



PROYECTO FIN DE CARRERA

“Estudio de alternativas tecnológicas para enlaces de comunicaciones inalámbricas en la provincia de Cabo Delgado, Mozambique”

Universidad Pública de Navarra.
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones.
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Autor: Manuel Oihan Martirena Iruretagoyena

Tutor: Antonio Jesús López Martín

Pamplona, a de de 2010

“Lo esencial es invisible a los ojos”
ANTOINE DE SAINT ÉXUPÉRY.

Índice de contenido

Capítulo 1.- INTRODUCCIÓN:.....	5
1.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	5
1.2.- ANTECEDENTES, JUSTIFICACIÓN Y MOTIVACIÓN.....	8
1.3.- TÉRMINOS DE REFERENCIA	9
Capítulo 2.- CONTEXTO DE LA INTEVENCIÓN.....	13
2.1.- Caracterización de zona rural aislada:.....	13
2.2.- Conceptos y definiciones:	16
2.3.- Situación de Mozambique.....	20
2.4.- Aspectos culturales, sociales y organizativos:	26
2.5.- Sistema Nacional de Salud.....	29
Capítulo 3.- ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS:	40
3.1.- Procedimiento de análisis de las alternativas	40
3.2.- Requisitos:.....	41
3.3.- Variables y criterios de evaluación:	44
3.3.1.- Características técnicas	44
3.3.2.- Criterios de mercado	48
3.3.3.- Criterios de sostenibilidad.....	52
3.4.- Análisis por variables	58
3.4.1.- Wi-Fi.....	58
3.4.1.1.- Introducción:	58
3.4.1.2.- Estándares:	60
3.4.1.3.- Wifi para grandes distancias:	65
3.4.1.4.- Configuraciones	71
3.4.1.5.- Requisitos:.....	73
3.4.1.6.- Análisis por variables	76
3.4.1.7.- Análisis DAFO.....	106
3.4.2.- WiMAX.....	108
3.4.2.1.- Introducción:	108
3.4.2.2.- Estándares	109
3.4.2.3.- Requisitos:.....	112
3.4.2.5.- Conclusiones:	118
3.4.3.- Radio HF	119
3.4.3.1.- Introducción:	119
3.4.3.2.- Características del sistema actual.....	120
3.4.3.3.- Requisitos:.....	122
3.4.3.4.- Análisis por variables:.....	124
3.4.3.5.- Análisis DAFO.....	135
3.4.4.- Radio VHF	137
3.4.4.1.- Introducción:	137
3.4.4.2.- Arquitectura.....	138
3.4.4.3.- Requisitos	141
3.4.4.4.- Análisis por variables	143
3.4.4.5.- Análisis DAFO.....	153
3.4.5.- GSM/GPRS	155
3.4.5.1.- Introducción	155

3.4.5.2.- Características	156
3.4.5.3.- GSM/GPRS en Cabo Delgado	160
3.4.5.4.- Servicios y costes	163
3.4.5.5.- Requisitos	165
3.4.5.6.- Análisis por variables	167
3.4.5.7.- Analisis DAFO	176
3.4.6.- VSAT	178
3.4.6.1.- Introducción	178
3.4.6.2.- Descripción del sistema.....	179
3.4.6.4.- Servicios en Mozambique	182
3.4.6.5.- Requisitos	183
3.4.6.6.- Análisis por variables	186
3.4.5.7.- Análisis DAFO	195
Capítulo 4.- DISEÑO DE REDES DE COMUNICACIONES PARA CABO DELGADO	197
4.1.- Introducción	197
4.2.- Metodología de diseño	197
4.3.- Tecnologías:	213
4.4.- Redes de comunicaciones:	216
4.5.- Redes Wi-Fi	221
4.5.2.- Red Troncal	223
4.5.3.- Microrredes distritales.....	231
4.6.- Redes VHF	240
4.6.2.- Red Troncal	242
4.6.3.- Microrredes distritales.....	246
Capítulo 5.- ESTUDIO DE MERCADO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS	253
5.1.- Introducción	253
5.2.- Análisis de proveedores	254
5.3.- Selección de Equipos	264
5.3.1.- Selección de Equipos Wi-Fi.....	264
5.3.2.- Selección de Equipos VHF	274
5.4.- Estudio de precios	282
5.4.1.- Precios equipamiento Wi-Fi.....	283
5.4.2.- Precios equipamiento VHF	284
Capítulo 6.- PROPUESTAS DE MICRORREDES DISTRITALES	285
Propuesta 1: Microrred Wi-Fi distrito de Ancuabe	291
Propuesta 2: Microrred Wi-Fi distrito de Balama	297
Propuesta 3: Microrred VHF Ancuabe.....	302
Propuesta 4: microrred VHF distrito de Balama	307
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y LÍNEAS FUTURAS.....	312
GLOSARIO	329
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	330
ANEXO I – ENLACES PILOTO.....	362
ANEXO II - PROPUESTA ECONÓMICA DE MICRORRED DISTRITAL WI-FI EN EL DISTRITO DE ANCUABE	363

Capítulo 1.- INTRODUCCION

1.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Las tecnologías inalámbricas son, potencialmente, una solución apropiada para hacer frente a las problemáticas de comunicación en zonas rurales aisladas. Esto se debe a que con una inversión en infraestructuras muy por debajo de la que requieren las tecnologías tradicionales basadas en un soporte físico, pueden facilitar el acceso a la información y la comunicación a grupos y comunidades de regiones empobrecidas, recursos muy limitados y difícil acceso.

El Proyecto Final de Carrera “Estudio de alternativas tecnológicas para redes de comunicaciones inalámbricas en la provincia de Cabo Delgado, Mozambique”, tiene como objetivo principal estudiar desde distintas perspectivas las tecnologías más viables para una mejora de la red de comunicaciones y del Sistema de Información de Salud del Sistema Público de Salud de la provincia de Cabo Delgado, en Mozambique. Al mismo tiempo, pretende analizar las diferentes problemáticas asociadas al cambio tecnológico, plantear soluciones y recoger la información más relevante que pueda servir de referencia para una posible intervención en esta línea, adaptando los conocimientos y la experiencia desarrollados por distintas iniciativas durante años a un nuevo escenario, y profundizando en la investigación de nuevas soluciones para la problemática de las telecomunicaciones de bajo coste en entornos rurales aislados.

El ámbito de aplicación previsto para estas tecnologías esta caracterizado por una serie de factores diferenciales que van a condicionar el análisis: En primer lugar se trata de un país en desarrollo, con una fuerte dependencia de las donaciones de los organismos internacionales de cooperación y deficiencias importantes en cuanto a recursos económicos, infraestructuras, capacidades y mercado de equipos y componentes. En segundo lugar, hay que destacar que gran parte de la red se implementará en zonas rurales aisladas, de difícil acceso y con grandes carencias en cuanto a servicios básicos. Finalmente será preciso tener en cuenta la dimensión sociopolítica, cultural y ecológica de la región de actuación y de los grupos beneficiarios de la misma, por lo que se tendrán que definir las tecnologías que serán consideradas apropiadas en este contexto. Sin perder de vista estas consideraciones el estudio se desarrolla de la siguiente manera.

El capítulo introductorio presente consta de una resumida descripción del proyecto, centrándose en los antecedentes, motivación y justificación del estudio e incluyendo sus Términos de Referencia.

En el segundo capítulo del estudio se describen las características más relevantes del contexto de la intervención, con lo que se pretende proporcionar al lector la información básica para que el contenido de los capítulos posteriores quede referenciado a una realidad concreta, compleja y multidimensional y se pongan en esta perspectiva los diferentes planteamientos de los que consta el estudio. Se presenta con una breve aproximación histórica, política, social y económica de la realidad de la región donde se ejecuta el proyecto. Incluye la caracterización de Zona Rural Aislada y se mencionan los rasgos más importantes de la Legislación en Telecomunicaciones en Mozambique. Finalmente se describen las características del Sistema Público de Salud de Cabo Delgado imprescindibles para comprender la naturaleza y el alcance del proyecto.

El capítulo tercero constituye el núcleo teórico del estudio con un análisis multivariable que compara – en tres dimensiones: técnica, económica y de sostenibilidad - las características de las distintas tecnologías de comunicaciones inalámbricas susceptibles de ser utilizadas para dar solución a la problemática de la Dirección Provincial de Salud (en adelante DPS). Las tecnologías bajo estudio son Wi-Fi, WiMAX, Radio HF, Radio VHF, soluciones basadas en GSM/GPRS y enlaces satelitales VSAT, por ser las que cumplen una serie de requisitos previos también expuestos en el capítulo. El objetivo de esta sección que, aunque de base teórica, contiene información tanto de experiencias anteriores como de la realidad de la región, es el de discriminar, justificando su pertinencia, las mejores opciones a la hora de diseñar un sistema de comunicaciones inalámbricas que dé solución a las necesidades de comunicaciones de voz y datos entre las distintas Instituciones de Salud.

En el cuarto capítulo se muestran los diseños realizados para las alternativas de redes de comunicaciones basadas en las tecnologías preseleccionadas, en dos niveles diferentes. En primer lugar, el diseño de una red troncal que uniría las Sedes Distritales de Salud, Mujer y Acción Social (en adelante SDSMAS). En segundo lugar, se muestran los diseños realizados para ocho Microrredes Distritales que comunicarían los Centros de Salud Rurales (CSR) de cada distrito con sus respectivas Instituciones de Salud de referencia y la SDSMAS, con el fin de evaluar la posibilidad de una primera fase de implantación de la tecnología en uno de los cuatro distritos a estudio y en una de las dos tecnologías

preseleccionadas. Este capítulo además pretende servir de guía para el diseño de redes de estas características, por lo que se describe la metodología seguida, la herramienta de simulación, los parámetros y variables empleados y los datos sobre los que se basan los diseños, así como una serie de recomendaciones útiles.

El capítulo quinto recoge los resultados de varios meses de investigación mediante entrevistas, consultas, solicitud de presupuestos y la experiencia sobre el terreno. Así se logra un documento que resume información actualizada y de primera mano sobre las características y precios de mercado de los principales proveedores de equipos y servicios de telecomunicaciones en el mercado local/accesible, las vías de distribución habituales y los costes asociados a las mismas. Al mismo tiempo, constituye una selección completa de los equipos recomendados para llevar a cabo la implementación de las redes diseñadas en ambas tecnologías, de forma que se hace posible evaluar las ventajas y desventajas de ambos sistemas también en la dimensión económica, basando ésta en datos concretos y así presupuestar la implementación de las diferentes alternativas.

A partir de los resultados de las fases anteriores del estudio, y teniendo en cuenta la evaluación de varios enlaces piloto implementados con el fin de caracterizar el impacto, mejora y pertinencia de las tecnologías preseleccionadas, se han elaborado cuatro propuestas alternativas de Microrredes Distritales para las comunicaciones de voz y datos entre los CSR, su Institución de Salud de Referencia en el distrito y la SDSMAS correspondiente. Estas cuatro propuestas se presentan junto con la estimación de los costes de implementación, operación y mantenimiento de estas Microrredes, de forma que se pueda valorar la mejor opción con una base cuantitativa, bien documentada y justificada.

Finalmente, se recogen las principales conclusiones del estudio, una serie de recomendaciones útiles a la hora de planificar y ejecutar cualquier intervención en el área de las comunicaciones inalámbricas en Cabo Delgado y las propuestas de líneas de trabajo futuras estimadas como más interesantes.

1.2.- ANTECEDENTES, JUSTIFICACIÓN Y MOTIVACIÓN

Las TIC y los Objetivos del Milenio:

En palabras de las Naciones Unidas, las TIC tienen un papel muy importante que jugar en la consecución de los 8 objetivos de desarrollo recogidos dentro de la Declaración del Milenio (Nueva York, 2000). Las Tecnologías de la Información y la Comunicación utilizadas como herramienta al servicio del desarrollo humano pueden generar las condiciones necesarias para que en las sociedades más desfavorecidas se produzca un acceso efectivo a la información y a las comunicaciones como un factor fundamental de desarrollo para la consecución de los objetivos del milenio (Fuente: *Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para el Desarrollo*, Universidad Oberta de Catalunya). En particular en el caso del Proyecto Fin de Carrera que aquí se presenta, revisten especial interés los objetivos cuarto, quinto y sexto, que pretenden, respectivamente, reducir la mortalidad infantil, mejorar la salud materna y combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades.

Este PFC y el programa en su conjunto, van dirigidos a mejorar el acceso a los servicios básicos en las unidades de atención sanitaria primaria que se encuentran en zonas rurales aisladas de la provincia de Cabo Delgado (Mozambique).

Convenio de cooperación AECID – ISF-ApD:

El presente PFC se encuadra dentro del convenio de Cooperación al Desarrollo 06-C01-034 de la Agencia Española de Cooperación Internacional y Desarrollo (AECID) “Mejora de las condiciones de salud a través del fomento de las infraestructuras y el equipamiento tecnológico para la provisión sostenible de servicios básicos a los Centros de Salud de Cabo Delgado, Mozambique.” que ejecuta Ingeniería Sin Fronteras – Asociación para el Desarrollo (ISF–ApD) desde el año 2007 con un presupuesto de 4.800.000 euros y una proyección a 4 años.

Dentro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, este programa pretende dotar de acceso a los servicios de agua, saneamiento, energía y comunicaciones a 16 Centros de Salud rurales del Sistema Público de Salud de Mozambique, así como mejorar el Sistema de Información Sanitaria y crear un Sistema de Mantenimiento centralizado y eficaz de las

infraestructuras de salud de la provincia de Cabo Delgado. Además dentro del programa se proyecta la formación y sensibilización de los distintos agentes implicados de uno u otro modo en el desarrollo del sistema sanitario de la región. La contraparte principal de este programa es la Dirección Provincial de Salud (DPS) de la provincia de Cabo Delgado, dependiente del Ministerio de Salud de Mozambique (MISAU).

ISF-ApD es una Organización No Gubernamental de Desarrollo (ONGD), cualificada en el sector Tecnología por la AECID, que trabaja desde 1991 con la finalidad de promover el Acceso Universal a los Servicios Básicos en todo el mundo, haciendo especial hincapié en la Tecnología al servicio del Desarrollo Humano y la Educación para el Desarrollo como herramientas clave para conseguir este objetivo. Desde 1996 ISF-ApD investiga sistemas de comunicación de bajo coste apropiados para mejorar los servicios de atención sanitaria primaria en zonas rurales aisladas de los países empobrecidos, el resultado más notable en este campo es el trabajo que lleva a cabo con la Fundación EHAS (Enlace Hispano Americano de Salud) con proyectos en Perú, Ecuador, Colombia, Nicaragua y Cuba de similares características al que aquí se presenta.

1.3.- TÉRMINOS DE REFERENCIA

Ámbito del estudio:

Como estudio, este trabajo está circunscrito a un programa de Cooperación al Desarrollo que ejecuta la ONGD Ingeniería Sin Fronteras – Asociación para el Desarrollo (ISF-ApD), por lo que las actividades y entregables que lo componen se rigen por los criterios, normas y metodología de trabajo de esta organización, quedando integrada la actividad del autor a una línea de trabajo de dicho programa. La planificación, coordinación y evaluación del estudio se ha realizado por lo tanto dentro de los parámetros habituales del funcionamiento del equipo de trabajo.

Como Proyecto Fin de Carrera, este estudio representa el último trabajo de un estudiante de Ingeniería de Telecomunicación dentro del ámbito de sus estudios en esta titulación, por lo que está dirigido por un tutor académico de la ETSIIT de la Universidad Pública de Navarra. La validez y calidad del estudio deben ser evaluadas por un tribunal ante el cual el alumno lo defiende.

Parte de este estudio se ha realizado sobre el terreno durante cinco meses, en Pemba, capital de la provincia de Cabo Delgado (Mozambique), donde se ha recabado la mayor parte de la información que compone este documento y se han llevado a cabo parte de las actividades del estudio. En todo momento el trabajo se ha coordinado desde la sede en Pemba (Cabo Delgado, Mozambique) desde la cual ISF – ApD ejecuta el programa.

Responsables y organización del trabajo:

Las actividades del autor en Mozambique han sido coordinadas por la Coordinadora de la línea de TICs del programa, mediante reuniones semanales y planificación conjunta de las actividades, con el apoyo de los otros integrantes del equipo de trabajo.

El Coordinador de TICs de ISF-ApD y tutor del PFC dentro de la ONGD junto con el Coordinador del Programa de ISF-ApD en Cabo Delgado y responsable en última instancia, han definido la estrategia a seguir y evaluado periódicamente el trabajo.

En el ámbito académico, el Tutor ha realizado el seguimiento del trabajo mediante tutorías y consultas periódicas.

Objetivos:

Objetivo de desarrollo

El objetivo principal u objetivo de desarrollo de este estudio, se identifica con el de la línea de trabajo del programa a la cual pertenece, y es el de mejorar las condiciones de trabajo del personal de salud del Sistema Público de Salud de Cabo Delgado a través de soluciones de comunicación apropiadas.

Objetivos específicos

Los objetivos específicos son:

- Realizar un estudio en profundidad que permita seleccionar en base a argumentos sólidos y debidamente justificados las soluciones tecnológicas más apropiadas para una mejora del Sistema de Información de Salud en términos de calidad, integridad y oportunidad de la información por medio del aprovisionamiento de una infraestructura de telecomunicaciones.

- Diseñar y presupuestar las alternativas más susceptibles de ser consideradas para el despliegue de dicha infraestructura.
- Evaluar la viabilidad de las soluciones propuestas en términos técnicos, económicos y de sostenibilidad.

Resultados

El resultado final del trabajo es la realización del “Estudio de alternativas tecnológicas para enlaces de comunicaciones inalámbricas en la provincia de Cabo Delgado”, que necesariamente se forma a partir de los distintos documentos o entregables generados durante el proceso de estudio y que, debidamente compilados, componen el estudio en sí. Se trata de los siguientes documentos, ya descritos en la introducción dado que componen cada uno de los capítulos del presente estudio:

- **Análisis teórico de alternativas tecnológicas**, que permitiera realizar de manera suficientemente justificada la preselección de una o varias tecnologías más apropiadas.
- **Diseño de una red troncal y microrredes distritales** en cada una de las tecnologías preseleccionadas.
- **Selección de equipos y estudio de mercado.**
- **Propuestas de redes de comunicaciones**, incluyendo diseño, equipos y presupuestos, para el despliegue de una microrred piloto en un distrito seleccionado.

Un segundo resultado del estudio, fruto de una de las actividades realizadas para discriminar y evaluar la pertinencia de las tecnologías preseleccionadas, es la realización del diseño, implementación, prueba y evaluación de dos enlaces piloto demostrativos cuya documentación puede consultarse en el Anexo I.

Metodología

La metodología propuesta para alcanzar los anteriores resultados ha consistido en una planificación del trabajo según el Enfoque de Marco Lógico, de forma que el estudio se

ha integrado como una actividad dentro de la Línea 3 de la Matriz de Planificación del programa que ejecuta ISF-ApD en Cabo Delgado.

Una vez redactados los términos de referencia del estudio y realizada la planificación, se han acometido las diferentes actividades que conforman el estudio, realizando la mayor parte de ellas durante los 5 primeros meses desde las dependencias de la ONGD en Pemba (Cabo Delgado), principalmente todo el proceso de recogida de información y establecimiento de contactos con los principales agentes implicados en el proyecto, así como el diseño, implementación y evaluación de dos enlaces piloto.

El posterior procesado de los datos recopilados, el desarrollo de los diseños y propuestas de alternativas, así como la redacción del presente documento, se han llevado a cabo durante los meses posteriores al regreso del estudiante a la Universidad Pública de Navarra.

Capítulo 2.- Contexto de la intervención

Antes de seguir adelante, conviene detenerse a estudiar una serie de factores que, si bien no van a ser considerados en el posterior análisis por variables, bien pueden afectar al desarrollo de la intervención y condicionar seriamente la sostenibilidad del proyecto. Dado que pueden derivar en riesgos, deben ser tenidos en cuenta a la hora de optar por una u otra tecnología. Se pretende con ello estudiar y evaluar estos posibles riesgos y proponer estrategias para minimizarlos.

Los factores más relevantes a tener en cuenta antes de plantear cualquier tipo de intervención pueden clasificarse de la siguiente manera: en primer lugar, aquellos resultantes de intervenir en una zona rural aislada, debido a la realidad de la propia zona. También se introducen una serie de conceptos relevantes en cualquier proyecto de desarrollo en países empobrecidos. Después se estudiarán a grandes rasgos características más específicas de Mozambique, y más concretamente de la provincia de Cabo Delgado, como son los aspectos socioculturales y organizativos, haciendo especial hincapié en el grupo social directamente beneficiario de este proyecto. Finalmente, será interesante conocer la legislación y el marco regulador en lo que respecta al sector de las telecomunicaciones.

2.1.- Caracterización de zona rural aislada:

Las zonas rurales aisladas, y en particular aquellas en los países empobrecidos presentan una serie de rasgos característicos que hacen de la suya una problemática particular. Aquí se pretenden mencionar las facetas de esta problemática que presumiblemente pueden afectar en mayor medida en una intervención de cambio tecnológico dentro del contexto de las TIC.

Actualmente, cerca de la mitad de la población mundial vive en zonas rurales aisladas de países empobrecidos, en la mayoría de los casos en un marco de carencias graves en el aprovisionamiento de servicios básicos. Esta situación se ve agravada por la ausencia prácticamente total de infraestructuras de comunicación y acceso a la información que, en algunos casos se puede considerar un servicio básico, y en todos es un vector de gran importancia para el desarrollo humano, motivo por el cual la pretensión de proporcionar a

estas zonas conectividad a redes de voz y datos es cada vez más una prioridad de los agentes internacionales de desarrollo.

Las principales implicaciones de una intervención de este tipo en un contexto de zona rural aislada podrían resumirse de la siguiente forma:

- ***Ausencia prácticamente total de infraestructuras de comunicaciones***, tanto de redes de telefonía fija y móvil, acceso a Internet y otras redes de datos, como de los más básicos equipos informáticos y terminales, lo cual dificulta enormemente cualquier mejora al implicar necesariamente el despliegue de una infraestructura propia de comunicaciones y la adquisición de todo el equipamiento, con los costes y complicaciones asociados a ello.
- ***Ausencia de una infraestructura de electrificación fiable*** y que garantice unos mínimos de calidad en el servicio. Aunque habitualmente esta infraestructura no existe, cuando la hay suelen ser sistemas antiguos en los que las averías y cortes en el suministro son frecuentes y que muchas veces dependen de la provisión de carburante. Las principales consecuencias de ello son que cualquier tecnología que se introduzca tiene que ser necesariamente de muy bajo consumo y, generalmente, la necesidad de implementar conjuntamente sistemas de alimentación eléctrica autónomos.
- ***Ausencia o deficiencia de las vías de acceso***. La situación de aislamiento es aun mayor cuando, en la mayoría de los casos, no se cuenta con vías de acceso apropiadas (caminos no transitables con vehículos, carreteras sin asfaltar, ausencia de puertos o aeropuertos) que permitan el transporte eficaz de bienes y personas, lo que dificulta y encarece el despliegue y mantenimiento de redes de comunicaciones.
- ***La población es pobre y dispersa***, y a menudo no se basa en una economía de carácter monetario, por lo que no existen personas o grupos sociales capaces de promover y afrontar los costes de instalar, mantener u operar una red de comunicaciones.
- Los ***gobiernos e instituciones de los países empobrecidos están enormemente endeudadas*** o funcionan con recursos de los agentes internacionales, por lo que

habitualmente tampoco disponen de los recursos, capacidades y voluntad necesarios para introducir mejoras sustanciales en los sistemas de comunicación de las zonas rurales más aisladas. Priorizan habitualmente inversiones productivas o aquellas condicionadas por las ayudas o préstamos recibidos, antes que mejorar la calidad de los precarios servicios básicos públicos. También influye en ello el hecho de que las comunidades que habitan en estas zonas no son decisivas ni en la recaudación de impuestos ni en la elección de sus gobernantes.

Las limitaciones impuestas por estas dos últimas circunstancias hacen necesario que al plantear un cambio tecnológico en este contexto, la solución adoptada debe ser extremadamente económica en el despliegue, pero particularmente en su mantenimiento y operación, descartando muchas veces la contratación de servicios de operadoras e incluso en ocasiones las redes de radio en bandas de frecuencia licenciadas.

- Las carencias en formación y educación también tienen consecuencias importantes a la hora de llegar a una solución apropiada para estos contextos. Por una parte, el nivel de cualificación de los usuarios del sistema es muy bajo, a lo que hay que añadir una alfabetización muy limitada, por lo se deben considerar principalmente tecnologías muy robustas y sencillas de utilizar. Además, si se quiere garantizar su sostenibilidad, los sistemas tienen que requerir poco o ningún mantenimiento ya que los técnicos capacitados para realizarlo van a tener frecuentemente complicaciones para acceder hasta los equipos y además va a resultar caro y difícil atraerlos para que asuman la responsabilidad del mantenimiento de la red, ya que para las personas más cualificadas, significa poco menos que el exilio profesional trabajar en zonas rurales aisladas.
- Otro motivo más por el que la tecnología seleccionada debe ser especialmente robusta y requerir poco mantenimiento es que al no existir un mercado de bienes y servicios tecnológicos desarrollado, los componentes y equipos que deban ser reemplazados, deberán ser adquiridos a cientos de kilómetros y en ocasiones en terceros países, por lo que su sustitución puede tardar desde semanas a meses, o incluso no tener lugar, dejando inutilizado el sistema. Por lo que además de tener una vida útil elevada, los equipos deben ser accesibles, logística y económicamente, con el objeto de garantizar la sostenibilidad del sistema.

2.2.- Conceptos y definiciones:

Por tratarse de un proyecto en el área de la Cooperación al Desarrollo, se considera oportuno introducir aquí una serie de términos y conceptos ligados a proyectos de estas características que contextualicen el contenido de los capítulos siguientes. Estos van a ser algunos de los términos y conceptos más significativos tenidos en cuenta a la hora de realizar este proyecto:

Tecnología apropiada:

Una tecnología puede considerarse apropiada si de su aplicación en un entorno y una situación concreta resulta un beneficio para la comunidad afectada. En general una tecnología apropiada debe presentar un equilibrio entre cualidades técnicas, viabilidad económica y capacidad de adaptarse al medio específico en el que han de emplearse, entendiendo éste último como un contexto con tres dimensiones: la social, la cultural y la ecológica. Se encuentran las tecnologías apropiadas en la intersección entre las tecnologías disponibles, aquellas que favorecen un desarrollo sostenible y las que permiten un desarrollo endógeno:

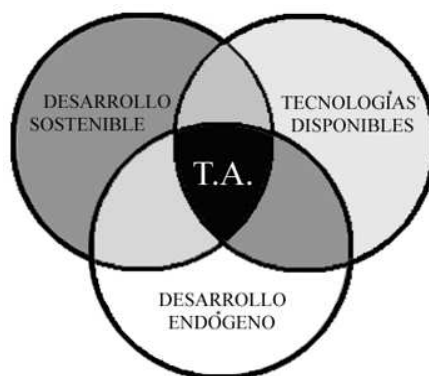


Figura 1.1.- Tecnologías apropiadas

No es suficiente diseñar una red de comunicaciones inalámbricas que funcione de manera eficiente, esta red tiene que responder a las necesidades reales de comunicación de los usuarios a los que está destinada. Pero también hay que tener en cuenta aspectos externos a la dimensión técnica del mismo y que reflejan la realidad de la región a la que se va a aplicar la tecnología. Hay aspectos sociales y culturales importantes que van a afectar a la viabilidad de este proyecto, ya que se trata de una de las regiones más empobrecidas de África Austral, con problemáticas y carencias muy graves en temas de salud, educación y

acceso a los servicios básicos, y con estructuras y roles sociales diferentes a los referentes occidentales. Además hay que utilizar tecnologías que resistan las condiciones climáticas del trópico, que requieran poco mantenimiento y de las cuales exista un suministro de repuestos accesible y de bajo coste. También debe existir personal técnico capacitado para realizar el mantenimiento y las reparaciones. Por lo tanto no pueden tenerse en cuenta únicamente los factores económicos y funcionales del PFC, hay que situarlo en su contexto.

Sostenibilidad:

Es la capacidad de generar cambios positivos reales y duraderos, de forma que los resultados del proyecto se prolonguen en el tiempo una vez que la ayuda externa haya desaparecido. Es otro de las características principales de este tipo de proyectos. Hace tiempo que se ha comprobado que limitarse a una mera transferencia de recursos técnicos a las comunidades beneficiarias de un proyecto de cooperación es netamente ineficaz. Resulta, por lo tanto, imprescindible para el éxito a largo plazo del proyecto adoptar soluciones que vayan más allá de lo técnico, basadas en tecnologías apropiadas y que promuevan el desarrollo endógeno de las comunidades afectadas.

Desarrollo endógeno:

Es el proceso por el cual los beneficiarios son capaces de adoptar como propio el proyecto y generar una dinámica de participación y empoderamiento del mismo, es decir, que los actores implicados (administraciones, comunidades, organizaciones e individuos) sean capaces de asumir responsabilidades y compromisos, tomar decisiones y generar procesos de cambio, de forma que se produzca una autonomía efectiva con respecto a las organizaciones externas, para que una vez finalizada la intervención los beneficios de la misma se mantengan y evolucionen de forma sostenible. Para que este proceso se dé de una forma positiva, es imprescindible enfocar el proyecto desde el respeto a la cultura y las tradiciones de los receptores del mismo.

Bajo coste:

Uno de los puntos clave de este proyecto va a ser el de investigar las soluciones tecnológicas que con un coste menor respondan de manera efectiva a las necesidades de comunicación de los beneficiarios. Debe quedar claro que este término no hace referencia únicamente a “equipos baratos”, sino al diseño de un sistema de comunicaciones sostenible

con una inversión y unos costes de utilización y mantenimiento mínimos. En el cómputo de costes debe tenerse en cuenta también el pago de licencias por la utilización del espectro radioeléctrico (siendo prioritarias aquellas bandas frecuenciales exentas de pago), el pago por licencias de software (primando el software libre como solución más probable), los costes por el Servicio de Acceso a Internet (intentando optimizar el acceso para reducirlos), la utilización de equipos duraderos y que requieran poco mantenimiento y la disponibilidad de recambios y personal técnico cualificado.

Escalabilidad:

Es importante tener presente en todo momento la posibilidad de extrapolar algunos de los resultados de este proyecto a otras provincias de Mozambique o a otras regiones geográficas con problemáticas y condiciones similares. De forma que el proyecto sea, adaptándose las distintas realidades y necesidades, si no replicable, al menos sí aplicable en parte a nuevos proyectos de similares características, para de este modo facilitar que las comunicaciones inalámbricas de bajo coste puedan beneficiar a otras comunidades en el futuro.

Proyecto orientado a objetivos:

Una planificación basada en el Enfoque de Marco Lógico debe definir, en colaboración con los distintos actores implicados, el objetivo global (mejorar las condiciones de trabajo del personal de salud de los Centros de Salud) y los objetivos específicos (satisfacer las necesidades de comunicación del personal de salud) del proyecto/programa, y la consecución de estos objetivos bien definidos debe ser suficiente para afrontar y solucionar las problemáticas identificadas. La prioridad de estos objetivos es lo que diferencia un proyecto orientado a objetivos de uno orientado a infraestructuras.

Coordinación institucional:

Otro de los factores que puede resultar clave para el éxito de este proyecto es una adecuada coordinación con la contraparte principal en Mozambique en virtud de los acuerdos de cooperación alcanzados con el Ministerio de Salud (MISAU): La dirección Provincial de Salud de Cabo Delgado. De su implicación y asunción de iniciativas y responsabilidades, así como de una correcta coordinación de medios y objetivos, puede

resultar el éxito o el fracaso del proyecto. Esta coordinación debe darse a distintos niveles, en función de la responsabilidad de cada grupo dentro de la DPS y que se describe con mayor detalle en este mismo capítulo.

- **Administrativos** tanto de la DPS como de las diferentes SDSMAS, que son responsables de la planificación y gestión de los recursos necesarios para garantizar dicha sostenibilidad, y que por tanto deben estar implicados en el proceso de toma de decisiones.
- **Técnicos del Sistema de Información de Salud (SIS)** que son los principales beneficiarios al contar con nuevas herramientas para la gestión de la información y la elaboración de estadísticas que supondrán una mejora sustancial en términos de oportunidad, integridad y calidad de la información, y que no sólo deben formarse en el uso de estas herramientas, sino también apropiarse de ellas y dotarlas de nuevas funcionalidades.
- **Técnicos del Servicio Provincial de Mantenimiento (SPM)** que son los responsables de mantener y reparar el sistema basado en una nueva tecnología, así como de su desarrollo futuro. Es en particular importancia el Técnico Informático de esta institución, que debe conocer el sistema y percibir sus ventajas.
- **Usuarios finales** que en las US rurales periféricas son los responsables de la recogida y transmisión de la información y que además estarán en la posibilidad de podrán utilizar el nuevo sistema de comunicaciones de voz para la gestión de emergencias, recibir formación, consultas médicas,... etc.

Ciclo de vida:

Hay que entender que el presente proyecto se encuadra dentro de un programa de 4 años que ejecuta ISF-ApD en Mozambique, que se compone de cinco líneas diferenciadas de trabajo, que son interdependientes entre sí y que los resultados y plazos del presente proyecto pueden afectar y ser afectadas por el resto de actividades. Por lo tanto, a la hora de planificar, diseñar, ejecutar, realizar el seguimiento y evaluar, es importante tener en cuenta las diferentes fases en que se encuentran el resto de líneas del programa así como el lugar que ocupan el resto de actividades dentro del Enfoque de Marco Lógico y la Matriz de

Planificación de Proyectos en el programa general. Es decir, el ciclo de vida, además de no terminar con este proyecto, va a estar condicionado y va a condicionar a otros proyectos.

2.3.- SITUACIÓN DE MOZAMBIQUE

Una vez introducidos los principales conceptos que caracterizan cualquier proyecto de Cooperación al Desarrollo ejecutado en zonas rurales de los países empobrecidos, se pretende particularizar estos conceptos al caso de la provincia de Cabo Delgado, en Mozambique. Se mencionarán en este apartado los aspectos más relevantes que describen la situación del país a distintos niveles, comentando las implicaciones de dicha situación que pueden llegar a afectar al proceso de cambio tecnológico y posterior sostenibilidad del proyecto.

Contexto geográfico:

Mozambique se encuentra en África Austral, al sureste del continente, con un total de 4.571 km de fronteras terrestres con los estados de Sudáfrica, Tanzania, Zambia, Zimbabwe, Malawi y Swazilandia. Además tiene 2.470 km de costa bañada por el Océano Índico. La capital, Maputo, se halla al sur, próxima a la frontera con Sudáfrica, por lo que las comunicaciones y el nivel de desarrollo de esta ciudad son considerablemente mejores que las del resto del país, por otra parte aislado de las principales vías de comunicación y rutas comerciales internacionales por mar, tierra y aire.



La mayor parte de la superficie del país está conformada por una planicie costera de aproximadamente 230 metros de elevación, con relieves poco pronunciados, salvando algunas mesetas en el noroeste y montañas en el oeste. El clima es tropical en el norte y subtropical en el sur con temperaturas medias elevadas y lluvias monzónicas de Noviembre a Marzo. Es habitual que en esta época se paralice gran parte de la actividad en las zonas más aisladas y muchas de las principales infraestructuras queden dañadas por inundaciones y corrimientos de tierra.

Por una parte estas características implican que el mercado de bienes y servicios accesible se encuentra bastante limitado con respecto a Europa, aunque en Sudáfrica pueden encontrarse prácticamente los mismos equipos que en cualquier país europeo. Será por tanto posible adquirirlos aunque con el aumento de los costes y plazos y las dificultades de suministro asociadas a su transporte. Por otra parte, la climatología de la región hace necesario plantear la solución tecnológica en términos de alta resistencia al factor meteorológico, amplio rango temperatura de funcionamiento, resistencia a vientos muy fuertes y previsión de una presencia importante de hidrometeoros durante la estación de lluvias.

La provincia de Cabo Delgado, al norte del país y a más de 2.000 km de distancia de la capital, se encuentra doblemente aislada, debido al mal estado de las vías de comunicación del país. Por tierra: se tardan hasta cuatro días por carretera entre Maputo y Pemba, la capital de la provincia. Por mar: un barco con productos de Sudáfrica llega una vez por semana. Sin embargo por aire, existen vuelos diarios entre Maputo y Pemba con escalas en las principales ciudades del país: Inhambane, Beira, Quelimane y Nampula, y varios vuelos semanales que enlazan Pemba con la capital de Tanzania, Dar-el-Salaam. La superficie de Cabo Delgado es bastante regular, con perfiles poco montañosos, lo que facilita la implementación de tecnologías inalámbricas de comunicaciones, aunque salpicados por Insenbergs (grandes formaciones de roca) que en ocasiones pueden no aparecer en los datos digitales de elevación del terreno, dificultando las tareas de diseño.

Demografía y economía:

El 63% de sus casi 22 millones de habitantes (aunque los censos de la población resultan poco fiables) viven dispersos en pequeñas comunidades en las zonas rurales del país, siendo la base de su economía la agricultura de subsistencia. Sin embargo apenas un 5,43% de la superficie del país se considera zona cultivable, la mayor parte de la cual se halla en los márgenes del río Zambeze, principal vía fluvial de Mozambique. Se estima que el 80% de la población vive de la agricultura de subsistencia. Los principales productos de la agricultura son: los frutos secos, té, azúcar, sisal, maíz, algodón, copra, semillas oleaginosas y algunos cítricos. La industria forestal está aumentando su peso en la economía nacional.

