionamiento de un sistema radioeléctrico, determinado por un porcentaje de tiempo referido a “cualquier mes”, se evalúe como el valor medio, a largo plazo, del porcentaje de tiempo de rebasamiento del umbral en cuestión en el peor mes del año (PTRPM). Se define dicho mes como el mes de un periodo de doce meses civiles consecutivos durante el cual el porcentaje de tiempo de rebasamiento es máximo.

Por ejemplo: Supongamos que los porcentajes de tiempo de interrupción por lluvia de una conexión por radioenlace, durante los doce meses del año, son:

Ene.	0.009	Jul.	0.005
Feb.	0.007	Ago.	0.003
Mar.	0.010	Sep.	0.014
Abr.	0.016	Oct.	0.012
May.	0.008	Nov.	0.008
Jun.	0.006	Dic.	0.005

El mes más desfavorable es Abril.

Promediando los porcentajes correspondientes a los peores meses de varios años, se tendría el porcentaje correspondiente a “cualquier mes”. Como consecuencia, para verificar que el diseño de un enlace radio cumple las recomendaciones del UIT-R, es

necesario conocer el valor del PTRPM, que se denomina, abreviadamente, p_w , a partir de datos estadísticos de dicho porcentaje. Los valores del PTRPM que se utilizan en la comprobación de calidad son muy pequeños, ya que corresponden a umbrales relativamente grandes, por lo cual las estadísticas que los describen se denominan “estadísticas de extremos”.

Para algunos fenómenos meteorológicos que afectan a la radio propagación y por tanto a la calidad, únicamente se dispone de estadísticas del porcentaje de tiempo de rebasamiento anual medio, que designaremos por p . En estos casos hay que disponer de algún método para estimar p_w a partir de p . En la recomendación UIT-R P.841, figura el procedimiento de conversión que resumimos a continuación:

- Se calcula p_w a partir de p mediante la expresión:

$$p_w = Q \cdot p \quad \text{Ec.4.52}$$

Donde $1 < Q < 12$ y p_w y p se refieren a los mismos valores de umbral.

- El factor Q , que depende de p , se evalúa de dos parámetros Q_1 y β , como sigue:

$$Q(p) = 12 \qquad p < \left(\frac{Q_1}{12}\right)^{\frac{1}{\beta}} \%$$

$$Q(p) = Q_1 \cdot p^{-\beta} \qquad \left(\frac{Q_1}{12}\right)^{\frac{1}{\beta}} < p < 3 \%$$

$$Q(p) = Q_1 \cdot 3^{-\beta} \qquad 3 \% < p < 30 \%$$

$$Q(p) = Q_1 \cdot 3^{-\beta} \left(\frac{p}{30}\right)^{\frac{\log(Q_1 \cdot 3^{-\beta})}{\log 0.3}} \qquad 30 \% < p \%$$

Ec.4.53

Para más exactitud se emplearán los valores de la Tabla 4.2 para las regiones climáticas y características de propagación aplicables a cada caso. Para trayectos transhorizonte combinados se calculan Q_1 y β mediante interpolación lineal de sus valores para tierra y para mar ponderados por las fracciones de trayecto que discurren por tierra y mar. La recomendación P.841 contiene datos para otras regiones.

REGIÓN	Lluvia		Multitrayectos	Trayectos	Horizontales
	Trayecto Terrenal	Trayecto Oblicuo			
Mundial	0.13; 2.85	0.13; 2.85	0.13; 2.85	0.13; 2.85	0.13; 2.85
Norte de Europa	0.15; 3.00	0.16; 3.80	0.12; 5.00		
Europa Mediterránea	0.14; 2.6	0.16; 3.10			

Tabla 4.2. Valores de β y Q_1 . CARACTERÍSTICAS DE PROPAGACIÓN.

4.5 CALCULO AUTOMATIZADO DE ENLACES

Para esto se utilizo el software de aplicación Radiomobile¹³, que es de libre distribución, este utiliza el modelo Longley-Rice. Este modelo se aplica a sistemas punto a punto en un rango de frecuencias de los 40 MHz a los 100MHz, sobre diferentes tipos de terreno. Las pérdidas por transmisión son calculadas usando la geometría de propagación según el perfil del terreno y la refractividad con la troposfera. El software utiliza este modelo para poder aplicarse en cálculos de pérdidas de propagación de gran escala relativo a las pérdidas en espacio libre sobre terrenos irregulares para frecuencias entre 20 MHz y 10 GHz.

¹³ Se puede descargar en: <http://www.cplus.org/rmw/download.html>

El método Longley-Rice trabaja en dos modos: uno es cuando se dispone de una detallada descripción del perfil del terreno, como lo hace Radiomobile, facilitando la obtención de los parámetros de propagación, a esto se le conoce como modo de predicción punto a punto. El otro es cuando no se dispone del perfil del terreno, a lo cual el método dispone de técnica para estimar los parámetros específicos, a este modo se le conoce como predicción de área.

Mucha han sido las mejoras que ha recibido este método, una de las últimas ha sido la introducción de un nuevo factor llamado factor urbano (UF), con el cual se hace referencia a la atenuación debida a obstáculos que se presentan antes de llegar a la antena receptora.

4.6 RESULTADOS

4.6.1 Resultados aplicando el modelo “TIERRA CURVA”

Datos:

Tipo de suelo: Moderadamente seco ($\sigma = 0.1$ [S/m], $\epsilon = 15$)

ht: Altura del Transmisor “El Pital” 2637 m

hr: Altura del Receptor

$K = 4/3$

ENLACE	hr [m]	d [Km]	Lbf [dB]	Lbf [dB] RM
Pital-Nva. Concepción	344	33	130.4245	129.2
Pital-La Reina	368	21.4	126.6625	125.7
Pital-Tejutla	369	24	127.6584	126.6
Pital-Citalá	797.6	9.3	119.4238	119.9
Pital-La Palma	998	8.7	118.8446	117.9
Pital-San Ignacio	1012	7.5	117.5554	126.7
Pital-Agua Caliente	368	24.8	127.9401	166.6
Pital-Arracaos/Chil	298	36.7	131.3475	129.5
Pital-Las Pilas	1958	3.3	110.4245	187.4
Pital-Obrajuelo	301	29.5	129.4507	128.8
Pital-Cerro Grande	1026.3	14	122.9768	181.2
Pital-Encumbrados	527.9	19.7	125.9435	218.4
Pital-El Pepeto	538.9	21.8	126.8233	185.7
Pital-El Tigre	386.8	24.8	127.9432	126.7
Pital-Los Planes	566.6	10.2	120.2262	120.7

Tabla 4.3 Resultados utilizando el modelo de “tierra curva”

4.6.2 Resultados utilizando el método de Mojoli.

En este método, el valor de P_0 para el mes más desfavorable, se calcula con la siguiente ecuación.

$$P_0 = 0.3 \cdot a \cdot b \left(\frac{f}{4} \right) \left(\frac{d}{50} \right)^3 \quad \text{Ec.4.54}$$

Datos: f : 2.4 GHz

d : Longitud del enlace, en Km. (Este varia para cada uno de los enlaces)

a : 0.25

b : Parámetro que incluye la influencia del terreno. Se calcula de la siguiente forma:

$$b = \left(\frac{s}{15} \right)^{-1.3} \quad \text{Ec.4.55}$$

en nuestro caso el valor de s es igual a 452.04 metros.

Haciendo los cálculos, $b = 1.194507E-2$

Utilizando las ecuaciones 4.55 y 4.54 obtenemos los resultados que incluimos en la tabla 4.4

ENLACE	d [Km]	P_0	η	$P(F)$ con $F=30dB$	$P(F)$ con $F=10dB$
Pital-Nva. Concepción	33	1.5453e-4	2.2253e-4	2.2253e-7	2.2253e-5
Pital-La Reina	21.4	4.2144e-5	6.0687e-5	6.0687e-8	6.0687e-6
Pital-Tejutla	24	5.9496e-5	8.5603e-5	8.5603e-8	8.5603e-7
Pital-Citalá	9.3	3.4589e-6	4.9808e-6	4.9808e-9	4.9808e-7
Pital-La Palma	8.7	2.8317e-6	4.0777e-6	4.0777e-9	4.0777e-7
Pital-San Ignacio	7.5	1.8142e-6	2.6124e-6	2.6124e-9	2.6124e-7
Pital-Agua Caliente	24.8	6.5591e-6	9.4451e-5	9.4451e-8	9.4451e-6
Pital-Arracaos/Chil	36.7	2.1256e-4	3.0609e-4	3.0609e-7	3.0609e-5
Pital-Las Pilas	3.3	1.5454e-7	2.2258e-7	2.2258e-10	2.2258e-8
Pital-Obrajuelo	29.5	1.1039e-4	1.5897e-4	1.5897e-7	1.5897e-5
Pital-Cerro Grande	14	1.1799e-5	1.6991e-5	1.6991e-8	1.6991e-6
Pital-Encumbrados	19.7	3.2877e-5	4.7342e-5	4.7342e-8	4.7342e-6
Pital-El Pepeto	21.8	4.4551e-5	6.4154e-5	6.4154e-8	6.4154e-6
Pital-El Tigre	24.8	6.5591e-5	9.4451e-5	9.4451e-8	9.4451e-6
Pital-Los Planes	10.2	4.5634e-6	6.5713e-6	6.5713e-9	6.5713e-7
Pital-Sta. Rosa/La Cruz	37.7	2.3042e-4	3.3180e-4	3.3180e-7	3.3180e-5

Tabla 4.4. Probabilidad de rebasar un desvanecimiento.