La pesca es de gran importancia tanto desde el punto de vista de su consumo interno como destinada a la exportación. Entre los productos de la industria manufacturera destacan las comidas procesadas, tejidos, bebidas, cemento y fertilizantes. Las explotaciones mineras producen carbón, sal, bauxita, piedras preciosas y mármol. Además, el gas natural es un importante producto de la exportación hacia Sudáfrica. Recientemente se han hallado yacimientos petrolíferos en el norte del país, por lo que empresas extractivas ya han comenzado su actividad en Cabo Delgado, suponiendo un rápido aunque marginal desarrollo de infraestructuras de comunicación.

Los principales socios comerciales de Mozambique son Sudáfrica, EEUU, Portugal y países asiáticos como China e India. La balanza comercial de Mozambique es negativa con una deuda externa (3.265 millones de USD) equiparable a sus importaciones anuales (3.210 millones de USD). El PIB es de 17.019 millones de USD, que se corresponde un PIB por habitante de apenas 830 USD. Los altos índices de crecimiento de la economía mozambicana de cerca del 7% anual, se contrarrestan con una inflación aun mayor (7,9%) lo que deriva en ocasiones en grandes crisis alimentarias.

En 1999, Mozambique se benefició de una importante condonación de su deuda externa pero las inundaciones del año 2000 echaron por tierra el inicio de un prometedor aunque incipiente desarrollo y se paralizó un crecimiento económico que estaba siendo un ejemplo en la región. En 2002, tuvo nuevamente que recurrir a la ayuda internacional para cubrir algunas necesidades básicas en la alimentación de gran parte de la población.

Situación socioeconómica:

El Índice de Desarrollo Humano es el indicador más utilizado para medir el grado de desarrollo alcanzado por un país en base a criterios de demografía, economía, acceso a los servicios básicos, etc. Mozambique se halla actualmente en el puesto 168 de 177 países, habiendo subido en los últimos años desde el puesto 173, por lo que la situación desarrollo humano en el país es grave pero la tendencia es a una mejora relativa. De todos modos este índice absoluto no tiene en cuenta particularidades de regiones o grupos sociales dentro de un país. La situación de Cabo Delgado, por ejemplo, es bastante peor a la media del país.

En general la población mozambicana vive en una situación de pobreza generalizada, con más del 70 % de la población viviendo con menos de 1 dólar al día. La esperanza de vida es en media de 41,18 años, debido en gran medida a la alta tasa de mortalidad infantil, con 105,7 muertes por cada 1000 nacimientos en 2008 (225 en 2006), como consecuencia de pandemias como el VIH/SIDA (que afecta a cerca del 13% de la población), la malaria y las fiebres tifoideas, la hepatitis A o brotes puntuales de cólera, así como de las deficiencias generalizadas en el acceso al servicio de salud. A consecuencia de ello y de una natalidad elevada (con una media de 5 nacimientos por mujer) y la ausencia de cualquier planificación familiar (la edad media en que las mujeres tienen a su primer hijo se sitúa en torno a los 14 años), la mitad de la población mozambicana no supera los 15 años.

La alta tasa de analfabetismo en adultos es del 52,2 %, aunque la proporción es mucho mayor en las zonas rurales. La situación de la mujer es además considerablemente peor, a lo que hay que añadir altas tasas de mortalidad materna causada en su mayoría por complicaciones en el parto. Es también destacable la estimación de que en algunas zonas el porcentaje de VIH entre la población de mujeres embarazadas alcanza el 30%.

Aproximación histórica:

Se cree que las primeras poblaciones sedentarias del territorio que hoy se conoce como Mozambique tuvieron lugar en torno al siglo I en la ribera del río Zambeze a partir de migraciones de origen bantú. Aunque desde el siglo X la población tuvo relaciones comerciales con la cultura árabe y musulmana del Océano Índico, no fue hasta el año 1498, con la llegada del portugués Vasco de Gama a sus costas, que estas tierras ricas en recursos naturales se situaron en el mapa mundial, principalmente de la mano del comercio de esclavos.

A pesar de que la presencia portuguesa duró casi cinco siglos, en realidad sólo una pequeña parte del territorio costero fue efectivamente colonizado y no fue hasta el año 1629 en el que el monarca del imperio Monomotapa se avino a rendir pleitesía a la corona europea. La conquista del interior sólo culminó hacia 1920, con la derrota del rey Mokombe en la región de Tete.

La “administración” portuguesa se limitó a realizar concesiones de inmensas extensiones de tierra a aventureros portugueses e indios que saqueaban pueblos y apresaban esclavos. Los colonos fueron virtualmente independientes hasta 1890, cuando el gobierno portugués tuvo que reducirlos por la fuerza para demostrar su control de un territorio que los ingleses, cuyas empresas madereras y mineras tenían importantes intereses en la región, cuestionaban amenazando con ocuparlo.

El colonialismo portugués alentó el tribalismo para impedir la unión efectiva de fuerzas antieuropeas. Divididos en varios movimientos, los grupos nacionalistas reclamaron la independencia con huelgas y manifestaciones. En 1960, una concentración pacífica en Mueda (Cabo Delgado) fue reprimida salvajemente y dejó 500 muertos, este hecho fue uno de los desencadenantes de la lucha por la independencia. Al año siguiente un funcionario de la ONU llamado Eduardo Mondlane, visitó su patria y convenció a los grupos independentistas de que se unieran. Fruto de las negociaciones, en 1963 se creó en la vecina Tanzania el Frente de Liberación de Mozambique (FRELIMO), de corte marxista-leninista, que poco después inició la lucha armada por la independencia.

No fue hasta después de la Revolución de los Claveles, que puso fin a la dictadura de Salazar en Portugal, cuando el ejército colonial negoció su salida del país y en 1975 se proclamó la República Popular de Mozambique. Samora Machel, primer presidente de Mozambique independiente, decretó la nacionalización de la enseñanza, la atención médica, la banca extranjera y de varias transnacionales, así como una polémica reforma agraria y la colectivización de la producción. Muchas de las reformas socialistas planteadas fracasaron y en 1989, año en que FRELIMO abandona oficialmente el marxismo, se llevaron a cabo reformas económicas con el fin de alentar la inversión extranjera.

Casi en paralelo a la independencia, dio comienzo la guerra civil entre el gobierno y la insurrección de la RENAMO, financiada por EEUU y el régimen Sudafricano del Apartheid. Casi 17 años de cruenta guerra destruyeron la práctica totalidad de las infraestructuras del país, el tejido social, la producción agraria y la economía, generando una deuda externa que aun perdura. No fue hasta el proceso de paz de 1992 en que RENAMO dejó las armas y se incorporó al sistema político en las primeras elecciones multipartidistas de la historia del país.

Desde entonces, el país ha adoptado progresivamente la economía de mercado, privatizando casi 900 de las 1200 empresas públicas (incluidas las telecomunicaciones), a raíz de diferentes condiciones de ajuste estructural asociadas a los préstamos del FMI y el Banco Mundial, que incluyen también condiciones de transparencia, democratización de las instituciones y buena gobernanza. Sin embargo, a día de hoy aun conviven leyes, estructuras y organizaciones heredadas de la época socialista con un sistema democrático en el que el FRELIMO aún no ha perdido ninguna elección.

Situación política:

Mozambique es miembro de pleno derecho de la comunidad internacional desde que en 1992 se suscribieron los acuerdos de paz del proceso de Roma, además de a la Asamblea de las Naciones Unidas, el país también pertenece a los siguientes organismos supranacionales:

- *ACP (África - Caribe - Pacífico)*: Países asociados a la Unión Europea por la Convención de Lomé IV estableciendo una zona preferente de libre comercio.
- **COMMONWEALTH**
- *UA (Unión Africana)*
- *BAD (Banco Africano de Desarrollo)*
- *SADC (Comunidad de Desarrollo del Africa Austral)*
- *IOR-ARC (Asociación Regional para la Cooperación de los Países Ribereños del Océano Indico)*
- Comunidad de Países de Lengua Portuguesa

Administrativamente Mozambique está dividida en once provincias: Cabo Delgado, Gaza, Inhambane, Manica, Maputo (ciudad), Maputo (provincia), Nampula, Niassa, Sofala, Tete y Zambezia. La administración de las mismas continua siendo en gran medida de carácter centralista, primando las inversiones y el desarrollo de la capital y provincia de Maputo.

A pesar del pasado conflictivo, el proceso de paz mozambicano constituye un ejemplo regional y el desarrollo de la vida política y parlamentaria puede considerarse como normal. Armando Guebuza, independiente adscrito al FRELIMO, preside el gobierno desde diciembre de 2004, año en que obtuvo el 64% de los votos en unos comicios plagados de

irregularidades. A pesar de las protestas populares por el aumento del precio del transporte en 2008, que se saldaron con varios muertos, la conflictividad social del país es baja.

2.4.- Aspectos culturales, sociales y organizativos

Los factores que a consecuencia de las estructuras sociales y organizativas, así como de ciertos valores culturales, pueden condicionar el éxito del proyecto son tantos y tan variados como difíciles de predecir, cuantificar y clasificar, más aún cuando los grupos sociales se encuentran en cambio continuo y evolucionan según dinámicas propias de cada grupo.

Lejos de intentar hacer aquí un análisis de la sociedad mozambicana y su cultura (que por otra parte no es única sino producto de diversos mestizajes) con todo lo que ello implicaría, basta con resaltar algunos aspectos que sí pueden revestir importancia para el desarrollo del proyecto, expresando sus probables causas y efectos de modo simplificado.

El objeto de esta sección no es el de juzgar los valores ni las formas organizativas de la sociedad mozambicana, como tampoco es el de demostrar diferencias condicionantes del nivel de desarrollo local con respecto a otras sociedades. El verdadero fin es más bien valorar riesgos y dificultades que pueden condicionar un proceso de cambio tecnológico sin caer en determinismos.

- ***Existencia de grandes diferencias sociales, económicas y culturales entre el campo y la ciudad.*** En determinadas zonas de las principales ciudades del país comienza a desarrollarse una incipiente clase media, con un nivel educativo medio o alto (pueden encontrarse técnicos e ingenieros informáticos de nivel universitario), un perfil de consumo creciente y acceso a los servicios básicos y a la información, esto beneficia el comercio y el intercambio cultural, pero favorece la aparición de las llamadas “islas de riqueza”. Entretanto en las periferias de las ciudades y las zonas rurales, donde se concentra la gran mayoría de la población, se mantienen sociedades muy ligadas a la tradición, basadas en una economía de subsistencia en torno a estructuras familiares amplias y a redes de solidaridad vecinal. En general estas sociedades van a ser más reticentes a un cambio proveniente del exterior de su comunidad a no ser que perciban claramente sus beneficios.

- **Religiosidad y superstición:** La adscripción de la mayor parte de la población a alguna de las religiones mayoritarias (cristiana, musulmana o hinduista), no ha restado importancia al pensamiento tradicional y a creencias profundamente arraigadas en torno a la existencia de magia y fetichería, especialmente en el mundo rural. Este tipo de creencias, por otra parte extendidas en la mayoría de culturas, lleva en ocasiones a establecer relaciones causa/efecto equivocadas. Por ejemplo, si una persona no encuentra trabajo o si su negocio va mal, muchas veces no se buscan las causas que se podrían subsanar para mejorar la situación (formación, política de precios, marketing, estética,...), sino que se concluye que se trata de un “mal de ojo” y se receta resignación o una magia protectora. Esto suele ir unido a una visión fatalista del mundo, según la cual, el destino humano estaría en manos de fuerzas superiores (Dios, dioses, antepasados, espíritus,...) y la situación buena o mala dependería de su voluntad. En un contexto de cambio tecnológico esto puede ser un obstáculo en cuanto a la percepción de las ventajas de implementar una nueva tecnología y también lleva asociada la asunción de averías u otros problemas como inevitables, cuando en realidad pueden no serlo.
- **Género:** A pesar de los avances y de una mayor sensibilidad en cuanto a igualdad de derechos, el papel de la mujer en la sociedad mozambicana sigue, hoy por hoy relegado a un segundo plano: el hogar y el cuidado de los hijos. Especialmente en las sociedades rurales, que aunque matrilineales, nunca fueron matriarcales como se suele creer equivocadamente. Una consecuencia de esto es que aunque los bienes patrimoniales son heredados por los familiares varones de la mujer (y no por la mujer propiamente), los trabajos técnicos son responsabilidad del hombre, que no va a dedicar más esfuerzo del necesario para mantener algo que muchas veces no percibe como suyo. En la DPS, aunque hay un gran número de trabajadoras (en su mayoría enfermeras, parteras o administrativas), los puestos de responsabilidad están mayoritariamente copados por los hombres.
- Problemas estructurales de acceso a los servicios básicos y la precariedad de la vida en general han contribuido no sólo a la actual falta de recursos sino también a la **ausencia de una cultura de la economía y gestión apropiada de los recursos**, y como consecuencia un deficiente mantenimiento de las

infraestructuras existentes. Hay una, lógica, tendencia generalizada a vivir el presente y no planificar a medio o largo plazo.

- La influencia de los organismos internacionales de Cooperación al Desarrollo han generado una ***cultura del asistencialismo y dependencia exterior***, de hecho actualmente cerca del 92 % del presupuesto del MISAU proviene de fondos de cooperación (datos de 2005). Una eventual reducción de esos fondos dañaría enormemente el funcionamiento de todo el Sistema Nacional de Salud.
- ***Aislamiento***: Una de las características de Mozambique y que se manifiesta especialmente acentuada en Cabo Delgado es la situación de aislamiento cultural, económico y político de la región. Las deficientes comunicaciones tanto por vía aérea y marítima, pero particularmente por tierra, la lejanía geográfica y las políticas poco integradoras de la administración central, unidas al escaso interés económico de la región, han llevado a situar a ésta al margen de los principales flujos de recursos e información. Esto complica la tarea de conseguir ciertos equipos y componentes al no existir un mercado desarrollado de los mismos. Del mismo modo, el aislamiento cultural puede tener consecuencias en cuanto a la capacidad de empoderamiento de nuevas tecnologías.
- ***Brecha digital***. Se utiliza este término para caracterizar las diferencias creadas en el desarrollo humano y social debido a los obstáculos que encuentran los sectores empobrecidos en el acceso a las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones. La alta tasa de analfabetismo en adultos (mayor aún en las zonas rurales) y el acceso actualmente muy limitado a la tecnología, van a ser un factor de riesgo en cuanto a la capacidad de la población beneficiaria de apoderarse de una determinada tecnología y debe condicionar la decisión tomada en este estudio.
- ***Carencias institucionales***. No solo en el aspecto económico y la falta de personal cualificado. La paz y la democracia mozambicana son relativamente recientes (primeras elecciones multipartidistas en 1992, tras casi 30 años de guerras), y la cultura democrática se encuentra en pleno proceso de desarrollo. Se dan muchos casos de caciquismo, falta de garantías democráticas y corrupción en diversos grados en todos los niveles de la vida política e institucional. La ausencia o

indiferencia de las instituciones que en muchos casos no tienen los recursos necesarios para asumir sus responsabilidades es especialmente notoria en Cabo Delgado, debido al aislamiento producido, entre otras causas, por la distancia que separa esta provincia de la capital. Esto explica la permanencia de estructuras sociales y jerarquías tradicionales que funcionan paralelamente a las instituciones, por lo que en ocasiones será preciso identificar a los interlocutores y generar la confianza que garantice la sostenibilidad del proyecto.

- **Problemas de seguridad.** Estas deficiencias en instituciones clave como pueden ser los cuerpos policiales u órganos judiciales, junto con la pobreza extrema hacen que en la práctica la delincuencia sea incontrolable. Deben contemplarse medidas de seguridad tanto para los trabajadores como para las instalaciones, considerando siempre las consecuencias que pueden resultar de instalar equipos de valor en enclaves aislados y por tanto más inseguros.

Todo lo mencionado puede considerarse como factores de riesgo a la hora de gestionar un cambio tecnológico en la provincia. Son problemáticas a tener en cuenta (especialmente aquellas que conciernen a la seguridad, al mantenimiento y a la formación) pero quedan fuera del alcance de este estudio.

2.5.- SISTEMA NACIONAL DE SALUD

Este apartado pretende caracterizar brevemente la estructura organizativa de la principal institución beneficiaria y su problemática. A continuación se describen los grupos de usuarios finales del sistema y sus capacidades.

2.5.1.- Descripción y problemática

El Sistema Nacional de Salud de Mozambique está gestionado a tres niveles: Ministerio de Salud (MISAU), Direcciones Provinciales de Salud (DPS) y Servicios Distritales de Salud, Mujer y Acción Social (SDSMAS). Aunque recientemente se ha iniciado un proceso de descentralización de la gestión hacia las Direcciones Provinciales de Salud, que son en principio responsables de la ejecución de los programas y de la gestión del personal, en la práctica todas las decisiones importantes referentes a la asignación de recursos humanos, materiales o financieros se toman en el nivel central, sin que exista una

planificación basada en necesidades definidas a nivel local. Este hecho, unido a reiteradas demoras en los flujos financieros hacia los niveles inferiores hace que con frecuencia provincias y distritos tengan problemas de liquidez que repercuten en los servicios prestados a la población.

El presupuesto del sector de salud ha aumentado considerablemente en los últimos años. La asignación de los recursos se realiza, en teoría, en base a indicadores de pobreza, al tamaño y densidad de población y a la actividad asistencial (número de camas), pero en la práctica las carencias de los mecanismos de supervisión y planificación y la escasa comunicación y retroalimentación entre los distintos niveles, hacen que los aumentos presupuestales no se vean reflejados en una mayor productividad ni en una mejora de los servicios prestados. Otra de las causas de la baja eficiencia del sector es la escasez de recursos humanos y las inadecuadas condiciones de trabajo de los mismos, así como una excesiva rotación del personal.

Entre las mejoras que se vienen produciendo en los últimos años pueden destacarse el Plan Estratégico para el Sector Salud (2000-2005-2015), el Plan Nacional de Lucha contra el Sida, las mejoras en la gestión económica-financiera en el MISAU a nivel central, la planificación pactada integral a nivel de las provincias, la consolidación de planes operativos anuales, la implantación del nuevo sistema de administración pública (SISTAFE) o la planificación y gestión de los fondos de la cooperación externa en salud a través de mecanismos de SWAP. Todos estos avances comienzan lentamente a dar sus frutos en lo que a una mejora de la gestión de los recursos y la calidad de los servicios prestados se refiere.

2.5.2.- La Dirección Provincial de Salud de Cabo Delgado

En lo que respecta a este proyecto, la institución beneficiaria de la intervención de ISF-ApD es la Dirección Provincial de Salud de Cabo Delgado. Este organismo tiene a su cargo a 1.352 trabajadores, entre técnicos de salud, personal de servicio y administrativos, el 60 % de los cuales (812 trabajadores) se encuentra en los distritos, repartido entre las 16 Servicios Distritales de Salud, Mujer y Acción Social que en total gestionan 98 Unidades de Salud. El presupuesto total de la DPS de Cabo Delgado (incluyendo los fondos de organizaciones que realizan actividades en el sector salud) planificado para el año 2008 es de 16.058.780 €, la mayor parte de los cuales proviene de fondos del PISCAD, UNICEF,

OMS, Solidarmed y otras organizaciones internacionales, y el resto proviene del Presupuesto del Estado y del Fondo Provincial.

La mayor partida presupuestaria (10.360.730 €) fue destinada a “mejorar el acceso y la coordinación intersectorial”, especialmente a través de la dotación de infraestructuras y equipamientos (esta planificada la construcción de 11 nuevos CSR). Una partida de 102.697 €, financiada mayoritariamente por el PISCAD, estaba destinada para el “Sistema de información y planificación mejorado”, y en particular al SIS y a la recogida y procesado de la información.

La DPS es la contraparte principal de ISF-ApD en el programa que ejecuta en Cabo Delgado, dentro de la actuación de la ONGD se contempla reforzar los siguientes aspectos de la institución pública:

- Mejorar las condiciones de atención primaria de salud en las unidades sanitarias periféricas en la provincia de Cabo Delgado aumentando el acceso sostenible a servicios mejorados de abastecimiento de agua y saneamiento básico, mediante el aprovisionamiento de infraestructuras de agua y saneamiento, energía y comunicaciones.
- Mejorar el sistema de mantenimiento de infraestructuras y equipamiento del sistema provincial de salud de Cabo Delgado.
- Mejorar el sistema de intercambio de información sanitaria del sistema provincial de salud de Cabo Delgado, a través de una mejora de la red de telecomunicación de voz y datos.
- Reforzar las capacidades técnicas y humanas para la aplicación del SIS en los distritos seleccionados.
- Reforzar las capacidades del sector empresarial que presta servicios de mantenimiento a la DPS-Cabo Delgado.
- Crear las capacidades en el gabinete técnico de la DPS para diseñar un plan de infraestructuras para salud por parte de la DPS que incluya soluciones apropiadas para al abastecimiento de agua y luz.

En cuanto a los departamentos que más directamente van a influir y verse influidos por la implementación de la futura red de comunicaciones destacan:

RIS (Repertição de Informaço de Saude) que a su vez forma parte del Departamento Provincial de Planificación y Cooperación (DPPC). Es esta entidad la responsable en última instancia del NEP (Núcleo de Estadística Provincial) que gestiona el Sistema de Información Sanitaria (SIS) que mediante este proyecto se pretende reforzar.

SPM (Sección Provincial de Mantenimiento) va a resultar un actor crítico en la sostenibilidad de los resultados de todo el programa de ISF – ApD y en particular de la red de comunicaciones una vez esta se halle implementada. Resulta imprescindible que dentro de este sistema existan técnicos capacitados en el mantenimiento (preventivo y correctivo) de los equipos instalados y una apropiada planificación y gestión de los recursos para garantizar esta sostenibilidad.

Actualmente el SPM se encuentra focalizado en Pemba, con las consecuentes dificultades y gastos asociados a este modelo central para dar un servicio de mantenimiento adecuado a los distritos, agravados por la falta de personal y medios económicos.

Se ha comenzado ya a replantear este modelo hacia otro basado en una división de la provincia en 5 regiones con una Unidad de Mantenimiento asignado a cada una de ellas. En cada una de estas UM deberá existir al menos un técnico electricista con distintas formaciones suplementarias como instalaciones fotovoltaicas.

La Sección Provincial de Mantenimiento depende directamente del Departamento de Mantenimiento del MISAU (Jefe del Dpto. Sr. Abubacar Sumalgy). El responsable de la Sección es el Ingeniero Elías Machava y cuenta con la ayuda de un asesor contratado por el programa PISCAD. Hay un total 11 técnicos trabajando para el SPM en Pemba y un único técnico electricista en los distritos asignado para la UM de Montepuez, la única existente hasta la fecha. Recientemente se ha incorporado el primer técnico informático a la SPM de Cabo Delgado, con formación en ingeniería informática.

PISCAD (Cooperación francesa) lleva ya varios años trabajando conjuntamente con la DPS en el refuerzo de las herramientas de gestión y planificación, así como con la DPPC en el refuerzo del SIS con el apoyo de un Especialista en SIS del PISCAD. En el informe trimestral de este especialista correspondiente al 1º trimestre de 2006, se definen las

estrategias para reforzar el SIS a través de una especificación funcional del NED, se comenta por ejemplo la pertinencia de que exista en las SDSMAS un responsable del SIS a tiempo completo, sin que hasta la fecha esto se haya llevado a cabo. PISCAD ha diseñado también los planes de formación en SIS, Módulo Básico, Informática y en objetivos, funciones y mecanismos de control tanto para los responsables del NED como para los Directores Distritales, ejecutando esta formación con el apoyo de Médicos Mundi.

2.5.3.- Usuarios finales

Los beneficiarios directos de esta intervención son los trabajadores del Sistema Público de Salud, que van a experimentar una mejora de sus comunicaciones en el grado en que sean capaces de apropiarse de la nueva tecnología y derivar hacia el uso de ésta los flujos de información actuales, al tiempo que se desarrollan nuevas aplicaciones para la red.

Para determinar si una tecnología es apropiada para un determinado contexto, hay que identificar a todos los usuarios potenciales de la misma y sus capacidades. El grado en que estas capacidades puedan desarrollarse de forma orientada a un buen aprovechamiento de la tecnología, así como la percepción por parte de los usuarios de la utilidad de esta tecnología, va a condicionar el uso futuro de la red, y por tanto su sostenibilidad.

Es importante caracterizar los conocimientos y capacidades actuales de los usuarios finales, de forma que a la hora de analizar la pertinencia de una tecnología se pueda cotejar el nivel de complejidad de la misma con las capacidades identificadas en los usuarios y comprobar si hay coincidencia o es preciso reforzar algunas de estas capacidades a través de planes de formación. Se definen los siguientes usuarios finales del sistema de telecomunicaciones:

Usuarios en la Dirección Provincial de Salud:

Se ha identificado a los siguientes usuarios o grupos de usuarios en la DPS: A nivel administrativo los miembros de la Dirección Provincial como responsables últimos del SIS, de la toma de decisiones que afectan a los distintos programas y sectores, y de la planificación de los recursos; el Responsable de Núcleo de Estadística Provincial (NEP), bajo cuya responsabilidad queda el SIS y el posterior análisis estadístico; y los Responsables Sectoriales por cuanto son los encargados de la recogida de datos en los niveles superiores

de cada sector. Todas estas personas, tal y como se refleja en la memoria del Especialista en SIS del PISCAD de la segunda misión de 2005, tenían graves carencias tanto en conocimientos informáticos como en capacidades de gestión y planificación, siendo especialmente preocupante la falta de una adecuada comunicación y retroalimentación entre ellos. El mismo documento analiza las causas de estas carencias y define las estrategias a seguir: capacitación en SIS, mejora de las condiciones materiales, necesidad de una planificación anual sectorial, redefinición de las funciones del responsable del NEP, creación e implementación de herramientas informatizadas de recogida y procesado de datos,... entre otras.

Aun queda mucho trabajo por hacer en cuanto a la organización y gestión de los recursos y el personal, aunque aparentemente, desde el mencionado informe se ha avanzado bastante en cuanto a la percepción por parte de los agentes implicados de la relevancia del SIS y de contar con una planificación de recursos basada en la información recogida en el mismo. De todas formas, en lo que a conocimientos técnicos se refiere, podrían clasificarse como usuarios de nivel medio-bajo, ya que la mayoría de ellos han recibido al menos capacitación básica en el uso de herramientas informáticas.

Usuarios en los Servicios Distritales de Salud, Mujer y Acción Social (SDSMAS):

En teoría, el Núcleo de Estadística Distrital (NED) estaría formado por cuatro personas: Director, Médico Jefe, Enfermera SMI y Responsable de Salud en la comunidad, que se reunirían mensualmente para elaborar los informes del SIS y realizar la planificación. En la práctica el NED esta compuesto por una única persona (que cuenta entre sus funciones el SIS) con múltiples tareas asignadas, ya que por lo general se trata del Responsable de Salud en la Comunidad o de otro Agente de Medicina Preventiva. En ocasiones es el propio Director Distrital el encargado de realizar la planificación. Algunos SDSMAS, Agentes de Medicina Preventiva y una persona de respaldo (por lo general la Enfermera Jefe) han sido formados en herramientas de informática, en particular en el uso del software “Módulo Básico” (diseñado específicamente para el SIS) y en gestión y planificación por el PISCAD con la ayuda de Médicos Mundi, aunque en la práctica presentan bastantes dificultades en el uso del equipo informático.

Usuarios en los Centros de Salud Rurales:

Generalmente existen dos usuarios en cada CSR: Responsable de la US (normalmente Agente de Medicina General) y Enfermera SMI han sido en su mayoría formados en la elaboración de informes del SIS y en el uso de la radio, sin embargo solamente una de las personas entrevistadas afirmó haber utilizado un ordenador alguna vez. La penetración a este nivel de las nuevas tecnologías ha sido realmente limitada y puede suponer un factor limitante para algunas tecnologías. Estos últimos usuarios, en principio de perfil bajo, ya que pueden utilizar sin dificultad una radio o un teléfono, pero no se ha comprobado si con la formación adecuada serían capaces de utilizar dispositivos que requieran un mínimo de configuración como, por ejemplo, un fax.

2.6.- ASPECTO POLÍTICO Y NORMATIVO

Políticas de Telecomunicaciones

Se pueden diferenciar claramente tres etapas en la evolución de las políticas de telecomunicaciones en Mozambique:

Tras el final de la guerra de independencia y con el establecimiento del “Gobierno Popular” (socialista) del FRELIMO comienza un primer periodo (1981-89) que estuvo marcado por el despliegue de la red nacional de telefonía así como por el desarrollo de las capacidades técnicas y de gestión de la red, con el consecuente aumento del número de abonados y del tráfico telefónico. El hito más importante de esta etapa es la creación de la “Empresa Nacional de Telecomunicaciones E.E.” (Empresa Estatal) con el decreto N° 5/81 y separando así el servicio postal de las telecomunicaciones.

En un segundo periodo, tras la caída de la Unión Soviética, en 1990 tuvo lugar el cambio constitucional que sentó las bases para que Mozambique entrara en una economía de mercado, con esto entra en vigor un nuevo régimen jurídico para las empresas estatales y 1992 ENT (después llamada TDM) pasó a ser Empresa Pública. En ese mismo año fue creado por el decreto 22/92 el Instituto Nacional de Comunicaciones de Mozambique (INCM), quedando a cargo de este organismo la regulación de las telecomunicaciones. Fueron separadas así las funciones de políticas, de regulación y operacionales. De este periodo destaca la aprobación de los primeros reglamentos de telecomunicaciones y la

reestructuración del sistema de gestión de la red para asegurar su rentabilidad. En 1997 se crea MCEL E.P. de la mano de TDM como primera operadora de telefonía móvil del país.

Finalmente, en 1999 entra en vigor la Ley 14/99, Ley Base de las Telecomunicaciones, que liberaliza el mercado terminando con el régimen de monopolio. Aunque no será hasta 2004, año en que fue licenciada una segunda operadora de telefonía móvil (Vodacom Mozambique Lda.), que se entra realmente en un régimen de competencia. En ese mismo año se revisa y aprueba la nueva Ley de Telecomunicaciones, Ley 8/2004 del 21 de Julio, que permite la entrada de capital privado portugués (50%) en la empresa pública, que pasa a ser Telecomunicaciones De Mozambique S.A.R.L.

Actualmente las políticas de telecomunicaciones van decididamente en la línea de garantizar la liberalización efectiva y la libre competencia en el sector de las comunicaciones, mejorar el acceso y los servicios dentro de un marco regulatorio apropiado y desarrollar las infraestructuras del país mediante fondos de inversión como los aprobados mediante el Reglamento del Fondo de Servicio de Acceso Universal a las Telecomunicaciones (Decreto Nº 69/2006 del 26 de Diciembre). El Estado ha invertido esfuerzo y recursos también en cuanto a gestionar, controlar y garantizar un uso apropiado del espectro radioeléctrico a través de la ejecución del proyecto SMMS (Spectrum Monitoring and Management System). Sin embargo en 2005 Mozambique seguía siendo el último país del mundo en cuanto a teledensidad (teléfonos por habitante) con un índice del 0,65 %.

Entidad Reguladora

Desde su creación como Órgano Regulador el 10 de Septiembre de 1992 (después de la reforma constitucional que ponía fin al Estado Socialista) el Instituto Nacional de las Comunicaciones de Mozambique (INCM) es la autoridad competente en materia de regulación del mercado de las telecomunicaciones. Sus principales funciones son “promover el desarrollo, la regulación y la fiscalización del sector, así como gestionar y fiscalizar el espectro radioeléctrico”. Éste último punto resulta particularmente interesante y es el Departamento de Gestión de Frecuencias de la Dirección de Radiocomunicaciones y Tecnología del INCM el responsable del licenciamiento por el uso de frecuencias.

Las principales actuaciones llevadas a cabo por esta entidad han sido la liberalización de las telecomunicaciones abriéndolas a la inversión privada, el licenciamiento de pequeñas y grandes operadoras y la implementación del Modelo de Acceso Universal, que busca promover el desarrollo del sector en aquellas áreas que son menos atractivas para el negocio. También es competencia del INCM la mediación en conflictos entre las operadoras.

Legislación de Telecomunicaciones

La Ley de Telecomunicaciones actualmente vigente es la Ley n.º 8/2004, del 21 de Julio (Ley de las Telecomunicaciones), que establece finalmente las competencias de la entidad Reguladora, el Estado y las Operadoras y los principios de interconexión, determina los usos del espectro radioeléctrico y el marco legal sobre el que se sustenta la reglamentación que garantiza la libre competencia, del mismo modo establece el régimen sancionador.

En cuanto a reglamentación, aquella que pueden resultar más interesante para este estudio, se estipula mediante los siguientes decretos:

- Decreto n.º 32/2001, de 6 de Noviembre (Estatuto Orgánico del INCM)
- Decreto n.º 33/2001, de 6 de Noviembre (Reglamento de Licencia y Registro)
- Decreto n.º 34/2001, de 6 de Noviembre (Reglamento de Interconexión)
- Decreto n.º 43/2004, de 29 de Septiembre (Introduce modificaciones al Decreto n.º 34/2001 de 6 de Noviembre)
- Decreto n.º 44/2004, de 29 de Septiembre (Introduce modificaciones al Decreto n.º 33/2001 de 6 de Noviembre)
- Decreto n.º 63/2004, de 29 de Diciembre (Reglamento de Tasas radioeléctricas)
- Decreto n.º 64/2004, de 29 de Diciembre (Reglamento de Tasas de Telecomunicaciones)

- Decreto n.º 35/2003, de 6 de Noviembre (Reglamento de Numeración en las Telecomunicaciones)
- Decreto n.º 23/93, de 05 de Octubre (Reglamento Básico de Utilización de las Radiocomunicaciones)
- Decreto n.º 69/2006, de 26 de Diciembre (Aprueba el Reglamento de Servicio de Fondo del Servicio de Acceso Universal a las Telecomunicaciones)
- Diploma Ministerial n.º 115/94, de 8 de Septiembre (Reglamento de Autorización y Licencia de Estaciones y Redes de Radiocomunicaciones)
- Resolución n.º 1/CA/INCM/2004, de 1 de Julio (Aprueba el Reglamento Interno del INCM)
- Diploma Ministerial n.º 71/2005, de 23 de Marzo (Transferencia de Funciones de coordinación en el ámbito de ejecución de tratados, convenciones y acuerdos internacionales relacionados con los sectores postal y de telecomunicaciones y en la representación del Estado Mozambicano en organismos internacionales)

A la hora de estudiar una tecnología y realizar una propuesta viable, uno de los aspectos imprescindibles a tener en cuenta va a ser el cumplimiento del marco regulador, así como incluir en la estimación de costes el pago de licencias en caso de requerirse.

Los decretos nº 63 y 64/2004 estipulan respectivamente los reglamentos de licencias radioeléctricas y de telecomunicaciones. Establecen los valores de referencia y los coeficientes y fórmulas con las que calcular las tasas efectivas anuales de licenciamiento, en función del tipo de espectro/canal/servicios, potencia radiada, número de portadoras y número de equipos. Por ejemplo, las tasas anuales por licencias para operar una radio (dos canales) en VHF y radiando una potencia de 150 W (p.i.r.e.) serían de aproximadamente 3225 Mtn. (87,75€).

Por otra parte, y aunque en ninguno de estos artículos se mencionen las bandas ISM (de hecho sólo se menciona la exención de tasas para aplicaciones militares y de defensa y la reducción de las mismas para radioaficionados y banda ciudadana), de las informaciones

recibidas personalmente del Director del INCM se sabe que estas bandas existen y son las mismas que en el resto del mundo, aunque la reglamentación que las define y estipula sus usos aún se encuentra en proceso de elaboración. Provisionalmente, para aplicaciones en exteriores sólo es necesario realizar una instancia acompañada del proyecto que justifique su uso, para obtener los permisos de uso temporal de las frecuencias. Permisos que, según esta misma fuente, tardarían 15 días en expedirse.

La Ley Base de de las Telecomunicaciones (Ley nº 8/2004) sí estipula en su artículo 31, relativo a los sistemas de radiocomunicaciones exentas de licencia, la banda Industrial, Científica y Médica según las bandas atribuidas para tales efectos en el Plan Nacional de Frecuencias (actualmente en revisión). El mismo artículo menciona la utilización libre de tasas del espectro para la realización de ensayos técnicos e investigaciones por un tiempo limitado, y establece que se estudiarán caso por caso. Este último punto coincide con lo dicho por el Director del INCM y fue el procedimiento seguido para obtener la autorización para la implementación del enlace piloto demostrativo.

Otro aspecto interesante que menciona la Ley, es en lo referente al acceso a las infraestructuras de los operadores con posición significativa en el mercado (MCEL, TDM). En los artículos 35, 44 y 45 establece los términos en los que cualquier operador en una posición significativa debe permitir el acceso a sus torres e infraestructuras subterráneas en términos de un acuerdo justo, transparente, no discriminatorio y razonable a otros operadores de telecomunicaciones y a servicios de telecomunicaciones públicas. Este punto puede ser interesante, a la hora de plantearse la posibilidad de realizar una instalación completa de las infraestructuras de la red de telecomunicaciones del Sistema Público de Salud o, por el contrario, establecer acuerdos con la operadora de telefonía móvil que domina el mercado y tiene cobertura en la mayoría de los distritos en los que se plantea la intervención de este proyecto.

Capítulo 3.- ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

3.1.- Procedimiento de análisis de las alternativas

El procedimiento propuesto se basa en un análisis por variables que tenga en cuenta los factores más relevantes que van a determinar el éxito o el fracaso del proyecto en función del contexto de la intervención.

En primer lugar se delimitan los requisitos indispensables que debe reunir una determinada solución tecnológica para ser considerada en este estudio, ya que no tiene sentido estudiar tecnologías que no van a tener, a priori, una aplicabilidad práctica.

Una vez definido el espacio de las tecnologías de interés para el estudio, se pasa a definir los factores críticos que se utilizarán como indicadores tanto de la viabilidad de determinada solución tecnológica como del grado de pertinencia de la misma y de su sostenibilidad en el tiempo.

Se definen tres tipos de variables:

- *Características técnicas.*
- *Características económicas.*
- *Características de sostenibilidad.*

Para cada una de las variables se definen los criterios en base a los cuales se puede afirmar si una tecnología es viable y es apropiada, o por el contrario debe ser descartada como opción.

Algunas de las variables definidas en este capítulo, en particular aquellas que pertenecen al ámbito del mercado de productos y servicios y parte de los criterios de sostenibilidad, no han sido evaluadas cuantitativamente por cuanto el objetivo de este análisis previo es solamente el de discriminar las tecnologías más apropiadas para pasar a las siguientes fases del estudio. Con las tecnologías preseleccionadas y una vez elaborados los diseños y seleccionados los equipos, se realizará el estudio económico y de viabilidad que permitirá conocer el valor concreto de estas variables.

Esto se debe a que una estimación de los costes no tiene sentido sin contar con un diseño de las redes que avale la necesidad de determinados equipos y el número de los mismos, por lo que en esta fase del estudio sólo se incluyen algunos datos y referencias orientativos en cuanto al coste y consumo eléctrico, así como datos concretos ya obtenidos en el mercado local, que proporcionan una idea aproximada del coste y disponibilidad de los equipos y servicios.

Por otra parte, factores de carácter político, social o cultural, independientes de la tecnología, no se tienen en cuenta a la hora de realizar el análisis por variables, ya que han sido descritas a grandes rasgos en el contexto de la intervención. Únicamente en caso de existir implicaciones relevantes para alguna tecnología en concreto, estas se describen en el presente capítulo.

3.2.- Requisitos

En este apartado se establecen los requisitos que una tecnología dada debe cumplir imprescindiblemente para resultar interesante al posterior análisis por variables. No se cree oportuno ni necesario estudiar tecnologías que no cumplan los siguientes requerimientos.

Tecnología inalámbrica

Las tecnologías inalámbricas son, en potencia, la solución apropiada para hacer frente a las problemáticas de comunicación en zonas rurales aisladas. Las razones de elegir una solución de este tipo son múltiples y se detallan a continuación:

- **Bajo coste de las infraestructuras** en relación a tecnologías tradicionales basadas en un soporte físico, evitando el despliegue de una red cableada que sería necesario implementar en aquellos lugares en los que no existe red telefónica cableada.
- Esto es especialmente cierto en aquellas zonas de difícil acceso y población dispersa, como es el caso de esta intervención. Los sistemas de comunicación inalámbricos **pueden superar los obstáculos geológicos** allí donde los costes de una red cableada se dispararían haciendo inviable el proyecto.

- **Facilidad y rapidez de implementación.** Debido a la ausencia de soporte físico para la transmisión de información, sólo es necesaria la instalación de infraestructuras en los nodos del sistema.
- **Ancho de banda** más que suficiente para la mayoría de servicios previstos por este proyecto, debido a grandes avances producidos en los últimos años en el ámbito de estas tecnologías.
- **Menores necesidades de mantenimiento.**
- **Eficiencia económica en la relación coste/servicio.**

De todo lo dicho puede concluirse que a pesar de no ofrecer toda la capacidad de un enlace con soporte físico, económicamente resulta mucho más rentable implementar redes inalámbricas. Esto es cierto especialmente cuando la región de intervención es una zona rural aislada, con deficiencias en las comunicaciones por tierra, en una región con un nivel de desarrollo bajo y con necesidades de comunicación elementales (voz y datos) que pueden considerarse de básicas en términos de prestaciones (ancho de banda, tasa de transmisión, retardo,...). En estas condiciones resulta más eficaz utilizar tecnologías inalámbricas, siendo en muchas ocasiones la única opción viable.

Grado de madurez de la tecnología

En este apartado se considera el grado alcanzado actualmente por la tecnología en su ciclo de desarrollo (emergente, en crecimiento, madurez, saturación y obsolescencia). Se tomará como grado óptimo el de aquellas tecnologías que se encuentren en su grado de madurez, lo que garantizaría que ya ha sido suficientemente probada, que existen estándares y soluciones comerciales basadas en los mismos, pero que aún tiene posibilidades de seguir desarrollándose a través de nuevas aplicaciones o mejoras.

Tecnologías apropiadas

El concepto de tecnología apropiada, previamente definido, es crítico a la hora de decidir si una determinada tecnología es válida para diseñar y planificar el despliegue de una red de comunicaciones. Uno de los objetivos del presente análisis es por tanto determinar, con el mayor número de factores que lo avalen, la medida en que una solución es apropiada, para ello, en un primer filtrado se desechan todas las alternativas claramente inapropiadas.

Es por esto que antes de plantear el estudio de una tecnología concreta se debe reflexionar sobre si ésta puede resultar apropiada para responder a las necesidades reales de comunicación de los usuarios a los que está destinada, si estos van tener las capacidades para aprovechar las mejoras introducidas o si es posible desarrollar estas capacidades, si el impacto ecológico, social y cultural de introducir esta nueva tecnología va a ser positivo, aceptable o netamente negativo y si en términos globales va a ser económicamente viable.

Como los vectores económico y sostenible van a ser ampliamente estudiados como variables, este apartado se limita a reflejar si resulta evidente que una determinada tecnología es inapropiada para este contexto determinado o si esta consideración merece ser estudiada a través de las correspondientes variables.

Comunicaciones de voz y datos

La tecnología con la que finalmente se implemente la red de comunicaciones del Sistema Público de Salud de Cabo Delgado deberá proporcionar al menos la posibilidad de realizar comunicaciones de voz y datos entre las Servicios Distritales de Salud, Mujer y Acción Social, y con la Dirección Provincial de Salud. En un principio se va a pretender lo mismo para las comunicaciones entre las Unidades Sanitarias Rurales y con sus respectivas SDSMAS, ya que resultaría apropiado un servicio de comunicación de datos para el envío de informes periódicos, recetas y otras informaciones como guías de transferencia, manuales, etc. Pero dadas las dificultades añadidas que puede suponer un sistema de estas características en las US, se buscará como mínimo proporcionar un servicio de comunicaciones de voz fiable, de calidad y sin cortes.

Por lo tanto pertenecen al ámbito de este estudio solamente las tecnologías que soporten comunicaciones de voz y datos. La capacidad de comunicación de datos mínima que se requerirá de la tecnología a estudio será aquella que permita el envío de correo electrónico, fax u otro servicio de transmisión de texto. Tanto la calidad de la voz o la tasa de transferencia de los datos, serán dos factores clave para el estudio de la tecnología, pues van a determinar el tipo de servicios que podrán implementarse sobre esta red.

Cumplimiento de la legislación

Un requisito indispensable será que cada una las tecnologías que serán estudiadas cumpla invariablemente la legislación mozambicana en materia de telecomunicaciones, uso

del espectro radioeléctrico y licencias, límites de potencia, salud y prevención de riesgos y cuantas áreas legales estén implicadas en la implementación de una determinada tecnología. En caso de existir un vacío legal en la materia, habrá que estudiar las legislaciones de referencia, que en este caso van a ser las de la UE y la República Sudafricana, aunque muchos países lo que suelen hacer es adoptar la normativa FCC (USA) mucho más permisiva que la europea. Por ejemplo, en el caso de Wi-Fi, la Norma FCC 15.247 estipula que la potencia máxima de transmisión es de 1000 mW, diez veces más que la permitida por la norma europea ETS 300-328.

3.3.- Variables y criterios de evaluación

En este capítulo se definen las variables que serán consideradas para el análisis de las alternativas, así como los criterios que van a emplearse para evaluar dichas variables. Esto constituye el núcleo del estudio, ya que de las ventajas y desventajas que presente una u otra tecnología con respecto a las otras en lo referente a los siguientes aspectos a analizar se deducirá la pertinencia de proseguir el estudio con ella o no. Al mismo tiempo permitirá identificar variables que sean críticas o que no cumplan unos parámetros mínimos que se definen a continuación, lo que permitirá descartar la tecnología sin necesidad de profundizar en otros aspectos.

3.3.1.- Características técnicas

Este apartado se presenta la relación de las principales características meramente técnicas a tener en cuenta. Estas variables van a permitir estudiar las capacidades y posibilidades que ofrece cada tecnología de cara a los servicios y aplicaciones que pueden soportar, así como las infraestructuras necesarias para su implementación y los equipos disponibles en el mercado.

Capacidad

Esta variable debe reflejar el número de usuarios que soportará un sistema basado en esta tecnología, siendo críticos los elementos que actúen como “cuello de botella”: estaciones base, puntos de acceso, etc. El coste del sistema por usuario dependerá directamente de este dato como un factor determinante de los rangos de usuarios soportados y la eventual necesidad de introducir elementos redundantes y configuraciones de multiplexación en caso de superar dichos rangos.

Tasa de transmisión

También llamada Tasa de Bit y Ancho de Banda, se expresa en bits por segundo (bps) en sus distintas magnitudes (kbps, Mbps, ...) y caracteriza la velocidad de transmisión de datos binarios que permite una tecnología en función de la configuración, los protocolos que implemente y las distintas QoS que soporta.

Esta variable determina el tipo de servicios que soportará la red de comunicaciones y será un factor limitante en caso de no alcanzar una tasa suficiente para la implementación de servicios que satisfagan las necesidades de comunicación definidas anteriormente (voz y datos). La tabla siguiente resume distintos los distintos rangos que se han definido para evaluar esta variable y algunas de las aplicaciones posibles en cada uno de ellos.

Clasificación	Velocidad de bit	Servicios y aplicaciones
Baja	Hasta 32 kbps	Fax, correo electrónico sin imágenes, navegación por Internet a baja velocidad, voz sobre IP (con codificación, ente 6 y 12 kbps) y videoconferencia con baja frecuencia de bit (H.263)
Media	32 kbps-128 kbps	Correo electrónico con imágenes, transferencia de ficheros a baja velocidad, voz sobre IP y navegación por Internet a velocidad media.
Elevada	128 kbps-512 kbps	Transferencia de ficheros, navegación por Internet a alta velocidad, audio en tiempo real (MP3) y videoconferencia (H.261)
Muy elevada	512 kbps-5 Mbps	Vídeo en tiempo real (MPEG 1 y MPEG 2)

Tabla 3.1 Clasificación de las velocidades de transmisión en función de los servicios y aplicaciones que permiten

Para el ámbito de aplicación que se plantea, sería suficiente una red de comunicaciones que permitiera una tasa de transferencia real de clasificación Media, ya que, a pesar de lo que indica la tabla, experiencias previas confirman que la calidad de VoIP a una tasa de transferencia de 56 kbps es bastante deficiente, lo cual descarta por completo velocidades de transmisión caracterizadas como bajas.

Banda de frecuencia

Una de las características diferenciales de una tecnología es el rango de frecuencias del espectro radioeléctrico en el que opera para transmitir la información en forma de ondas, esta característica merece dos consideraciones:

Por una parte, a medida que se aumenta la frecuencia, aumentan las pérdidas de propagación de la señal en espacio libre y las debidas a factores atmosféricos y a la vegetación, por lo cual se acorta la longitud de los enlaces. La relación entre la frecuencia y la distancia del enlace es, de hecho, inversamente proporcional.

En segundo lugar, no hay que perder de vista que en casi todos los países del mundo existe una regulación sobre el uso del espectro radioeléctrico, por lo que la utilización de determinadas bandas de frecuencia va a implicar un gasto añadido por el pago de las licencias pertinentes. Existen sin embargo frecuencias cuyo uso es libre, como aquellas que pertenecen a la banda ISM (*Industrial, Scientific and Medical*), sin embargo, en áreas urbanas estas bandas suelen presentar un nivel alto de interferencias. Son factores a tener en cuenta en lo que a la frecuencia de operación respecta y van a determinar la el alcance y la calidad de los enlaces.

Seguridad

Esta variable debe indicar las posibilidades que ofrece la tecnología para incluir mecanismos de protección de la información transmitida. La tecnología puede no incluir ningún medio de protección, o puede permitir métodos de encriptado de la señal de mejor o peor calidad. Por último puede incluir algoritmos de autenticación segura de los usuarios para evitar la intromisión de personas no autorizadas.

En el ámbito de este estudio, la seguridad en las comunicaciones no va a ser en un principio una de las variables más importantes a la hora de inclinarse por una u otra opción, ya que en este momento no existe un riesgo significativo de ataques o intrusiones. Pero es un factor a considerar de cara a la proyección a futuro de la red, especialmente en el caso de que se proporcione acceso a Internet.

Posibilidades de interconexión

Aquí se menciona si la tecnología permite la interconexión de sus dispositivos con redes basadas en otras tecnologías. En el caso de existir la opción, se resumen las diferentes posibilidades existentes para interconectar equipos de la tecnología en estudio con otras redes de interés como puede ser la red de telefonía pública conmutada (PSTN) o redes públicas y privadas de datos.

Esta variable puede ser un buen indicador de la flexibilidad de determinada tecnología para añadir en un futuro nuevos servicios como podría ser el acceso a Internet.

Posibilidad de gestión remota

Se indica en que medida la tecnología ofrece la posibilidad de gestionar, configurar y controlar los distintos elementos de la red a distancia, o en este caso desde un terminal situado en la Dirección Provincial de Salud.

Los mecanismos de gestión remota pueden facilitar el mantenimiento de la red reduciendo los costes del mismo, ya que tratándose de muchas veces de zonas rurales de difícil acceso por carretera, resulta poco eficiente o incluso inviable el desplazamiento hasta los equipos.

Infraestructuras

En este punto deben mencionarse las infraestructuras imprescindibles que va a requerir la tecnología en función de sus características: Tipos de estaciones, necesidad de repetidores, sistemas de energía eléctrica, torres,...

La inversión en infraestructuras así como la logística que requiere su instalación va a representar una fracción importante del coste total de despliegue de la red, por lo que es un factor a tener en cuenta.

Equipos y terminales

Este apartado debe reflejar la relación de los equipos que precisa una red basada en la tecnología a estudio, esta variable deberá facilitar el análisis económico posterior en base al número de equipos necesarios y a sus características técnicas.

También deberán mencionarse las soluciones comerciales más susceptibles de ser empleadas en el diseño de la red en caso de optarse finalmente por una tecnología determinada, mencionando sus características, dejando el estudio detallado de los equipos para el capítulo 5, en el que se describen con detalle los equipos finalmente seleccionados para implementar la red en las tecnologías seleccionadas, así como sus precios de venta y las principales vías de distribución.

3.3.2.- Criterios de mercado

Una vez estudiadas las principales características técnicas de las diferentes alternativas y conocidas las infraestructuras y los equipos que formarían parte de las eventuales redes basadas en estas tecnologías, se pasa a analizar la viabilidad económica de las alternativas y las distintas posibilidades de adquirir los elementos necesarios para su implementación.

Costes

Este apartado hace referencia a los costes globales de los equipos e infraestructuras antes referidas. Entendiendo como coste global no sólo la inversión inicial necesaria sino también los costes de operación y mantenimiento de los equipos, los consumos y las licencias en caso de ser necesarias.

El objeto de este análisis no es obtener un presupuesto detallado del coste de implementación de toda la red, sino más bien realizar una estimación de los costes que implica optar por una u otra tecnología en función de los equipos comerciales disponibles en el mercado local o accesible.

Costes de implementación

Se estima el precio de cada uno de los equipos e infraestructuras mencionados en el apartado anterior. También es necesario tener en cuenta el transporte y el personal técnico que debe realizar la instalación, en ocasiones caro y difícil de encontrar. La idea es tener una base orientativa a la hora de comparar la inversión inicial que puede conllevar el optar por una tecnología u otra.

Costes de operación

Los costes de operación implican todo aquel desembolso que resulta necesario para utilizar los servicios de la red. Puede ser el pago de licencias o incluso el pago por los servicios en el caso de tratarse de una red contratada (como sucedería con GSM).

Consumo de energía

Todos los equipos, sea cual sea la tecnología, van a tener asociado un nivel de consumo eléctrico. Se pretende estimar aquí cual puede ser el coste medio de estos consumos.

Por tratarse de zonas rurales donde la gran mayoría de las localidades no dispone de acceso a la red eléctrica, en muchas ocasiones va a resultar imprescindible realizar una instalación fotovoltaica para proveer la energía necesaria. La estimación de los consumos va a permitir el correcto dimensionamiento de esta instalación así como una estimación del coste de la infraestructura.

Costes de mantenimiento

Todos los equipos van a precisar un mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, será conveniente renovar algunos elementos con una periodicidad determinada y los equipos requerirán asistencia técnica y repuestos en mayor o menor medida. El coste de este mantenimiento será variable en función de la robustez de los equipos, la disponibilidad de técnicos y repuestos y el uso que se dé a los equipos.

Se pretende aquí estimar los costes de mantenimiento en función de la tecnología, ya que de aquí resulta un factor crítico que puede determinar el éxito o el fracaso del proyecto.

Disponibilidad

Un vector imprescindible a la hora de establecer la viabilidad de una solución tecnológica, más allá de lo meramente económico, es la disponibilidad de los equipos, preferentemente en el mercado local. Pero tratándose este de un mercado muy limitado, también deben estudiarse otras posibilidades para adquirir los equipos como son los mercados de Sudáfrica o Tanzania, teniendo en cuenta en cada caso el incremento de los costes debido al transporte de los equipos. Una vez más, reiterar que el estudio de mercado completo se presenta en el Capítulo 5, junto con la selección de los equipos que finalmente formaran parte de las propuestas finales de redes de comunicaciones inalámbricas.

Mercado local

El mercado Mozambicano en materia de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones es muy limitado, aunque lentamente comienza a desarrollarse principalmente por la proximidad e influencia de empresas Sudafricanas. A continuación se describen en base a criterios de proximidad e importancia los tres niveles del mercado local que se presentan como más interesantes:

Pemba es la capital de Cabo Delgado y la ciudad donde se encuentra la sede de la Dirección Provincial de Salud, sería la opción preferente para adquirir los equipos si hubiera una oferta amplia de ellos, bien por minimizar los gastos de transporte, bien por la accesibilidad de los repuestos y la asistencia técnica. Lamentablemente sólo hay unas pocas empresas que operan en la ciudad: Sycamore Services Lda., Infosung Lda., DEFL Lda., Etcétera Lda. y Britol Michicoma.

Estas empresas pueden considerarse proveedores de servicios (instalación de redes, ISP, servicios VSAT) y asistencia técnica, aunque también venden equipamiento informático y de redes básico (ordenadores, accesorios, routers, puntos de acceso, switches,...). En el Capítulo 5 se describen los equipos y servicios que proporciona cada una de estas empresas, así como su interés para el proyecto.

Nampula es la capital de la provincia de mismo nombre, limítrofe con Cabo Delgado, el tamaño y nivel de desarrollo de esta ciudad es relativamente mayor al de Pemba, por lo que la oferta de servicios y la disponibilidad de equipos se presume mayor. Nampula se encuentra a 8 horas por carretera de Pemba y el coste estimado del transporte estaría entre 20 y 100 USD en función del tipo de equipo. Algunos de los distribuidores con sede en Nampula que puede ser interesante investigar son Teledata de Mozambique Lda., Megabyte Lda., Bytesystem, Viper Solutions Nampula Lda.

Maputo, siendo la capital del país, cuenta con un nivel de desarrollo mucho mayor que las provincias del norte y es posible encontrar una oferta amplia de distribuidores de equipos informáticos y de telecomunicaciones, debido a su proximidad con Sudáfrica. El mayor problema consiste en que se encuentra a más de 2.500 km de Pemba por lo que la única posibilidad factible es el transporte aéreo en un tiempo aproximado de 3 horas y con un coste orientativo de 5 USD/kg (98 Mtn) aunque este precio puede variar en función del tamaño y la cantidad.

A continuación se muestra una relación de los distribuidores, en principio más interesantes, para la adquisición de los equipos. Cabe destacar que los antes mencionados Teledata y Megabyte tienen su sede en esta ciudad, y que por tanto, en principio, podrían obtenerse en Nampula los equipos que estas empresas comercialicen en Maputo. Triana Tecnologías de informação, PCI Personal Computer International Lda., Telescan Lda. (distribuye equipos de CODAN, Icom, Motorola, Kenwood, etc. Equipos electrónicos y de comunicaciones HF, VHF y SHF), Dataserv Lda. (distribuidor de D-LINK en Mozambique), PGB Tecnitrom Lda., Energía y Telecomunicaciones, y finalmente las empresas distribuidoras de Motorola SPAC Lda. y TvSD.

También resultan de interés las empresas nacionales o semi-nacionales de telecomunicaciones.

TELECOMUNICAÇÕES DE MOÇAMBIQUE (TDM) empresa estatal de telecomunicaciones que provee servicios de telefonía, fax, acceso a Internet, RDSI, videoconferencia, telefonía móvil global (Inmarsat) y líneas punto-a-punto dedicadas.

MOCAMBIQUE CELLULAR (mCel), operador nacional de telefonía móvil, actualmente tiene cobertura en la mayoría de las sedes distritales de Cabo Delgado. Ofrece servicios de Internet y e-mail a través del teléfono móvil.

El mercado de las Telecomunicaciones en Maputo ya ofrece una gama amplia en casi todo tipo de productos y servicios, por lo que merece un estudio más en profundidad en cuanto a las calidades y precios de estos productos y servicios.

Mercado accesible y gastos de transporte

Es posible que algunos de los equipos que interese adquirir para la futura red de comunicaciones del sistema de Salud de Cabo Delgado no se encuentren disponibles en mercado mozambicano, por ello puede resultar necesario extender la investigación a otros mercados más amplios:

Sudáfrica: Limita con Mozambique por el sur y su capital, Johannesburgo dista tan sólo 500 km. de Maputo, con buenas comunicaciones por tierra y vuelos regulares a Maputo y a Pemba. Sudáfrica está considerado como un país desarrollado, por lo que la oferta de productos que pueden encontrarse allí es prácticamente la misma que en cualquier país

Europeo. Reúne por tanto las condiciones necesarias para ser considerado como una opción a tener en cuenta a la hora de estudiar los potenciales proveedores de equipos.

Tanzania: Limita con Mozambique por el norte, por esta razón la distancia que separa Pemba de su capital, Dar-el-Salaam, es sensiblemente inferior a la que la separa de la propia Maputo. Además existen vuelos regulares diarios entre Pemba y Dar-el-Salaam, por lo que, siendo el nivel de desarrollo de ambos países similar, en ocasiones esta puede ser una opción preferible a la propia capital de Mozambique.

3.3.3- Criterios de sostenibilidad

Además de todo lo expuesto anteriormente, resulta indispensable establecer una serie de criterios que garanticen la continuidad en el tiempo de los beneficios introducidos por el cambio tecnológico. No es suficiente con analizar las alternativas propuestas desde un punto de vista meramente técnico y económico, pues si no se crean las condiciones necesarias que avalen que la red de comunicaciones sea sostenible a largo plazo, su implementación carecerá de sentido.

El objetivo de este apartado es el de establecer las variables que describen los diferentes aspectos de la sostenibilidad de este proyecto, así como fijar los criterios sobre las que deben sustentarse las tecnologías para ser consideradas como apropiadas. Este análisis debe identificar las debilidades y riesgos predecibles de la intervención y permitir desarrollar estrategias y fijar los objetivos que minimicen estas amenazas, pues de la sostenibilidad de la solución tecnológica finalmente adoptada va a depender el éxito o el fracaso del proyecto. Como ya se ha mencionado anteriormente, este grupo de variables se estudiará una vez seleccionadas una o dos tecnologías y realizado un diseño y una selección de equipos, por lo que en este análisis únicamente se definen los factores a tener en cuenta y proponen algunas recomendaciones.

Las dimensiones de esta sostenibilidad pueden englobarse en cuatro áreas de estudio: la económica, la tecnológica, la social y organizativa y la política.

Aspectos económicos:

Esta variable debe servir para evaluar, en base a los costes de operación y mantenimiento estimados en el apartado anterior, la sostenibilidad económica a largo plazo de la red de comunicaciones.

La sostenibilidad económica estará fuertemente condicionada por la capacidad de la DPS de planificar y gestionar sus recursos, así como de la eficiencia del Sistema Provincial de Mantenimiento (SPM), cuyas capacidades pretende reforzar la línea de mantenimiento del presente programa.

Estos condicionantes van a ser, de todos modos, un limitante común a todas las tecnologías que se estudian aquí, pero pueden resultar críticos en caso de tratarse de una tecnología que implique unos gastos de operación y mantenimiento elevados.

Por tratarse de uno de los aspectos más importantes a la hora de optar a favor de una u otra tecnología, siempre va a ser preferible la opción económicamente más sostenible, aunque implique una inversión inicial mayor.

Aspectos tecnológicos:

Se pretenden analizar en este punto las características técnicas de cada una de las alternativas más allá de las mejoras que introduzcan frente al actual sistema de radio HF. Los aspectos fundamentales a estos efectos serán aquellos que condicionen la continuidad en el tiempo del correcto funcionamiento de la red, en función de los conocimientos y medios técnicos que sean precisos para garantizar esta continuidad y la posibilidad de disponer de los mismos en Cabo Delgado.

Robustez

Esta variable debe reflejar el grado de robustez de una tecnología, entendiendo esta como una cualidad que garantiza un cierto nivel de funcionamiento libre de fallos de forma prolongada en el tiempo. Habrá que tener en cuenta la vida útil y el tiempo medio entre fallos de los diferentes elementos que componen la red en base a las especificaciones de los fabricantes y a las condiciones del terreno, así como los rangos de funcionamiento en cuanto a la temperatura, humedad,... en los que operan. Habrá que cuantificar también la

resistencia a las condiciones climáticas adversas y la variabilidad de la calidad de transmisión en función de estas.

Complejidad

La utilización apropiada por parte de los usuarios y el mantenimiento tanto preventivo como correctivo adecuados de todo el sistema de comunicaciones va a estar ligado en gran medida al nivel de complejidad que implique la nueva tecnología introducida. La gestión del cambio introducido no puede por tanto dejar de lado los efectos de la complejidad de la nueva tecnología, pues no se puede perder la perspectiva de que tanto los usuarios como incluso los responsables de mantenimiento de la DPS tienen una formación con muchas carencias ya que su acceso a las nuevas tecnologías ha sido en general limitado.

En este apartado se tendrá en cuenta tanto las novedades introducidas como el número de elementos novedosos (a mayor número de elementos que precise una red, más probabilidades de que alguno de ellos cause problemas) y la complejidad que suponen los mismos para los usuarios por una parte y para los técnicos del SPM por otra. Este apartado también debe servir para definir las capacidades que precisan ser desarrolladas y los planes formativos con los que se pretenderá desarrollarlas.

Considerando esta variable como un factor a tener en cuenta en el estudio, se puede clasificar una tecnología según los siguientes niveles de complejidad, especificando si esta se refiere al nivel de los usuarios o a la complejidad técnica de la red de cara la formación de los técnicos encargados de su mantenimiento.

Nivel	Usuario	Técnico
Básico	Sólo precisa conocer los mecanismos de transmisión y recepción: (Teléfono, radio,...)	Formación en instalaciones electrotécnicas.
Medio	Precisa configurar algunos parámetros sencillos. (fax,...)	Formación en electricidad y en mantenimiento de equipos informáticos.
Complejo	Precisa conocimientos de informática.	Formación en electricidad /electrónica, configuración de redes y software.

Tabla 3.2.- Niveles de complejidad de una tecnología para usuarios y técnicos

Asistencia técnica

Aquí debe mencionarse la asistencia técnica que se estima va a precisar la red de comunicaciones, la frecuencia y costes de la misma (costes de mantenimiento correctivo) y, relacionado con el nivel de complejidad mencionado arriba, la formación mínima que requerirán los técnicos encargados de hacer, así como, en su caso, si los distribuidores de los equipos ofrecen algún tipo de garantía, servicio post-venta u otro soporte adicional.

Mercado local de repuestos y servicios

Otro factor que puede condicionar la sostenibilidad es la disponibilidad de repuestos, preferentemente en el mercado local. También, en caso de que fuera necesario, se debe contemplar la posibilidad de externalizar la asistencia técnica en alguna de las empresas que operan en la provincia: Las antes mencionadas Sycamore Services Lda., Infosung Lda. o el CPRD (Centro Provincial de Recursos Digitales), empresa estatal, con sede en Pemba, surgida como iniciativa del gobierno mozambicano para dar respuesta a las necesidades de formación en informática a la población e instituciones de la provincia, son las tres posibilidades que merece estudiar.

Aspectos socioculturales

Se refleja el impacto social y cultural de la intervención y las capacidades de los usuarios finales del sistema.

Aspectos políticos y legales

Se estudia el marco legal que reglamenta los usos de esta tecnología y los recursos nacionales.

Resumen de variables y otros factores a tener en cuenta

Variable		Descripción
Requisitos	Tecnología inalámbrica	La tecnología debe ser inalámbrica
	Tecnología madura	Se evalúa el grado de madurez de la tecnología (Emergente, en crecimiento, madurez, saturación y obsoleta)
	Tecnología apropiada	Impacto ecológico, social y cultural debe ser positivo.
	Comunicaciones de voz y datos	Se indica si la tecnología permite comunicaciones de voz y datos y bajo qué circunstancias.
	Cumplimiento de la legislación	Debe cumplir la legislación
Características técnicas	Capacidad	Número de usuarios que soporta el sistema
	Tasa de Transmisión	Velocidad de transmisión binaria en función de configuraciones y servicios
	Banda de Frecuencia	Frecuencia de operación y consecuencias de esta.
	Seguridad	¿Permite mecanismos de seguridad? Describirlos.
	Posibilidades de interconexión	¿Permite interconexión con otras redes/tecnologías?
	Posibilidades de gestión remota	¿Permite gestión remota de la red?
	Infraestructuras	Enumerar las infraestructuras necesarias.
Equipos y terminales	Enumerar los equipos y terminales disponibles para esta tecnología con sus características	

Criterios de mercado	Costes de implementación	Inversión inicial del despliegue de la red.
	Costes de operación	Costes asociados al funcionamiento de la red.
	Consumo eléctrico	Estimación del consumo eléctrico e instalaciones necesarias.
	Costes de mantenimiento	Estimación de los costes fijos de mantenimiento.
	Disponibilidad de equipos	Estudio de mercado local y mercado accesible.
Criterios de sostenibilidad	Aspectos económicos	Debe evaluarse la sostenibilidad económica a largo plazo del sistema
	Aspectos tecnológicos	Se evalúa la robustez y complejidad de la tecnología, así como la accesibilidad de asistencia técnica y repuestos.
	Aspectos socioculturales	Se refleja el impacto social y cultural de la intervención y las capacidades de los usuarios finales del sistema.
	Aspectos políticos y legales	Se estudia el marco legal que reglamenta los usos de esta tecnología y los recursos nacionales.

3.4.- Análisis por variables

3.4.1.- Wi-Fi

3.4.1.1.- Introducción

Una de las tecnologías que han experimentado una evolución más importante en la última década es la que comprende familia de estándares 802.11 del IEEE, también conocida como Wi-Fi. En realidad el término Wi-Fi es consecuencia de una campaña de marketing de la WECA (hoy Wi-Fi Alliance), y hace referencia a la certificación que esta entidad otorga a una serie de productos basados en estándares 802.11, por simplicidad y también porque es una creencia popularmente extendida, aquí se utilizará este término para hacer referencia a todos los estándares de la familia 802.11.

Aunque inicialmente Wi-Fi no se concibió para redes extensas sino para entornos inalámbricos en oficinas o redes domésticas WLAN, sus indudables ventajas en costes, uso de frecuencias libres de licencia y buenas prestaciones (ancho de banda, flexibilidad,...), unidas a la apuesta de muchos fabricantes por sus aplicaciones, especialmente en torno a la implementación de redes WLAN y acceso inalámbrico a Internet, han beneficiado la aparición de innumerables productos basados en esta tecnología, casi todos ellos de bajo consumo, a precios económicos y muy flexibles, especialmente en combinación con desarrollos de software abierto, que permiten extender sus usos a nuevas aplicaciones.

En la actualidad, la Wi-Fi Alliance (antes WECA: Wireless Ethernet Compatibility Alliance), formada por más de 500 empresas con intereses en el sector, continúa impulsando el desarrollo de nuevos productos y aplicaciones provistas de la certificación que garantiza la compatibilidad entre equipos de distintos fabricantes. Al mismo tiempo los Grupos de Trabajo (WG) de la IEEE impulsan nuevos proyectos de estándares para mejorar los actuales o dotarlos de nuevas funcionalidades.

Uno de los mayores logros de la WECA fue conseguir que los estándares IEEE 802.11 se basaran en el mismo marco de estándares que Ethernet, siendo idénticos a éstos en el nivel de Enlace y difiriendo únicamente en la capa Física. Esto garantiza un excelente nivel de interoperatividad y asegura una implantación sencilla de las funciones y

dispositivos de interconexión Ethernet/WLAN. Aquí reside una de las claves del éxito de esta tecnología a nivel mundial.

Especifica dos tipos de protocolos para el nivel de control de Acceso al Medio:

- Protocolos de arbitraje como FDMA y TDMA que permiten reservar los recursos pero resultan en menores tasas de transmisión.
- Protocolos de Contienda: CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) que evita las colisiones optimizando el ancho de banda. Sin embargo no resuelve el problema del nodo oculto (colisiones resultantes de la actividad de un terminal que, estimando el medio desocupado, comienza una transmisión hacia otro terminal, cuando en realidad éste ya estaba recibiendo datos de un tercer terminal que queda fuera del alcance del primero).

Asimismo, a nivel físico, el estándar original especificaba varias técnicas de transmisión de espectro ensanchado que permitían mayores velocidades y mejor comportamiento frente a interferencias, reduciendo la Tasa de Error de Bit (BER) en las mismas condiciones:

- Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS).
- Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS).
- Infrarrojos en banda base (IrDA)

Las diferentes tasas de transmisión que permite son obtenidas mediante diferentes técnicas de modulación. Más adelante se incorporaron técnicas de transmisión ortogonales que permitieron extender la tasa de transmisión de los 11 a los 54 Mbps y que se aplican a 802.11a/g:

- 1 Mbps: DBPSK (Modulación por Desplazamiento Diferencial de Fase Binaria)
- 2 Mbps: DQPSK (Modulación por Desplazamiento Diferencial de Fase en Cuadratura).
- 5,5/11 Mbps: CCK (Modulación de Código Complementario) o PBCC (Codificación Convolutiva Binaria de Paquetes)
- 54 Mbps: OFDM (Multiplexación por división en frecuencias ortogonales)

3.4.1.2.- Estándares:

IEEE 802.11

Primer estándar de la IEEE para Wireless fue el 802.11 en 1997. Definía tres tipos de capa física: FHSS, DSSS e Infrarrojos, a tasas de transmisión de 1 a 2 Mbps. Las tarjetas basadas en DSSS son compatibles con los radios 802.11 b/g, mientras que el resto no lo son. Muy baratas, pero de prestaciones limitadas, ya no se fabrican. Posteriores mejoras en cuanto a técnicas de modulación han proporcionado nuevas prestaciones a esta familia con el desarrollo de mejores estándares como los mencionados a continuación.

IEEE 802.11b

Durante años ha sido considerado el estándar WLAN de facto y sus aplicaciones son múltiples y ampliamente difundidas, de hecho fue el que se dio a conocer como Wi-Fi tras una exitosa campaña de marketing. Opera utilizando DSSS a 2,4 GHz y escoge automáticamente la mejor tasa de transferencia (1, 2, 5,5 o 11 Mbps) en función del nivel de señal disponible. Las velocidades de transferencia más que aceptables para la mayoría de aplicaciones han extendido su uso como alternativa a la Ethernet cableada en entornos LAN (redes WLAN) y acceso de banda ancha a Internet (hotspots). De hecho, con la radio transmitiendo a 11 Mbps se consigue un throughput neto de entre 5 y 6 Mbps perfectamente equiparable a una Ethernet 10BaseT cableada.

La firme apuesta de los fabricantes por este estándar ha facilitado la multiplicación del número de dispositivos y de su disponibilidad a nivel global a precios muy bajos. La decisión de optar por soluciones no propietarias en la gran mayoría de los casos y la amplia aceptación por parte de los usuarios han permitido un extraordinario desarrollo de software libre y aplicaciones muy flexibles para este estándar que aun a día de hoy sigue siendo ampliamente utilizado. Como contrapartida destacan las serias deficiencias que presenta en cuanto a seguridad que lo hacen extremadamente vulnerable a ataques.

IEEE 802.11a

802.11a (1999) permite transmisión de datos en la banda de 5 GHz de UNII (5'8 GHz) a velocidades de hasta 54 Mbps utilizando multiplexación ortogonal OFDM (Hay

fabricantes que ofrecen más de 72 Mbps con extensiones propietarias, aunque el throughput neto suele estar muy por debajo de estos valores, típicamente la mitad). Aunque se aprobó como estándar prácticamente al mismo tiempo que 802.11b y con perspectivas mucho más prometedoras, tardó mucho más en comercializarse. 802.11a proporciona más canales, mayores tasas de transferencia y mejora la inmunidad frente a interferencias al trabajar en una banda del espectro menos saturada.

Sin embargo la incompatibilidad con el resto de estándares de la familia 802.11, especialmente con 802.11b que ya había sido adoptado por la mayoría de fabricantes haciendo los precios de los equipos mucho más competitivos y permitiendo una mayor oferta de dispositivos y aplicaciones que integran esta tecnología. El menor alcance (aproximadamente la mitad que Wi-Fi b/g para la misma potencia radiada) y la posterior aparición de 802.11g han limitado considerablemente la expansión de este estándar. Además, las tarjetas y puntos de acceso con conectores para antenas externas son relativamente difíciles de encontrar, lo que limita su uso para aplicaciones en exteriores.