4.6.3 Resultados utilizando el método de la REC. UIT-R 530.

Se calcula el valor del factor geoclimático usando un porcentaje de tiempo P_L igual al 30%, esto se hace utilizando la ecuación siguiente:

$$k = P_L^{1.5} \cdot 10^{-7.1} \quad \text{Ec.4.56}$$

Para trayectos terrestres, sobre regiones montañosas. $k = 1.3052e-5$

Luego se calcula el ángulo de inclinación del trayecto ε_p (mrad) así:

$$|\varepsilon_p| = \frac{|h_t - h_r|}{d} \quad \text{Ec.4.57}$$

Datos:

h_t : es la altura de la antena de transmisión, 2637 mmm.

h_r : es la altura de la antena de recepción, en metros, sobre el nivel del mar. (Varia según el lugar de emplazamiento)

d : es la longitud del trayecto, en Km.

f : 2.4 GHz

El valor de la probabilidad $P(F)$, en porcentaje (%) es:

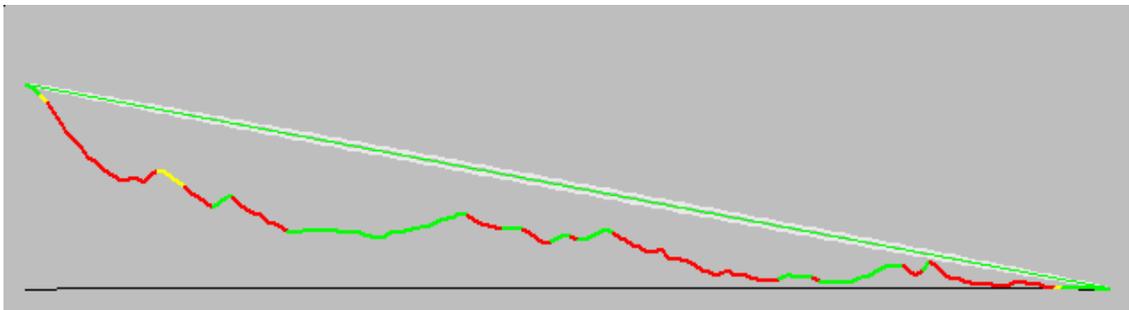
$$P(F) = k \cdot d^{3.6} \cdot f^{0.89} (1 + |\varepsilon_p|)^{-1.4} \cdot 10^{\frac{-F}{10}} \quad \text{Ec.4.58}$$

ENLACE	d [Km]	h_r [m]	ε_p [mrad]	$P(F)$ con $F=30dB$
Pital-Nva. Concepción	33	344	69.4849	2.1547e-5
Pital-La Reina	21.4	368	106.0280	2.5250e-6
Pital-Tejutla	24	369	94.5000	4.4753e-6
Pital-Citalá	9.3	797.6	197.7849	5.2829e-8
Pital-La Palma	8.7	998	188.3908	4.4467e-8
Pital-San Ignacio	7.5	1012	216.6667	2.1447e-8
Pital-Agua Caliente	24.8	368	91.4919	5.2669e-6
Pital-Arracaos/Chil	36.7	298	63.7329	3.5587e-5
Pital-Las Pilas	3.3	1958	205.7576	1.1997e-9
Pital-Obrajuelo	29.5	301	79.1864	1.2014e-5
Pital-Cerro Grande	14	1026.3	115.0500	4.8935e-7
Pital-Encumbrados	19.7	527.9	107.0609	1.8493e-6
Pital-El Pepeto	21.8	538.9	96.2431	3.0868e-6
Pital-El Tigre	24.8	386.8	90.7339	5.3278e-6
Pital-Los Planes	10.2	566.6	202.9804	7.1057e-8
Pital-Sta. Rosa/La Cruz	37.7	263.9	62.9454	3.8378e-5

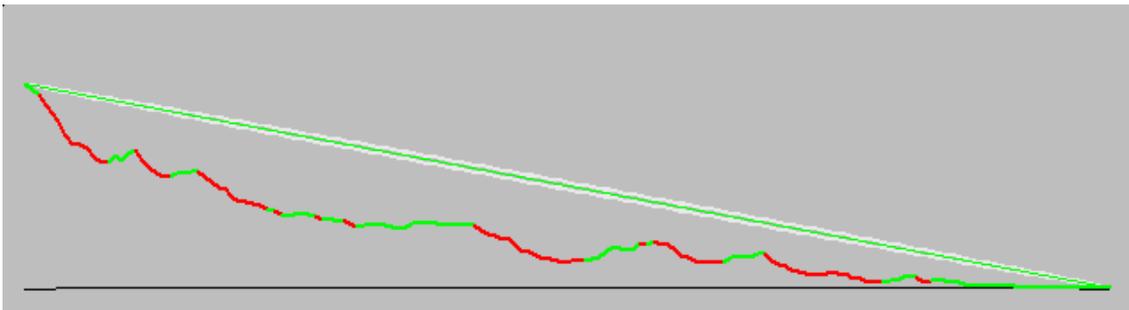
Tabla 4.5 Probabilidad de rebasar un desvanecimiento profundo.

4.6.4 Resultados de RadioMobile. A continuación se presentan los perfiles de los enlaces entre los diferentes establecimientos de salud y el repetidor en el cerro El Pital; así como algunas alternativas de enlace para establecimientos de salud de Las Pilas y Arracaos.

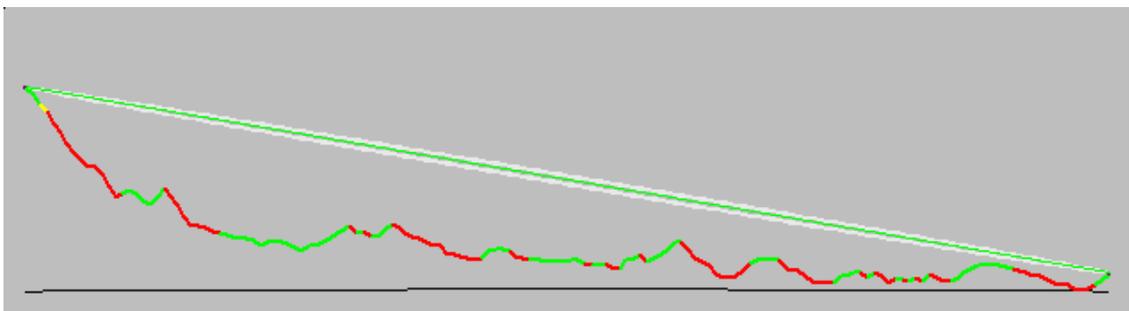
EL PITAL – H.N. DE NUEVA CONCEPCION.



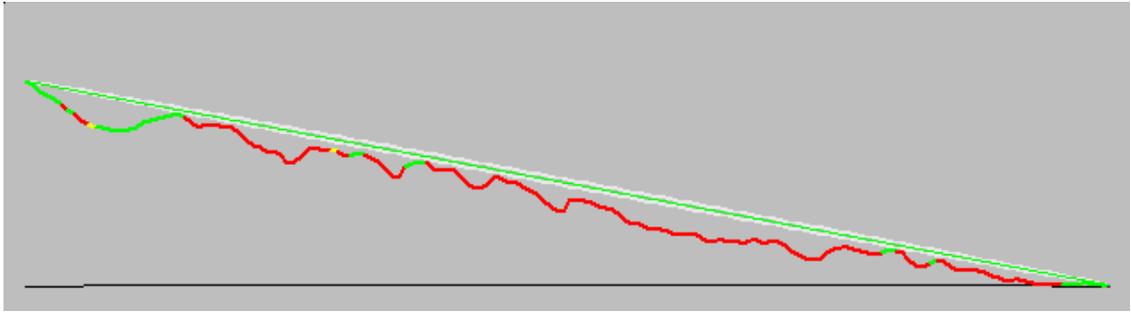
EL PITAL – U.S. DE ARRACAOS



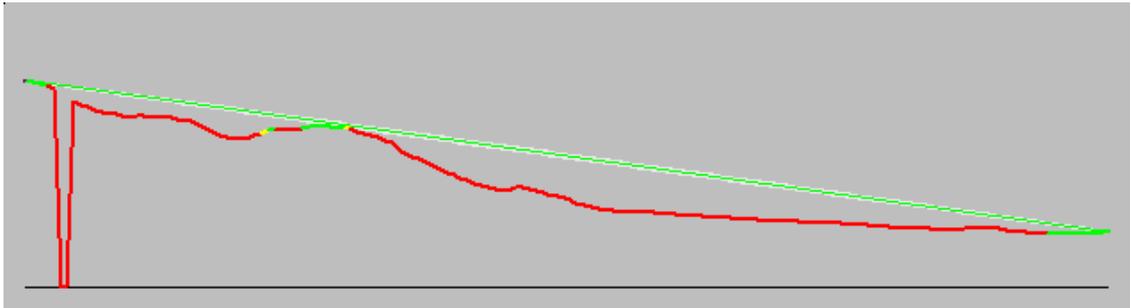
EL PITAL – U.S. POTRERO SULA



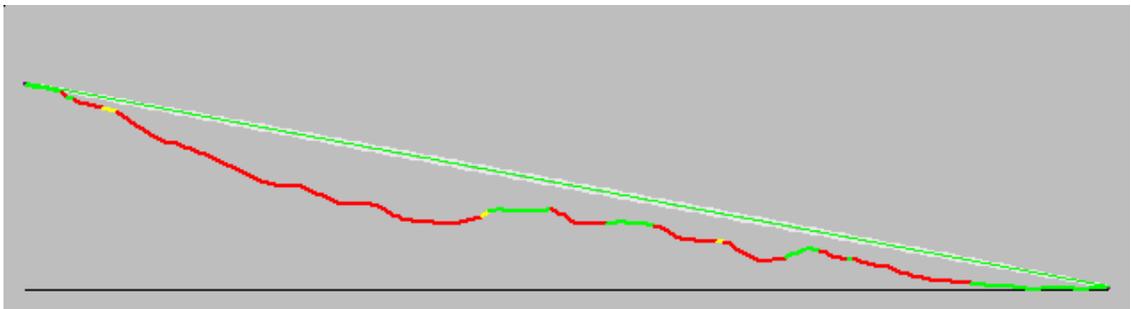
EL PITAL – U.S. TEJUTLA



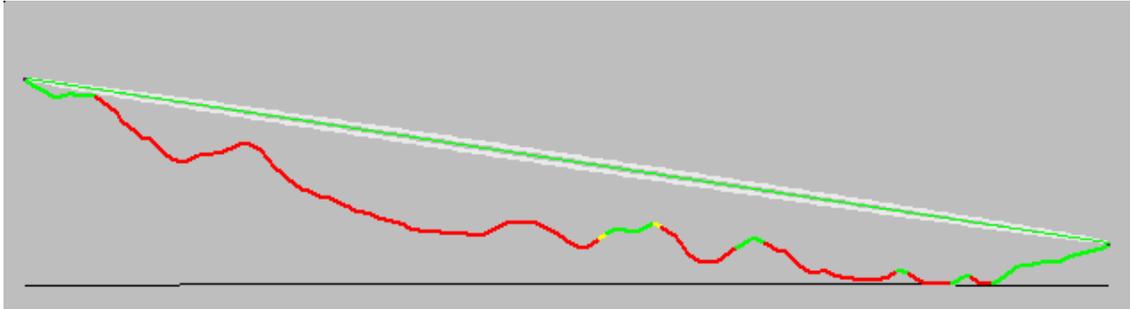
EL PITAL – U.S. CITALA



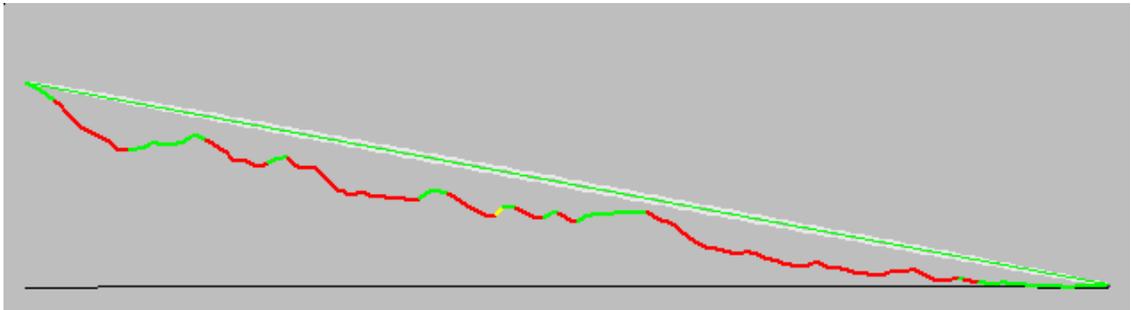
EL PITAL – U.S. LA PALMA



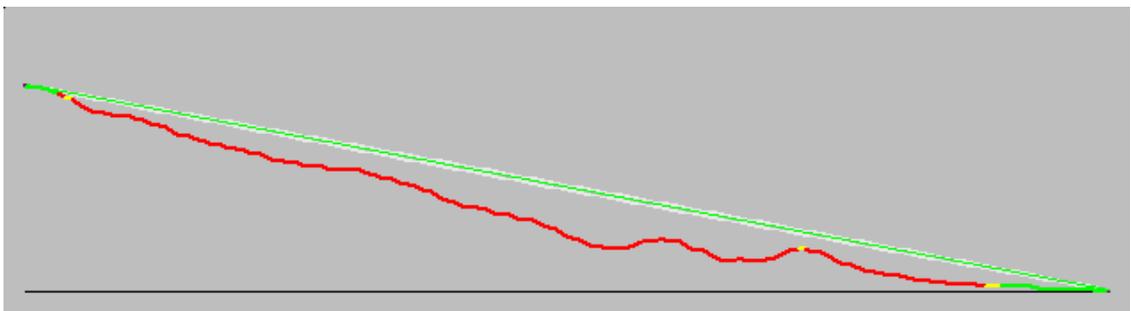
EL PITAL – U.S. LOS PLANES



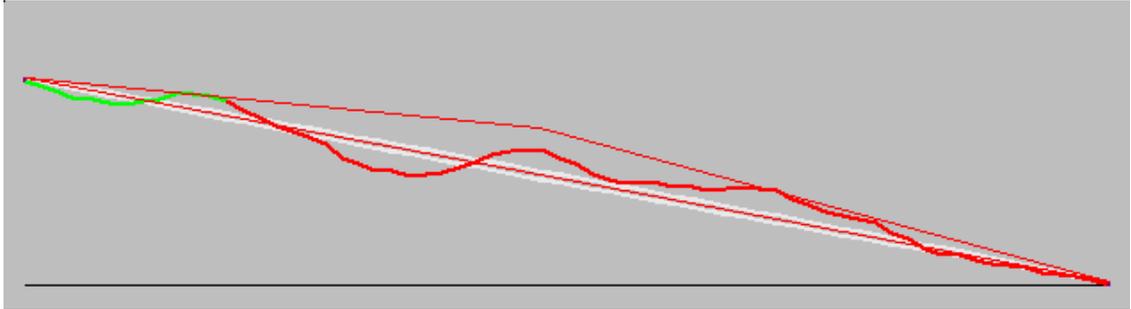
EL PITAL – U.S. LA REINA



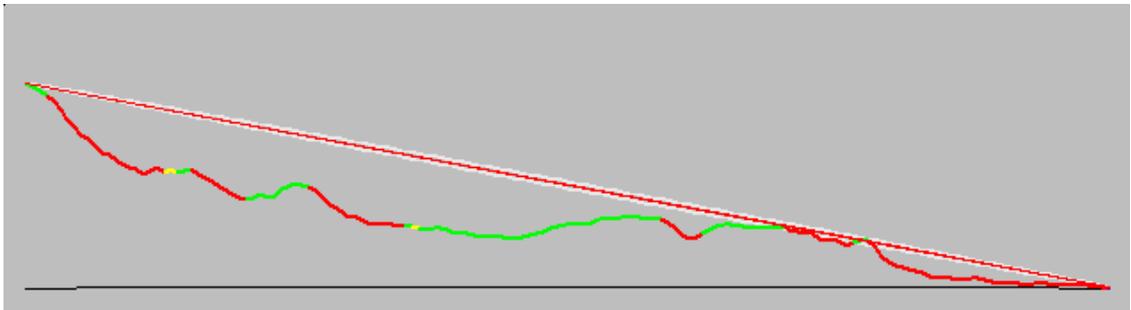
EL PITAL – U.S. SAN IGNACIO



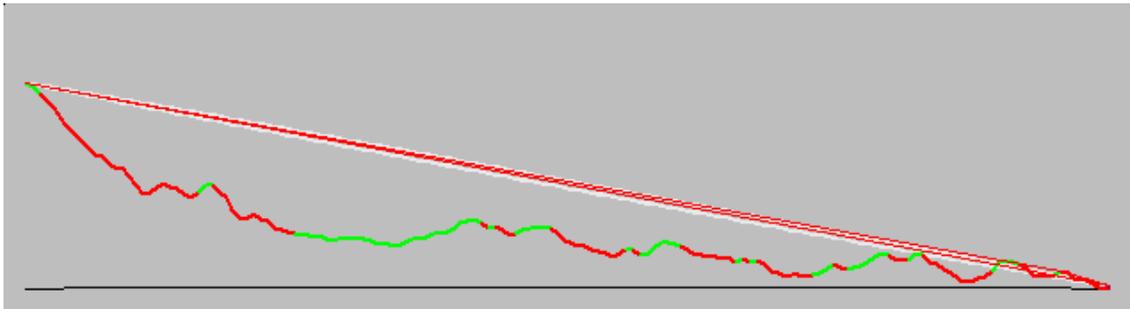
EL PITAL – U.S. LAS PILAS*



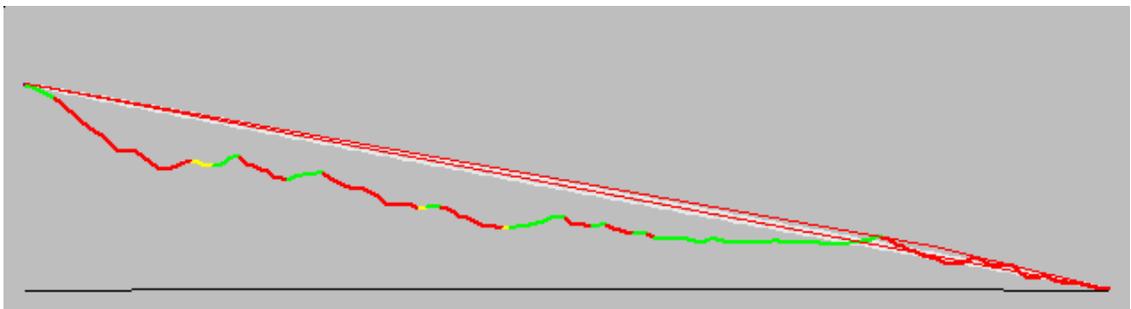
EL PITAL – U.S. AGUA CALIENTE



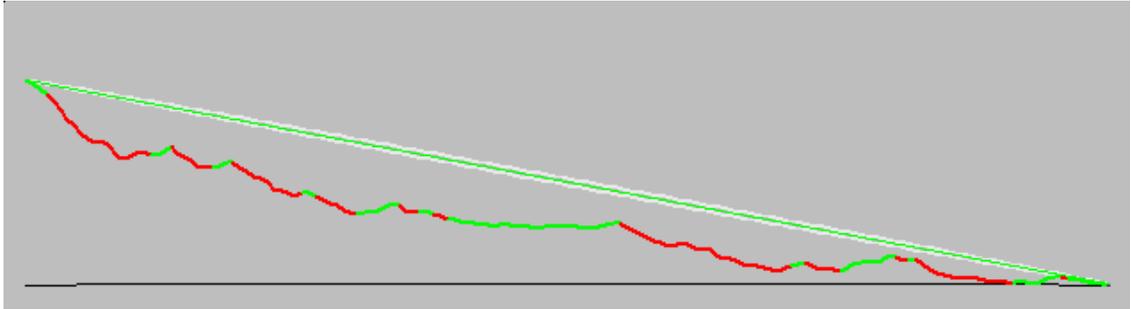
EL PITAL – C.S. SUNAPA



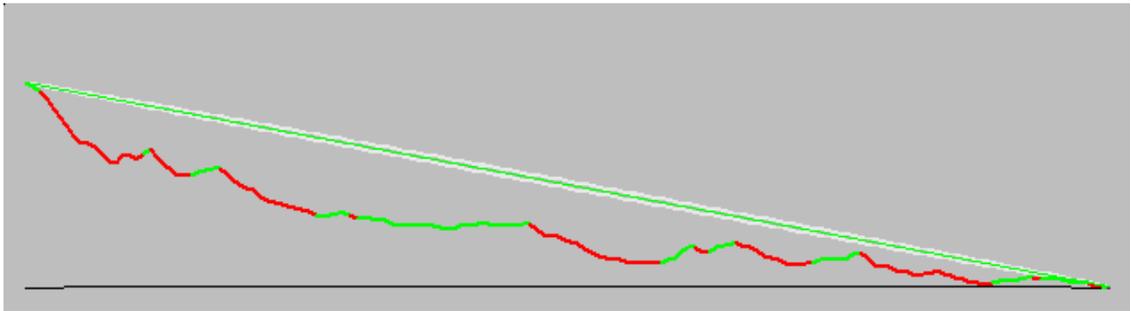
EL PITAL – C.S. EL PEPETO



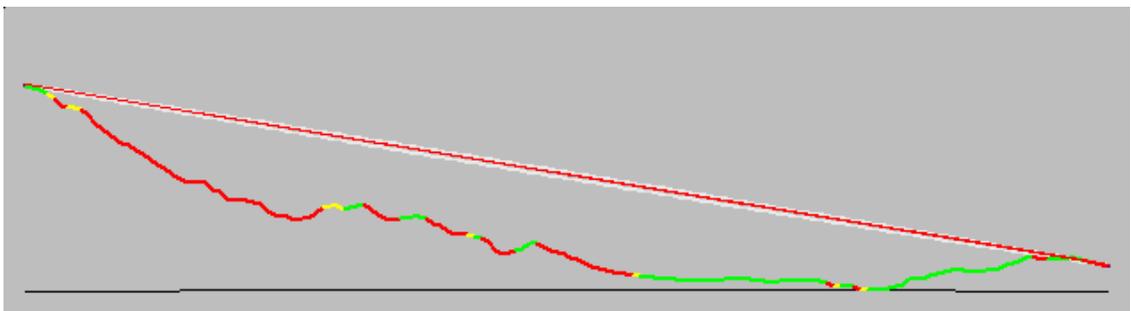
EL PITAL – C.S. EL TIGRE



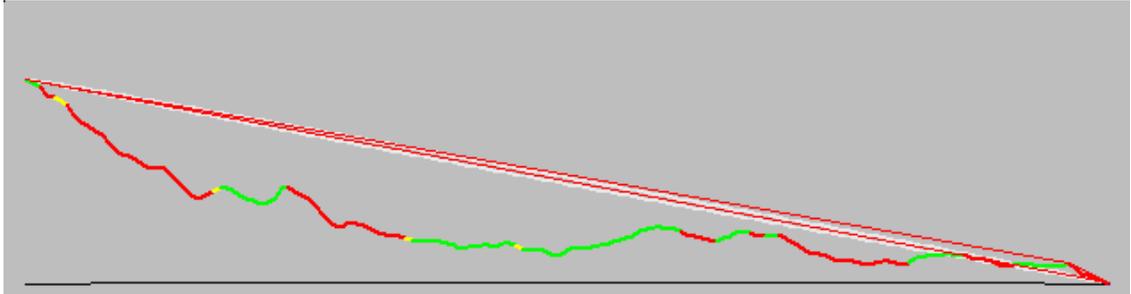
EL PITAL – C.S. OBRAJUELO



EL PITAL – C.S. CERRO GRANDE

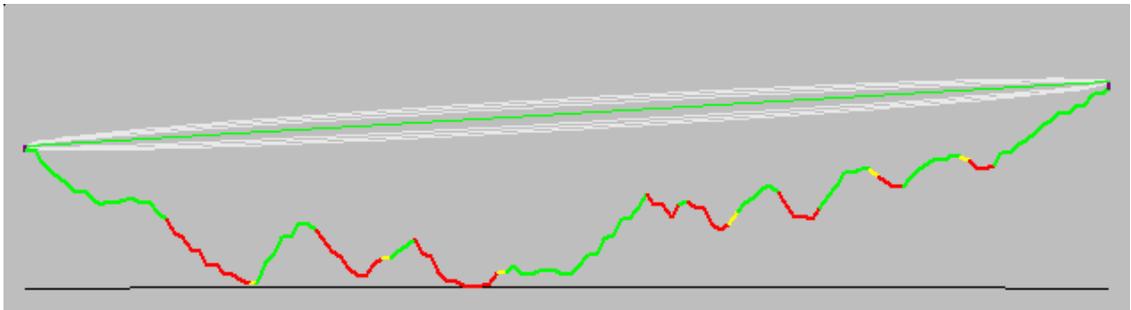


EL PITAL- C.S. ENCUMBRADOS

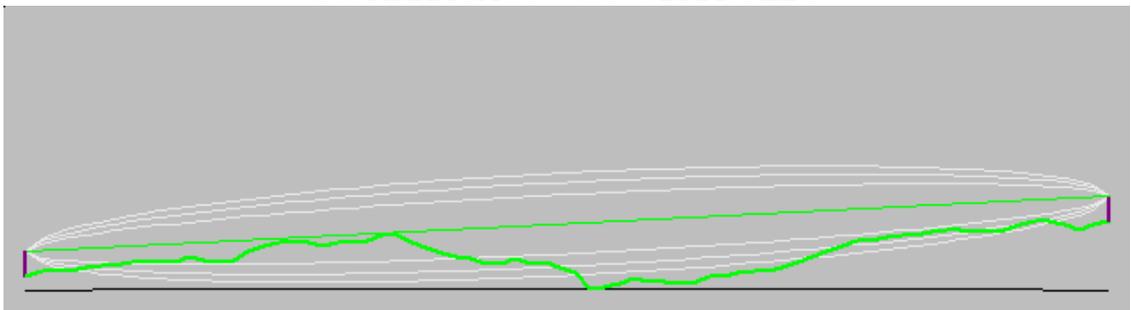


REDES ALTERNAS

U.S. LOS PLANES – U.S LAS PILAS



U.S. ARRACAOS – C.S. OBRAJUELO



RANGO DE LOS ENLACES

	ANT (dbi)		ANT (dbi)	MG (db)	D (Km)	Amplificar
EL PITAL	24	H.N.N.C.	24	24.6	32.6	250 mW.
EL PITAL	15	US P. SULA ¹⁴	24	7.5	40.6	1 W.