IEEE 802.11g

Ratificado por la IEEE en 2003, este estándar ganó rápidamente popularidad hasta el punto de convertirse en el que goza de mayor difusión en este momento. Esto se debe a que manteniendo las mismas características del 802.11b introduce mejoras sustanciales como las técnicas de multiplexación OFDM de 802.11a y que permiten velocidades de transmisión de hasta 54 Mbps (throughput de datos de 20-25 Mbps). Pero lo que realmente ha impulsado la popularización de este estándar es que mantiene la compatibilidad con DSSS, por lo que los nuevos equipos 802.11g son totalmente compatibles con aquellos que utilizan 802.11b, además dado que funciona en la banda de 2,4 GHz (sin licencia) no es necesario cambiar de antenas para migrar de tecnología ni se tienen las limitaciones de distancia de las que adolece 802.11a. El mayor problema de esta tecnología es que la banda ISM en la que opera presenta un gran número de señales interferentes provenientes de hornos microondas, teléfonos inalámbricos y dispositivos Bluetooth o Zigbee entre otros. Éste es un problema que tiende a agravarse con el tiempo y a medida que las tecnologías inalámbricas se desarrollan la saturación en estas bandas irá en aumento.

Actualmente existen numerosos equipos comerciales con esta especificación, con potencias de hasta 1 W, que permite hacer comunicaciones de hasta 40 km. utilizando las antenas directivas apropiadas

IEEE 802.11n

El último estándar dentro de la familia 802.11 fue construido sobre los anteriores pero añadiendo técnicas de MIMO y un mayor ancho de banda por canal (40 MHz). Las técnicas de MIMO (Multiple Input Multiple Output) permiten aprovechar, mediante una apropiada configuración de múltiples antenas y con una sobrecarga moderada de procesamiento de la señal, las pérdidas debidas a la dispersión multicamino. De esta forma se convierte en información útil aquella recibida con retardo debido a la propagación a través de caminos distintos al de Línea Vista, a causa de las inevitables reflexiones, y que en estándares previos se consideraban interferencias que degradaban la calidad de la señal recibida. Además, la tecnología MIMO aporta otras técnicas que mejoran considerablemente las prestaciones como la Multiplexación por División Espacial (SDM) incrementando el ancho de banda al transmitir tramas de datos simultáneamente en un mismo canal; Vinculación de Canal (Channel Bonding) que permite la transmisión de dos canales simultáneamente y Optimización de Carga para introducir una mayor cantidad de datos por paquete.

A pesar de que hasta septiembre de 2009 la IEEE no ratificó el estándar 802.11n, muchos fabricantes de dispositivos comenzaron con anterioridad a incorporar las prestaciones de esta tecnología a equipos comerciales provistos de la certificación “pre-n” de la WiFi Alliance, basada en el Borrador 2.0 802.11n de la IEEE, que especificaba tasas máximas de transferencia de 130 y 300 Mbps para canales de 20 y 40 MHz respectivamente. Al inicio de este análisis, en abril de 2008, fue aprobado el Borrador 3.0 de la IEEE y se esperaba el estándar definitivo para marzo de 2009.

802.11n está especificado para la transmisión de datos tanto en la banda de 2,4 GHz como en la de 5,8 GHz, por lo que será perfectamente compatible con WiFi a/b/g, además permite la transmisión embebida de las tecnologías previas, de forma que puede comunicarse sin problemas con equipos anteriormente desarrollados con el único inconveniente de una reducción drástica de la velocidad de la red.

Otros estándares y extensiones:

IEEE 802.11-2007

Llamado en un primer momento REVma o 802.11ma, es el estándar más reciente publicado por la IEEE dentro de la familia Wi-Fi. Actualiza los contenidos del estándar original de 1997 incluyendo las modificaciones acumuladas a lo largo de años de trabajo de los WG de la IEEE. De este modo, en este estándar se incluyen las especificaciones de 802.11a/b/g/d/e/h/i/j

IEEE 802.11d

Especifica mecanismos a nivel de control de Acceso al Medio (MAC) para comunicar información a los puntos de acceso sobre los canales de radio disponibles con niveles de potencia aceptables para los dispositivos de los usuarios. Complementa de este modo a los estándares 802.11 para extender el uso, nivel internacional, de las redes WLAN.

IEEE 802.11e

Este estándar recoge las especificaciones que proporcionan distintos niveles de QoS en la capa de enlace a los demás protocolos de la misma familia. Para este fin 802.11e introduce nuevos mecanismos de Acceso al Medio para dar soporte a servicios con garantías de Calidad de Servicio. Estos son facilitados por Hybrid Coordination Function (HCF) implementa dos tipos de acceso: Enhanced Distributed Channel Access (EDCA) y Controlled Access (HCCA).

IEEE 802.11f

Su objetivo es lograr la interoperabilidad de Puntos de Acceso dentro de una red WLAN con varios proveedores. El estándar establece las propiedades del registro de Puntos de Acceso dentro de una red y la sintaxis del intercambio de información entre dichos Puntos de Acceso permitiendo la movilidad del usuario de un punto de acceso a otro.

IEEE 802.11h

Es una modificación del estándar 802.11 para WLAN ratificada por el IEEE en 2003 con el fin de minimizar el impacto de abrir la banda de 5,8 GHz para aplicaciones de ISM y permitir la coexistencia con aplicaciones de radar y satélite cumpliendo con las normativas de la Unión Europea. Con este fin añade los mecanismos de gestión dinámica tanto de la frecuencia como de la potencia de transmisión.

IEEE 802.11i

Como ya se ha mencionado anteriormente, las características de todos los estándares Wi-Fi hacen a estas tecnologías especialmente vulnerables a ataques e intromisiones no deseadas. IEEE creó específicamente el 802.11i (Antes conocido como WEP2) para dar solución a este problema introduciendo TKIP (Protocolo de Claves Integradas-Seguras-Temporales) y AES (Estándar de Cifrado Avanzado), mejorando considerablemente las herramientas de codificación y autenticación.

IEEE 802.11j

Es una adaptación del estándar 802.11 específica para el mercado japonés. Permite la operación de Wi-Fi en la banda de frecuencias de 4.9 a 5 GHz cumpliendo así la legislación de Japón en materia de radiocomunicaciones en interior, exterior y móvil.

IEEE 802.11s

Este estándar reúne el conjunto de especificaciones necesarias para la implementación de redes Mesh, extendiendo así el uso de la configuración Ad-Hoc a redes más amplias para transmisión de datos basada en “métricas de radio-inteligente sobre topologías multi-salto autoconfigurables”. Para ello 802.11s define el protocolo HWMP (Hybrid Wireless Mesh Protocol) basado en el protocolo de enrutamiento dinámico de vector distancia AODV (Ad-Hoc On-Demand Distance Vector, RFC 3561). Una alternativa podrían ser protocolos basados en estado de enlace como OLSR (Optimized Link State Routing Protocol, RFC 3626) que tienen más carga de procesamiento y ocupan mayor ancho de banda, pero a cambio son más robustos ante eventuales fallos de los enlaces.

IEEE 802.11w

Extiende los mecanismos de seguridad introducidos por 802.11i de los datos hasta el nivel de las tramas de control de la red, aumentando así la seguridad integral de las comunicaciones.

IEEE 802.11y

Es una modificación del estándar 802.11 para poder operar en la banda de los 3650 a 3700 MHz en los Estados Unidos. Aprovechando la legislación más permisiva en cuanto a potencia radiada en esta banda de frecuencias (hasta 20 W) y la existencia de “licencias reducidas” no exclusivas pero muy asequibles, se pretende alcanzar distancias mucho mayores que con el estándar tradicional. 802.11y incluye además algunas mejoras como el

“Extended Channel Switch Announcement” o ECSA (también incluido en 802.11n) que permite la conmutación dinámica entre canales de un mismo punto de acceso, facilitando seleccionar cada vez el menos ruidoso.

Estándar	Banda de Frecuencia	Velocidad de transmisión
IEEE 802.11	2,4 GHz	1-2 Mbps
IEEE 802.11a	5,8 GHz	6-54 Mbps
IEEE 802.11b	2,4 GHz	11 Mbps
IEEE 802.11g	2,4 GHz	20 Mbps (DSSS)/56 Mbps (OFDM)
IEEE 802.11n	2,4 y 5,8 GHz	130 Mbps (20 MHz/canal) y 300 Mbps (40 MHz/canal)

Tabla 3.3.- Resumen de los diferentes estándares del IEEE para WLAN.

Estándar	Descripción
IEEE 802.11-2007	Actualización de 802.11-1997 para incluir a/b/d/e/g/h/i/j
IEEE 802.11d	Mecanismos a nivel MAC sobre información de canales
IEEE 802.11e	Mecanismos a nivel de MAC para garantizar QoS
IEEE 802.11f	Simplificación de las comunicaciones entre puntos de acceso. Itinerancia.
IEEE 802.11h	Cumplimiento de la normativa europea en la banda de 5 GHz
IEEE 802.11i	Herramientas de codificación y autenticación: TKIP y AES
IEEE 802.11j	Extensión del estándar para Japón (4.9-5 GHz)
IEEE 802.11s	Redes Mesh
IEEE 802.11w	Seguridad en las tramas de control de red
IEEE 802.11y	Extensión para la banda de 3650-3700 MHz en EE.UU

Tabla 3.4.- Resumen de otros estándares 802.11

3.4.1.3.- Wifi para grandes distancias:

Como ya se ha mencionado al principio de este capítulo, los estándares 802.11 a/b/g/n no fueron concebidos en un principio para aplicaciones exteriores ni para alcanzar distancias mayores que decenas o unos pocos cientos de metros. Sin embargo la sustancial mejora en cuanto a costes y complejidad que introducen estas tecnologías frente a lo que supone el despliegue de una red cableada convencional, junto con el relativamente buen ancho de banda que proporciona para la mayoría de aplicaciones, han impulsado las investigaciones en soluciones inalámbricas basadas en Wi-Fi, que permiten dar acceso a Internet en exteriores mediante hotspots o cubrir grandes distancias de hasta decenas de kilómetros en enlaces punto-a-punto o punto-a-multipunto.

Consideraciones a nivel de capa física:

A pesar de estar destinado en un principio a aplicaciones de entorno LAN, en principio no existen limitaciones en cuanto a distancia en las especificaciones de los distintos estándares. Por tanto, los límites físicos de distancia alcanzable con Wi-Fi dependerán de los siguientes parámetros:

PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente), es el exceso de potencia en decibelios radiada en la dirección de máxima radiación con relación a una antena isotrópica. Está limitada por las características de los equipos pero también por la legislación vigente en la zona de intervención. Mientras que en la Unión Europea esta potencia no puede exceder los 100 mW, la normativa norteamericana de la FCC extiende este límite a 1W. En Mozambique no existe una regulación específica en cuanto a PIRE, pero se rigen por la Norma Europea EN 300-328 de la ETSI, que limita la máxima potencia radiada a 100 mW.

Pérdidas de propagación: En términos de potencia, es la degradación de la señal a lo largo del trayecto entre el emisor y el receptor como consecuencia combinada de las pérdidas de propagación en el espacio libre (únicamente dependientes de la distancia y la frecuencia de transmisión), y los efectos de la atenuación y la dispersión que introduce el medio físico. Estas pérdidas son variables en función de las propiedades dieléctricas y la orografía del terreno, la absorción debida a obstáculos, vegetación y a las condiciones climáticas. Serán modeladas en la siguiente fase del estudio mediante el simulador de radioenlaces Radio Mobile.

La sensibilidad en recepción: Es el mínimo Nivel de Señal Recibida (RSL en inglés) que detecta el receptor. Es un dato que debe ser proporcionado por el fabricante de los equipos y típicamente se encuentra entre -75 y -95 dBm, aunque está fuertemente ligada a la tasa de transferencia. De este modo se consigue una mejor sensibilidad para velocidades de bit bajas como 1 Mbps.

La mínima SNR (Relación Señal a Ruido) que se puede considerar suficiente para garantizar la calidad en las comunicaciones. Esta magnitud viene dada por la diferencia entre la potencia de señal a la entrada del receptor y el mínimo nivel de señal detectable por este. Está directamente relacionada con la Tasa de Error de Bit (BER), y cuanto mayor sea la

relación SNR a la entrada del receptor, mejor será la calidad de la transmisión. Una relación señal a ruido mínima para que un enlace funcionara en condiciones climáticas óptimas sería de 10 dB, sin embargo no sería un enlace estable. Se puede fijar como aceptable para garantizar la operatividad de un enlace en condiciones variables una SNR de 20 dB a la entrada del receptor.

En vista de esto, se deduce que no existiría ninguna limitación de alcance siempre que se transmitiera con toda la potencia necesaria para alcanzar el nodo opuesto del enlace, atendiendo a los parámetros de sensibilidad y SNR especificados para éste. En la práctica sucede que la legislación en materia de radiocomunicaciones exige respetar unos límites máximos de potencia radiada que impiden alcanzar distancias tan grandes como sería deseable. Por otra parte, los equipos tienen sus propias limitaciones en cuanto a la máxima potencia que pueden radiar (y generalmente su precio aumenta proporcionalmente a esta potencia). Las antenas también tienen una ganancia determinada (que aumenta con el tamaño, haciendo que antenas con ganancias elevadas sean demasiado grandes para resultar apropiadas) y para una aplicación práctica en las frecuencias de Wi-Fi, en la medida de lo posible, no se van a contemplar antenas de más de 24 dBi, aunque excepcionalmente se podrá plantear el uso de antenas de hasta 27 dBi.

En todo caso, aunque en muchas ocasiones resulta inevitable la instalación de repetidores, pueden seguirse estrategias para optimizar el alcance de un enlace Wi-Fi como las que se mencionan a continuación:

- **Utilizar velocidades bajas:** Cuanto mayor es la velocidad de bit, mayor la sensibilidad necesaria en el receptor para mantener la misma BER. Para garantizar la estabilidad y calidad de un enlace de larga distancia con Wi-Fi (contando con la previsible degradación de las prestaciones con el tiempo, pérdida de alineación de las antenas, climatología,... etc), conviene ser conservadores y utilizar la tasa de transferencia más baja posible que asegure el funcionamiento la red, renunciando incluso a algunas prestaciones en favor de un enlace más robusto. Por ejemplo, la diferencia de sensibilidad en recepción entre tasas de bit de 1 y 11 Mbps puede ser de más de 10 dB, lo que significa que prácticamente se puede cuadruplicar la distancia con sólo reducir la tasa de transferencia de 11 a 1 Mbps.

- **Previsión de fenómenos meteorológicos:** Aunque se trate de fenómenos de difícil predicción, conviene tenerlos siempre en cuenta a la hora de planificar los enlaces y definir un margen amplio en la Relación Señal a Ruido en recepción. Es recomendable consultar las estadísticas climatológicas de la región de intervención (velocidades máximas de viento, número de días lluviosos al año, desastres naturales acontecidos en los últimos años,...) con el fin de evaluar los riesgos y diseñar mecanismos de prevención de los mismos. Por ejemplo, el clima tropical en Mozambique está caracterizado por una estación lluviosa entre los meses de Noviembre y Abril, y otra estación seca el resto del año en la que las condiciones meteorológicas son las mejores para este tipo de sistemas. La temperatura promedio en Pemba varía desde los 21,1 °C a los 26,7 °C con una media anual de precipitaciones de 800 mm alcanzando hasta los 1200 en zonas muy localizadas del norte de la provincia. Hay que tener en cuenta que fenómenos climáticos extremos (lluvias torrenciales, ciclones,...) no son infrecuentes en esta latitud, y que acontecimientos de este tipo podrían dañar irreparablemente los equipos. Lamentablemente son impredecibles y las pocas precauciones que se pueden adoptar se reducen a asegurar bien los anclajes de los equipos, vulcanizar conectores e incluir en el diseño los sistemas de protección contra descargas eléctricas apropiados.
- **Polarización:** Representa la dirección del campo eléctrico en el patrón de radiación de la antena. Típicamente la polarización lineal vertical es la que mejores características presenta en transmisión a largas distancias.

En diferentes ensayos y enlaces experimentales se han alcanzado distancias realmente grandes con enlaces Wi-Fi para distintas tasas de transferencia. Por ejemplo: para 802.11b con transmisores de 25 dBm (30 dBm menos 1 dBm por cada 3 dBi de ganancia de la antena, Norma FCC) y antenas directiva de 24 dBi y omnidireccional de 12 dBi, para un margen de ganancia de 25 dB con una sensibilidad de -92 dBm en recepción y pérdidas de 1 dB por conector, se puede llegar a implementar un enlace de casi 90 km a una tasa de transmisión de 2 Mbps, si existe Línea de Vista (en adelante LOS por sus siglas en inglés *Line Of Sight*) entre los extremos, aunque se observaron otro tipo de problemas a nivel de enlace de datos que van a ser comentados a continuación. Sin embargo, implementando este mismo enlace para una velocidad de 11 Mbps, sólo se alcanzarían 40 km. Con tecnología 802.11g, también se han alcanzado distancias de 40 km a 6 Mbps, sin embargo no se

considerará esta opción ya que estas experiencias indican que hay que ser conservadores y trabajar a velocidades más bajas para compensar la inevitable degradación de las prestaciones del enlace con el tiempo, la pérdida de alineación de las antenas y las condiciones climáticas.

Consideraciones a nivel de capa MAC:

Existen también una serie de parámetros de los protocolos de nivel de enlace de datos y acceso al medio que implementan los estándares 802.11 que van a afectar en mayor medida a la calidad del enlace cuanto más aumente la distancia de éste, llegando incluso a provocar que la conexión no funcione. Principalmente existen tres tiempos constantes definidos en la capa MAC: El temporizador de espera de los ACKs, el aSlotTime, y el cálculo del vector que se encarga del tiempo que se debe esperar cuando el canal está reservado para la detección de portadora virtual (NAV).

- **aSlotTime:** Aunque el Acceso al Medio de 802.11 no es completamente ranurado, sí que se define una duración de Slot a nivel físico. En DSSS (capa física de 802.11b) este Slot dura por defecto 4 μ s. El estándar define cuatro valores basados en el tiempo de Slot: SIFS, PIFS, DIFS y EIFS, que sirven a los distintos mecanismos para asignar prioridades en términos de arbitraje para el control distribuido de acceso al medio. El primero de estos tiempos es SIFS (Short Inter Frame Space), tiene entre otras funciones la de separar tramas de un mismo dialogo y en DSSS tiene un valor fijo de 10 μ s. El resto de tiempos se obtienen a partir de este valor y del valor del aSlotTime y son la base sobre la que se sustenta el protocolo de Acceso al Medio CSMA/CA (Acceso múltiple con detección de portadora, evitando colisiones) para asignar los recursos.

El problema surge cuando aumentando la distancia el tiempo de propagación supera el aSlotTime, ya que el estándar fue diseñado para entornos de área local donde esto no acontece. Aproximadamente cada 3 km el RTT (Retardo de ida y vuelta) se incrementa en un aSlotTime. En este contexto, una estación que quiera acceder al medio compartido, escuchará el canal durante un tiempo PIFS (Point coordination IFS), tras el cual comenzará a transmitir asumiendo que el canal está libre, cuando puede suceder que no lo esté. Esta probabilidad aumenta con la distancia, limitando

seriamente las prestaciones del enlace por encima de los 3 km y afecta especialmente a los enlaces punto-a-multipunto, haciendo prácticamente inservible el mecanismo de evitar colisiones de CMDA/CA, aunque su relevancia depende del número de nodos transmitiendo simultáneamente que pueda haber y del nivel de saturación del enlace.

- ***ACKtimeout***: Define el máximo tiempo que el emisor espera la confirmación de entrega de un paquete, transcurrido este tiempo si no llegara confirmación, el emisor asumiría que el paquete se ha perdido e iniciaría la retransmisión. Cuando la distancia es tan grande que el Tiempo de Ida y Vuelta (RTT) es superior al valor de este parámetro, el rendimiento del enlace se verá seriamente afectado, ya que el emisor suponiendo que los paquetes no alcanzan su destino, realizará el número máximo de retransmisiones con cada paquete (por defecto 7), cuando en realidad todos ellos llegan correctamente, aunque sólo el primero pase a los niveles superiores. Esto hace que el rendimiento del enlace se divida por 7 en este caso. En general los equipos Wi-Fi permiten modificar este parámetro para situarlo en un valor ligeramente superior a dos veces el tiempo de propagación (para el enlace más largo en caso de Punto-a-Multipunto) y así evitar este problema.
- ***Network Allocation Vector (NAV)***: La detección de portadora para saber si el canal se encuentra libre para transmitir puede hacerse de forma directa o virtual a través del vector NAV. Este es un mecanismo que incorpora RTS/CTS para hacer frente al problema de los nodos ocultos. Si el tiempo calculado en NAV coincide realmente con el tiempo que el canal va a permanecer ocupado, el mecanismo funciona correctamente. Sin embargo, debido a que el NAV no se calcula directamente a partir del tiempo de transmisión, a medida que la distancia aumenta, el funcionamiento de RTS/CTS empeora hasta resultar del todo inservible.

De todo lo dicho se concluye que hay que prestar especial atención a la configuración de los parámetros de nivel de enlace de los equipos si se quieren alcanzar grandes distancias con Wi-Fi. Se puede utilizar, asumiendo una cierta pérdida de prestaciones, esta tecnología para implementar enlaces Punto-a-Punto siempre que los equipos permitan configurar *ACKtimeout* y *aSlotTime*. Para enlaces Punto-a-Multipunto el

funcionamiento va a presentar muchos problemas salvo en el caso de que el número de nodos y la carga del enlace sean bajos.

3.4.1.4.- Configuraciones

Se pretenden presentar aquí las principales topologías de red y configuraciones que permite la tecnología Wi-Fi, con el fin de mostrar las principales características y aplicaciones de cada una de ellas.

Basic Service Set (BSS):

También llamado Modo Infraestructura o Punto de Acceso, es la arquitectura más extendida entre los ISPs que proveen acceso a Internet a través de hotspots y para dar acceso a redes LAN cableadas. En esta configuración, un nodo definido como Maestro (BSS Master) hace de pasarela para la interconexión con otras redes (Ethernet LAN, RTPC, Internet,...) y provee acceso a la red inalámbrica, previa solicitud y autenticación, al resto de nodos (estaciones cliente) dentro de su área de cobertura.

De este modo, los clientes BSS se comunican exclusivamente a través del Punto de Acceso, compartiendo la capacidad de éste. Esto genera algunos problemas como el Acceso al Medio: CSMA/CA proporciona algoritmos pseudoaleatorios para evitar colisiones, pero el número de estas aumenta con la cantidad de usuarios, de forma que si se quiere garantizar la cobertura de un área con un mínimo de calidad hay que limitar el número de clientes o añadir otro Punto de Acceso funcionando en otro canal de radio. Según las especificaciones del estándar, la separación mínima entre canales adyacentes tiene que ser de al menos 22 MHz, por lo que el número máximo de Puntos de Acceso cubriendo una misma celda es de 3 en 802.11b/g, 8 para 802.11a y 11 en caso de sistemas bibanda a 2,4 y 5,8 GHz simultáneamente.

Existe una versión mejorada de esta configuración conocida como ***Enhanced Service Set (ESS)***, que permite, en redes con más de un Punto de Acceso, establecer una comunicación entre estos para facilitar la movilidad de los clientes *wireless* entre distintos APs (*Roaming*).

Independent Basic Service Set (IBSS):

Es la configuración más básica ya que solo precisa de terminales provistos de tarjeta de red NIC (Network Interface Card), que incorpora transceptor de radio y antena. Conocida comúnmente como configuración *Ad-Hoc* o *Peer-to-Peer* (P2P), los equipos configurados a tal efecto pueden establecer una comunicación directa entre iguales sin más que acordar unos parámetros básicos (canal de radio e identificación ESSID) y sin necesidad de ningún tipo de gestión de la red.

En el caso de que alguno de los nodos tenga acceso a una red cableada, puede permitir el acceso a la misma al resto de nodos de la red inalámbrica. Este tipo de arquitectura es apropiada para el intercambio puntual de datos entre dos o más terminales y en caso de no haber otras redes inalámbricas disponibles resulta muy fácil de configurar, por contra tiene importantes limitaciones ya que todos los nodos deben estar dentro del rango de alcance del resto.

Topología Mesh:

La arquitectura de red Mesh es una extensión del concepto de *Ad-Hoc*, que permite a un nodo comunicarse con otro que queda fuera de su radio de alcance a través de un tercero, mediante protocolos de enrutamiento dinámico a nivel de red. Esta extensión de 802.11 a/b/g viene dada por el estándar 802.11s, que define el protocolo HWMP (Hybrid Wireless Mesh Protocol). Con esta configuración, la tabla de rutas de un nodo va a indicar el siguiente salto más apropiado para alcanzar un destino dado, ampliando así las distancias que pueden cubrirse con una red de este tipo, de hecho, no existirían más límites físicos a la hora de definir el área de cobertura de una red, que la capacidad de los enlaces, por lo que en teoría sería posible alcanzar distancias realmente grandes siempre que la distribución y densidad de los nodos fuera la apropiada.

Entre las principales ventajas de esta arquitectura de red destaca la mayor robustez ante fallos, ya que al implementar enrutamiento dinámico, la caída de un nodo no va a suponer la caída de la red entera, pudiendo redirigir el tráfico a través de otro nodo, proporcionando así una redundancia de enlaces muy práctica en caso de enlaces de larga distancia susceptibles de fallos ante condiciones meteorológicas adversas. Otra ventaja nada desdeñable es la modularidad de este tipo de configuración, que permite sustituir, sustraer o

añadir un nodo de manera sencilla y rápida, sin mayores consecuencias para el conjunto de la red.

En lo que a los inconvenientes respecta, podría revestir importancia una mayor carga de tráfico de protocolo, en detrimento del throughput neto y una mayor complejidad en la administración de la red. Ambos factores a tener en cuenta pero no críticos, ya que el ancho de banda puede gestionarse de manera apropiada en función de las diferentes necesidades.

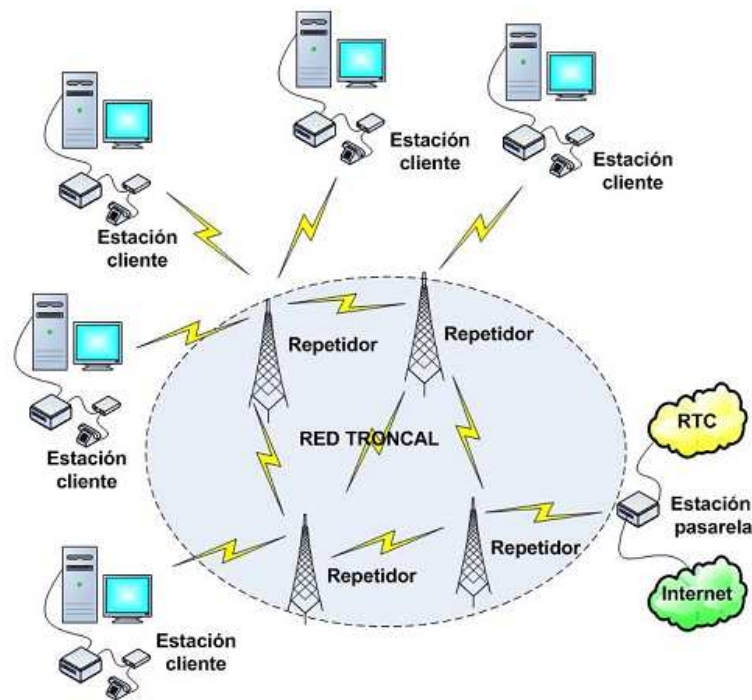


Figura 3.1.- Arquitectura de una red Mesh.

3.4.1.5.- Requisitos

Se comprueba de forma fundamentada cómo efectivamente la familia de estándares 802.11 merece ser considerada como una opción significativa dentro de este análisis, debido a que cumple ampliamente los requisitos mínimos especificados con este fin.

Tecnología inalámbrica

Los estándares Wi-Fi especifican los mecanismos que permiten la creación de redes inalámbricas de área local o extendida, la interconexión de redes cableadas Ethernet

mediante interfaces inalámbricas y la implementación de Puntos de Acceso vía radio a la Internet.

Grado de madurez de la tecnología

La familia de estándares 802.11 está en la actualidad ampliamente extendida a nivel global y se encuentran distribuidores en prácticamente todos los países del mundo. Existen infinidad de productos y servicios relacionados con ella con un alto nivel de interoperatividad, basados sobre todo en los estándares 802.11 a/b/g. El incesante desarrollo de nuevos estándares como el 802.11n, que ya comienza a despuntar como próximo estándar “de facto” en las comunicaciones inalámbricas, demuestra que de ningún modo esta tecnología ha llegado a un grado de saturación.

Tecnologías apropiadas

En principio, esta tecnología es considerada apropiada para el contexto de la intervención, porque se presupone que los beneficios introducidos de su implementación van a superar ampliamente el impacto negativo que podría generarse. En todo caso el mayor impacto del cambio tecnológico va a reflejarse en la comunidad directamente beneficiaria del proyecto, es decir, los trabajadores y trabajadoras del Sistema Público de Salud de la provincia, que van a experimentar una mejora sustancial de sus condiciones de trabajo a través de una mejora de las comunicaciones.

Siempre que se realiza una intervención de este tipo hay que considerar las implicaciones del cambio tecnológico, tanto sus consecuencias culturales como políticas, económicas, sociales o ecológicas. Estas son en principio las mismas independientemente de que la tecnología sea Wi-Fi, VHF o HF (actualmente ya instalada) y sólo merece la pena mencionar dos características diferenciadoras de WiFi que pueden acrecentar de algún modo el impacto negativo.

- Necesidad de un mayor número de repetidores que otras tecnologías, con el consecuente impacto ecológico, visual y también cultural al introducir elementos novedosos en zonas rurales que no han tenido contacto con este tipo de tecnologías. Aunque cabe destacar que el reciente despliegue de la red de telefonía móvil de MCEL ya ha introducido numerosas torres y antenas en los distritos sin que hasta el

momento se haya detectado un impacto negativo significativo, aunque sí se está generando una nueva dependencia hacia esta tecnología, alterando las relaciones sociales en un grado que de momento es temprano para cuantificar.

- Equipos y terminales novedosos, costosos y complejos. El introducir terminales de Telefonía IP o routers Wi-Fi en determinadas zonas puede acarrear problemas no sólo para su uso apropiado (que es un factor fundamental a la hora de garantizar la sostenibilidad del proyecto), sino también añadiendo un riesgo para la seguridad de los trabajadores de salud al exponerlos a robos, especialmente en las zonas rurales más aisladas.

Aún siendo dos temas a tener presentes a la hora de diseñar la red y seleccionar los equipos, no suponen factores que demuestren que la tecnología Wi-Fi sea menos apropiada que otras y solo se pretende aquí tener en cuenta el mencionado impacto para así poder minimizarlo.

Comunicaciones de voz y datos

Si bien 802.11 fue concebido inicialmente para dar soporte a comunicaciones de datos en entornos de WLAN y para la interconexión de redes Ethernet cableadas, la posibilidad de implementar el protocolo de red IP sobre una red LAN inalámbrica Wi-Fi, extiende las funcionalidades de esta tecnología permitiendo dar soporte a multitud de servicios y aplicaciones. Entre ellos, resulta especialmente interesante el protocolo de Voz sobre IP o VoIP, que permite implementar redes de telefonía sobre redes Wi-Fi/IP.

Las elevadas velocidades de transmisión que proporcionan las diferentes modulaciones de la familia de estándares 802.11 a/b/g, (en el rango entre 1 y 54 Mbps) permiten una gran flexibilidad a la hora de ajustar, en función de los servicios que se desee implementar sobre la red (email, fax, VoIP, Internet,...), las variables ancho de banda/capacidad/distancia de enlace.

Cumplimiento de la legislación

Una de las principales ventajas que ofrece esta tecnología consiste precisamente en el uso libre de licencias del espectro electromagnético. Los estándares de la familia 802.11 utilizan las bandas de frecuencia ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) para la

transmisión de información, en concreto 802.11b/g utiliza la banda de 2,4 GHz y 802.11a la de 5,8 GHz, ambas definidas, con algunas variaciones, para uso libre en la mayoría de países del mundo.

Por otra parte, no existe una regulación mozambicana en materia de radiocomunicaciones que establezca los límites de potencia radiada para sistemas de comunicaciones de tecnología Wi-Fi. Sin embargo, se toma como referencia y con efectos regulatorios la normativa europea de la ETSI: EN 300-381 que limita a 100 mW (20 dBm) la potencia que pueden radiar los sistemas de comunicaciones operando en la banda ISM de 2,4 GHz con técnicas de Espectro Ensanchado.

3.4.1.6.- Análisis por variables

Características técnicas

Capacidad

Tratándose de un medio de acceso compartido, el primer factor limitante a la hora de estimar la capacidad de un enlace Wi-Fi es el ancho de banda. Todas las especificaciones 802.11 funcionan a nivel de enlace como Ethernet e incorporan el protocolo de Acceso al Medio CSMA/CA y TDMA/FDMA, el ancho de banda se comparte bien en slots temporales bien frecuenciales previa reserva de los recursos, por lo que a mayor número de usuarios menor será la velocidad de bit que se les pueda garantizar, si se quiere proporcionar una serie de servicios con un mínimo de ancho de banda fijo, habrá que limitar el número de usuarios. Por otra parte Collision Avoidance proporciona secuencias pseudoaleatorias para evitar las colisiones, pero en la práctica, a pesar de ello el problema del “nodo oculto”, es decir la coexistencia dentro del mismo medio de nodos que no se “ven” entre ellos, va a generar un número de colisiones creciente con el número de usuarios. RTS/CTS fue definido con el fin de evitar este problema, pero su eficacia decrece al aumentar la distancia de los enlaces hasta resultar inservible, y a día de hoy no existe un mecanismo alternativo para evitar las colisiones.

En vista de todo ello, no queda más remedio que limitar el número de usuarios y realizar una adecuada planificación de los enlaces estimando su utilización, su carga y el

ancho de banda proporcionado a cada usuario. Un número adecuado para garantizar el buen funcionamiento de una red WLAN oscilaría entre 15 y 20, dependiendo de la velocidad de transmisión, la distancia de los enlaces y la topología de red.

En caso de resultar necesaria la prestación de servicios a más usuarios habría que sopesar la posibilidad de instalar un segundo Punto de Acceso en otro canal de radio dentro de la misma celda. 802.11b/g definen 14 canales de 22 MHz en la banda de 2,4 GHz, pero teniendo que dejar una separación mínima de 22 MHz entre canales adyacentes sólo queda la posibilidad de utilizar 3 canales no interferentes de manera simultánea. Con 802.11a sucede, de forma similar, que el número máximo de canales utilizables dentro de la misma celda se reduce a 8. Combinando ambas bandas frecuenciales podría darse servicio con hasta 11 canales de radio simultáneamente.

Estándar	Nº de canales no interferentes	Nº de usuarios
802.11b/g	3	45-60
802.11a	8	120-160
802.11a/b/g (bibanda)	11	165-240

Tabla 3.5.- Nº de canales y usuarios simultáneos de Wi-Fi en una misma celda

En vista de lo arriba mencionado y de las características de la zona de intervención (una media de 7 Unidades de Salud por distrito) la capacidad no va a suponer un problema.

Tasa de transmisión

Wi-Fi permite un amplio rango de tasas de transmisión en función del estándar y la modulación empleada. Así, desde 1, 2, 5,5 y 11 Mbps que proporciona 802.11b hasta los 1-54 Mbps de 802.11a/g, se puede seleccionar la velocidad de transmisión en función de las aplicaciones a las que vaya destinada la red. 802.11n especifica transmisión de datos en banda simple (20 MHz) y dual (40 MHz), por lo que está previsto que alcance velocidades de 130 y 300 Mbps. Conviene no perder de vista que las tasas de transferencia reales de datos (throughput), una vez deducido todo el tráfico de protocolos rondan entre el 50 y el 70 % de los valores mencionados.

En todo caso, resulta evidente que las velocidades de transmisión digital que soporta la tecnología Wi-Fi superan ampliamente a las del resto de tecnologías que contempla este análisis. Además la gran flexibilidad de los estándares 802.11 permite adaptar la tasa de

transmisión en función de las necesidades de ancho de banda, pudiendo asignarlo de forma dinámica en función del número de usuarios y los servicios que precisan en cada momento. De todas formas, para la aplicación que aquí se estudia prima la robustez y fiabilidad de los enlaces, ya que el objetivo es alcanzar grandes distancias con ellos, por lo que es más interesante asignar velocidades de transferencia fijas a los enlaces. Se debe identificar y cuantificar bien el número de usuarios que va a tener la red así como sus necesidades de ancho de banda a la hora de dimensionar los enlaces y determinar el ancho de banda de cada uno de ellos.

En cualquier caso, todas las especificaciones de velocidad de bit de la familia de estándares permiten la transmisión de e-mail y aplicaciones de VoIP (con variedad de codificaciones que aportan mejor o peor calidad de voz). Además, mayores anchos de banda pueden permitir otras aplicaciones como ftp, Internet de banda ancha, streaming de voz, video en tiempo real, etc. Lo importante será ajustar las necesidades de comunicación, el número de usuarios y las distancias de los enlaces, para una apropiada gestión de los recursos disponibles.