		US TEJUTLA	24	12.3	24.3	250 mW.
		US CITALA	24	14.4	9.7	
		US LA PALMA	24	15.7	8.7	
		US LOS PLANES	24	19.1	9.9	250 mW.
		US LA REINA	24	16.9	21.4	250 mW.
		US SAN IGNACIO	24	16	7.3	
		US LAS PILAS**	NO	HAY	ENLACE	
		US A. CALIENTE*	NO	HAY	ENLACE	
		CS OBRAJUELO	24	12.9	29.2	250 mW.
		CS EL PEPETO*	NO	HAY	ENLACE	
		CS SUNAPA*	NO	HAY	ENLACE	
		CS EL TIGRE	24	14	24.9	250 mW.
		CS C. GRANDE*	NO	HAY	ENLACE	
		CS ENCUMRADOS*	NO	HAY	ENLACE	
REDES ALTERNAS						
ARRACAOS	24	CS OBRAJUELO	15	15	3.8	
LOS PLANES	15	US LAS PILAS	24	18.5	6.8	

Tabla. 4.6 Rango de los enlaces en el SIBASI Nueva Concepción.

* NO HAY LINEA VISTA, PODRIA REALIZARSE EL ENLACE SI LAS ANTENAS EN LAS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD SE DESPLAZARAN EN UN AREA MENOR A UN KILOMETRO.

** SE PUEDE RELIZAR EL ENLACE ATRAVEZ DE OTRA UNIDAD DE SALUD.

¹⁴ Sobrepasa los limites impuestos por SIGET y el enlace no es robusto

Otros resultados de interes se muestran a continuación:

		Azimuth(°)	Elev. (°)	GS(dB)	PL(dB)	MG(dB)
H.N.N.C. ¹⁵	EL PITAL	30.6	4.04	154	129.6	24.4
US POTRERO SULA		39.0	2.8	145	137.4	7.5
US TEJUTLA		352.7	5.5	145	132.6	12.3
US CITALA		78.6	11.6	136	121.6	14.4
US LA PALMA		34.0	11.3	136	120.3	15.7
US LOS PLANES		318.7	4.4	145	125.9	19.1
US LA REINA		5.5	6.0	145	128.1	16.9
US SAN IGNACIO		47	13.2	136	120.0	16
CS OBRAJUELO		16.6	4.6	145	132.1	12.9
CS EL TIGRE		13.5	5.3	145	130.9	14.1
US ARRACAOS	CS OBRAJUELO	17.3	0.3	135	119.0	16
US LOS PLANES	US LAS PILAS	327.1	0.8	135	115.5	19.5

Tabla. 4.7 Parámetros de los enlaces.

¹⁵ El enlace entre el HNNC y el cerro El Pital se realizara con antenas unidireccionales de rejilla

4.7 EL REPETIDOR

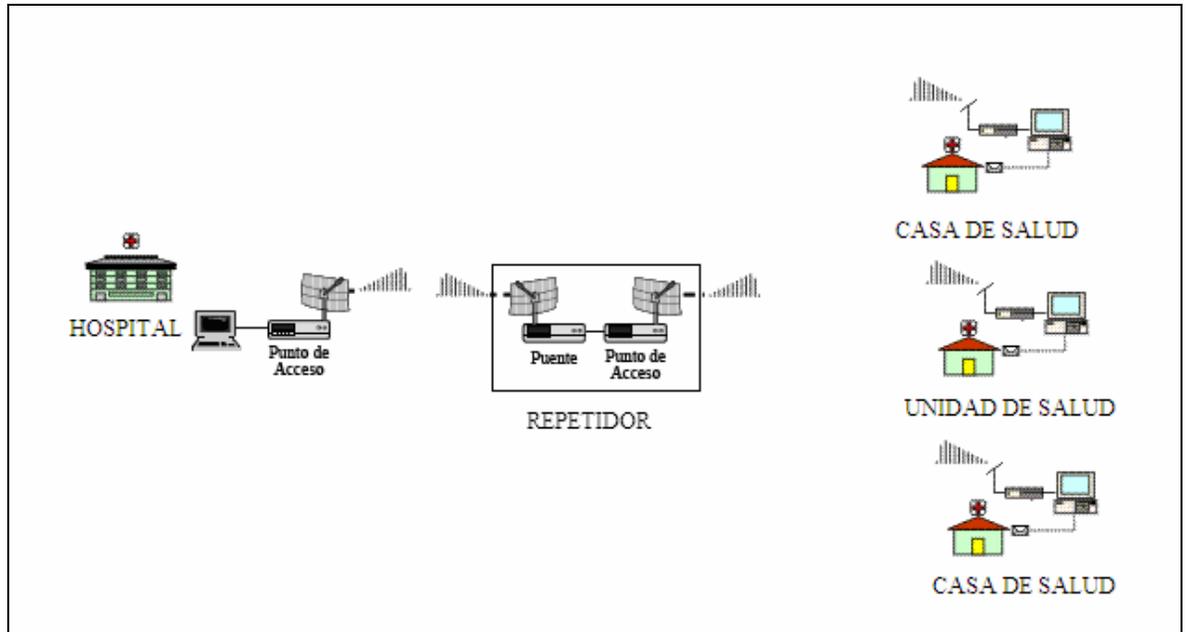


Fig. 4.11 Esquema de la red Wi-Fi en el SIBASI de Nueva Concepción.

El repetidor estaría formado por dos AP. El primero estaría constituido por una antena direccional de 24 dbi apuntando al HNNC con el AP configurado como puente punto a punto, con un amplificador de 250 mW. El segundo AP conectado al primero por medio de los puertos ethernet estaría constituido por una antena omnidireccional de 15 dbi con el punto de acceso funcionando en modo AP, con un amplificador de 250 mW. Se ha pensado de esta forma para establecer un enlace robusto entre el HNNC y El Pital ya que este enlace es muy importante y debe ser lo mas estable posible.

En el lugar donde se instalara el repetidor no se cuenta con el servicio de energía eléctrica, por lo que es necesario pensar en la utilización de una fuente de energía alternativa. Se ha pensado en utilizar módulos fotovoltaicos. Como el que se muestra en la fig 4.12

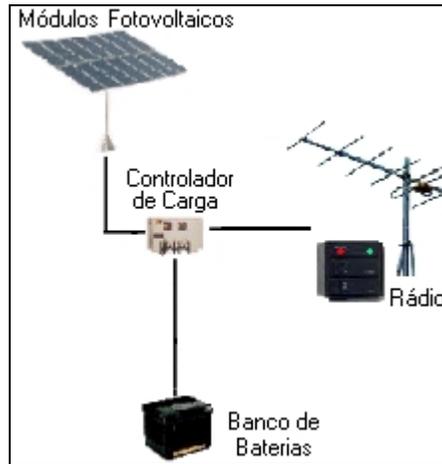
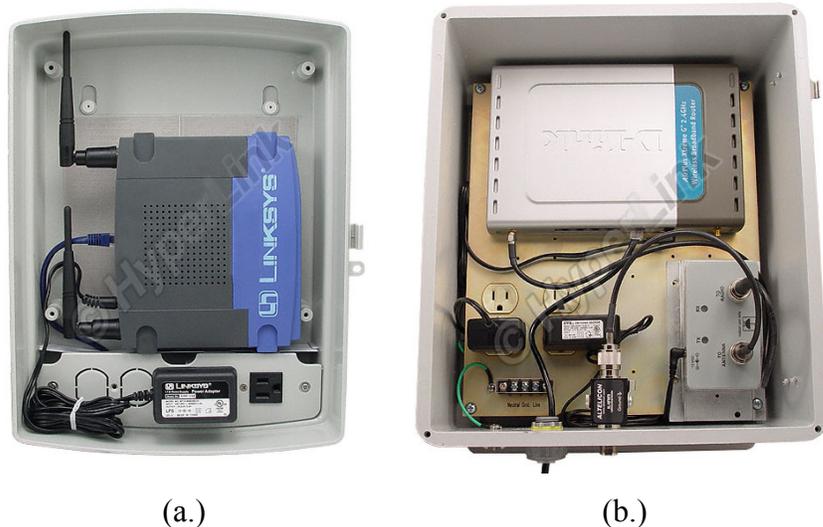