Banda de frecuencia

Wi-Fi en sus diferentes estándares especifica tres bandas del espectro de frecuencias para la transmisión de datos digitales vía radio. Estas bandas son conocidas internacionalmente como ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) y su uso, aunque regulado, está exento del pago de licencias, si bien en algunos países existen ciertas condiciones para operar en ellas como pueden ser restricciones o la necesidad de autorización previa. Las bandas de frecuencia ISM son:

- **902-928 MHz:** A pesar de no estar especificada en ninguno de los estándares 802.11 esta banda se ha utilizado (sobre todo en EEUU) para comunicaciones Wi-Fi, aunque está muy poco extendido, en gran medida debido a que ya no se fabrican equipos y a que los equipos antiguos son muy difíciles de encontrar. Los radioaficionados la utilizan como medio y también para experimentar con enlaces de largo alcance, ya que esta banda de frecuencia tiene una gran ventaja en cuanto las grandes distancias de cobertura que pueden conseguirse

- **2,400-2,4835 GHz** – Es la banda del espectro electromagnético definida inicialmente por el estándar 802.11 y la que utilizan los posteriores 802.11b/g, y la de uso más extendido a causa de su uso no regulado y buenas prestaciones, aunque en muchos países no toda la banda se encuentra disponible para su uso libre. En zonas urbanas o densamente pobladas con un nivel de desarrollo elevado, el mayor inconveniente que presenta esta banda es el alto grado de interferencias presentes en el entorno, ya que se trata de frecuencias muy utilizadas por otros dispositivos como teléfonos inalámbricos, hornos microondas,... Sin embargo, en el contexto de esta intervención no se contempla este problema ya que no existen fuentes de interferencia relevantes en la región (ni está previsto que existan a corto o medio plazo), y se considera esta banda como la más interesante a la hora de estudiar el despliegue de una red Wi-Fi en Cabo delgado, debido a las distancias mayores que va a permitir a los enlaces (en el orden de las decenas de kilómetros) y las buenas prestaciones que facilita. Por el contrario, tiene el inconveniente de que requiere de la existencia de Línea Vista (LOS) entre los extremos del enlace. En esta banda se definen 14 canales de 22 MHz en Europa (aunque no todos son de uso público), dada la especificación de 20 MHz de separación mínima entre canales, pueden utilizarse hasta 3 canales no interferentes dentro de un mismo área de cobertura
- **5,725-5,850 GHz:** En esta banda trabajan los dispositivos 802.11a, y puede ser una buena alternativa a la banda de 2,4 GHz para el diseño de una red en un medio saturado o muy interferente. El contexto de la intervención descrito no coincide con este caso, por lo que se evitará en un principio esta opción, pues las distancias de los enlaces viables se reducen considerablemente (aproximadamente la mitad para la misma potencia radiada, ya que la distancia es inversamente proporcional a la frecuencia de transmisión). Sin embargo, puede resultar interesante en algunos casos, ya que las limitaciones PIRE definidas en el reglamento europeo (ETSI) vigente en Mozambique, para el caso de la banda de 5,8 GHz, son 10 veces mayores que para de Wi-Fi b/g, es decir se permite la transmisión de hasta 1 W PIRE (30 dBm). En el caso del estándar 802.11a, pueden configurarse hasta 8 canales no interferentes funcionando simultáneamente dentro de una misma celda. Posteriormente en este estudio se contempla esta posibilidad, y se comprueba que transmitiendo 30 dB P.I.R.E. las máximas pérdidas de propagación que el sistema estaría dispuesto a tolerar serían de 139,5 dB. Si ahora se expresa esta cantidad en vatios y en función

$$l_{bf} = \left(\frac{4\pi df}{c} \right)^2$$

de la distancia y frecuencia como se observa sobre estas líneas (en la expresión analítica de las pérdidas de propagación en el espacio libre) y tomando como frecuencia de referencia 5,8 GHz, se obtiene como resultado una distancia máxima de enlace de 40,246 km, suponiendo propagación en el espacio libre, sin ningún tipo de atenuación debida a reflexión y difracción, desvanecimiento ni influencia de interferencias o hidrometeoros.

En resumidas cuentas, la opción más interesante para esta intervención es la banda de 2,4 GHz, que tecnológicamente permite establecer enlaces a distancias de hasta 70 km. con LOS y buenas condiciones meteorológicas (aunque menores en base a las limitaciones impuestas por la legislación) y existe un gran número de dispositivos estandarizados que funcionan bajo la especificación 802.11b/g disponibles a escala mundial y precios económicos.

En la tabla siguiente se muestran los 14 canales definidos para la banda de 2,4 GHz, caracterizados por sus frecuencias centrales, para hallar la banda completa sólo debe tenerse en cuenta que se trata de canales de 22 MHz.

Wifi 802.11 b/g			
Canal	Frecuencia Central (GHz)	Canal	Frecuencia Central (GHz)
1	2,412	8	2,447
2	2,417	9	2,452
3	2,422	10	2,457
4	2,427	11	2,462
5	2,432	12	2,467
6	2,437	13	2,472
7	2,442	14	2,484

Tabla 3.6.- Asignación de canales para 802.11b/g

Seguridad

Uno de los aspectos en los que presenta mayores deficiencias la tecnología Wi-Fi es la gran vulnerabilidad a ataques, intromisiones no deseadas y uso no autorizado del ancho de banda. Al no existir un medio físico que pueda ser protegido frente a estas amenazas, las

tecnologías inalámbricas están más expuestas a ataques llegando a suponer un problema grave en determinados contextos que requieren unas garantías de seguridad.

Originalmente la familia 802.11 implementaba el protocolo WEP (Wired Equivalent Privacy), conocido precisamente por su vulnerabilidad. Este protocolo proveía a las comunicaciones de claves de encriptado de 64, 128 y 256 bits basadas en un algoritmo RC4. Desafortunadamente existen numerosas herramientas que capturan paquetes y descifran estadísticamente estas claves (a mayor número de bits la clave es más difícil de violar, con el consecuente aumento del consumo de recursos), por lo que el nivel de seguridad provisto por WEP era bajo. Adicionalmente incluía autenticación SSID y la posibilidad de filtrado a nivel de MAC, siendo esta última la opción más segura al circunscribir a los usuarios autorizados de la red a un número finito de tarjetas NIC.

Dado que la seguridad en las comunicaciones es una demanda cada vez más importante por parte de los consumidores, IEEE aprobó el estándar 802.11i, con el fin de dar solución a estas carencias y terminar con la imagen de Wi-Fi como tecnología insegura. 802.11i incorpora el Protocolo TKIP (Temporal Key Integrity Protocol) que proporciona claves mucho más robustas (en lugar de RC4 utiliza encriptado AES, Advanced Encryption Standard, de 256 bits) repartidas en distintos lugares del paquete y cambiantes cada 10.000 paquetes, de forma que limita en el tiempo la posibilidad de descifrarlas. Además incorpora MIC (Message Integrity Check) que garantiza que el paquete no ha sido manipulado durante el trayecto entre el origen y el destino. Aunque todas estas herramientas presentan una mejora significativa de la seguridad en Wi-Fi, nunca puede garantizarse la total integridad de las comunicaciones en una red inalámbrica.

En todo caso, como ya se ha dicho anteriormente, aunque siempre es una cuestión muy a tener en cuenta, ni las condiciones de la región ni la naturaleza de las comunicaciones a las que esta destinada la red inalámbrica, conllevan el planteamiento de la seguridad como un tema crucial a la hora de optar por una tecnología u otra. Puede por lo tanto aceptarse como suficiente el nivel de seguridad de los estándares 802.11.

Posibilidades de interconexión

Las posibilidades de interconectar una red WLAN Wi-Fi con cualquier otra red inalámbrica o cableada son prácticamente ilimitadas, dadas las características del estándar, su flexibilidad y la posibilidad de dar soporte a protocolos de red como IP. A continuación se enumeran los equipos o configuraciones necesarias para interoperar con equipos Wi-Fi y redes de las tecnologías más interesantes para este trabajo.

Ethernet: Tal y como ya se ha mencionado en este mismo capítulo, a Nivel de Enlace, el estándar Wi-Fi es idéntico al 802.3 de la Ethernet cableada, por lo que los equipos y configuración para interconectar estas redes entre sí son mínimos. Basta un Punto de Acceso o Gateway con una antena funcionando en el mismo canal que la red inalámbrica y conectado a la Ethernet mediante un cable UTP en su puerto RJ45 para que ambas redes funcionen como una única LAN.

Internet: Ese mismo Punto de Acceso conectado a un router, con la correspondiente configuración y direccionamiento, proporcionan acceso a Internet a la red Wi-Fi. Aunque también existen comercialmente router inalámbricos que incluyen las funciones de Punto de Acceso.

RTPC: Para conectar una red Wi-Fi a la red telefónica conmutada puede instalarse una tarjeta de red (por ejemplo PCI Digium TDM13B) con un puerto FXS para conectar a la línea telefónica y puertos FXO para terminales telefónicos; también hay que configurar controladores apropiados que están disponible comercialmente a precios asequibles y una IPBX software que puede estar basada en *Asterisk* con un soundmodem. Instalar una PBX hardware comercial es otra opción, aunque desaconsejable ya que aumentaría el coste sin necesidad de ello. Una ATA con puerto FXO (como el Linksys Sipura SPA-3000) que soporta el protocolo de comunicaciones SIP para comunicaciones con la red telefónica, es una opción más económica y apropiada. La configuración mencionada permite establecer una red VoIP sobre la red Wi-Fi con salida al exterior a través de la RTPC.

HF/VHF: También es posible interconectar una red Wi-Fi con otras tecnologías de radio como HF y VHF. En este caso, la interconexión es algo más compleja y requiere de más equipos con sus respectivas configuraciones. El nodo en que se realiza este tipo de conexión

recibe el nombre de Estación Pasarela, y cuenta con los equipos correspondientes a un cliente Wi-Fi y a un cliente HF/VHF con configuración para transmisión de datos. Esta última se describirá con mayor detalle en el capítulo dedicado al análisis de VHF, consta de una computadora embebida que hace las funciones de NIC, *soundmodem* y de controlador de radio, además de dar soporte a protocolos de Internet.

Otros: Aunque prácticamente puede conectarse una red 802.11 a cualquier otra red, resulta especialmente interesante la posibilidad de realizar conexiones con WiMAX (especialmente sencillas, ya que como se explicará más adelante el estándar 802.16 se definió teniendo en cuenta las características de 802.11 y con el fin de extender sus aplicaciones a distancias mayores) y con VSAT para crear redes híbridas satélite/Wi-Fi a través del puerto de datos de un cliente VSAT.

Posibilidad de gestión remota

Existen numerosas herramientas para la gestión y monitoreo de redes Wi-Fi, la mayoría de ellas desarrollos de software libre, y por tanto muy flexibles y, generalmente, gratuitas. *Zabbix, Nagios, ZenOSS, jffnms, BigBrother, IPTraf...* son buenos ejemplos de ello.

Los datos de los equipos gestionados pueden obtenerse mediante *Traps* (notificaciones) o *Polling* (solicitud), es decir, que los datos pueden ser obtenidos a petición del gestor de la red o los propios equipos gestionados pueden proporcionar la información de errores y otros acontecimientos o enviar informes programados periódicamente. El software de gestión debe proporcionar también las herramientas para el procesado y análisis estadístico de estos datos.

Otra de las características importantes en la gestión remota de la red debe ser la posibilidad de configurar equipos a distancia, siempre que exista conectividad con los mismos, ya sea vía Web o con el envío de paquetes de configuración. Esto reduce considerablemente los costes de mantenimiento de la red, al evitar que la asistencia técnica tenga que desplazarse hasta lugares remotos y de difícil acceso y va a permitir realizar todo el mantenimiento preventivo y parte del correctivo, así como detectar fallas y corregir errores desde el lugar de gestión de la red.

Entre las mencionadas, una de las herramientas más interesantes puede ser *Zabbix*, por su versatilidad y fácil instalación y uso. Asimismo, *Zabbix* permite la gestión de usuarios y grupos de usuarios, equipos y grupos de equipos gestionados, definir variables a monitorear, disparadores de eventos, alertas, alarmas, acciones cuando se producen eventos, consultar datos históricos de las variables monitoreadas, mapas y gráficos. Puede configurarse de manera que con los correos electrónicos transmitidos desde los diferentes terminales hacia el nodo de gestión de red se adjunte un *log* de gestión con toda la información que debe procesar el programa.

Infraestructuras:

En esta sección se describen los principales elementos de los que consta una red Wi-Fi, con el fin de definir sus principales características, analizar la viabilidad de su instalación e inventariar el número y tipo de equipos necesarios. Este capítulo se limita a presentar una enumeración de los equipos.

Estación cliente: Las estaciones cliente son aquellos nodos de la red que hacen uso de los servicios ofrecidos por esta. Estos servicios pueden ir desde el simple correo electrónico al acceso a Internet, VoIP, o transferencia de ficheros ftp entre estaciones cliente. Es en este tipo de nodos en los que los usuarios finales del sistema de comunicaciones acceden a los servicios ofrecidos. En este caso, tanto los Centros de Salud Rurales como en las SDSMAS deben contar con este tipo de infraestructura, aunque pueden ser diferentes en función de las características de cada tipo de Institución.

Repetidor: La función de estos nodos es la formar una red troncal que permita interconectar distintas estaciones clientes en el caso de que no exista Línea Vista entre ellos. Las configuraciones del sistema de repetidores son tantas y tan variadas como las condiciones del terreno donde se quiere implementar la red de comunicaciones y las características de esta red. En general estos nodos deben situarse en zonas elevadas que garanticen la visibilidad directa con el resto de nodos a los que deben interconectarse. Así, puede ser necesario un repetidor o varios entre dos estaciones cliente en caso de que la distancia entre ellas imposibilite enlazarlas directamente; un repetidor puede redirigir la señal hacia otro en la misma red troncal al tiempo que da servicio a una red de distribución formada por una o más estaciones cliente; o incluso una estación cliente puede hacer las veces de repetidor si dispone de los equipos necesarios.

A continuación se muestra el diagrama de un repetidor que retransmite la señal hacia ambas direcciones de una red troncal al tiempo que deriva un canal hacia una red de distribución formada por una única estación cliente. Esta misma configuración puede servir para las redes bajo estudio en el caso de existir la necesidad de enlazar dos CSR a través de una tercera, pero las posibilidades, como ya se ha dicho son muchas más y serán estudiadas durante el diseño de la red.

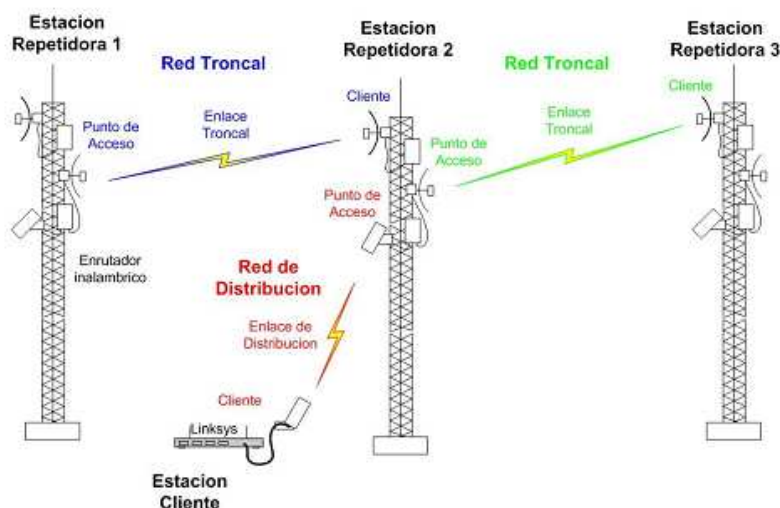


Figura 3.2.- Ejemplo de un repetidor Wi-Fi

La necesidad de un número excesivo de repetidores puede llevar incluso a descartar Wi-Fi como una opción tecnológica, debido a que un mayor número de repetidores hipoteca enormemente la tarea de mantenimiento de la red (y por tanto su sostenibilidad), ya que generalmente estos van a situarse en enclaves aislados o de difícil acceso. Limitar el número de repetidores y en la medida de lo posible situarlos en las propias Unidades de Salud o en las cercanías de áreas pobladas y vías de comunicación, puede reducir considerablemente los costes futuros de mantener la red. Otra opción interesante, e incluso propuesta por una de estas entidades, es la de utilizar la infraestructura (torres) de empresas públicas de comunicaciones con una posición significativa en el sector y presencia en las zonas rurales en las que está prevista la intervención, estas empresas son, en un principio, Telecomunicaciones de Mozambique (que mencionó esta posibilidad bajo ciertas condiciones que sería interesante conocer) y MCEL, la principal empresa pública de telefonía móvil de Mozambique, con presencia en la mayoría de distritos de la provincia y acuerdos de uso compartido de recursos con TDM.

- **Estación pasarela:** Es el nodo que permite la interconexión de la red Wi-Fi con redes basadas en otras tecnologías. De esta forma, una estación pasarela puede proporcionar conectividad con la Red Telefónica Pública Conmutada, con Internet o con otras redes de radio como HF o VHF. Los equipos que forman este tipo de estaciones son básicamente los mismos que forman una estación cliente más una serie de equipos que variarán en función de las prestaciones que se quieran dar a la red Wi-Fi. Así, puede añadirse un ATA para dar acceso a la RPTC, una PBX que puede ser hardware o software para gestionar una red de Telefonía IP, servidores de correo, Proxy, etc.

En función de las características de cada nodo concreto y de los enlaces, muchos de ellos van a precisar, además de los equipos que se mencionan en el apartado siguiente, de dos tipos de infraestructura que merece ser tomada en cuenta por la eventual dificultad que puede ser su adquisición y la logística necesaria para llevarla hasta su emplazamiento final. Se trata de las torres y las instalaciones fotovoltaicas.

- **Torres:** Una de las principales variables de diseño para garantizar la Línea Vista de los enlaces es la altura de las torres sobre las que van instaladas las antenas. Habitualmente, dichas torres se compran por tramos de tres metros, sin embargo se desconocen las posibilidades que ofrece el mercado mozambicano en este tipo de productos, y puede resultar necesario incluso solicitar la fabricación de las mismas por encargo. Resultará necesario estudiar la posibilidad de adquirir dichas torres en las mejores condiciones posibles y la manera de coordinar su transporte e instalación.
- **Instalación fotovoltaica:** Dado que muchos de los nodos del sistema de telecomunicaciones estarán situados en emplazamientos que a día de hoy carecen de un abastecimiento regular de energía eléctrica (La Red Eléctrica Nacional sólo ha llegado a una pequeña parte de las Sedes Distritales, el resto se abastece mediante generadores diesel y hay varias de ellas que no disponen de ningún tipo de suministro eléctrico), en casi todas las Unidades Sanitarias y en algunas Direcciones Distritales de Salud será imprescindible instalar sistemas completos de abastecimiento de energía solar fotovoltaica compuestos por los siguientes elementos: Módulos fotovoltaicos, baterías, controlador de corriente, inversor y

luminarias. Para ello, en primer lugar va a ser necesario caracterizar el consumo eléctrico de los equipos, modelar las necesidades estimadas de abastecimiento diario y dimensionar correctamente tanto el sistema de captación de energía solar fotovoltaica como el sistema de almacenamiento de la misma.

Equipos y terminales

En esta sección se pretende realizar un inventario completo tanto de los equipos necesarios como de aquellos que podrían instalarse para añadir funcionalidades a los diferentes nodos de la red de comunicaciones. Este análisis se realizará a tres niveles: en primer lugar deben reflejarse las características técnicas imprescindibles con las que deben contar dichos equipos, teniendo en cuenta la aplicación a la que están destinados y las características de la región en la que se prevé instalarlos. En segundo lugar se mencionarán algunos equipos escogidos en experiencias anteriores de similares características (Proyecto EHAS, también en zonas rurales aisladas de países en desarrollo) justificando las ventajas que aportaron al diseño de la red en aquel caso. Por último se pretende ajustar estos dos vectores a la realidad del contexto de esta intervención, la disponibilidad y coste real de los equipos, atendiendo al criterio de intentar elegir siempre equipos que estén avalados por experiencias anteriores similares.

Enrutador inalámbrico (o Enrutador convencional + Punto de Acceso inalámbrico): Es el elemento principal y el que dota de conectividad a una estación con la red inalámbrica, dirige el tráfico a través de la red troncal y también permite la creación de LANs o WLANs como redes de distribución. Serán necesarios tantos enrutadores como nodos tenga la red y sus características serán diferentes si están situados en una estación cliente, una estación pasarela o un repetidor.

Características: Prácticamente cualquier enrutador comercial sirve para esta aplicación, aunque conviene confirmar que cumple con los siguientes requisitos.

- Bajo coste, bajo consumo eléctrico y disponibilidad en el mercado local.
- Conector estándar para antena externa.
- Posibilidad de configuración a nivel de enlace para tiempos/distancias (ACKTimeout, Slottime,...)
- Número y tipo de interfaces de red.

Experiencias anteriores: En el caso de EHAS, para las estaciones cliente se optó por un enrutador inalámbrico *Linksys WRT54GL*, por su buena disponibilidad en el mercado a bajo costo y sus características apropiadas: Incorpora 2 antenas omnidireccionales pero fácilmente sustituibles por una antena direccional, mejorando así su potencia de transmisión de 18 dBm; tiene un puerto WAN para conexión a Internet y 4 puertos LAN para conectar la computadora y el teléfono IP; además, su firmware puede ser sustituido por OpenWRT basado en software de fuente abierta que proporciona mayores posibilidades de configuración. De este modo, se permite al administrador de la red ajustar los tiempos que regulan el funcionamiento del router a nivel de capa MAC y permite aumentar la potencia de transmisión hasta los 100 o incluso 150 mW con un buen sistema de ventilación.

Otro producto interesante es el router inalámbrico Meshlium, comercializado por la empresa aragonesa Libelium, en sus dos versiones para la banda de 2,4 GHz: El router de baja potencia (100 mW) y el router para redes mesh (600 mW), ambos basados en chipset Atheros que permite realizar un gran número de configuraciones para largas distancias. Una de las grandes ventajas de este producto es su modularidad y flexibilidad, con firmware basado en software libre y permitiendo incorporar módulos para ZigBee, Bluetooth, GPRS y GSM, ampliaciones de memoria y una amplia variedad de antenas para enlaces en exteriores. Además puede adquirirse con un sistema fotovoltaico diseñado a medida y todas las opciones vienen acompañadas por caja estanca y anclajes para su instalación en un mástil. Recientemente un grupo de trabajo del proyecto EHAS ha comenzado a investigar conjuntamente con esta empresa con el fin de desarrollar un modelo de router Meshlium específicamente adaptado a las particularidades de los proyectos de desarrollo para zonas rurales aisladas.

Pertinencia: Según se ha podido constatar a consecuencia del estudio de mercado realizado en Pemba, los routers Linksys están ampliamente difundidos y son utilizados por todas las empresas dedicadas a la instalación de redes de telecomunicaciones. La propia compañía pública de telefonía TDM los comercializa a precios razonables en la misma capital de la provincia. Por otra parte la empresa CISCO Systems, que hace poco compro Linksys, imparte cursos de formación para los ingenieros y técnicos de la provincia, por lo que no

resulta arriesgado suponer que muchos de ellos están familiarizados con los equipos o tienen acceso a la formación necesaria.

D-LINK también se comercializa en Mozambique y la mayoría de distribuidores locales trabajan con esta marca, por lo que los precios de los equipos son bastante interesantes. De todas formas, la mayoría de estos distribuidores son suministrados por la empresa Dataserv Lda., distribuidora autorizada de D-LINK en el país, con sede en Maputo y sucursal en Nampula, por lo que en el caso de prever una compra grande (de más de 10 equipos) sería interesante contemplar la opción de comprar directamente y gestionar el transporte hasta Pemba. De todas formas, no hay que tener en cuenta únicamente el factor económico, ya que para la consecución de los objetivos de desarrollo del programa puede ser más interesante promover el refuerzo de las capacidades de pequeñas y medianas empresas a nivel de provincia como medida para promover el acceso universal a las TIC.

Computador embebido: Las funcionalidades de los router inalámbricos descritos serán suficientes para el caso de los nodos finales o estaciones cliente en los Centros de Salud Rurales, en las cuales los requerimientos de procesado y software son mínimos, si embargo hay casos en los que resulta recomendable utilizar una computadora embebida o CPE (Customer Premises Equipment) que permita una mayor flexibilidad en las prestaciones y aplicaciones:

- **Repetidores:** Estos nodos del sistema van a necesitar equipos con tantas interfaces de red inalámbricas como enlaces tengan que implementar, de este modo, en un repetidor simple debe haber al menos dos tarjetas de red y en un repetidor que además de formar parte de la red de transporte tenga que suministrar un canal de comunicaciones a una red de distribución (como sería el caso de un repetidor instalado en un Centro de Salud) serán necesarias al menos tres NIC. En lugar de optar por instalar tantos routers como enlaces deban implementarse, es preferible utilizar un solo dispositivo que cuente con el número necesario de interfaces de red, pues mejora el enrutamiento y simplifica la configuración y el mantenimiento.
- **Servidores:** algunos nodos del sistema de comunicaciones (por ejemplo en las SDSMAS y la DPS) deberán incorporar las herramientas software necesarias para gestionar los servicios ofrecidos a través de la red. Este es el caso de los servidores

de correo electrónico y las PBX software *Asterisk* para dar soporte a una eventual red de telefonía IP. Las necesidades de almacenamiento que requieren estos servidores, así como el SO más potente sobre el que deben ir instalados superan las capacidades de los routers inalámbricos arriba descritos, por lo que se necesitan dispositivos más potentes para este fin.

Características:

- Routerboard con procesador de al menos 100 MHz y 32 MB de RAM.
- Apropiado para su instalación en exteriores: Resistente ante las condiciones climáticas adversas, tamaño reducido, caja estanca,...
- Firmware que posibilite configuraciones amplias o que sea fácilmente sustituible por software de fuente abierta como dd-WRT, OpenWRT,...
- Slot para incorporar memoria CF (de 1, 2 o 4 GB) donde instalar el software necesario: servidores, almacenamiento y gestión de mail bajo demanda,...
- Interfaces para tarjetas de red PCMCIA, PCI o miniPCI dependiendo de la elección de estas.
- Puertos para RJ45, alimentación PoE, USB y puerto serie para configurar el dispositivo a través de un ordenador.

Experiencias anteriores: El GTR de la PUCV decidió descartar PCEs comerciales e implementar una computadora embebida a partir de una placa base, una solución más económica y con mayores posibilidades de ajustarse a medida a un caso particular. En esa ocasión se decidió utilizar dos placas base diferentes del fabricante Soekris, ambas contaban con un slot para tarjetas Compact Flash donde instalar el sistema operativo e interfaces para tarjetas de red. La Soekris net4511 cuenta con una ranura para tarjeta PCMCIA y otra para MiniPCI, por otra parte, la Soekris net 4521 dispone de ranura para MiniPCI y dos para PCMCIA y era la más indicada para implementar un repetidor. También se han realizado pruebas para realizar experiencias similares a partir de placas Mikrotik y PcEngines.

Pertinencia: Las placas base de *Mikrotik* son más conocidas y fáciles de adquirir en Pemba que las de marca *Soekris*, sus funcionalidades muy similares y la diferencia de precio no es muy significativa, por lo que convendría estudiar los modelos de este fabricante. Existen distribuidores en Pemba que trabajan con CPEs construidas a partir de estos equipos. La empresa Surafricana MIRO es una de las cuatro distribuidoras oficiales de *Mikrotik* en ese

país y comercializa tanto las placas base *Routerboard 133C*, *433*, *230*, *333*, *532* y otras como kits de instalación completos a partir de estos que incluyen caja estanca, antena de panel y cable CAT5. Los equipos Mikrotik incorporan firmware con licencia que permite amplias opciones de configuración y monitoreo de los terminales de manera remota, aunque también puede instalarse en una CF una distribución reducida del Sistema Operativo Linux con OpenWRT.

Otras opciones pueden ser los CPEs de las marcas *Acconet* (AC-WR2415, AC-WR24EXT y *Ubiquity* (Powerstation), especialmente diseñados para aplicaciones exteriores (incorporan antena, caja estanca, alimentación PoE,...) y que comercializa la misma empresa Surafricana. Esta misma empresa distribuye equipos *Lynksis* como el LS-WTR54GS, un modelo posterior al previamente mencionado.

Tarjetas de red inalámbricas: (NIC – Network Interface Card) Es el interfaz de comunicaciones que permite la transmisión y recepción de señales radioeléctricas en las frecuencias de Wi-Fi bajo protocolo de red IP. Para ello incorporan un identificador de red y los controladores para transmitir y recibir señales bajo el estándar 802.11 a/b/g/n (pueden ser todos ellos o sólo alguno).

Características:

- Tipo de interfaz: PCI, MiniPCI, PCMCIA o USB
- Chipset Atheros, que permite configurar los parámetros a nivel de MAC necesarios para alcanzar grandes distancias.
- Potencia de transmisión mínima 100 mW.
- Sensibilidad en recepción.
- Amplio rango de temperatura y humedad soportado.

Experiencias anteriores: Los equipos utilizados para las implementaciones realizadas dentro del programa EHAS, eran en su mayoría basados en chipset de Atheros o de Intersil Prism 2.5, que fueron seleccionados por sus grandes posibilidades de configuración. El driver Madwifi para Atheros permite la modificación de parámetros básicos a nivel de MAC permitiendo un mejor funcionamiento al aumentar la distancia. Las tarjetas con chipset Intersil Prism 2.5 no permiten la modificación de estos parámetros, pero tienen configurado

por defecto un tiempo de ACKTimeout lo suficientemente grande como para alcanzar distancias de 30 km sin problemas. *Senao* y *Ubiquity* son algunas de las marcas que se utilizaron.

Pertinencia: Las tarjetas de red son fácilmente adquiribles en las tiendas de informática de Pemba a precios razonables, en particular tarjetas de red *D-LINK* y *Netgear*, pero también *Ubiquity*, *Mikrotik* o *Linskys*. En caso de desear alguna marca o modelo concreto sólo hay que solicitarlo con una semana de antelación y calcular un incremento de precio con respecto a Nampula o Maputo.

Equipos informáticos: Tienen que ser la interfaz a través de la cual los usuarios finales de la red de telecomunicaciones hacen uso de los servicios soportados por la misma. Puede ser una computadora o varias formando una red local, pero también pueden utilizarse otro tipo de terminales como PDAs.

Características:

- Facilidad de uso y configuración, bajo consumo, disponibilidad de repuestos y robustez ante condiciones climáticas adversas.
- Procesador, memoria y RAM suficientes para soportar un sistema operativo básico y aplicaciones de procesamiento de texto y transmisión de e-mail.
- Tarjeta NIC que soporte el estándar Wi-Fi 802.11a,b ó g que utilice la red.

Pertinencia: En este punto resulta necesario diferenciar entre la pertinencia de este tipo de equipos en las Direcciones Distritales de Salud y en las Unidades de Salud Rurales.

- **DDS:** Según el informe de diagnóstico de infraestructuras y capacidades informáticas en las DDS realizado a principios de 2008 por la Coordinadora de la línea de TICs de ISF-ApD en Mozambique, 13 de las 16 DDS disponen de computadoras para uso del SIS, UPS e impresoras láser o de inyección de tinta, cuyas características se resumen en la siguiente tabla:

Distrito	Marca y ref.	Procesador	DD (GB)	RAM (MB)	Ptos USB	Unidad óptica	Monitor	Tarjeta de red	Módem
Ancuabe	Clon	Celeron 2,8 GHz	40	512	4	CD	LCD 17"	No	Si
Balama*	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Chiure	HP 7540	Intel P IV 3,4 GHz	75	1024	8	DVD RW	CRT 17"	Si	No
Macomía	Clon	Celeron 2,6 GHz	75	448	8	CD RW + DVD	LCD 17"	Si	Si
Mecufi	HP 7540	Intel P IV 3,4 GHz	75	1024	8	CD RW + DVD	CRT 17"	Si	No
Maluco	Clon	Celeron 2,6 GHz	75	448	4	CD RW + DVD	LCD 17"	No	No
Metuge	HP 7540	Intel P IV 3,4 GHz	75	1024	8	DVD RW	CRT 17"	Si	No
Mocimboa da Praia	HP 7540	Intel P IV 3,4 GHz	75	1024	8	DVD RW	CRT 17"	Si	No
Montepuez*	Clon	D	D	D	6	DVD RW	CRT 17"	Si	Si
Mueda	HP 7540	Intel P IV 3,4 GHz	75	1024	8	DVD RW	CRT 17"	Si	No
Namuno	Fujitsu T2050	Celeron 1,6 GHz	100	1024	1	DVD RW	14"	Si	Si
Palma	HP 7540	Intel P IV 3,4 GHz	75	1024	8	DVD RW	CRT 17"	Si	No
Quissanga	HP 7540	Intel P IV 3,4 GHz	80	1024	8	CD RW + DVD	CRT 17"	Si	No

Tabla 3.7.- Equipos informáticos instalados en Sedes Distritales

NOTAS:

- Todas las computadoras son PCs de sobremesa, salvo en el caso de Namuno, que se trata de un ordenador portátil.
- Las especificaciones del equipo de Montepuez corresponden con el que está siendo utilizado provisionalmente mientras se esclarece lo acontecido con el ordenador portátil que lo ONG Medicus Mundi entregó al Director de la DDS. Este ordenador nunca fue utilizado para el SIS y se desconoce su ubicación actual.
- La mayoría de las DDS cuentan con otros terminales destinados a tareas que no corresponden al SIS, y que sin embargo puede ser interesante conectar en red.
- De las 13 impresoras instaladas sólo se encontraron 10: 8 impresoras Láser HP LaserJet 1022 y 2 impresoras de inyección de tinta Lexmark Z730, 9 de las cuales funcionaban correctamente.
- La mayoría de las impresoras no tenían tinta o esta estaba próxima a agotarse, ya que resulta difícil encontrar este tipo de consumibles en la región, y cuando se encuentra, no hay presupuesto suficiente para adquirirla.

Dentro de la intervención de la línea 3 del programa de ISF-ApD se contempla una actividad de mejora de las capacidades de comunicación a través de la dotación de equipos informáticos nuevos y la mejora de los equipos actuales, para ello se han identificado los siguientes problemas en los equipos arriba mencionados.

Distrito	Estado actual	Fecha cambio de estado	Tipo de problema	Diagnóstico
Ancuabe	A	07/09/2007	S, ¿V?	No arranca. Muestra la pantalla de inicio de XP pero no termina de cargar pues se reinicia
Balama	A	Hace 1 año aprox.	V, ¿H?	El virus que tenía el computador logró que este dejara de funcionar. Al momento no se sabe cual es la magnitud del daño, está siendo reparado en Sycamore Services Lda.
Chiure	F	--	--	--
Macomía	F	27/11/2007	V	El responsable del SIS no sabía que tenía virus
Mecufi	F	--	H	La UPS no funciona y la desconectaron
Meluco	F	Hace 1 ½ meses aprox.	V	El responsable del SIS no sabía que tenía virus
Metuge	P	Hace 2 meses aprox.	S	Tiene problemas de impresión pero solo con el Módulo básico
Mocimboa da Praia	F	24/11/2007 *	V	El responsable del SIS no sabía que tenía virus
Montepuez	P	Hace 2 meses aprox.	V	El virus ocasionó desconfiguración del módulo básico y pérdida de datos
Mueda	F	Hace 3 meses aprox.	S	El Módulo básico se desconfiguró y no podía ser utilizado
Namuno	F	05/11/2007	V	El responsable del SIS no sabía que tenía virus
Palma	F	22/11/2007 *	V	El responsable del SIS no sabía que tenía virus
Quissanga	A	Hace 2 meses aprox.	S, ¿V?	No arranca. Muestra la pantalla de inicio de XP pero no termina de cargar pues se reinicia

Tabla 3.8.- Estado actual de los equipos informáticos en DDS

Leyenda: Estado: A: Averiado, F: En funcionamiento, P: En funcionamiento con problemas

Tipo de problema: H: Hardware, S: Software, V: Virus

De la magnitud y el tipo de los problemas que presentan equipos relativamente nuevos (la mayoría tienen poco más de un año en funcionamiento) se deduce que ni el uso que se les está dando ni el mantenimiento realizado a los equipos es el adecuado. Por lo que en previsión de instalar nuevos equipos o reparar los actuales, es imprescindible contemplar planes de formación para el uso de los mismos así como una estrategia de refuerzo integral de las capacidades del SPM (Sistema Provincial de Mantenimiento).

Para realizar el presente análisis, se asume que a raíz de la intervención prevista por la línea de TICs las 16 Sedes Distritales cuentan con computadoras de similares características a las descritas, con tarjetas NIC y funcionando correctamente. También supondremos que los ordenadores de Ancuabe y Meluco han sido provistos de tarjetas de red como las que disponen el resto de equipos. Dejar las impresoras como están y diseñar una planificación presupuestaria junto con la DPS para que no falte el suministro de tinta o

sustituirlas por otro tipo de equipos como impresoras matriciales es un tema que debe considerarse en el marco de la actuación de la mencionada línea de trabajo.

Por lo tanto en las DDS solamente se contemplan aquellos equipos necesarios para la conexión a la red, sean routers inalámbricos, cables y conectores, antenas, etc. Aunque sí se está barajando la posibilidad de añadir una segunda computadora que haga las funciones de servidor de red, alojando todo el software (GNU/Linux), las configuraciones y protocolos de red, y en su caso, servidores de correo electrónico, con el objeto de separar las funciones de red de las aplicaciones de usuario y así proteger las configuraciones y facilitar el mantenimiento del sistema. Una forma de hacer esto es mediante una computadora embebida que se describe más adelante en este mismo capítulo.

- **US:** En las unidades de salud rurales no se contempla en un principio la posibilidad de instalar computadoras por varias razones:
 - La precariedad general de las instalaciones.
 - La falta de energía eléctrica.
 - La falta de formación de todos los potenciales usuarios.
 - La falta de seguridad.
 - El alto grado de dificultad que supondría para la DPS gestionar, presupuestar y mantener un sistema así.

Sin embargo sí que merece la pena estudiar la posibilidad de introducir un cambio tecnológico más allá de la radio (que conocen y saben utilizar). Este cambio puede venir a través de:

- Terminales telefónicos y fax fijos.
- Teléfonos móviles con conectividad Wi-Fi.
- Computadores de bajo coste, robustas y fáciles de utilizar, como los de la iniciativa OLPC (One Laptop per Child).
- Terminales para correo electrónico como Mailstation 100/250/350 de Earthlink.