Fig. 4.12 modulo fotovoltaico

4.8 REQUERIMIENTOS DE EQUIPO.

A continuación se establecerá el equipo y material necesario para las unidades de salud. Se colocaran AP, para unificar los requerimientos en cada unidad de salud se ha pensado en instalar el equipo Wi-Fi en gabinetes para exteriores de fibra de vidrio, NEMA 4, como se muestra en la fig. 4.13. La conexión entre el AP y el establecimiento de salud se realizara por medio de cable UTP CAT5. De esta forma se ahorra en cable RF y se ganan unos db para la transmisión.



(a.) (b.)
Fig. 4.13 Gabinetes para exteriores NEMA 4

Cant.	Unid.	Equipo	Descripción
13	Unid.	Antenas	Hyperlink de rejilla 24 dbi, 2.4 GHz
2	Unid.	Antenas	Hyperlink de rejilla 15 dbi, 2.4 GHz
1	Unid.	1	Hyperlink omnidireccional de 15 dbi, 2,4 GHz
360	Mts.	Cable	Cable LMR400 o WBC400 (0.22 dB/mt)
18	Unid.	Protector contra descarga atmosférica.	Para 2.4 GHz de un cuarto de onda.
18	Unid.	Cable radio pigtail	N a N WBC195 (0.3 mts)
8	Unid.	Amplificadores	De 2.4 GHz., 250 mW.
18	Unid.	Cable radio pigtail	RP-TNC a N macho. (para punto de acceso Linksys)
18	Unid.	Puntos de acceso	Marca linksys modelo wap11/54, 32 mW.
*	*	Cable UTP CAT5.	Para hacer conexión entre los ap y los establecimientos de salud
18	Unid.	Gabinetes para exteriores	En fibra de vidrio NEMA 4

Tabla 4.8 Requerimientos de equipo.

4.9 REQUERIMIENTOS DE MONTAJE

Las torres donde se montaran las antenas serán de estructura triangular (2 varillas de ½ y 1 varilla de 3/4 de pulg. bajo norma) de nueve metros, cabe resaltar el hecho de que algunos establecimientos de salud cuentan con estructuras metálicas en donde colocan cisternas y que pueden servir para instalar las antenas.(véase tabla 4.9)

Establecimiento	Torre	Establecimiento	Torre
H.N.N.C.	no	US A. CALIENTE	si
US P. SULA		CS OBRAJUELO	
US TEJUTLA	si	CS EL PEPETO	
US CITALA		CS SUNAPA	
US LA PALMA	no	CS EL TIGRE	
US LOS PLANES		CS C. GRANDE	
US LA REINA	si	CS ENCUMRADOS	
US SAN IGNACIO	no	US ARRACAOS	Si
US LAS PILAS	si		

Tabla 4.9 Unidades de Salud donde se ubicaran torres.

4.10 PRUEBA DE ENLACE

4.10.1 EL PITAL – LA PALMA

Equipo en La Palma:

- Computadora portátil
- AP Linksys modelo WAP11
- Antena de rejilla de 24 dbi
- Micrófono.

Montaje: La antena se monto en un tubo de aluminio a una de 4.5 mts . El AP se instalo en una caja de metal próxima a la antena, de tal forma que solo fuera necesario el cable que viene de fabrica en la antena para conectarle el Access Point, como lo muestra la fig 4.7 c) y d). La instalación de la computadora portátil al AP se hizo con cable UTP CAT5 cruzado.

Para orientar la antena se utilizo una brújula para apuntar de acuerdo a los datos proporcionados por Radio Mobile.

Equipo en El Pital:

- Computadora portátil
- PC Card Senao NL-2511CD Plus EXT 2 (200 mW.)
- Antena omnidireccional 15 dbi

Montaje: Se instaló la antena en tubo industrial a una altura 4.5 mts. La conexión entre la antena y la tarjeta se hizo por medio de cable radio WBC400 (15 mts.) y un radio pigtail MMCX a N, esto se muestra en la fig 4.14



(a.)



(b.)



(c.)



(d.)

Fig. 4.14 Instalación del equipo en la Unidad de salud de La Palma.



(a.)



(b.)



(c.)

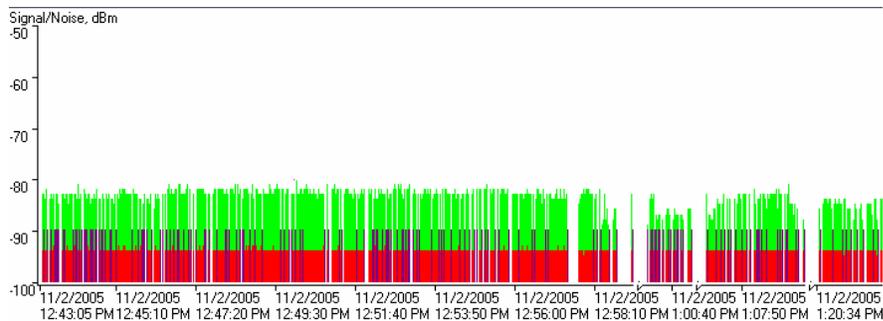


(d.)

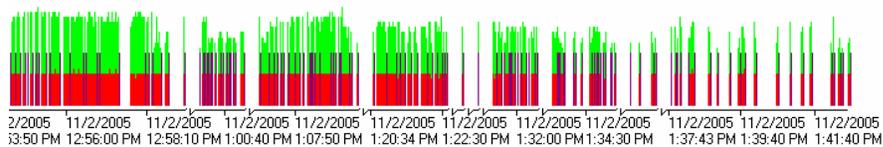
Fig. 4.15 Instalación del equipo en el cerro El Pital.

Las mediciones se realizaron en el lado del cerro El Pital, En la fig. 4.15 a) se puede observar que el enlace se mantiene bastante estable en este momento se pudo entablar comunicación de datos y voz, por medio de NetMeting. Mas adelante en el mismo grafico se puede observar una serie de discontinuidades, estas se deben al fuerte viento que azotaba en el sector de La Palma y la antena se movía constantemente perdiendo su orientación original y había que orientarle constantemente. Este problema se soluciona fijando fuertemente la estructura que sostiene la antena. Como puede observarse al final de la fig. 4.15 b) el enlace se fue degradando cada vez mas por esta razón. He hizo imposible seguir con la comunicación.

Un dato importante es que NetStumbler calculo un SNR promedio de 14 dB, (véase fig. 4.16 a y b) apenas 2 dB debajo de los datos arrojados por *Radio Mobile* (cuando se le proporcionan los datos nominales del equipo utilizado para la prueba)



(a.)



(b.)

Fig. 4.16 Lecturas de la SNR tomadas de NetStumbler.

4.10.2 LA PALMA – EL PITAL – SAN IGNACIO

En esta prueba se intento comunicar las unidades de salud de La Palma y San Ignacio por medio del repetidor colocado en el cerro El Pital. Para este fin se dispuso el equipo de la siguiente forma:

Equipo en La palma.

- Computadora portátil
- AP Linksys modelo WAP11
- Antena de rejilla de 24 dbi.

La antena se monto en una estructura (torre de agua) que le brindara mayor estabilidad y altura como se muestra en fig. 4.17



a)



b)

Fig. 4.17 Instalación de la antena en la unidad de salud de La Palma

Equipo en el Cerro El Pital (repetidor)

- AP 2000 de ORINOCO
- Antena Omnidireccional 15 dbi

Para solventar el problema de alimentación para el AP se hizo uso de una batería de respaldo los detalles de la instalación se muestran a continuación.



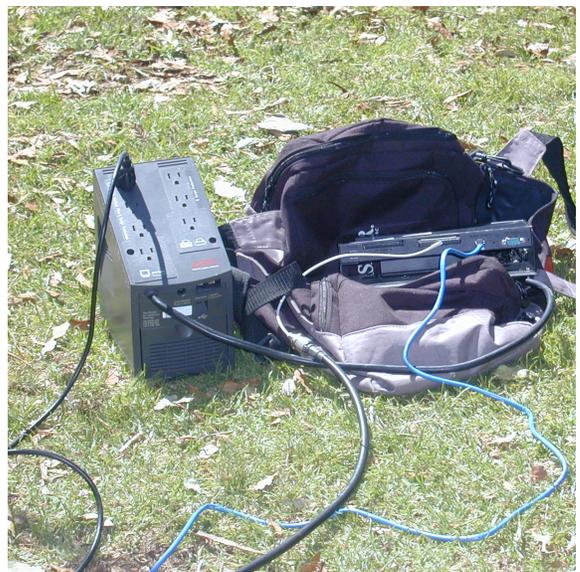
a)



b)



c)



d)

Fig. 4.18 Instalación del equipo en el cerro El Pital (Repetidor)

Equipo en San Ignacio

- PC Card Senao NL-2511CD Plus EXT 2 (200 mW.)
- Antena helicoidal (fabricada en la EIE por estudiantes de la materia de Sistemas de Comunicaciones II, 2004)
- Computadora portátil

En este lugar se realizaron las mediciones con NetStumbler en la fig. 4.19 se muestran los detalles de la instalación de la antena.

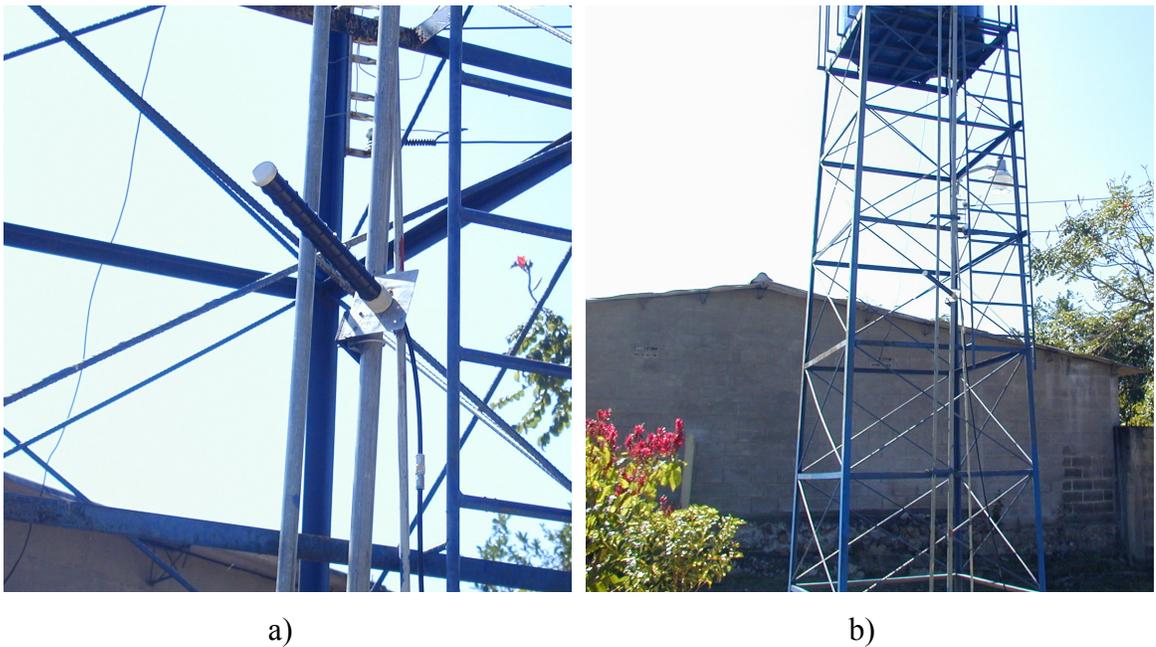


Fig. 4.19 Instalación de la antena helicoidal en la unidad de salud de San Ignacio.

En esta ocasión no se pudo establecer comunicación debido a que la ganancia de la antena helicoidal es demasiado baja para cubrir la distancia (7.3 Km.) entre El Pital y San Ignacio. NetStumbler apenas pudo captar la señal emitida por el repetidor. La Configuración del equipo para este caso fue de la siguiente forma: El AP Linksys se configuro en modo puente punto – multipunto, que fue la única forma en la que se logro

que los AP se comunicaran. El AP 2000 Orinoco presenta la posibilidad de configurarlo en WDS (Sistema de Distribución Inalámbrico por sus siglas en Ingles) esta opción le permite a este AP comunicarse con otros AP aunque sean de diferente fabricante solo hay que especificar la dirección MAC del equipo remoto.

Se sugiere la utilización de equipo del mismo fabricante, ya que al ser de diferente fabricante se presentan problemas al comunicarlos entre si. Ya que no todos los modelos de AP's tienen la opción WDS (esta opción elimina los problemas de intercomunicación entre modelos de diferente fabricante)

4.11 CONCLUSION

La factibilidad técnica de la red, para el SIBASI Nueva Concepción se ha demostrado primero por medio de los resultados de la simulación, y las pruebas realizados in situ han sido alentadoras, además de los resultados obtenidos en otros proyectos a lo largo de Latinoamérica (programa EHAS – país). Ahora un siguiente paso es la realización de un proyecto piloto que mida efectivamente los beneficios que este proyecto puede tener. Esto tomando en cuenta el interés que esta investigación produjo entre los jefes de los SIBASI.

4.12 BIBLIOGRAFIA Y FUENTES

- **Desarrollo de una plataforma de comunicaciones de bajo costo para el sector salud (Primer Informe).** Werner David Meléndez; Carlos Eugenio Martínez. Departamento de Comunicaciones Eléctricas, Escuela de Ingeniería Eléctrica.
- **Desarrollo de una plataforma de comunicaciones de bajo costo para el sector salud (Segundo Informe).** Werner David Meléndez; Carlos Eugenio Martínez. Departamento de Comunicaciones Eléctricas, Escuela de Ingeniería Eléctrica.
- **DISEÑO DE LA RED EN LA PROVINCIA DE CUSCO PARA EL PROYECTO EHAS- ALIS.** PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ. SEPTIEMBRE 2004
- **Transmisión por Radio.** José Maria Hernández Rábanos. Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S.A.

ANEXOS

A) Rec. UIT-R P.581-2

B) Rec. UIT-R P.841-2

Rec. UIT-R P.581-2

RECOMENDACIÓN UIT-R P.581-2*

NOCIÓN DE «MES MÁS DESFAVORABLE»

(1982-1986-1990)

Rec. 581-2

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

Considerando

- a) Que los criterios de calidad de funcionamiento aplicables a los sistemas de radiocomunicaciones se refieren a menudo a «cualquier mes» como periodo de referencia;
- b) Que para el diseño de esos sistemas es necesario disponer de datos estadísticos sobre los efectos de propagación correspondientes al periodo de referencia de los criterios de calidad de funcionamiento;
- c) Que hay necesidad por ello de contar con una definición inequívoca del periodo de referencia,

Recomienda

1. Que la fracción de tiempo durante la cual se excede un umbral predeterminado en el mes más desfavorable de un año se denomine «fracción de tiempo de rebasamiento del mes más desfavorable del año».

2. Que la estadística aplicable a los criterios de calidad de funcionamiento referente a «cualquier mes» sea la media a largo plazo de la fracción de tiempo anual de rebasamiento del mes más desfavorable.

3. Que el mes más desfavorable de un año para un umbral predeterminado de cualquier mecanismo de degradación de la calidad de funcionamiento, sea el mes, de un periodo de doce meses civiles consecutivos, durante el cual se rebasa ese umbral durante más tiempo. El mes más desfavorable no es necesariamente el mismo para todos los niveles de umbral.

Nota – En la Recomendación UIT-R P.841 se presenta un modelo para la conversión de la fracción de tiempo de rebasamiento media anual a la fracción de tiempo de rebasamiento media del mes más desfavorable del año. Se indican los valores globales de los parámetros de este modelo, así como valores más detallados para varias regiones del mundo.

* La Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2000 de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

Rec. UIT-R P.841-2

RECOMENDACIÓN UIT-R P.841-2

**Conversión de las estadísticas anuales en estadísticas
del mes más desfavorable**

(Cuestión UIT-R 201/3)

(1992-1999-2001)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

Considerando

a) Que para el diseño de los sistemas de radiocomunicación es necesario disponer de datos

estadísticos sobre los efectos de propagación correspondientes al periodo de referencia del mes más desfavorable;

b) Que para muchos datos radiometeorológicos y métodos de predicción de la propagación, la estadística de referencia es la distribución de la «media anual a largo plazo»;

c) Que, en consecuencia, se necesita un modelo para pasar de las estadísticas «anuales» a las de «mes desfavorable»,

Recomienda

1 Que se utilice el modelo del Anexo 1 para la conversión de la media del porcentaje de tiempo de rebasamiento anual en la media del porcentaje de tiempo de rebasamiento del mes más desfavorable del año.