Figura 3.3.- Terminal Earthlink Mailstation 350

Conviene estudiar todas las posibilidades hasta dar con la mejor opción para proporcionar la transmisión de voz y datos que Wi-Fi soporta, intentando no desechar a priori el objetivo de proporcionar comunicaciones de datos también en las US.

Equipos telefónicos: Un teléfono IP o un teléfono analógico provisto de un ATA que transforma la señal analógica telefónica en digital a un puerto Ethernet. También puede instalarse un fax de datos o una terminal que combine ambas funciones de voz y datos impresos. Como se menciona más adelante, no se contempla la pertinencia de utilizar terminales IP.

Características:

- Teléfono analógico sencillo, barato y disponible en el mercado.
- ATA atendiendo a criterios de coste y posibilidades de configuración.
- Las configuraciones más importantes que tiene que soportar el ATA son: su dirección IP, la del servidor asterisk, su número de teléfono, su contraseña y los codecs que utiliza.
- Un ATA puede incluir además un servidor DHCP.

Experiencias anteriores: El GTR de la PUCP, a lo largo de sus experiencias con el EHAS, ha utilizado alternativamente dos modelos de ATA: *Linksys Sipura SPA-2100* y *GrandStream 486*. Ambos cuentan con dos puertos para teléfono, dos puertos para Ethernet LAN y un conector para una fuente de alimentación de 5 Vdc. Uno de los puertos Ethernet debe ir conectado al enrutador de la estación cliente, mientras que el otro permite la conexión de una computadora, de forma que el ATA puede hacer las funciones de enrutador de ésta. Tanto los parámetros de red como de VoIP de estos dispositivos pueden ser configurados vía Web, con la única diferencia de que *GrandStream* funciona como servidor DHCP lo que facilita esta tarea. El *Linksys Sipura SPA-3000* cuenta además con un puerto FXO para conectar a la línea telefónica, una opción muy indicada para dar salida al exterior a la red telefónica privada.

Pertinencia: Como ya se ha mencionado, no se cree pertinente introducir Teléfonos IP en las Unidades de Salud, pues resultan más costosos, más complejos de utilizar y más difíciles de reparar o sustituir en un periodo breve de tiempo. Otro factor importante en esta decisión es que son más susceptibles de ser robados. Las experiencias anteriores demuestran que la

seguridad es una carencia importante en estos centros de salud, por la instalación de cualquier dispositivo debe ir acompañada por las correspondientes medidas de seguridad, lo cual resulta mucho más factible con un ATA que puede ser fácilmente introducido en un armario bajo llave. Por otra parte resulta mucho más pertinente utilizar teléfonos analógicos debido a su disponibilidad en el mercado local y a la facilidad de uso (al que los destinatarios finales están en su mayoría habituados, o al menos afirman conocer).

Hay una gran variedad de posibilidades que pueden ser adquiridas tanto en Sudáfrica como en Maputo y a través de proveedores locales. Pueden instalarse PBX Asterisk o *Grandstream*, adaptadores PCI como *Digium* (DI-TDMxyB, con x puertos FXS e y puertos FXO) o ATAs como *Grandstream SIP ATA* (que cuenta con interfaces LAN, WAN, FXS y FXO), *Linksys SPA-3102* (1 FXS + 1 FXO) entre muchos otros. Es cuestión de estudiar precios y prestaciones con detenimiento y seleccionar el proveedor que ofrezca las mejores condiciones.

Antena: Las antenas son dispositivos pasivos que convierten la señal de radio frecuencia enviada por los cables coaxiales en ondas electromagnéticas que se propagan en el espacio y viceversa. Una antena externa de ganancia elevada es la pieza clave del sistema de comunicaciones que permite establecer enlaces de larga distancia.

Características: Serán variables en función del tipo de enlace que se quiera establecer, el número de usuarios a los que se pretenda dar servicio y la localización de los mismos y a las condiciones del terreno donde se implementará el enlace. Las principales características que deben contemplarse son las siguientes:

- **Tipo de antena:** Dependiendo de las características y del patrón de radiación que deseemos, se utilizará uno u otro tipo de antenas. Para Wi-fi las antenas exteriores más importantes que pueden considerarse son de grilla, de panel y de bocina (con plato parabólico).
- **Diagrama de radiación:** Es el patrón según el cual la antena radia potencia en el espacio tridimensional, éste puede ser omnidireccional, sectorial o directivo en distintas medidas en función del área que se pretenda cubrir y la distancia que se

quiera alcanzar. Así, para dar servicio a un número elevado de estaciones cliente en un área extensa pero próxima, puede utilizarse una antena omnidireccional, aunque la experiencia demuestra que varias antenas sectoriales correctamente distribuidas aumentan el área de cobertura al tiempo que reducen el nivel de ruido. Para enlaces punto-a-punto de larga distancia la mejor opción será una antena muy directiva y de alta ganancia. El ancho del haz es una de las magnitudes más importantes de este patrón de radiación e indica el ángulo dentro del cual la potencia de radiación es mayor a la mitad de la máxima.

- **Ganancia:** Se expresa en decibelios relativos a la potencia radiada por una antena isotrópica (dBi) y es la capacidad de la antena de aumentar la potencia recibida de la radio en una dirección determinada. La magnitud correspondiente en recepción sería la Directividad. La ganancia de una antena aumenta proporcionalmente con el tamaño, lo que complica la tarea de instalar en torres antenas de ganancia muy elevada y las hace más vulnerables a las condiciones meteorológicas. Para este estudio no van a contemplarse antenas con una ganancia mayor a 24 dBi, (aunque excepcionalmente se utilizarán antenas de 27 dBi)

Experiencias anteriores: El Grupo de Trabajo de Radiocomunicaciones de la PUCP ha trabajado siempre con antenas de la marca *Hiperlink*, por su disponibilidad y por la buena relación calidad/precio que tienen los equipos de este fabricante. Para aplicaciones en la banda de 2,4 GHz estos son algunos de los modelos más utilizados:

- Antena Yagi HG2409Y de 9dBi, de 60° de haz para enlaces menores a 1km.
- Antena de grilla HG2424G de 24 dBi
- Antena de panel HG2418P de 14dBi
- Antenas sectoriales HG2414SP-120 y la HG2414SP-090 de 14 dBi de ganancia cada una y de 120 y 90 de haz, respectivamente.

En la banda de 5.8 GHz han dado buenos resultados las siguientes antenas:

- Antena de plato HG5829D de 29 dBi
- Antena de grilla HG5827G de 27 dBi
- Antena de panel HG5819P de 19 dBi.

Pertinencia: La elección de antenas se realizará atendiendo a cada caso concreto, en función de los balances de potencia de los enlaces para garantizar un margen mínimo de ganancia. Las marcas y modelos se elegirán siempre atendiendo a criterios de precio y prestaciones, pero también de disponibilidad en el mercado local o accesible. No es recomendable utilizar antenas de una ganancia superior a 24 dBi por su tamaño poco adecuado para resistir condiciones de viento fuerte sin pérdidas de alineamiento. Siempre que se utilicen antenas grandes será preferible usar antenas de grilla, que resisten mejor las condiciones climáticas. Un tipo de antena muy interesante para su instalación junto al muro de un edificio son las antenas *Backfire* (como la KB-2416-BFIRE) que gracias a su diseño minimizan las radiaciones por lóbulo trasero, optimizando la relación señal a ruido para la misma potencia transmitida.

Protector de línea: Este elemento, situado en un extremo del cable coaxial y unido al enrutador a través de un *pigtail*, proporciona protección contra sobrecargas al sistema de telecomunicaciones. Está diseñado para detectar cambios significativos en el voltaje de entrada (producidos generalmente por fenómenos atmosféricos) y derivar el exceso de corriente, a través de la barra máster, a una toma de tierra común de todo el sistema. No es necesario definir características para este equipamiento, ya que lo más pertinente es hacer uso de aquellos que se encuentren disponibles en el mercado local.

Cables y conectores: Una de las características de los equipos que conviene revisar detenidamente es el tipo de conectores de que disponen y si incorporan o no los cables necesario para la conexión. En la mayoría de los casos se necesitará un *pigtail* o latiguillo con los conectores apropiados para realizar la conexión entre la tarjeta de red y el cable coaxial (a través del protector de línea). Estos conectores son típicamente un Tipo N macho o hembra por un extremo y conector TNC, UFL o MMCX por el otro. Las pérdidas de estos *pigtails* son elevadas debido a su pequeño diámetro, por lo que conviene que sean lo más cortos posible. Por otra parte el cable coaxial que llega hasta la antena tiene que ser necesariamente largo (entre 6 y 30 metros dependiendo de la altura de la antena) por lo que preferiblemente se elegirán cables LMR gruesos como LMR-400 o LMR-600, que aunque más caros tienen menores pérdidas en dB/metro.

Amplificadores: No es recomendable el uso de este tipo de dispositivo salvo en caso de resultar indispensable realizar una amplificación de la señal para alcanzar un enclave determinado. El problema de estos dispositivos, además de incrementar el consumo energético del sistema, es que amplifican también el ruido que acompaña a la señal de forma que después no es posible filtrarlo. Actualmente existen routers y tarjetas inalámbricas de potencia suficiente (de 100, 200, 400, 600 mW y hasta 1W) e incluso superior a la permitida por la regulación ETSI, por lo que en la mayoría de los casos puede evitarse el uso de amplificadores de señal. En un caso particular podría estudiarse utilizar el Hyperlink HA2401GXI-1000, que amplifica hasta 1W la potencia de señal.

Crterios de mercado

Costes

Costes de implementación

Los costes asociados a esta tecnología son, en lo que respecta a los equipos, muy inferiores a otras tecnologías bajo estudio. Esto se debe en gran medida a que se encuentra ampliamente estandarizada y al contar con un extenso mercado a nivel global para uso institucional, empresarial e incluso doméstico, los precios de los equipos son considerablemente bajos. Puede considerarse una tecnología de bajo coste.

Sin embargo, el menor alcance de los enlaces y la necesidad de Línea de Vista entre los nodos hacen necesaria la implementación de más repetidores que otras tecnologías, por lo que los costes de implementación serán, dependiendo del perfil geográfico y de las distancias que se prevea cubrir, mucho más elevados que con otras tecnologías. Un buen diseño de las redes debe ser clave para reducir al mínimo dichos costes de implementación.

Costes de operación

Al operar en las bandas ISM, reconocidas de uso gratuito a nivel mundial, no hay costes asociados al pago de licencias por el uso del espectro radioeléctrico, ni de operación por la contratación de servicios de una operadora, al permitir la implementación de una red propia. Los únicos costes que hay que considerar una vez realizada la puesta en marcha del sistema son los derivados del mantenimiento y los consumos eléctricos.

Consumo de energía

El consumo de los equipos Wi-Fi está muy por debajo del asociado a otras tecnologías como radio o satélite. Por lo general un enrutador no consume más de 10 W, una cantidad casi despreciable en comparación con el consumo de los equipos informáticos que presumiblemente acompañarían a esta tecnología. En cualquier caso, tras el diseño resultará necesario dimensionar los Sistemas Fotovoltáicos que proporcionarían el suministro a los equipos.

Costes de mantenimiento

Los equipos Wi-Fi, requieren un mayor mantenimiento preventivo, cuyo coste es muchas veces sólo el de la capacitación que recibirán sus usuarios. Por otra parte los costes de reparar y sustituir los equipos serán también bajos, debido al bajo coste y amplia disponibilidad de esta tecnología. Aunque el mantenimiento correctivo puede ser en general sencillo, siempre requerirá de personal técnico con formación media alta, en particular para realizar las configuraciones necesarias, por lo que se plantea la necesidad de disponer de técnicos informáticos y de asumir los costes de desplazamiento de los mismos.

Disponibilidad

Mercado local

Tal y como más adelante se describe (Capítulo 5), los equipos necesarios para implementar una red Wi-Fi, se encuentran en su mayoría accesibles en el mercado local en la ciudad de Pemba, aunque la falta de stock de las principales empresas del sector afincadas en la provincia hace necesaria una planificación de las compras, ya que estas empresas deben adquirir los productos a sus distribuidores sudafricanos y transportarlos hasta Cabo Delgado. Esta circunstancia puede suponer un contratiempo en el caso de una reparación urgente, por lo que además de formar al SPM y a la DPS en la gestión de las compras, conviene proveerles y responsabilizarles de mantener un cierto stock propio de equipos y componentes.

Mercado accesible y gastos de transporte

A pesar de resultar probablemente entre un 10 y un 15 % más barato comprar directamente a través de internet a los grandes distribuidores sudafricanos, la gestión del transporte resulta en tal grado complicada (gastos aduaneros, homologación, transporte,...) que resulta mucho más interesante comprar a través de las empresas de equipos y servicios localizadas en Pemba, medida que además contribuye al desarrollo del tejido empresarial de la región y revierte en la mejora al acceso de las nuevas tecnologías por parte de la población. Además, la ventaja principal de comprar en el mercado local es la garantía de que los equipos lleguen en buen estado, ya que el riesgo de pérdidas o averías en el transporte lo asume la empresa.

Crterios de sostenibilidad

Aspectos económicos:

La sostenibilidad económica de una red basada en tecnología Wi-Fi se debe evaluar a partir de dos factores: de una parte la suma total de los costes de operación y mantenimiento de la red evaluados anualmente, y de la otra los recursos asignados por la DPS para este fin. La estimación de los costes de dos alternativas de redes Wi-Fi a nivel de distritos se lleva a cabo tras el proceso de diseño y está detallada en el Capítulo 6.

Sin embargo, merece la pena resaltar dos hechos con respecto a esta sostenibilidad: la banda de frecuencia de 2.4 GHz es de uso libre de licenciamiento en casi todo el mundo, por lo que los costes se reducen al mantenimiento de los equipos. Por otra parte, no deja de ser anecdótico pero muy representativo el hecho de que de las tres instituciones que comparten un mismo edificio público (Gobierno Provincial, Dirección Provincial de Agricultura y Dirección Provincial de Salud), la DPS sea la única que continúa pagando su cuota de conexión a internet a la operadora TDM.

Aspectos tecnológicos:

Robustez

Los equipos de comunicaciones Wi-Fi son relativamente robustos y fiables. Los equipos diseñados para aplicaciones *outdoor* están preparados para funcionar en un amplio

rango de temperaturas (típicamente de -30 a +60 °C, aunque muchos equipos soportan aún mayores rangos) y humedades relativas elevadas.

Uno de los mayores problemas que pueden surgir es que al necesitar de antenas de alta ganancia para realizar enlaces punto-a-punto a gran distancia, proporcionalmente al tamaño y directividad de estas antenas aumentan las probabilidades de que se de una pérdida de alineación tal que el enlace deje de funcionar. Esto se debe a que antenas altamente directivas requieren una alineación muy exacta, y no hay que olvidar que el clima de Mozambique se caracteriza por una estación de lluvias monzónicas.

La vida útil de los equipos dependerá del uso más o menos apropiado que se haga de los equipos, así como de una formación adecuada de los usuarios en el mantenimiento preventivo de los mismos. Además un suministro eléctrico fluctuante y no exento de picos de tensión, influye más negativamente en la vida útil de equipos basados en electrónica integrada como los de Wi-Fi. Para el contexto presente, y teniendo en cuenta tanto el nivel básico de los usuarios como la escasez de técnicos cualificados y la calidad del suministro eléctrico, se puede realizar una estimación conservadora de su vida útil por una media de 3 años.

Complejidad

Dado el número de elementos novedosos que se introducen con esta tecnología, y las numerosas posibilidades de configuración de estos equipos, se podría catalogar esta tecnología como compleja tanto para los usuarios finales como para los servicios técnicos, sin embargo hay que matizar algunos aspectos:

- Se puede simplificar el sistema para que el número de elementos novedosos con los que finalmente interactúen los usuarios y la complejidad de estos sea lo menor posible. Por ejemplo: un teléfono analógico y un fax o un terminal sencillo para el envío de e-mail en las unidades de salud y un servidor de correo programado en los mismos computadores de la SDSMAS que se utilizan para el Módulo Básico del SIS, evitan que los usuarios tengan que configurar terminales IP o cuentas de correo web.

- De todas formas, en cualquiera de los casos hay que plantearse la necesidad de formación para los usuarios del SIS en los nuevos medios de telecomunicación de que finalmente dispongan, ya sea mediante la realización directa de cursos o talleres, formación de formadores o contratando el servicio a través de otra organización, que podría ser PISCAD o el CPRD.
- El nivel de formación de los técnicos que realicen el mantenimiento de esta red tiene que ser elevado (ingeniería o ingeniería técnica informática), sin embargo, realizar planes de formación suplementaria de para los técnicos del SPM que vaya a realizar el mantenimiento de los equipos y la elaboración de manuales, backups de las configuraciones y otras herramientas para facilitar la sostenibilidad de la red serán necesarios.

Asistencia técnica

En esta variable, habría que computar los costes de contratar personal cualificado (Ingenieros informáticos) ya que actualmente solo un empleado del SPM tendría la capacidad de llevar a cabo el mantenimiento de la red; el coste de la formación en esta tecnología, y la estimación de los costes de desplazamientos y dietas del personal del SPM debido a averías y problemas de configuración. Estos costes, aun sin necesidad de cuantificarlos, se presuponen elevados, pero (sin tener en cuenta la contratación de más personal cualificado, cosa que probablemente la DPS no estaría dispuesta a hacer) y teniendo en cuenta que las formaciones pueden correr a cargo de personal técnico de ISF-ApD, no resultaría exagerado afirmar que el coste global de mantenimiento de la red sería bastante inferior al coste actual de la transmisión de la información del SIS por medio de vehículos a motor. El problema estibaría en que sin más técnicos especializados en la DPS sería complicado garantizar la sostenibilidad de una eventual red Wi-Fi.

Otra opción es externalizar el mantenimiento de la red en alguna de las empresas que prestan este servicio en la provincia, con el consecuente aumento de los costes. Existen estas capacidades en varias de las empresas de equipos y servicios de Pemba, que cuentan con técnicos especializados y vehículos propios para este fin. Esta opción coincide con el refuerzo al pequeño y mediano empresario local que promueve ISF, pero limita la capacidad de la DPS de afrontar los costes económicos de operar su propia red inalámbrica de comunicaciones.

En general, los fabricantes de equipos están obligados a garantizarlos por dos años contra fallos de fabricación, mientras que los distribuidores mozambicanos sólo garantizan el funcionamiento de los equipos durante el primer año. Por lo tanto las reparaciones o sustituciones de equipos por averías causadas por un uso inadecuado de los equipos, accidentes o desastres naturales deberán ser abonadas por la DPS. Algunas empresas de Pemba permiten la opción de contratar un servicio de mantenimiento, no siempre barato, generalmente con la condición de ser ellos los instaladores de la red.

Mercado local de repuestos y servicios

A raíz del estudio de mercado realizado y cuyos resultados pueden constatarse en el Capítulo 6, se han identificado varias empresas locales que distribuyen equipos y componentes Wi-Fi, la mayoría de las cuales también ofrece servicios de asistencia técnica. Se trata de Infosung Lda., Sycamore Services Lda., DAFL Lda. y Britol Michicoma.

Los precios, características y vías de distribución de estos productos se hallan detallados en el Capítulo 6. En todo caso, conviene remarcar aquí, que el principal inconveniente es la casi total ausencia de stock de estas empresas, lo que puede llevar a la red a permanecer inoperativa durante un periodo de tiempo prolongado si no existe una previsión y una planificación en las compras.

Aspectos socioculturales

A pesar de que la Brecha Digital es particularmente profunda en tanto que existe una barrera socioeconómica que impide a la gran mayoría de la población mozambicana acceder y aprovechar la TICs para su propio desarrollo, los medios de comunicación, la publicidad, y el efecto residual de las escasas campañas de formación en alfabetización digital, hacen que la tecnología Wi-Fi no sea completamente desconocida para una parte de los trabajadores del sistema público de salud.

Así como ninguno de los trabajadores en los CSR ha tenido contacto alguno con herramientas informáticas, los trabajadores en los niveles superiores del SIS (SDSMAS y DPS) conocen y se desenvuelven relativamente bien en el uso de las herramientas básicas de un ordenador. Para estos últimos, por lo tanto incorporar nuevas herramientas como puede ser el e-mail no supondría un incremento cualitativo de sus necesidades de formación, teniendo ya desarrolladas las habilidades básicas necesarias para adquirir nuevos conocimientos en este ámbito.

Aspectos políticos y legales

Los principales aspectos políticos y legales que pueden comprometer la sostenibilidad de una red basada en el estándar IEEE 802.11 son los siguientes: Por una parte la ausencia de una regulación específica en Mozambique que describa los usos del espectro radioeléctrico y las limitaciones en potencia en la banda de 2.4 GHz. permiten que el organismo regulador se desentienda, limitándose a hacer referencia a la normativa ETSI, mucho más restrictiva, al limitar la p.i.r.e. máxima permitida a 20 dBm y que deja a la competencia de cada estado, la definición y limitaciones de aplicaciones específicas o excepciones a través de su propia legislación.

Por otra parte, tampoco existe, a pesar de la numerosa legislación que hace referencia al mismo, un Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias como documento público que permita planificar el despliegue de una red de telecomunicaciones. Una vez más, el INCM muestra poca transparencia sobre el tema al aludir vagamente a un proceso de actualización de dicho documento durante el cual no se puede consultar.

3.4.1.7.- Análisis DAFO

DEBILIDADES

- Al tener menor alcance los enlaces posibles, y requerir estos de Línea de Vista, resulta necesario implementar un mayor número de repetidores. Esto influye negativamente en el coste de despliegue de la red y en su sostenibilidad debido a mayores necesidades de mantenimiento y seguridad.
- Mayor número de equipos también implica más mantenimiento y más probabilidades de que uno falle.
- Mayor complejidad tanto a nivel de usuarios finales como de configuración con relación al sistema actual, lo que implica la necesidad de aumentar las capacidades tanto de los usuarios del SIS como de los técnicos del SPM.
- Es una tecnología pensada para distancias cortas, surgen problemas que hay que solventar cuando se utiliza para enlaces de decenas de kilómetros.

AMENAZAS

- La limitación de potencia a 100 mW p.i.r.e. (normativa ETSI) y ausencia de una regulación específica para el uso de esta banda del espectro, complican la viabilidad de este tipo de redes.
- La necesidad de antenas muy grandes unido a un clima extremo puede provocar constantes pérdidas de alineamiento, que aumenten la tasa de fallo del sistema haciéndolo inservible.
- La seguridad de los equipos instalados en exteriores, antenas y SFV es un problema por resolver aún.

FORTALEZAS

- Bajo coste de los equipos y amplia disponibilidad en el mercado local y accesible
- Velocidades de transmisión desde 1 a 54 Mbps, lo que amplia enormemente la cantidad y calidad de las aplicaciones a las que puede dar soporte.
- Bajo consumo de potencia (menos de 10 W por enrutador)
- Frecuencias libres de licencia en de las bandas ISM 2,4 / 5,8 GHz
- Flexibilidad: Añadir un nuevo nodo a la red es sencillo y no requiere reconfigurar toda la topología.

OPORTUNIDADES

- El desarrollo y la expansión que ha tenido la tecnología Wi-Fi en el resto del mundo probablemente vaya a darse en Mozambique con algunos años de retraso, muestra de ello la creciente cantidad de empresas que comercializan productos y de experiencias de hotspots y enlaces punto-a-punto (Especialmente en las grandes ciudades de Mozambique)
- Es una tecnología conocida por las empresas de la región
- La posibilidad de utilizar infraestructuras de TDM o MCEL para situar repetidores sin interferir con las transmisiones de estas operadoras, ya que funciona a otras frecuencias
- Cada vez se venden más ordenadores portátiles, lo que puede impulsar el desarrollo de redes de acceso a Internet en lugares públicos, cafeterías, hoteles, restaurantes, con la consecuente popularización en el uso de la tecnología y bajada de precios
- Nuevos productos basados en la familia 802.11 como WiFi-n, daran un nuevo impulso a esta familia de tecnologías ampliando su ámbito de aplicación a la dimensión metropolitana (y rural)

3.4.2.- WiMAX

3.4.2.1.- Introducción

IEEE 802.16-2004, *Worldwide Interoperability for Microwave Access*, conocido popularmente como WiMAX, se presenta como una tecnología muy prometedora a la hora de establecer comunicaciones de banda ancha con calidad de servicio a distancias largas. Diseñada desde el principio con un enfoque para aplicaciones exteriores está como dar soporte a redes de Área Metropolitana inalámbricas (WMAN) o para optimizar el acceso de última milla a redes de datos de alta velocidad, incluye mejoras significativas respecto a la familia de estándares 802.11 que permiten establecer enlaces punto a punto de hasta 50 Km a velocidades de 70 Mbps:

- Mayor eficiencia espectral (hasta 3,7 bps/Hz) para mayores distancias, gracias a mejores técnicas de modulación ortogonal y control de acceso al medio. OFDM de 256 canales y SOFDMA (Acceso al Medio por División de Frecuencias Ortogonal Escalable)
- Flexibilidad en el uso del espectro, ya que funciona tanto en bandas libres como comerciales entre 10 y 66 GHz y entre 2 y 11 GHz.
- Mejora de la capacidad y la cobertura con la implementación de antenas múltiples (MIMO) y antenas inteligentes (Adaptive Antena System).
- No requiere de Línea Vista, e incorpora el protocolo HARQ (Hybrid-Automatic Retransmission Request) para mejorar la cobertura NLOS.
- Mayor eficiencia del sistema con un mayor número de subportadoras. Introduce la posibilidad de gestionar los canales de downlink permitiendo al administrador intercambiar capacidad por cobertura y viceversa de forma dinámica.
- Mejores prestaciones de seguridad y cobertura NLOS gracias a técnicas de codificación mejoradas como Turbo Coding y LDPC (Low Density Parity Check)

- Mayor tolerancia a retardos de propagación proporcionada por el algoritmo de Transformada Rápida de Fourier Mejorada (EFFT)
- Servicio orientado a conexión. Cada estación subscriptora tiene que solicitar el acceso a la correspondiente estación base, ésta, si está en condiciones de garantizar el servicio sin perjudicar al resto de estaciones subscriptoras, acepta la solicitud.
- Incorpora niveles de QoS específicos más apropiados para aplicaciones de VoIP como Enhanced Real-time Polling Service.

3.4.2.2.- Estándares

La familia de estándares 802.16 es relativamente reciente y aún es susceptible de ser mejorada a corto plazo con nuevas funcionalidades, sin embargo, dado que recoge y en muchos casos mejora muchas de las actualizaciones aplicadas a 802.11 a lo largo de años de investigación no cabe duda de que tecnológicamente WiMAX supera ampliamente a Wi-Fi en cuanto a capacidad y flexibilidad.

IEEE 802.16

Aprobada en el año 2001 por la IEEE también conocido como WirelessMAN tenía como objeto recoger las especificaciones para la implementación de redes de transmisión de datos de gran alcance para aplicaciones tan diversas como enlaces punto-a-punto, conectar entre sí y con Internet redes Wi-Fi distantes o dar soporte a aplicaciones comerciales de última milla en acceso redes inalámbricas metropolitanas. De este modo, este estándar pretende ser una clara alternativa a las tecnologías cableadas de acceso a redes de datos de banda ancha como xDSL. WiMAX fue el nombre comercial dado a esta tecnología por el WiMAX Forum, creado por 67 empresas (hoy más de 500) con el fin de promover a la interoperatividad de los productos a través de su certificación.

802.16-2001 definía las características técnicas para aplicaciones a frecuencias entre los 10 y los 66 GHz a velocidades de bit de hasta 120 Mbps. Este estándar aún requería de

Línea Vista entre los extremos de un enlace, pues la penetración NLOS estaba reducida a unos pocos metros.

IEEE 802.16a

En marzo de 2003 el estándar 802.11a añadió a las previamente definidas frecuencias en el rango de los 2 a los 11 Mbps. Incorporando al estándar tanto rangos de frecuencia que requieren licencia como bandas ISM. Se aumenta el área de cobertura y la penetración a través de obstáculos para permitir enlaces sin Línea Vista a mayores distancias y se añaden especificaciones para proveer distintas calidades de servicio (QoS). La implementación de redes basadas en este estándar consiste en una arquitectura tipo celda en la que Estaciones Base pueden dar servicio a un máximo de 200 Estaciones Suscriptoras gracias a la modulación ortogonal OFDM de 256 canales. Permite asignar dinámicamente distinto ancho de banda a cada canal entre 1.5 MHz y 20 MHz, lo cual facilita la reutilización de frecuencias, resultando que el número de canales utilizables dependa únicamente del ancho de banda disponible y de las necesidades de los suscriptores. .

IEEE 802.16c

Las aplicaciones de este estándar se centraron en el intervalo de frecuencias de 10 a 66 GHz, haciendo especial hincapié en aquellas características que debían garantizar la interoperabilidad con otros sistemas. Entre otros, definía mecanismos de seguridad más tarde incorporados al IEEE 802.16-2004 y otros aspectos como la futura evolución del funcionamiento, prueba y ensayo de los distintos perfiles del sistema.

IEEE 802.16-2004

También llamado 802.16d, es actualmente el estándar más ampliamente difundido para sistemas basados en WiMAX de acceso fijo, en gran medida gracias a la certificación que otorga el WiMAX Forum a equipos basados en este estándar. Habiendo recogido las características de estándares anteriores, 802.16-2004 reemplaza a los estándares 802.16-2001, 802.16c-2002 y 802.16a-2003 del IEEE.

Este estándar implementa la misma modulación OFDM de 256 canales que 802.16a, de los cuales sólo son utilizados 200 para dar servicio a Estaciones Suscriptoras, permitiendo la asignación dinámica de ancho de banda en función de la demanda con canales de entre 1.5 MHz y 20 MHz.

IEEE 802.16e-2005

Ratificado el 7 de diciembre de 2005 por la IEEE, se trata del estándar conocido también como WiMAX MOVIL y está diseñado para permitir el acceso a redes basadas en esta tecnología a terminales en movimiento, incluso a altas velocidades. Al proporcionar movilidad total, esta nueva versión ha supuesto un aliciente para muchos fabricantes que se mostraban reticentes a invertir en una nueva tecnología que no implementaba mecanismos para dar movilidad y ha puesto a WiMAX a la altura de otras tecnologías que pugnan por ser el futuro de las comunicaciones móviles de banda ancha como iBurst, HIPERMAN, LTE (Long-Term Evolution), HSPA,...

802.16e mejora el rendimiento de WiMAX Fijo (802.16d) en cuanto al uso y reutilización de frecuencias, propagación multitrayecto, herramientas de gestión del ancho de banda y QoS. Implementa SOFDMA (Scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access) y MIMO (Multiple Input-Multiple Output) para dar soporte a configuraciones de Antenas Múltiples y adaptativas.

Desafortunadamente OFDM (802.16d) y SOFDMA (802.16e) no son compatibles, sin embargo algunos fabricantes ya están implementando equipos que faciliten la migración de las antiguas redes al último estándar, así, por ejemplo Intel comercializa chipsets duales que funcionan tanto en 802.16-2004 como 802.16e-2005.

Otros estándares WMAN como el Europeo HiperMAN y WiBro (utilizado en Corea del Sur desde 2006 en la banda de 2,3 GHz) han sido recientemente incorporados a WiMAX para complementarlo en lugar de competir con él, lo que demuestra una clara apuesta por empresas y entidades del sector por el estándar 802.16.

3.4.2.3.- Requisitos:

A continuación se estudia la medida en que se ajusta el estándar 802.16 a los requisitos definidos para determinar si una tecnología merece o no ser considerada en este análisis.

Tecnología inalámbrica

WiMAX es una prometedora tecnología de transmisión inalámbrica de datos de banda ancha destinada a ser la principal alternativa a tecnologías de acceso cableadas como xDSL para dar acceso fijo y móvil a Internet e implementar redes troncales inalámbricas para interconectar hotspots Wi-Fi entre otras aplicaciones.

Entre las ventajas que presenta para la aplicación concreta que se estudia aquí hay que destacar que, a diferencia de 802.11, WiMAX ha sido pensada y desarrollada desde un principio para entornos metropolitanos y periurbanos, mejorado entre otras a nivel de capa MAC para tolerar mayores retardos, lo que la hace especialmente atractiva para grandes distancias en zonas rurales.

Grado de madurez de la tecnología

La tecnología WiMAX se encuentra ampliamente estandarizada con 802.13d-2004 para acceso fijo y 802.16e-2005 para aplicaciones móviles, además existe una cierta gama de productos provistos de certificación por el WiMAX Forum. Todo ello debería ser garantía de madurez, pero no es suficiente.

El hecho de que aún hoy se este debatiendo el futuro de esta tecnología en su lucha por hacerse con el mercado de las comunicaciones inalámbricas de banda ancha frente a otras tecnologías como HSPA o tecnologías móviles emergentes de cuarta generación, pone seriamente en duda la afirmación de que se trata de una tecnología madura. Sus aplicaciones no están ampliamente probadas, muchas de las promesas aún no se han visto plasmadas en realidades, y no existe una opinión unánime en cuanto a la viabilidad de esta tecnología a medio plazo, debido en parte a ruidosos fracasos que han comprometido grandes inversiones en despliegues de redes WiMAX. Como muestra de la situación actual de la tecnología WiMAX a continuación se resumen dos noticias recientes y aparentemente contradictorias:

“La principal operadora australiana de WiMAX cierra su red calificándola como “fracaso miserable”.

Communicatios Alliance & CommsDay, 20 de Marzo de 2008.

Garth Freeman, Presidente del Consejo de Administración de Hervey Bay’s Buzz Broadband, operadora pionera de WiMAX en Australia, afirmó en la Conferencia Internacional sobre WiMAX en Bangkok que su experiencia con WiMAX ha sido un “completo desastre”.

Justificó esto diciendo que la cobertura NLOS dejaba simplemente de existir a 2 km de la estación base, que en interiores la señal desaparecía a los 400 m. y que se alcanzaron tasas de latencia de hasta 1000 ms, lo cual resulta nefasto para aplicaciones de VoIP, el servicio estrella ofertado por la compañía. El directivo utilizó esos argumentos para afirmar que, simplemente, “WiMAX no funcionará”. Un año antes, en la misma conferencia, Freeman se había mostrado entusiasta con la tecnología WiMAX.

El ejecutivo de Buzz sostuvo que WiMAX es un producto “oportunista” y “de segunda clase” y se mostró a favor de HSPA dando como ejemplo las 154 redes desplegadas y operativas en el mundo. Declaró que la empresa Buzz apostará en adelante por “Caballos de Carreras” como el estándar TD-CDMA a 1,9 GHz y la plataforma Wireless DOCSIS a 3,5 GHz, así como redes wireless mesh a 2,5 GHz.

En la misma línea, la operadora india VSNL también presento resultados negativos en una conferencia de la IEEE con coberturas de menos de 200 m en interiores. Sin embargo, la empresa Internode, afirmó haber establecido con éxito enlaces de más de 30 km a 6 Mbps.”

“Nace Clearwire con el fin de dotar de acceso a Internet inalámbrico de banda ancha con tecnología WiMAX a todo Estados Unidos.

elmundo.es 7 de Mayo de 2008

Los gigantes de las comunicaciones Google, Comcast, Intel Capital, Time Warner Cable, Bright House Networks, Trilogy Equity Partner, Sprint Nextel y Clearwire se han unido para crear una nueva compañía, que finalmente adoptará el nombre de Clearwire y

saldrá al mercado con un valor estimado de 14.500 millones de dólares. El objeto de esta alianza es conectar todo el país por medio de una gran red basada en WiMAX para ofrecer servicio de Internet de banda ancha inalámbrica móvil a millones de usuarios.

La inversión de esta ambiciosa empresa, una vez superados los problemas iniciales de financiación que se solventaron incorporando a nuevos socios (Clearwire), es de más de 3.200 millones de dólares y todos los participantes tienen mucho que ganar si el proyecto tiene éxito. Intel Capital ha aportado aproximadamente 1.000 millones y venderá procesadores específicos para los dispositivos que se conectarán a la futura red. Comcast (1.000 millones de dólares), Time Warner Cable (550 millones) y Bright House Network (100 millones) serán los proveedores de acceso a esta nueva red. Pero las dos empresas que más tienen que ganar son Google, que con una inversión estimada de 500 millones de dólares se convertirá en el buscador por defecto y primer proveedor de servicios de esta red sin coste alguno, y por otro lado Sprint Nextel, que a cambio de ceder su espectro en la banda de 2.5 GHz se quedaría con el 51% de esta compañía.

Actualmente Sprint ya está probando esta tecnología en los estados de Chicago, Baltimore y Washington D.C. en una red conocida como Xohm, y si la iniciativa tiene el éxito que esperan sus promotores, a finales del año 2010 estarían proporcionando servicio de Internet de banda ancha sin cables a entre 120 y 140 millones de estadounidenses, situándose a la cabeza del mercado actualmente más prometedor en cuanto a comunicaciones móviles.

Por otra parte, las dos primeras compañías de comunicaciones móviles de Estados Unidos, Verizon Wireless y AT&T, así como la GSM Association han mostrado su interés por la tecnología Long-Term Evolution (LTE), y han afirmado sus intenciones de basar sus futuras redes de comunicaciones móviles de cuarta generación (4G) en la tecnología que es a día de hoy la principal competidora de WiMAX.”

Estas dos noticias destacadas de la actualidad dan una idea bastante aproximada del grado de madurez de esta tecnología que, a pesar de ir por delante de sus competidoras en cuanto a estandarización, aún está abriéndose camino en el mercado de las telecomunicaciones. Aunque WiMAX tiene grandes grupos y organizaciones detrás muy interesados en su desarrollo, y posiblemente llegue a ser en un futuro próximo el estándar de

facto de las comunicaciones inalámbricas móviles de banda ancha, a día de hoy esta por demostrarse que esto sea cierto, ya que se trata de una tecnología indudablemente en fase de crecimiento.

Tecnologías apropiadas

Otro de los requisitos en los que la tecnología WiMAX muestra claras desventajas respecto a Wi-Fi es en cuanto al grado en que resulta apropiada para crear una red sostenible en el contexto concreto de esta intervención. Si bien, puede resultar factible y menos arriesgado implementar una red WiMAX en Europa, Estados Unidos o Japón, donde esta tecnología se halla en un estado más avanzado de desarrollo, hay una serie de factores que la hacen claramente inapropiada (menos apropiada que Wi-Fi) para este proyecto:

Equipos más caros y difíciles de conseguir: Aunque paulatinamente los precios de los equipos basados en esta tecnología han venido descendiendo en estos años hasta resultar competitivos, aun son mucho más caros que los basados en Wi-Fi. De este modo una estación base WiMAX (Postdata Flyvo P-RAS 1002; Samsung SPI-2110, U-RAS series; Sequans SQN2130) puede costar entre 2.500 y 5.000 euros, frente a los 50 a 150 € que cuestan los dispositivos Wi-Fi. Por otra parte, aún son relativamente pocos los fabricantes que comercializan equipos terminales de WiMAX, algunos de ellos son:

- **ASUS**tek (modems WiMAX modelos WM34E1, WM25E2 y WM34E2).
- **AWB** RG230
- **Runcom Technologies** (RNU200CPE Mobile WiMAX UT)
- **Sequans Communications** (SQN1110 Subscriber Station)
- **Motorola/Enfora** (modem WTM1000)
- **Posdata Flyvo** (modem USB U100)
- **Samsung** (SPH-9200 compatible con Wi-Fi, WiMAX y HSDPA; SPH-M8200 es una PDA que soporta WiMAX y EV-DO; SWT-H200K y SPH-H1300 modems USB; SWT-P230 Mobile WiMAX PCMCIA Card)

Bajo grado de penetración de esta tecnología: Debido al tiempo medio que conlleva que una tecnología novedosa como es ésta comience a implantarse en un país en vías de desarrollo como Mozambique, habría que esperar años hasta que la oferta de

equipos y componentes estuviera disponible en Cabo Delgado a precios competitivos, incluso adquiriendo los equipos necesarios en el extranjero (Sudáfrica o Europa), a corto plazo habría que afrontar la ausencia de un mercado local que pudiera garantizar un suministro estable y asequible de componentes y repuestos, lo que hipotecaría la sostenibilidad del proyecto a un poco probable desarrollo acelerado de este mercado. A esto hay que añadir la práctica inexistencia de personal técnico cualificado que conociendo esta tecnología se hiciera cargo del futuro mantenimiento y reparación de la red, aún no siendo imposible, este tipo de servicios resultaría inasequible para la DPS y su Servicio Provincial de Mantenimiento.

Consumo de energía: Otro importante inconveniente que conlleva plantear esta tecnología como una posibilidad es que la estimación del consumo energético de estos equipos es sustancialmente mayor al de los equipos basados en el 802.11, lo cual supone un serio problema a la hora de diseñar una red en la que muchos de sus nodos van a encontrarse situados en enclaves que no disponen de un suministro eléctrico fiable, no existe suministro eléctrico alguno, o este consiste en generadores diesel y dependen de la capacidad económica de la SDSMAS de garantizar un suministro de combustible constante. En cualquiera de los anteriores casos, sería prudente dimensionar e implementar el correspondiente sistema de aprovisionamiento eléctrico mediante módulos fotovoltaicos y baterías. Para los consumos estimados en el caso de WiMAX (unos 1500 W por estación base) este sistema sería mucho mayor que en el caso calculado para Wi-Fi, con el consecuente aumento de la inversión necesaria y las mayores necesidades de mantenimiento.

La tecnología WiMAX tiene, sin embargo, una ventaja fundamental frente a los estándares de la familia 802.11, y es su enfoque específico hacia aplicaciones exteriores y de gran distancia que la hacen especialmente interesante para implementar redes en contextos como el que ocupa el presente estudio, entre otras cosas porque disminuye el número de repetidores necesarios en la red. Desgraciadamente, las experiencias similares y la disponibilidad de esta tecnología aún son muy limitadas en la actualidad. Queda en consecuencia demostrado que esta tecnología no es apropiada por el momento para la intervención de ISF-ApD en la provincia de Cabo Delgado.

Comunicaciones de voz y datos

Los estándares vigentes 802.16-2004 y 802.16e-2005 están definidos para la transmisión de datos de alta velocidad a través del medio inalámbrico. Ambos son capaces de alcanzar distancias de hasta 50 km. con tasas de transferencia de hasta 70 Mbps. Esto los hace especialmente atractivos para proporcionar servicios de comunicaciones masivas de datos como acceso a Internet de banda ancha, redes WLAN conmutadas o bucles de abonado local inalámbricos.

Por otra parte las mejoras introducidas a nivel de MAC y la disponibilidad de diferentes niveles de QoS proporcionan tasas de latencia lo suficientemente bajas como para implementar redes de telefonía con VoIP de buena calidad y transmisión de streams de video y audio bajo demanda con calidad de servicio.

Cumplimiento de la legislación

Como ya se mencionó en el capítulo dedicado a Wi-Fi, en Mozambique aún no existe una regulación completa en materia de radiocomunicaciones y uso del espectro radioeléctrico, por lo que en muchos casos se recurre a la normativa elaborada por la ETSI al respecto. Por otra parte, el cuadro de atribución de frecuencias aún está en proceso de reelaboración y no ha sido posible estudiar su contenido por el momento.

En todo caso, de todas las frecuencias definidas para el estándar 802.16, son interesantes aquellas más bajas (para maximizar el alcance de los enlaces) y de uso libre. En este caso, estas especificaciones coinciden con la banda ISM de 2,4 GHz ya mencionada en Wi-Fi, regulada por la Norma Europea EN 300 384 y que limita la máxima potencia radiada (PIRE) a 100 mW (20 dBm), por lo que se presentan las mismas limitaciones de distancia que en el caso de Wi-Fi, relativamente mejoradas por las nuevas herramientas de codificación y modulación introducidas por WiMAX.

Por otra parte, un reciente estudio realizado por SUIRG (Satellite Users Interference Reduction Group) con el apoyo de la Marina estadounidense y el VSAT Forum, han constatado la incompatibilidad de sistemas WiMAX operando en las proximidades de enlaces vía satélite en la banda C debido a los altos niveles de interferencias detectados. El WiMAX Forum aún no ha manifestado respuesta alguna, pero se prevé un litigio que tendría como resultado una serie de restricciones de uso para los sistemas de WiMAX como ya ocurrió con Wi-Fi en la banda de 5,8 GHz en Europa.

3.4.2.5.- Conclusiones:

Por todo lo ya comentado y en vista de que WiMAX no cumple con todos los requisitos establecidos en la definición de los parámetros del estudio, no se va a contemplar esta tecnología en las siguientes fases del estudio, ni se estima conveniente realizar el análisis por variables. Aún así, a continuación se comentan los aspectos más destacados que se extraen de esta posibilidad planteada.

- En particular WiMAX no cumple con dos de los requisitos como son el grado de madurez adecuado y la consideración de esta tecnología como apropiada. En ambos casos, se debe al hecho de que a día de hoy WiMAX es aun una tecnología emergente, no está suficientemente estandarizada, ni desarrollado un mercado de equipos y servicios competitivo con otras tecnologías, ni se puede considerar suficientemente probada para aplicaciones como la que aquí se plantea.
- Además, no resulta apropiada por el hecho de que tanto los costes de los equipos como su consumo eléctrico son excesivamente elevados para las capacidades de administración, gestión y mantenimiento de los futuros responsables de la red (DPS y SPM). Tampoco existen técnicos ni empresas de servicios en la provincia que estén capacitados para implementar o reparar redes basadas en esta tecnología.
- Sin embargo, WiMAX se ha incluido en este estudio por considerarse que en un futuro cercano puede llegar a ser una de las tecnologías más apropiadas para comunicaciones inalámbricas en las zonas rurales. El planteamiento inicial que, a diferencia del estándar 802.11, hace que esta tecnología se dirija en particular a aplicaciones *outdoor*, así como las mucho mejores prestaciones de una tecnología de comunicaciones inalámbricas más avanzada, auguran un futuro prometedor a WiMAX y resulta importante seguir de cerca su evolución y tenerlo en consideración de cara a futuros proyectos de similares características a éste.
- En esta línea, merece la pena mencionar que la principal operadora de telecomunicaciones de Mozambique, TDM, ha comenzado a realizar algunas experiencias con WiMAX en la provincia de Nampula, en el área del campus universitario de esta ciudad. Es un claro ejemplo de que esta tecnología puede tener una interesante proyección a futuro también en esta región.

3.4.3.- Radio HF

3.4.3.1.- Introducción:

A pesar de no tratarse de una tecnología especialmente apropiada para el diseño de una red de voz y datos, este sistema de comunicaciones se halla hoy en día instalado en la mayoría de las Unidades de Salud de la provincia de Cabo Delgado y es la base de la mayoría de las comunicaciones entre éstas y sus respectivas SDSMAS y la DPS. Por este motivo resulta conveniente incluirla en el análisis de alternativas de forma que se constaten las posibilidades de esta tecnología y se demuestre con argumentos consistentes la necesidad de mejorar la actual red de comunicaciones de la provincia.

Entre los años 2003 y 2006 fue instalado por UNICEF y PISCAD el actual sistema de comunicaciones basado en radio HF de la marca CODAN. El sistema de transferencia de pacientes, las solicitudes de abastecimiento de farmacia, el envío de boletines semanales BES y, en ocasiones en las que el transporte terrestre resulta inviable, el envío de los informes mensuales del SIS, se realizan a través de este medio de comunicación y están supeditados los eventuales fallos del mismo.

HF hace referencia a *High Frequency* y se basa en la transmisión de señales de radio con modulación analógica en las bandas de 3 a 30 MHz mediante propagación ionosférica. Como muestra la figura 7.1, las ondas radioeléctricas transmitidas a estas frecuencias son reflejadas por la ionosfera hasta el receptor, salvando grandes distancias, obstáculos de todo tipo e incluso la curvatura de la tierra. Esta particularidad hace que este tipo de ondas pueda alcanzar distancias de hasta miles de kilómetros, sin necesidad de Línea Vista ni dispositivos de retransmisión, como repetidores, entre los extremos del enlace e independientemente de la orografía del terreno. Gracias a ello, esta tecnología ha sido durante décadas la elección preferente para proporcionar comunicaciones de voz a entornos aislados en todo tipo de condiciones, sin necesidad de realizar un estudio de propagación.

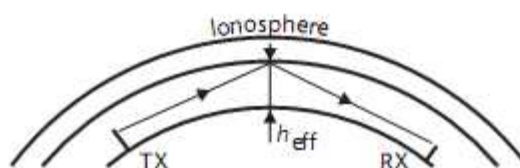


Figura 3.4.- Propagación ionosférica.

La ionosfera es la capa de la atmósfera caracterizada por una mayor concentración de partículas ionizadas que se encuentra a la distancia de entre los 60 y los 500 km de la superficie terrestre. Desgraciadamente, sus propiedades, profundidad y densidad de electrones libres son muy variables en función de las condiciones climáticas, radiación solar, hora del día, etc. Esto hace que este medio altamente inestable presente una estructura poco homogénea y una serie de comportamientos aleatorios que condicionan tanto la posibilidad de establecer enlaces bajo ciertas condiciones como la calidad de los mismos.

El comportamiento impredecible de la ionosfera hace que la asignación de canales utilizables tenga que realizarse en función de condiciones climáticas, estación del año, hora del día y lugar en el que vayan a realizarse las comunicaciones. De este modo, es necesario establecer una frecuencia mínima o LUF (Lowest Useful Frequency) por debajo de la cual resulta imposible realizar la transmisión debido a que la gran absorción de longitudes de onda superiores enmascararía la señal haciéndola indistinguible del ruido. Igualmente, es necesario establecer una MUF (Maximum Useful Frequency) o frecuencia máxima a la que puede transmitirse, por encima de la cual las ondas radioeléctricas atraviesan la ionosfera y no son reflejadas hacia la tierra por ser demasiado pequeñas.

Entre las principales ventajas de esta tecnología destaca la facilidad de implantación y la gran distancia a la que permite comunicarse, salvando todo tipo de obstáculos orográficos, gracias a esto los sistemas de Onda Corta o HF han tenido durante años una penetración importante en los países en desarrollo pues son especialmente indicados en zonas rurales aisladas evitando grandes despliegues de infraestructuras.

Sus desventajas son muchas, pero destacan la escasa calidad de las comunicaciones de voz (muchas veces imperceptibles por el ruido) y las pocas prestaciones que permite, así como la variabilidad en función de las condiciones del entorno, clima, e incluso con la hora del día, por lo que no pueden garantizar una comunicación fiable de forma sostenida.

3.4.3.2.- Características del sistema actual.

El sistema actual de comunicaciones del Sistema de Salud de Cabo Delgado esta basado en radios CODAN NGT VR por medio de radiofrecuencias con una capacidad de hasta 20 canales, aunque en la práctica menos de la cuarta parte de estos se utiliza. De las

113 instituciones de salud de la provincia 72 tienen estas radios, la mayoría de ellas en funcionamiento.

Costos de licenciamiento: Los costes anuales de las licencias se obtienen aplicando las mismas fórmulas que más adelante se verán para VHF (Capítulo 7), y que a grandes rasgos contabilizan los siguientes factores: Espacio entre canales o ancho de banda equivalente, número de canales/portadoras, potencia aparente radiada, tipo de espectro/canal, tipo de servicio/usuario y cantidad de estaciones.

Problemas más frecuentes: Estos son algunos de los problemas con que se encuentran la mayoría de los usuarios de los Centros de Salud Rurales, a partir de informaciones obtenidas mediante entrevista reglada con los propios protagonistas:

- En muchas ocasiones intentan comunicarse por radio con la SDSMAS y no hay nadie que responde, por lo que después de intentarlo varias veces desisten o, en caso de ser posible, se comunican vía SMS. Esto se debe a que en las sedes distritales no hay una persona concreta con la responsabilidad específica de estar pendiente de la radio.
- En aquellas Unidades Sanitarias en que disponen de cobertura de telefonía móvil, muchas veces llaman a alguien del personal de la SDSMAS con quien tienen un trato personal o profesional más cercano, en busca de solución a problemas concretos o emergencias.
- Muchas veces las comunicaciones no se establecen con una calidad que proporcione un diálogo comprensible entre las partes.
- Cuando la radio se ha estropeado, el Sistema Provincial de Mantenimiento tarda mucho en llegar a reparar el sistema, el tiempo medio es del orden de varias semanas o incluso meses.
- En varias Unidades de Salud la antena se había caído debido al viento, sin que nadie hubiera venido a repararla.

- En cualquier caso, el sistema de radio sólo proporciona comunicaciones de voz, y utilizan medios de transporte terrestre para el envío de informes y solicitudes.
- En ocasiones en las que las carreteras no están transitables o por motivos económicos no consiguen un transporte, han enviado los Boletines Epidemiológicos Semanales (BES) dictándolos a través de la radio, pero coinciden en que resulta una tarea pesada y que en muchos casos conlleva una importante pérdida de información por errores de transcripción.

3.4.3.3.- Requisitos:

Tecnología inalámbrica

Los sistemas de radio por Onda Corta o HF utilizan el medio aire para la transmisión analógica de señales codificadas y moduladas en Banda Lateral Única (BLU, o *SSB* por sus siglas en inglés *Single Side Band*) y las comunicaciones por voz se realizan en *Half-Duplex*.

Grado de madurez de la tecnología

Durante años, los sistemas de comunicación basados en HF han sido ampliamente difundidos tanto a nivel de radioaficionados como para aplicaciones médicas, militares o de navegación por su facilidad de instalación y la posibilidad de establecer comunicaciones de voz en los lugares más inhóspitos del planeta.

Aunque a día de hoy siguen comercializándose equipos que incluso incorporan nuevas prestaciones, hace tiempo que esta tecnología alcanzó el grado de saturación, y la limitada capacidad que ofrece hace que inevitablemente quede obsoleta frente a nuevas tecnologías de radio vía satélite, que aunque más caras, ofrecen todo tipo de posibilidades que HF simplemente no puede soportar.

Tecnologías apropiadas

Es una tecnología ampliamente utilizada en países en vías de desarrollo y en zonas rurales, debido a su facilidad de instalación, bajo coste y facilidad de uso. Permite comunicaciones muy básicas y hasta la fecha es el único sistema de telecomunicaciones con el que cuenta el Sistema de Salud de Cabo Delgado, por lo que la mayoría de los usuarios finales ya están ampliamente familiarizados con su uso y los técnicos encargados del mantenimiento conocen el funcionamiento del sistema y saben como repararlo.

Del diagnóstico de necesidades de comunicación llevado a cabo previamente a este estudio se concluye que, en la mayoría de los casos, el sistema es utilizado para resolver las necesidades urgentes de comunicación. Aunque, como ya se ha mencionado anteriormente, en muchos casos esta comunicación no llega a establecerse o no se da con las condiciones mínimas que garanticen una calidad en la transmisión de información.

En cualquier caso, este estudio tiene como propósito analizar las alternativas tecnológicas que puedan significar una mejora del sistema actual de comunicaciones y las funcionalidades del sistema de HF con radios CODAN no son susceptibles de una mejora significativa. En el propósito de desarrollo debe plantearse un sistema de comunicaciones que resulte relativamente más apropiado a las necesidades de comunicación y el contexto de la intervención, por lo que el sistema actual tiene que servir como referencia para la mejora, pero considerando que esta mejora debe ser significativa.

Comunicaciones de voz y datos

En principio, los sistemas de radio HF, al igual que aquellos basados en VHF son sistemas destinados a dar soporte a comunicaciones de voz en half-duplex y presentan unas características técnicas que los hacen poco apropiados para comunicaciones de datos.

Esto es sin embargo posible y aunque las radios CODAN instaladas en la mayoría de Unidades de Salud Rurales y SDSMAS no cuentan con un puerto de datos, la misma casa comercializa las radios CODAN NGT SR, equipos de similares características a los actuales pero con un puerto RS 232 que permitiría la comunicación de datos. De hecho CODAN también distribuye módem de datos (3012 HF Data Módem) y terminales fax (9001 HF Fax)

compatibles con estas mismas radios, lo cual podría suponer una mejora respecto al sistema de comunicaciones actual. Las radios CODAN actuales permiten el envío y recepción de mensajes de texto de hasta 64 caracteres, claramente insuficiente para satisfacer las necesidades de comunicación de las Unidades Sanitarias.

Los módem de datos para HF han existido durante años pero a precios excesivamente elevados y con capacidades de transmisión limitadas a 100 o 300 bps, y han sido usados preferentemente por radioaficionados. En los últimos años las investigaciones en torno a técnicas de modulación de frecuencias ortogonal han facilitado la aparición de una nueva generación de módems basados en OFDM que transmiten a 2.400 o 2.500 bps, lo cual ya permite dar soporte a aplicaciones de transmisión de datos más interesantes e incluso la interconexión con otras redes como VHF, la RPTC o Internet (aunque no se recomienda), soportando el acceso a redes IP a través del protocolo AX.25.

Cumplimiento de la legislación

El sistema de radio HF instalado actualmente en la gran mayoría de Unidades Sanitarias, SDSMAS y DPS cumple indudablemente con toda la legislación vigente en Mozambique en materia de radiocomunicaciones: El Reglamento Básico de Utilización de las Radiocomunicaciones (Decreto n.º 23/93), el Reglamento de Autorización y Licenciamiento de Estaciones y Redes de Radiocomunicaciones (Decreto n.º 115/94) y el Reglamento de Licencias Radioeléctricas (Decreto n.º 63/2004) que estipula coste de licenciamiento en función del tipo, usos y frecuencias del sistema.

3.4.3.4.- Análisis por variables:

Se procede en este capítulo a analizar las características de este sistema en función de las variables definidas para este fin, se comprobará que las características técnicas, económicas y de sostenibilidad recomiendan sustituir el sistema actual de comunicaciones por uno que presente mejores funcionalidades.

Características técnicas

Capacidad

Los sistemas de radio HF tienen habitualmente capacidad para comunicar un número de usuarios grande en un área muy extensa (incluso abarcando varios países) en el orden de las decenas a los cientos de usuarios, debido al escaso ancho de banda que ocupan los canales.

Las radios CODAN actualmente instalados en las Unidades de Salud tienen capacidad para configurar hasta 20 canales de radio modulados en Banda Lateral Única (J3E, USB, LSB, AM). En cualquier caso al no necesitar repetidores ni estaciones que suministren el servicio, el sistema actual permite abarcar ampliamente a todos los usuarios y afrontar eventuales aumentos de la demanda.

Tasa de transmisión

Como ya se ha mencionado, las tasas de transmisión de datos en HF son muy bajas, típicamente en torno a los 300 bps y mejorando hasta los 2.400 bps con el uso de técnicas de modulación ortogonal.

En las especificaciones de las radios CODAN instaladas se describe un rango de velocidades de bit de entre 300 y 19.200 bps, debido a que incorpora mejoras en el procesado de la señal y mecanismos de corrección de errores y reenvío selectivo además de OFDM. En lo que al ancho de banda de audio se refiere, define canales entre los 300 y los 2.700 Hz a los que hay que añadir un Offset de 100 Hz más al incluir la modulación HF SSB.

Evidentemente, esta velocidad de transmisión está clasificada como muy baja, y si bien permitiría la transmisión de fax y correo electrónico (sin imágenes), no soporta transferencia de ficheros de baja velocidad ni es recomendable para la navegación por Internet. Del mismo modo, no es posible implementar aplicaciones de VoIP ni garantizar ningún tipo de QoS en estas condiciones.

Esta limitación en cuanto a capacidad de soportar servicios de transmisión de datos, hace que en los términos planteados en este estudio no se considere como una opción viable la mejora del sistema actual de comunicaciones por radio HF por medio de la sustitución de las radios CODAN NGT VR por radios NGT SR, con las que implementar un sistema de transmisión de datos por radio HF. Se considerará por tanto a partir de este momento que las inversiones deben ir orientadas a la sustitución del actual sistema por otro basado en una tecnología que sí garantice unas prestaciones efectivas de cara a futuros servicios de comunicaciones de voz y datos para el Sistema Público de Salud.

Banda de frecuencia

Los sistemas de Onda Corta se definen dentro de la banda de frecuencias de los 3 a los 30 MHz, lo que permite la transmisión de señales de voz por medio de ondas radioeléctricas a distancias de cientos de metros (por Onda Terrestre, dependiente de las constantes dieléctricas del terreno) hasta miles de kilómetros (por Onda Ionosférica).

El mayor inconveniente de usar HF es el escaso ancho de banda por canal y la gran atenuación por propagación en el espacio libre y otras pérdidas como las debidas al desvanecimiento multirayecto que se producen en transmisiones de tan larga distancia. Esto hace que el ruido en recepción esté irremediablemente mezclado con la señal y que, en consecuencia, la calidad de la transmisión de voz se vea seriamente afectada, hasta el punto de resultar, a veces, ininteligible.

Por otra parte se trata de frecuencias que, en la mayoría de los países, requieren de licencia, es un gasto anual fijo relativamente bajo y que la DPS asume, por lo que en caso de sustituir este sistema por otro habría que considerar el ahorro de estas licencias.

Seguridad

La seguridad en las comunicaciones que incorporan las radios CODAN es relativamente vulnerable, pero permite el encriptado de las comunicaciones de voz mediante el dispositivo CODAN Voice Encryptor (actualmente instalado en las US) que incluye un algoritmo de encriptado básico a partir de una clave pseudoaleatoria de 128 bit patentado bajo el nombre de SAFE.

El problema de las comunicaciones encriptadas es que introduce una latencia de hasta 250 ms en la transmisión de voz que puede llegar a ser molesta, por el contrario, la transmisión encriptada no precisa de sincronización ya que incorpora este mecanismo cada vez que actualiza la clave.

Los terminales de radio CODAN incluyen también un código PIN en el encendido para evitar el uso indebido del equipo por personas no autorizadas.

Posibilidades de interconexión

Las radios HF y VHF son incompatibles, por trabajar a frecuencias diferentes, sin embargo, sí existe la posibilidad de interconectar sistemas HF con sistemas trabajando en otras frecuencias (VHF, Wi-Fi) o con la RPTC o Internet mediante una estación pasarela que proporcione esta interconexión a nivel IP.

Esta estación pasarela requiere de dispositivos específicos que permitan la interoperatividad de una red basada en ondas radioeléctricas HF por un lado y otra red basada en Protocolo de Internet por el otro. Esta tarea puede hacerse mediante una computadora embebida que incorpore un softmódem basado en una tarjeta de sonido configurada apropiadamente y una tarjeta controladora de radio. En el capítulo dedicado a VHF se hablará con más detalle de este tipo de dispositivos.

De todos modos, a pesar de que exista esta posibilidad, no es recomendable la interconexión de redes HF con redes de voz como la RPTC o redes VoIP a través de Internet a causa de las bajas prestaciones (baja velocidad de bit, alta latencia) de HF. En caso de ser necesario, sin embargo, sí se pueden utilizar este tipo de estaciones pasarela para crear enlaces HF con estaciones que de otro modo resultaría prácticamente imposible (o inviablemente costoso) alcanzar dentro de redes VHF o Wi-Fi.

Posibilidad de gestión remota

Los sistemas de radio CODAN no permiten la configuración remota de las estaciones, sin embargo, si que incorporan un mecanismo de *polling* para realizar el

diagnóstico remoto de los equipos, permitiendo a un administrador central conocer (siempre que pueda establecerse la conexión) parámetros de todos los equipos de la red: potencia de señal, nivel de voltaje de las baterías,... y así facilitar el mantenimiento preventivo de los equipos, algo que en la actualidad, por desconocimiento o por desidia no se viene haciendo.

Infraestructuras

Las infraestructuras del actual sistema de comunicaciones son sólo del tipo estación cliente, todas las cuales tienen la posibilidad de comunicarse entre ellas, pero no hacia el exterior de la red, debido a la inexistencia de una estación pasarela. Sólo una de las mencionadas estaciones de radio, la correspondiente a la DPS, cuenta con un operador de radio dedicado a tiempo completo a las comunicaciones. En el resto de centros la responsabilidad se comparte entre las personas que utilizan las dependencias en las que están instaladas las radios (quienes tienen acceso a las mismas). Estas estaciones de radio cuentan con los siguientes equipos: Transceptor de radio, encriptador de voz, cable coaxial, conectores, antenas tipo dipolo y sistema de alimentación (paneles solares, baterías,...).

En el caso de querer proporcionar conectividad al sistema de radio HF hacia redes externas de voz como la RPTC, sería necesario implementar una estación pasarela que cuente con una computadora o mini computadora (Por ejemplo una mini-ITX EPIA VIA M10000 utilizada en algunas pruebas por el EHAS o soluciones basadas en placas Mikrotik, más accesibles) haciendo las funciones de servidor de comunicaciones, un transceptor de radio para las comunicaciones de voz y otro transceptor HF que soporte transmisión de datos (las radios CODAN lo hacen), un ATA para la conexión telefónica (por ejemplo un Linksys Sipura SPA3102), e interfaces para las comunicaciones de voz (tarjeta phonepatch sobre Asterisk para el servidor) y datos (soundmodem compuesto por una tarjeta de sonido y tarjeta de control de radio).

Equipos y terminales

Transceptor de Radio: CODAN NGT SR transceiver. Cuenta con una interfaz de datos y otra para GPS, que permiten implementar un módem de hasta 19.200 baudios, fax y sistema de posicionamiento. Incluye la opción CALM para gestión automatizada de enlace (selección del mejor canal disponible). Auto diagnóstico del estado. Llamada selectiva (para

que sólo responda la estación con la que se desea comunicar). Otras características técnicas son:

- Rango de frecuencias: 1,6 – 30 MHz en transmisión. 250 kHz – 30 MHz en recepción.
- Capacidad: 400 Canales.
- Modo de operación: SSB (J3E, USB, LSB, AM)
- Potencia de transmisión: 125 W PEP.
- Alimentación: 12 V DC.
- Rango de temperatura: entre -30 y +60 °C
- Interfaces: Datos (RS232) y GPS (NMEA-0183).

Encriptador: CODAN Voice Encryptor. Proporciona seguridad a las comunicaciones por medio de una clave de 128 bit según un algoritmo patentado. Permite la opción de utilizar comunicaciones sin encriptado (reduciendo la latencia) para comunicaciones que no requieran de seguridad. Para más información leer el apartado dedicado a seguridad en las comunicaciones de este mismo capítulo.

Comunicaciones de datos: HF Data modem 3012. Actualmente no hay ningún equipo de este tipo instalado en el sistema de radio de la DPS, pero sería una de las posibles mejoras a introducir en este sistema al proporcionar una comunicación RS232 transparente entre dos estaciones HF. Las características de este equipo son:

- Tasa de transmisión: 2.400 bps utilizando modulación en fase cuaternaria QPSK y protocolo de comunicaciones Selective ARQ.
- Modo de establecimiento: Establecimiento de enlace por medio de un protocolo propietario
- Compresión de datos: Aumentando la tasa de transmisión hasta 6.000 bps.
- Incluye firmware CODAN 9102
- Alimentación: 13,5 V DC
- Rango de temperatura: entre 0 y 55 °C (operación) y entre -40 a + 60 °C (almacenamiento)

Comunicaciones por fax: CODAN 9001 Fax and Data interface. Este dispositivo permite conectar a la radio CODAN un terminal fax convencional de Tipo 3 o una computadora para

la transmisión de datos. Sería una mejora interesante para el actual sistema de radio, aunque su capacidad es muy limitada.

Antenas: Actualmente tanto los CSR como las SDSMAS y la DPS utilizan antenas tipo Dipolo C410 y C411 configuradas en “v invertida” en la mayoría de los emplazamientos (en algunos casos en configuración horizontal). Es muy probable que gran parte de los problemas de comunicación estén causados por una deficiente instalación y orientación de estas antenas.

Crterios de mercado

Como se trata de una tecnología ya instalada y en uso por parte del SIS, en este apartado no se estudiarán los costes derivados del despliegue de una red de radio HF, por resultar trivial para el estudio. Sin embargo sí puede resultar interesante aproximar los costes de una puesta a punto y mejora de las prestaciones de la red, así como una estimación de los costes de operación y mantenimiento de la red actual, con el fin de comparar también en la dimensión económica con otras alternativas y comprobar las implicaciones de un cambio tecnológico en relación a los costes actuales.

Costes

Costes de implementación

Como ya se ha comentado, no habría costes de implementación de una red HF porque ésta ya existe. Sin embargo, una pequeña inversión sí sería necesaria para reponer los equipos dañados y adquirir nuevas radios CODAN para los pocos CSR que aún no la tienen.

En cambio, sí sería posible y deseable introducir alguna mejora con respecto al sistema actual, como sería el facilitar la transmisión de datos por medio de radiofrecuencias HF. Esto es posible dado que CODAN comercializa los equipos necesarios para ello. En este caso, se prevería implementar un servicio de transmisión de fax entre los CSR y sus Instituciones de salud de Referencia (SDSMAS y Hospital) para lo cual habría que adquirir tantos terminales *CODAN 9001 Fax and Data interface*, y equipos de Fax como instituciones de salud se pretendiera que tuvieran el citado servicio. Además, la misma

inversión permitiría la transmisión de datos digitales entre la DPS y las SDSMAS que cuentan con terminales informáticos, aunque con los mencionados problemas de calidad.

Costes de operación

Los costes de operación actuales del sistema de comunicaciones por radio HF se reducen al pago de licencias por el uso del espectro radioeléctrico. Estas tasas se obtienen a partir del cálculo aritmético que se verá en el Capítulo 6 para el ejemplo de dos redes VHF pero con los coeficientes ajustados al número de estaciones (más de 100), la frecuencia de operación (<30 MHz), el número de canales, el ancho de banda por canal, y en el caso de HF la potencia del emisor. Aquí no se refleja este valor por no contar con toda la información necesaria para realizar dicho cálculo, pero en el caso de sustituir el sistema por otro, el ahorro de las licencias de operación sería un factor a tener en cuenta.

Consumo de energía

Las radios HF son, de entre las tecnologías a discusión en este estudio, uno de los sistemas con mayor consumo de energía, durante la transmisión/recepción, debido a las grandes distancias que debe recorrer la señal hasta su destino. Así, las radios CODAN utilizadas actualmente por el SIS tienen una potencia de transmisión máxima de 125 W para alcanzar la cual pueden llegar a consumir hasta 200 W si se atiende a las especificaciones de los equipos, por lo que tanto el consumo como el SFV dimensionado y el almacenamiento de la energía en baterías es uno de los más elevados.

Costes de mantenimiento

Los costes de mantenimiento del sistema actual no son elevados, en parte por la extrema robustez de las radios HF y en parte porque el SPM no invierte recursos en ello. A consecuencia de lo cual se ha comprobado que varios de los sistemas no están actualmente operativos debido al mal estado de las antenas, al robo de los paneles fotovoltaicos o a que el transceptor se halla dañado. En cualquier caso una de las líneas del programa de ISF-ApD se dedica a mejorar la gestión y los recursos de la entidad responsable del mantenimiento.

Disponibilidad

Mercado local

No existe disponibilidad de Radios CODAN en la ciudad de Pemba, aunque varias empresas locales podrían comercializarlas previo encargo y con la correspondiente demora, por lo que también sería oportuno que el SPM dispusiera de un stock mínimo de estos terminales para no dejar sin comunicación durante periodos de tiempo prolongados a ninguno de los usuarios.

Mercado accesible y gastos de transporte

En el mercado accesible es la empresa Telescan Lda., con sede en Maputo la distribuidora oficial en Mozambique del fabricante de las radios, por lo que en teoría podría suministrar en menos de una semana los equipos necesarios para una reparación/sustitución o los TNC para la transmisión de datos anteriormente mencionados. Sin embargo, la experiencia habida con esta empresa demuestra la poca seriedad tanto de sus empleados como del propio director, demorando por varios meses la realización un simple presupuesto y siempre cubriendo sus promesas de excusas. Es de esperar que una institución como el SPM que dispone de muchos menos recursos para dedicar al aprovisionamiento, desista antes de conseguir los equipos pretendidos.

4.3.2.2.- Criterios de sostenibilidad

El contenido de este apartados se basa en mayor medida en las observaciones realizadas sobre el terreno aproximadamente tres años tras la implementación del sistema descrito, que en supuestos parámetros teóricos de la tecnología.

Aspectos económicos:

El sistema sigue funcionando varios años después de su puesta en marcha, lo que demuestra la solvencia de la DPS al menos en el pago de las licencias de operación, lo que hace suponer que es económicamente viable operar una red de estas características (u otra con costes de operación similares).

Sin embargo, tal y como ya se ha mencionado, la falta de inversión, recursos y formación en el mantenimiento de la infraestructura y equipos de comunicación lleva a que poco tiempo después de su puesta en funcionamiento, muchas de las estaciones no se encuentren operativas, siendo el tiempo medio de reparación (valoración hecha por los propios usuarios) de aproximadamente un mes. Esto, que no constituye por si mismo un factor económico, demuestra sin embargo la falta de medios de la institución responsable para gestionar una red de comunicaciones de estas dimensiones.

Aspectos tecnológicos:

Robustez

HF constituye probablemente la tecnología más robusta de cuantas se estudian aquí, siendo históricamente sus aplicaciones militares o de exploración en condiciones extremas. Los equipos tienen un rango de temperatura de -30 a 60 °C y soportan una humedad relativa de hasta el 95%. Su vida útil es muy superior a la de los sistemas que incluyen microprocesadores y mayor que la de las radios VHF. Además, el sistema actual incluye protección contra daños en la antena, sobrevoltaje y polaridad inversa.

Sin embargo, dadas las características de la propagación de la señal de radio, la calidad de los enlaces presenta una alta variabilidad en función de la hora, las condiciones climáticas y las incertidumbres ionosféricas, llegándose frecuentemente incluso a perder la comunicación por periodos de tiempo prolongados.

Complejidad

El nivel de los usuarios del actual sistema de comunicaciones de la DPS puede definirse como básico ya que no tienen que realizar ningún tipo de configuración (sólo marcar el código de la estación a la que desean llamar).

Asimismo el mantenimiento de la red puede realizarse también por técnicos con formación clasificada básica (conocimientos de electricidad), de hecho, hasta la fecha el mantenimiento en los distritos lo viene realizando el Señor Jeremías (Técnico electricista), encargado de la Unidad de Mantenimiento de Montepuez, Ancuabe, Balama y Namuno.

Asistencia técnica

El SPM viene realizando el mantenimiento de los equipos anteriormente descritos desde su instalación. Los problemas de comunicación, la falta de recursos y la falta de personal han contribuido a las actuales carencias en cuanto a mantenimiento correctivo (en particular retrasos de hasta un mes para diagnosticar una avería, que frecuentemente es muy sencilla de reparar) y la escasa formación de los usuarios no ayuda a realizar un mantenimiento preventivo adecuado.

Mercado local de repuestos y servicios

El mercado local en lo competente a radio es prácticamente nulo, y aunque pueden hallarse en algunas tiendas componentes básicos para realizar algunas reparaciones como: componentes eléctricos, cable coaxial, algunos conectores,... no existen ni técnicos especializados ni empresas distribuidoras de equipamiento dedicado.