Anexo 1

1 La media del porcentaje de tiempo de rebasamiento del mes más desfavorable del año, p_w , se calcula a partir de la media del porcentaje de tiempo de rebasamiento anual, p , mediante el factor de conversión, Q :

$$p_w = Q p$$

donde $1 < Q < 12$, y p y p_w se refieren a los mismos niveles de umbral.

2 Q es una función de dos parámetros (Q_1, β) de p (%):

$$Q(p) = 12 \quad \text{para} \quad p < \left(\frac{Q_1}{12}\right)^{\frac{1}{\beta}} \%$$

$$Q(p) = Q_1 \cdot p^{-\beta} \quad \text{para} \quad \left(\frac{Q_1}{12}\right)^{\frac{1}{\beta}} < p < 3 \%$$

$$Q(p) = Q_1 \cdot 3^{-\beta} \quad \text{para} \quad 3 \% < p < 30 \%$$

$$Q(p) = Q_1 \cdot 3^{-\beta} \left(\frac{p}{30}\right)^{\frac{\log(Q_1 \cdot 3^{-\beta})}{\log 0.3}} \quad \text{para} \quad 30 \% < p \%$$

3 El cálculo de la media del porcentaje de tiempo de rebasamiento anual a partir de la media del porcentaje de tiempo de rebasamiento del mes más desfavorable del año se efectúa mediante la relación inversa:

$$p = p_w / Q$$

y la dependencia de Q respecto a p_w se puede obtener fácilmente de la dependencia indicada de Q respecto a p . La relación resultante para $12p_0 < p_w(\%) < Q_1 3^{(1-\beta)}$ es

$$(p_0 = (Q_1/12)^{1/\beta}):$$

$$Q = Q_1^{1/(1-\beta)} p_w^{-\beta/(1-\beta)}$$

4 A efectos de planificación global, se utilizarán los valores siguientes de los parámetros Q_1 y β :

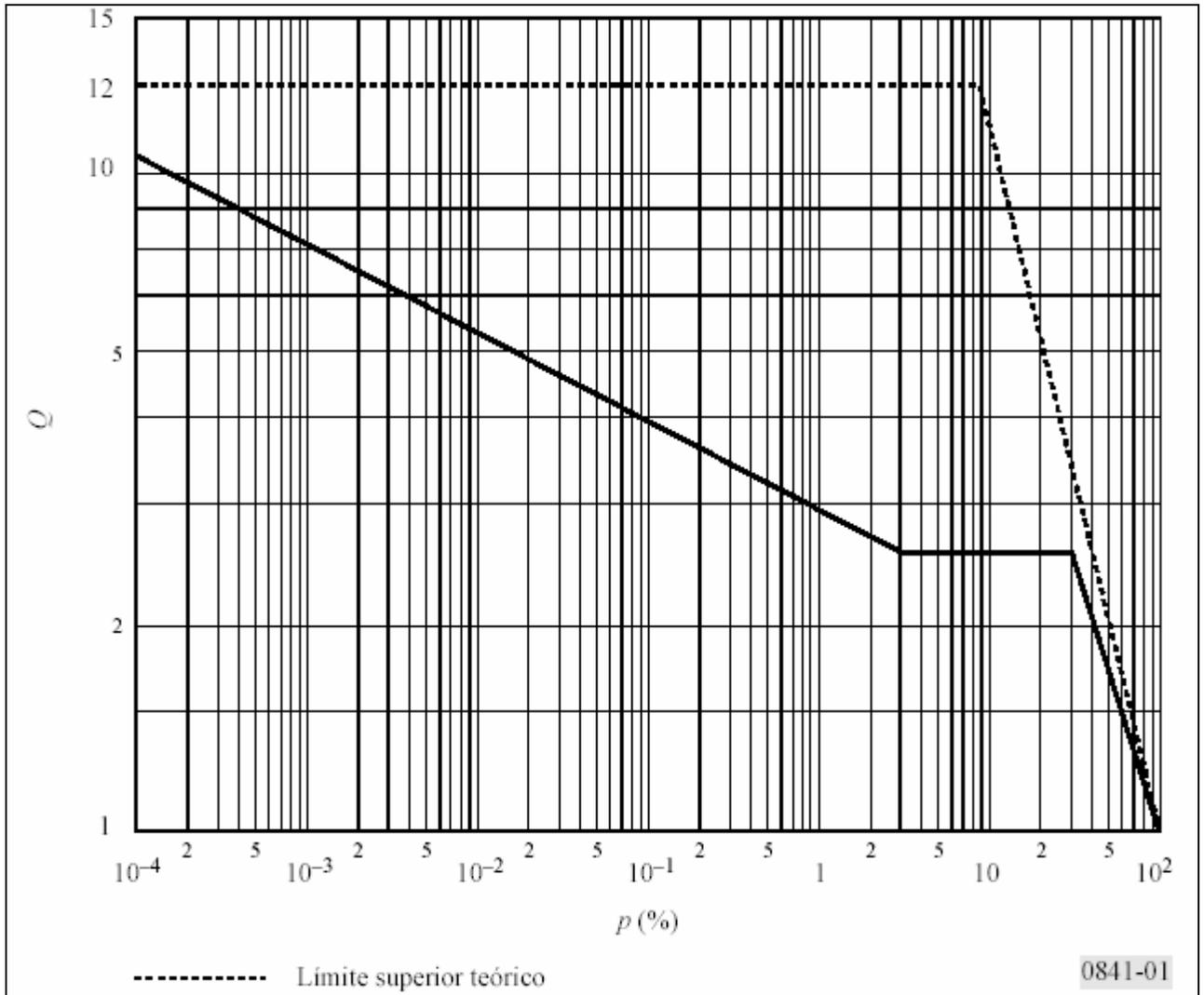
$$Q_1 = 2,85 \text{ y } \beta = 0,13$$

(véase la Figura. 1) Ello hace que la relación entre p y p_w sea:

$$p(\%) = 0.30 p_w(\%)^{1.15}$$

para $1,9 \times 10^{-4} < p_w(\%) < 7,8$

FIGURA 1
Ejemplo de dependencia de Q respecto a p (línea continua)
con valores de los parámetros $Q_1 = 2,85$ y $\beta = 0,13$



5 Para conseguir más exactitud, se utilizarán los valores de Q_1 y β del CUADRO 1 de las diferentes regiones climáticas y los diversos efectos de propagación, según proceda.

6 En el caso de los trayectos transhorizonte combinados, los valores β y Q_1 se calculan a partir de los valores para tierra y mar del CUADRO 1 mediante una interpolación lineal que utiliza como ponderación las fracciones del enlace sobre mar o tierra.

CUADRO 1
Valores de β y Q_1 para diversos efectos de propagación y emplazamientos geográficos

	Atenuación de los efectos de la lluvia-trayectos terrenales	Atenuación de los efectos de la lluvia-trayectos oblicuos	Intensidad de lluvia	Multi-trayectos	Trayectos transhorizonte (tierra)	Trayectos transhorizonte (mar)
Mundial	0,13, 2,85	0,13, 2,85	0,13, 2,85	0,13, 2,85	0,13, 2,85	0,13, 2,85
Europa Noroccidental	0,13, 3,0	0,16, 3,1		0,13, 4,0	0,18, 3,3	
Europa Noroccidental 1,3 GHz						0,11, 4,9
Europa Noroccidental 11 GHz						0,19, 3,7
Europa Mediterráneo	0,14, 2,6	0,16, 3,1				
Europa Países Nórdicos	0,15, 3,0	0,16, 3,8		0,12, 5,0		
Europa Alpina	0,15, 3,0	0,16, 3,8				
Europa Polonia	0,18, 2,6					
Europa Rusia	0,14, 3,6					
Europa Reino Unido 40 y 50 GHz		0,13, 2,54				
Congo	0,25, 1,5					
Canadá Llanura y norte	0,08, 4,3					
Canadá Costa y Grandes Lagos	0,10, 2,7					
Canadá Región Central y montañas	0,13, 3,0					
Estados Unidos de América Virginia		0,15, 2,7				

CUADRO 1 (Continuación)

	Atenuación de los efectos de la lluvia-trayectos terrenales	Atenuación de los efectos de la lluvia-trayectos oblicuos	Intensidad de lluvia	Multi-trayectos	Trayectos transhorizonte (tierra)	Trayectos transhorizonte (mar)
Australia Templada/costera			0,21, 2,25			
Australia Subtropical/costera			0,15, 3,01			
Australia Tropical/árida			0,11, 4,35			
Indonesia	0,22, 1,7					
Japón Tokio	0,20, 3,0					
Japón Yamaguchi		0,15, 4,0				
Japón Kashima		0,15, 2,7				
Corea Sur			0,12, 4,6			