Aspectos socioculturales

La aceptación de los usuarios en los CSR ha sido buena, han recibido formación para el uso de las radios y muchos de ellos las utilizan con regularidad cuando funcionan. Sin embargo muchos de los usuarios se han mostrado críticos con la calidad de las comunicaciones. En un entorno cultural marcado por la irrupción de la telefonía móvil en muchas zonas rurales, la percepción de que existen tecnologías mejores disponibles para comunicarse hace que en muchos casos la radio quede minusvalorada, también entre los propios responsables del SIS, ya conocedores de las herramientas informáticas.

Este y otros muchos aspectos como la falta de mantenimiento y los retrasos en las reparaciones salieron a la luz durante el Seminario de Diagnóstico Rápido Participativo (DRP) realizado en Montepuez. Los usuarios de los CSR se quejaron también de que en numerosas ocasiones cuando han intentado comunicar alguna emergencia por radio, nadie había respondido o la persona que había contestado no había transmitido la información a su destinatario. La propuesta lanzada a raíz de esta crítica, fue la necesidad de contratar una persona responsable en la DPS y en las SDSMAS para atender las comunicaciones por

radio. Sin embargo, la idiosincrasia y los recursos de la DPS no permiten valorar por el momento esta posibilidad.

Aspectos políticos y legales

El sistema opera dentro del marco legal, atendiendo al reglamento en materia de radiocomunicaciones vigente en Mozambique. Dado que nada hace pensar que esta legislación vaya a cambiar esencialmente en los próximos años, la sostenibilidad está garantizada en este aspecto. En el mejor de los casos un cambio en las políticas de inversiones del MISAU, la DPS y los organismos internacionales, sólomente podrían revertir en una mejora del sistema.

3.4.3.5.- Análisis DAFO

DEBILIDADES

- Limitaciones técnicas por la baja velocidad de transmisión, lo que no permite implementar servicios de comunicación de datos con garantías de calidad.
- Enlaces de mala calidad con mucha variabilidad en función de factores climáticos. Funciona o no dependiendo de la hora del día, según el canal, y con protocolos y modulaciones especiales.
- Muy sensible a errores por los desvanecimientos ocasionados por las incertidumbres de la propagación ionosférica.
- Consumo de energía ligeramente mayor que VHF y mucho mayor que WiFi

AMENAZAS

- Obsolescencia.

FORTALEZAS

- Pueden obtenerse enlaces a distancias de miles de Km. La distancia no es limitante
- Se pueden alcanzar lugares con ubicaciones complicadas y perfiles muy obstruidos sin necesidad de repetidores
- Es una solución viable para cualquier situación, no requiere de estudios concretos de propagación.

OPORTUNIDADES

- Sistema actualmente instalado y en funcionamiento, conocido por usuarios y técnicos del SPM. Sería mucho más sencillo optimizar su uso que introducir una nueva tecnología.
- Se pueden introducir mejoras al sistema actual como la posibilidad de transmisión de fax y datos con dispositivos comercializados en Mozambique y compatibles con los transceptores de radio actuales.

3.4.4.- Radio VHF

3.4.4.1.- Introducción

Los sistemas de radiocomunicación por propagación troposférica en la banda de VHF (Very High Frequency) entre los 30 y los 300 MHz permiten establecer enlaces de largas distancias (en torno a los 70 km) para crear redes privadas de comunicación de voz. Este tipo de tecnología ha sido utilizada desde hace décadas para aplicaciones tan variadas como radiodifusión FM, televisión comercial, comunicaciones entre radioaficionados, control de tráfico aéreo, estaciones de policía, bomberos y ambulancias, comunicaciones para navegación y señales de satélites meteorológicos. Actualmente su uso es más limitado y muchas de las redes basadas en Muy Alta Frecuencia están siendo gradualmente sustituidas por otras tecnologías inalámbricas digitales de comunicación de datos y acceso a Internet de banda ancha como Wi-Fi/WiMAX, VSAT, MMDS,... etc. Sin embargo, sus características en cuanto a costes/funcionalidad, hacen de esta tecnología una de las más apropiadas para el contexto de la intervención que en este estudio se plantea.

Las redes VHF son considerablemente conocidas en entornos rurales ya que permiten comunicación de datos a largas distancias con los únicos costes de funcionamiento que se derivan de los consumos eléctricos y del mantenimiento de la propia red. Los enlaces son bastante robustos en cuanto a condiciones climáticas, estables las 24 horas del día y, aunque se recomienda la Línea Vista entre dos nodos, la tolerancia a obstáculos como vegetación poco densa e invasiones de la LOS y de la primera zona de Fresnel por parte de elevaciones no muy profundas del terreno, es bastante grande.

Las principales limitaciones de estos enlaces son la potencia de radiación y la altura a la que se sitúen las antenas, que tienen que compensar la curvatura de la tierra y proporcionar la mejor visibilidad posible entre las estaciones, sin embargo, siempre es posible instalar repetidores en zonas elevadas del terreno para hacer llegar la señal a una o varias estaciones de una zona de difícil acceso.

A pesar de que esta banda y la tecnología asociada a ella han sido históricamente utilizadas sólo para transmisión de voz, es posible utilizar tecnología VHF para la transmisión de datos a baja velocidad mediante herramientas software y modems específicos (*TNC, Terminal Node Controller*). Muchos radioaficionados han investigado esta área e incluso han salido varias soluciones comerciales en esta sentido. El protocolo de nivel de

enlace AX.25 (Amateur X.25) es uno de los resultados de esta actividad, ampliamente utilizado para crear redes de datos sobre VHF/HF ya que puede dar soporte a protocolos de red como TCP/IP para proporcionar mediante técnicas de compresión servicios como correo electrónico, mensajería y navegación (restringida) con tasas de transferencia de hasta 9.600 bps.

Las características de transmisión half-duplex de las radios VHF, hacen imposible la comunicación simultánea de voz y datos, por lo que si se desean transmitir tramas de datos a nivel de enlace, es preciso interrumpir las comunicaciones por voz. Este inconveniente, unido a la baja calidad de las comunicaciones de datos y a la necesidad de implementar repetidores diferentes para voz y para datos son la causa de que este tipo de sistemas no sean muy utilizados para implementar redes de datos salvo en casos en los que otras alternativas no sean viables y las necesidades de comunicación no lleven asociada la transmisión de grandes cargas de datos.

3.4.4.2.- Arquitectura

Dadas las características de alcance y uso de frecuencias licenciadas de los sistemas de radio VHF, lo más habitual es que las estaciones se agrupen en pequeñas redes locales en las que pueden establecer comunicaciones de voz half-duplex y full-duplex (aunque para esto último se precisan equipos algo más caros) compartiendo un mismo canal. Es decir, todas las radios funcionando dentro de una misma red utilizan la misma frecuencia de forma que cada estación puede comunicarse directamente con todas las demás.

Debido a sus particularidades, es conveniente realizar la descripción de los dos subsistemas de comunicación (voz y datos) por separado, que aunque complementarios, pueden considerarse independientes y realizar la implementación de uno u otro o de ambos conjuntamente en función de las necesidades.

Subsistema de transmisión de voz

Las comunicaciones por voz es el servicio al que originalmente estaban destinadas las redes operando en la banda VHF, por lo que su instalación y configuración es más que sencilla. Cuando la estación emisora y la receptora se encuentran directamente enlazadas utilizan el mismo canal para transmisión y recepción de las señales de radio. Para

implementar una estación de VHF que pueda realizar comunicaciones de voz sólo son necesarios los siguientes equipos e infraestructuras:

- Transceptor de radio.
- Sistema de alimentación eléctrica.
- Cable.
- Antena Yagi.
- Torre o mástil.

En ocasiones en que la distancia entre ambas estaciones imposibilita establecer la comunicación directa se pueden implementar repetidores de voz entre ambas. Un repetidor de voz sólo efectúa una transmisión analógica entre dos canales de radio, por lo que no precisa realizar ningún tipo de procesado de la señal. Esta estación estará compuesta por dos radios iguales a las de las estaciones cliente pero funcionando en canales de frecuencia diferente, conectadas entre sí mediante un cable RIC (*Radio Interface Controller*) y un duplexor en caso de querer utilizar la misma antena para ambas radios. Dadas las características e estos repetidores, pueden ser instalados en puntos de la red que coincidan con la localización de una estación cliente, de forma que esta pueda utilizar esas mismas radios y se reduzca el número de equipos de la red al tiempo que se simplifica el mantenimiento de los existentes.

Subsistema de transmisión de datos

En el caso de querer proporcionar también comunicaciones de datos a la red es preciso contar también con un interfaz de comunicaciones entre el transceptor de radio y el terminal de datos, para este fin existen equipos específicos como los módem TNC (*Terminal Data Controller*) aunque sus funciones también pueden ser realizadas mediante un computador embebido que disponga de un *soundmodem*, tarjeta de red y tarjeta controladora de radio. Este sistema se describirá más adelante, cuando se especifiquen las características de los equipos de una estación pasarela que proporcione conectividad a la red VHF con otras redes de datos (LAN conmutadas, Internet) o voz (Red Telefónica).

La transmisión de datos se realiza por medio de canales con un ancho de banda estándar de 12,5 kHz sobre los que las tramas de datos son moduladas por medio del

soundmodem o del TNC utilizando modulación FSK o alguna variante de esta modulación digital en frecuencia (AFSK o FSK-G3RUH) y se incorporan diferentes tipos de compresión. Gracias a esto se alcanzan las velocidades de señalización típicas de 9.600 bps, lo que permite utilizar correo electrónico y otras aplicaciones con una calidad aceptable.

Dadas las diferentes características de uno y otro subsistema, las señales de datos moduladas requieren de estaciones específicas que realicen la retransmisión para enlazar dos nodos distantes. Estos repetidores de datos, funcionan en realidad como auténticos servidores de datos, gestionando el tráfico entre usuarios remotos: almacenan y retransmiten la señal después de su procesado y reconstrucción, y deben soportar protocolos de transmisión de datos y en ocasiones enrutamiento. Se realizan estas funciones por medio de una computadora y dos módem TNC o una computadora embebida igual a la mencionada para las estaciones cliente, que debe tener la capacidad de procesado, control y almacenamiento suficientes para gestionar todo el tráfico entre las dos radios a las que está conectada. Existen, como se mencionará más adelante, equipos específicos utilizados en Mozambique para la implementación de repetidores de datos.

Aunque en teoría es posible utilizar una misma radio y antena del subsistema de comunicaciones de voz para retransmitir las señales de datos, esto no se recomienda por la imposibilidad de realizar ambas comunicaciones simultáneamente, por lo que en los casos en los que coincidan ambos repetidores en una misma localización geográfica, cada subsistema estará compuesto por radios y antenas diferenciadas para garantizar su disponibilidad con el fin de que no se pierda información.

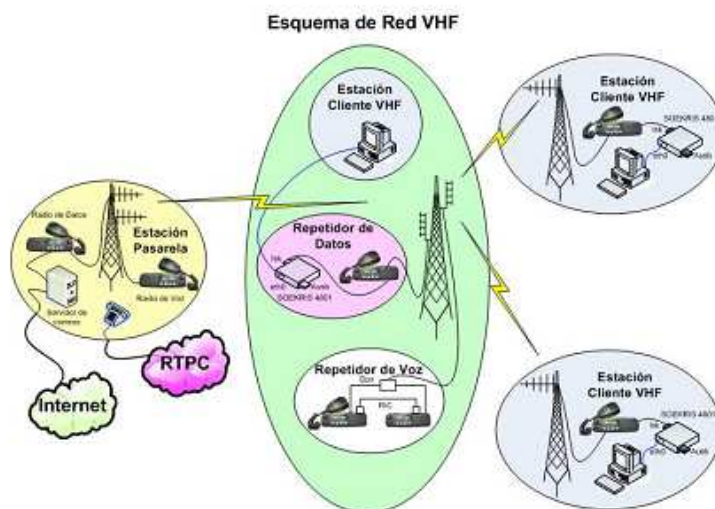


Figura 3.4- Esquema de una red de voz y datos VHF

3.4.4.3.- Requisitos

Tecnología inalámbrica

Los sistemas de radiocomunicaciones VHF son utilizados para la transmisión de ondas radioeléctricas de Muy Alta Frecuencia por propagación en la troposfera entre los 30 y los 300 MHz, por lo que la necesidad de infraestructuras se verá reducida a la necesaria para las estaciones finales y repetidores del sistema.

Grado de madurez de la tecnología

La tecnología VHF ha sido ampliamente probada y utilizada desde hace décadas para crear redes privadas de comunicación de voz y existen numerosas soluciones comerciales en este sentido, la mayoría de las cuales son propietarias, es decir, no se basan en estándares abiertos como en el caso de Wi-Fi.

Las tecnologías inalámbricas de nueva generación que permiten crear redes distribución de señales de radio (MMDS) y comunicaciones de datos a grandes distancias (WiMAX), así como el acceso a Internet de banda ancha (VSAT), están desplazando a esta tecnología en los últimos años, pero no sería acertado afirmar que haya comenzado su periodo de obsolescencia mientras existan aplicaciones específicas para las que VHF sigue siendo la tecnología más indicada, sobre todo por cuanto permite enlaces a distancias superiores (70 km) sin costes de operación (como VSAT).

Tecnologías apropiadas

Las radios VHF son sobradamente conocidas y empleadas para comunicaciones de voz en entornos rurales, y en particular en países en desarrollo donde la inexistencia de infraestructuras de red cableadas lleva a buscar soluciones basadas en tecnologías de radio. Entre los inconvenientes hay que resaltar el mayor impacto por la instalación de infraestructuras (torres, antenas) en zonas rurales aisladas, aunque por otra parte el número de repetidores necesario va a ser inferior al caso de la tecnología Wi-Fi por la mayor distancia que permiten estos enlaces.

Sin embargo, el bajo coste de las infraestructuras y su mantenimiento, la facilidad de instalación y de utilización de los sistemas, en particular por parte de usuarios finales que ya conocen los sistemas de radio HF, como es el caso de la gran mayoría de empleados en las Unidades de Salud rurales de Cabo Delgado, hacen de esta tecnología una de las más apropiadas para ser considerada en este estudio.

Además, los costes de operación son nulos (no existe necesidad de contratar el servicio con una operadora) y los costes de funcionamiento se reducen al consumo eléctrico, el mantenimiento y el pago anual por licencias. Este último es determinante a la hora de calificar como apropiada esta tecnología, ya que el nivel técnico de los futuros responsables de mantener la red no es necesariamente elevado.

Comunicaciones de voz y datos

Como ya se ha expuesto visto en el apartado anterior, aunque las radios VHF fueron diseñadas en un principio únicamente para comunicaciones de voz, posteriores avances en modulación y procesado de la señal, así como equipos específicos o la posibilidad de diseñar soluciones basadas en computadoras embebidas, permiten la transmisión de datos con IP sobre el protocolo de nivel de enlace AX.25 a velocidades de 9.600 bps.

Lamentablemente no existe la posibilidad de realizar estas comunicaciones simultáneamente, por lo que este requisito no se cumple al cien por cien. De todas formas, y en base a una estimación del uso que se le daría a la futura red de comunicaciones (donde las comunicaciones de datos no suponen una carga muy elevada), esto no debe ser un inconveniente a la hora de considerar esta tecnología.

Cumplimiento de la legislación

La gran mayoría de los aspectos que conciernen a los sistemas de comunicaciones VHF están regidos por la reglamentación correspondiente en materia de radiocomunicaciones, de este modo, los siguientes Decretos definen la regulación correspondiente al licenciamiento y tasas de comunicación radioeléctricas, licenciamiento de estaciones y redes de radiocomunicación y usos del espectro radioeléctrico.

- Decreto n.º 63/2004, del 29 de Diciembre (Reglamento de Tasas radioeléctricas)

- Decreto n.º 33/2001, del 6 de Noviembre (Reglamento de Licencia y Registro) modificada después por el Decreto n.º 44/2004, del 29 de Septiembre.
- Decreto n.º 23/93, del 05 de Octubre (Reglamento Básico de Utilización de las Radiocomunicaciones)
- Diploma Ministerial n.º 115/94, de 8 de Septiembre (Reglamento de Autorización y Licencia de Estaciones y Redes de Radiocomunicaciones)

A la hora de plantear el diseño e implementación de una red basada en VHF deberá tenerse en cuenta el coste de las licencias de radiocomunicación para operar en esta banda de frecuencias y cumplir el resto de requisitos y procedimientos establecidos en los reglamentos arriba mencionados. Entre estos requisitos, quizás uno de los más importantes a tener en cuenta en el proceso de diseño sea la limitación de transmitir menos de 25 W de potencia según la legislación arriba citada.

3.4.4.4.- Análisis por variables

Características técnicas

En este apartado se estudian los distintos aspectos técnicos de la tecnología VHF, prestando especial atención a los diferentes servicios y aplicaciones a los que puede dar soporte y a las posibilidades de interconexión con otras redes, detallando los equipos y configuraciones necesarias para cada uno de los casos.

Capacidad

El sistema puede, en principio, dar servicio de voz a tantos usuarios como estén dentro del alcance de los radios, dado que todos ellos se comunicarán a una misma frecuencia por pertenecer a la misma red y utilizar un medio compartido, con el único inconveniente de que a mayor número de usuarios menor disponibilidad del medio. También es posible utilizar varios canales, uno para establecer la comunicación y otros disponibles para la comunicación entre las estaciones que quieren comunicarse.

Tasa de transmisión

Típicamente 9.600 bps, clasificada como baja, permite comunicaciones por correo electrónico sin imágenes, mensajería y navegación restringida por Internet gracias a técnicas de compresión.

Banda de frecuencia

Banda de 30 a 300 MHz, tiene un alcance aproximado de 70 km y puede atravesar vegetación y otros obstáculos poco densos. Son bandas con licencia, hay que solicitar el número de canales que se pretende utilizar y el organismo autorizado (INCM) autoriza las frecuencias solicitadas que estén disponibles.

Seguridad

No existen mecanismos de seguridad para voz, ya que al tratarse de medio compartido cualquier radio dentro del alcance y sintonizando la misma frecuencia puede escuchar la conversación. Los radios pueden configurarse para llamar unos a otros (para después pasar a otro canal previamente acordado) por lo que todos permanecen a espera en el mismo canal. Puede hablarse por este canal o llamar a uno concretamente (mediante un código de tonos).

Para la transmisión de datos a vía IP sobre AX.25 pueden implementarse todos los mecanismos de seguridad que permiten estas tecnologías.

Posibilidades de interconexión

En principio las posibilidades de dotar de conectividad a redes basadas en VHF son las mismas que en el caso de HF, sin embargo, en esta ocasión la calidad de las comunicaciones es bastante superior, por lo que merece la pena estudiar estas posibilidades.

Conectividad con redes de datos a nivel IP sobre el protocolo de nivel de enlace AX.25.

Para proporcionar conectividad a la red VHF con redes LAN Ethernet, WLAN o con la propia Internet, es necesaria una interfaz de comunicaciones entre la red de datos VHF funcionando con el protocolo de nivel MAC AX.25 y la red basada en 802 (Ethernet, WLAN,...). Este dispositivo se construye a partir de una computadora embebida que debe tener al menos los siguientes componentes:

- Tarjeta controladora de radio.
- Tarjeta de red NIC.
- Tarjeta de sonido USB.

Las características hardware y software de esta computadora se detallan en la sección dedicada a los equipos. Estas funciones también pueden ser realizadas por una computadora provista de un módem TNC y la tarjeta de red correspondiente (Wi-Fi o Ethernet)

Conectividad con la Red Telefónica Pública Conmutada.

Los sistemas para interconectar redes VHF con la PSTN son análogos al caso de HF, es decir, cabe la opción (más cara) de implementar un Phonepatch hardware o configurar una estación pasarela a partir de equipos más económicos y accesibles como un servidor software asterisk-phonepatch configurado en una computadora embebida con un ATA y un soundmodem.

Posibilidad de gestión remota

Muchas de las radios VHF incorporan la posibilidad de configuración de terminales remotos a través del envío de paquetes de configuración. Se estudiarán las posibilidades que ofrecen los distintos equipos en el Capítulo dedicado a la disponibilidad de los mismos en el mercado mozambicano.

Infraestructuras

Como ya se ha mencionado al comienzo de este capítulo, existen cuatro tipos de estaciones VHF dependiendo de sus funcionalidades y de los equipos que los componen. Estas estaciones son las siguientes:

- **Estación cliente:** Es el punto desde el cual los usuarios finales del sistema acceden a las comunicaciones de voz y datos de la red VHF. Está compuesta por los transceptores de radio VHF y los equipos para comunicación de datos pertinentes, todo ello acompañado por el sistema de alimentación de energía fotovoltaica y las antenas adecuadas.

- **Repetidor de voz:** Son las estaciones que componen la red de transporte o troncal del sistema de comunicaciones. Un repetidor de voz está compuesto por dos radios iguales a las de las estaciones cliente pero funcionando en canales de frecuencia diferente, conectadas entre sí mediante un cable RIC (*Radio Interface Controller*) y un duplexor en caso de querer utilizar la misma antena para ambas radios. Este tipo de estaciones puede coincidir en la misma localización que una estación cliente, por lo que los usuarios de ésta utilizarán las radios del repetidor.
- **Repetidor de datos:** Debido a las características de la transmisión de datos sobre redes de radio, los repetidores de datos VHF deben implementarse por separado, aunque pueden ubicarse físicamente en el mismo lugar, de forma que se optimicen las instalaciones de SFV y las infraestructuras (torres construcciones, vallado), y se facilite la seguridad y el mantenimiento de los equipos. La estación repetidora de datos puede ser implementada también mediante radios de dos vías que soporten la transmisión de datos, aunque se han identificado dispositivos específicos de Motorola (GM Databox) disponibles en Mozambique y que presumiblemente cumplen mejor que otras la función de regenerar y retransmitir la señal de radio codificada digitalmente. Las frecuencias de transmisión y recepción serán diferentes entre si y también de las de los canales de voz, por lo que un repetidor de voz y datos requerirá de al menos cuatro bandas de frecuencia diferentes.
- **Estación pasarela:** Es la estación desde la cual la red VHF de voz y datos se interconecta a otras redes de datos (Ethernet, Internet,...) o de voz (PSTN). Habitualmente se implementa una sola de estas estaciones ubicada en el nodo central de la red, facilitando la gestión y el mantenimiento de la misma. Los equipos que la forman, ya se han mencionado (computadoras embebidas, *routers*, *phonepatch* hardware o software, *Analog Telephone Adapters*, etc) dependen de la topología de la red y de las redes a las que se interconecte, pero habitualmente se implementan también en esta estación los servidores (correo, web, proxy,...) que proporcionan servicios al resto de nodos, así como los cortafuegos y herramientas de gestión y seguridad para el resto de la red.

Equipos y terminales

A continuación se resumen a modo de ejemplo los equipos de los cuatro distintos tipos de estaciones descritas, dando datos concretos de fabricantes y modelos a partir del ejemplo de una red VHF desplegada por la Fundación EHAS. Evidentemente existen otras opciones que se comentarán más adelante. Una vez acometida la fase de estudio de mercado será posible conocer los equipos concretos disponibles en Mozambique, los que a continuación se enumeran constan únicamente a modo de ejemplo de un sistema efectivamente implementado.

Estaciones cliente:

- **Transceptor de radio** (Motorola pro3100, 4 canales),
- **Cables** (coaxial marca Belden, Andrews y Times Microwave) **y conectores** (Latiguillo Tipo N-Mini to U.fl macho), **Protector de línea, Antena** directiva (antennex Y1365 modificada), **sujecciones y vulcanizaciones.**
- **Interfaz para datos: computadora embebida** (Soekris 4801), **tarjeta de control de radio, tarjeta de sonido y conectores.**

Estaciones pasarela:

- **Servidor** (mini-ITX EPIA VIA M10000 o Pentium 3)
- **Transceptor radio: voz** (Motorola Pro5100 de 64 canales) **y datos** (Motorola Pro3100).
- **Antenas para voz y datos**
- **ATA** (Linksys Sipura SPA3102)
- **Interfaz para la conexión de voz** (Tarjeta phonepatch)
- **Interfaz para la conexión de datos** (más sencilla que en la estación cliente: tarjeta de sonido y tarjeta de control de radio).

Repetidores de voz:

- **2 radios como las de la estación cliente** (a una frecuencia al menos 5 MHz diferente, con una sola antena omnidireccional Decibel DB224-E y un solo coaxial)
- **RIC** (Radio Interfaz Controller)
- **Duplexor** (Sinclair MR256-DM).

Repetidores de datos:

- **Computadora embebida con una tarjeta de sonido USB y una pequeña interfaz conectada al puerto GPIO**
- **Antena omnidireccional** o 2 antenas direccionales.
- **2 antenas directivas**

Esta descripción de los equipos no debe tomarse más que como ejemplo de una posibilidad entre muchas. A la hora de acometer el diseño de una red de voz y datos VHF destinada a implementarse en Cabo Delgado, se debe realizar el trabajo previo de investigar cuales son los fabricantes, marcas y modelos disponibles en la región, así como las características técnicas específicas de estos equipos. Para el caso de Mozambique, como se verá más adelante, se trabajará preferentemente con equipos de la gama Motorola GM3xx

Criterios de Mercado

Se pretende en esta categoría de variables realizar una aproximación a las implicaciones económicas de implementar una red de voz y datos basada en radio VHF. Por lo tanto, no se entrará en detalles ni se cuantificarán los costes, más que para dar una idea orientativa de los costes derivados de esta tecnología en relación a otras. Más adelante, tras el capítulo dedicado a los diseños de redes y una vez seleccionados los equipos, se detallan con precisión los costes de todos y cada uno de los equipos necesarios para implementar una red VHF en Cabo Delgado.

Costes

Costes de implementación

Los precios de mercado de los transeceptores de radio VHF son sensiblemente más elevados que los de otras tecnologías, incluso en el caso de las radios de dos vías más elementales. Cada terminal puede costar por lo menos 500 USD (aprox.), es decir, casi diez veces más que un enrutador Wi-Fi. Pero sería un error pensar que por ello los costes de implementación de esta tecnología serían superiores.

De hecho, en la dimensión puramente económica, las redes de radio VHF resultan mucho más interesantes que las redes Wi-Fi, ya que al reducir considerablemente el número de estaciones repetidoras necesarias para implementar la red, se reduce también el número de equipos, y sobre todo, el número y altura de las torres de comunicaciones a instalar. Teniendo en cuenta que la mayor parte de los costes de implementación se destina a la compra, transporte e instalación de las torres, VHF es sin duda una opción mucho más económica a pesar del precio de los equipos.

Costes de operación

Operar en la banda VHF implica el pago anual de licencias por el uso del espectro radioeléctrico. Las tasas se obtienen a partir del cálculo de una serie de variables (número de estaciones, número de canales, ancho de banda, tipo de servicio,... etc.) publicados en el Reglamento de Tasas radioeléctricas (Decreto n.º 63/2004), y se presuponen equiparables a las abonadas en la actualidad por la DPS en razón al uso del sistema de Radio HF en funcionamiento. Afrontar estos costes de operación puede suponer un factor limitante de la sostenibilidad del proyecto, ya que se subordina el éxito del mismo a la capacidad de planificación y gestión de los recursos por parte de la DPS.

Consumo de energía

El consumo eléctrico de las radios VHF, y en particular de las radios de dos vías más elementales, es inferior a lo visto para radios HF, ya que depende básicamente de su potencia de transmisión. Teniendo en cuenta que el límite legal de potencia transmitida en la banda de VHF en Mozambique es de 25 W, el consumo eléctrico de todo el sistema será intermedio entre lo visto para Wi-Fi y el consumo del actual sistema HF.

Costes de mantenimiento

Los costes de mantener una red de comunicaciones vía radio VHF no difieren mucho de los derivados del actual sistema de comunicaciones por radio HF, dadas las similares características de los equipos, su robustez y su resistencia a las condiciones climáticas. Por lo tanto, sería prudente realizar formaciones tanto en mantenimiento preventivo (a usuarios del SIS) como correctivo (a técnicos del SPM), pero en este caso no sería necesario contratar técnicos especializados con conocimientos de informática o electrónica.

Disponibilidad

Mercado local

Al igual que sucede con la distribución de radios CODAN en Mozambique, los equipos de radio VHF sólo se pueden adquirir directamente al distribuidor en Maputo, aunque varias de las empresas presentes en Pemba pueden hacer la labor de intermediarias, con lo que los equipos se encarecen y los retrasos son inevitables, pero se garantiza la llegada de los mismos.

Mercado accesible y gastos de transporte

En Maputo existen al menos dos distribuidores autorizados de Motorola (SPAC Lda. y TVSD Lda.) y varios más de otros fabricantes, se trata de empresas serias y solventes en relación a la media nacional, y se pueden obtener los equipos en Pemba en una o dos semanas con un sobre coste razonable.

Sin embargo, los equipos de transmisión de datos para radio VHF que (a pesar de ello) pueden considerarse apropiados, no se encuentran disponibles en los mercados mozambicano ni sudafricano, y resulta necesario por el momento adquirirlos en España o fabricarlos, por lo que la sostenibilidad de una red de datos VHF se ve en hipotecada por de esta contingencia.

Criterios de sostenibilidad

Ya se han mencionado algunos inconvenientes que condicionan la sostenibilidad de esta solución tecnológica, se desarrollan un poco más a continuación con el fin de decidir si

se trata de factores de riesgo asumibles o comprometen irremediablemente la viabilidad de la opción VHF.

Aspectos económicos:

Uno de los factores de riesgo ya mencionados es la necesidad que la DPS asuma el coste anual de las tasas de licenciamiento para el sistema VHF, comprometiendo recursos y planificando el desembolso de los mismos de forma que anualmente puedan renovarse las licencias. Dadas las características de la contraparte, es difícil asegurar que así lo hará en el futuro, pero el hecho es que hasta la fecha se ha hecho cargo con responsabilidad del coste equivalente de las licencias de operación del actual sistema de radio.

Es en gran medida responsabilidad de ISF-ApD, incidir en la sensibilización de la DPS en apreciar la importancia de asumir este coste anual, y también de invertir más esfuerzo y recursos en gestionar un Servicio Provincial de Mantenimiento eficaz y solvente, para lo cual además de medios hay que proporcionarle formación adecuada. Sin duda, en la medida en que la institución perciba las ventajas del nuevo sistema de comunicaciones y compruebe el ahorro que supone, por ejemplo, en combustible para el desplazamiento del personal, será mucho más fácil realizar esta labor de sensibilización.

Aspectos tecnológicos:

Robustez

Las radios de dos vías para VHF son dispositivos electrónicamente muy sencillos, y con tiempo medio entre fallos mucho mayor que la de, por ejemplo, los terminales informáticos, que presentan mayores complicaciones por problemas del software o la configuración del mismo. Resisten un amplio rango de temperatura y humedad relativa muy elevada, por lo que puede estimarse su vida útil en cinco años, habida cuenta de una utilización con frecuencia inadecuada y un mantenimiento preventivo escaso.

Complejidad

El nivel de complejidad de las comunicaciones de voz por VHF, como el del actual sistema, puede considerarse básico, con lo que la formación necesaria para el cambio

tecnológico sería muy elemental, al no suponer un cambio cualitativo, sino una simple mejora de las prestaciones con terminales de similares características.

Las comunicaciones de datos vía radio sin embargo, requieren de terminales informáticos, con lo que la complejidad del sistema (media/alta) puede quedar por encima de las capacidades de los usuarios en los CSR, y en consecuencia su uso y aprovechamiento dependerá del esfuerzo y los recursos que se inviertan en formar a los usuarios y también de la naturaleza de los propios terminales. Como medida preventiva se recomienda investigar terminales informáticos adaptados con fines educativos como pueden ser los XO de OLPC.

Asistencia técnica

En cuanto al mantenimiento tanto del subsistema de voz como del de datos, también se complica al multiplicarse los repetidores antes inexistentes, requerirse el alineamiento de las antenas o introducirse equipos informáticos. Una solución basada en radio VHF obliga a aumentar el número de trabajadores del SPM y su formación, haciendo necesario un mayor número de Técnicos informáticos.

Mercado local de repuestos y servicios

Al igual que sucede con el caso de HF, el mercado local en lo competente a radio VHF es prácticamente inexistente, y aunque pueden hallarse componentes eléctricos, cable coaxial, algunos conectores, etc. en algunas tiendas, no existen ni técnicos especializados ni empresas distribuidoras de equipamiento dedicado. Por esta razón, las reparaciones que pueden hacerse con los recursos del mercado local son muy limitadas.

Aspectos socioculturales

Es previsible, vista la aceptación habida por parte de los usuarios finales de las radios HF, que introducir un nuevo sistema de similares características en el uso y en los interfaces, pero de mucha mejor calidad, sea del agrado de los trabajadores de los CSR.

Más complicada puede resultar la informatización de todos los segmentos del SIS. Por una parte esto provocaría un impacto positivo al facilitar el trabajo a los agentes de salud y enfermeras de los CSR, al tiempo que mejora la calidad de la gestión de los centros. Por el

contrario, también puede provocar un aumento de la sensación de aislamiento y exilio profesional al reducirse el número de visitas que el responsable de la SDSMAS debe realizar al centro. Sin embargo, el mayor riesgo de todos es que debido a una formación deficiente, mal planificada o mal coordinada, los usuarios se sientan frustrados con el nuevo sistema y decidan abandonarlo antes de haber aprendido a utilizarlo. Sin el entusiasmo de los usuarios finales no hay sostenibilidad.

Otros factores socioculturales que, a nivel de las comunidades, pueden comprometer la sostenibilidad del proyecto son, de una parte, la proliferación de torres de comunicaciones con el consecuente impacto visual, social, cultural; y por otra, la posibilidad de que un aumento de los recursos (equipos informáticos, paneles fotovoltaicos) en zonas aisladas, provoque un aumento de la criminalidad y se sucedan los robos del equipamiento, como ya ha sucedido con anterioridad.

Aspectos políticos y legales

A priori, el único factor de este ámbito que puede comprometer la sostenibilidad del proyecto a largo plazo, es que las políticas del MISAU en cuanto a adjudicación de plazas y rotación del personal, continúen en la misma línea o incluso empeoren.

3.4.4.5.- Análisis DAFO

DEBILIDADES

- Velocidades menores que para otras tecnologías como WiFi, menor ancho de banda y mayores tasas de error.
- Mayor consumo: Hasta 25W en transmisión, que es el máximo establecido por la legislación mozambicana, lo cual implica dimensionar SFVs mucho mayores que en el caso de Wi-Fi.
- Mayor costo, tanto de los transceptores de radio VHF como del SFV de mayor tamaño.

AMENAZAS

- El uso de la banda VHF requiere del pago de licencia. Esto compromete la sostenibilidad del sistema a la capacidad económica, de planificación y gestión de la DPS.

- Limitación de potencia. A pesar de que se homologan y comercializan equipos capaces de transmitir hasta 50 W de potencia, la legislación mozambicana limita la potencia máxima de emisión en las frecuencias de VHF a 25 W.

FORTALEZAS

- Permite establecer enlaces a largas distancias (típicamente hasta 70 km), pudiendo salvar pequeñas obstrucciones y vegetación densa, por lo que funciona en condiciones Near-LOS.
- Requiere, por lo tanto, de un menor número de repetidores en emplazamientos aislados, simplificando la red, su mantenimiento y su seguridad.
- Fácil reutilización de frecuencias.
- La calidad de los enlaces es similar todo el día, pues la propagación no se ve especialmente afectada por los cambios climatológicos.

OPORTUNIDADES

- Tecnología muy conocida en entornos rurales, y de muy similares características en cuanto al uso y mantenimiento a la que actualmente dispone la DPS, por lo que el cambio tecnológico sería más fácil de gestionar.

3.4.5.- GSM/GPRS

3.4.5.1.- Introducción

El sistema de comunicaciones móviles de segunda generación (GSM) es un estándar completamente definido de comunicaciones móviles que incorpora tecnología digital. GSM debe sus siglas al Grupo de trabajo "Groupe Special Mobile", surgido a raíz de la Conferencia de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT) europeas. Esta conferencia tuvo lugar en 1982, con el fin de desarrollar un estándar europeo de comunicaciones móviles digitales que sustituyera a la primera generación telefonía móvil analógica (TACS, Total Access Communications System) solventando uno de los principales problemas que asociados a ésta: la primera generación de telefonía móvil se había desarrollado de forma descoordinada y no se podía disponer de un mismo terminal al pasar de un país al otro. Se pretendió con esta iniciativa, establecer un estándar europeo de comunicaciones móviles que permitiera crear un mercado propio suficientemente extenso para promover una industria europea de sistemas móviles competitiva a nivel mundial.

Hoy en día es el estándar de comunicaciones móviles más extendido en el mundo, con un 82% de los terminales mundiales en uso. GSM ha superado con creces su proyección europea y hoy cuenta con más de 3.000 millones de usuarios en 212 países distintos, siendo el estándar predominante en Europa, América del Sur, Asia y Oceanía, y con gran extensión en América del Norte.

Con el paso de los años nuevas funcionalidades se han ido añadiendo al estándar y mejorado sus prestaciones, lo que permite hablar de la generación 2,5G de telefonía móvil. Es el caso de GPRS (y posteriormente EGPRS/EDGE), tecnología para la transmisión digital de paquetes no conmutados a través de la red GSM, que ha permitido extender las aplicaciones de los terminales móviles al ámbito de las redes digitales de datos con herramientas como Wireless Application Protocol (WAP), servicio de mensajería instantánea y aplicaciones P2P a través de protocolo IP, transmisión de mensajes cortos (SMS) y mensajes multimedia (MMS), acceso a Internet y correo electrónico entre otros.

La tecnología que permitió la segunda generación de telefonía móvil ha sido ampliamente superada y se puede hablar de la tercera y cuarta generación telefonía móvil.

UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), basado en W-CDMA es promovida por el consorcio 3GPP (3rd Generation Partnership Project), el mismo que ha definido en sus releases 5 y 6 las posteriores HSDPA y HSUPA, potenciando las capacidades que ofrece WCDMA y se conocen conjuntamente como HSPA (High Speed Packet Access) con voz de alta calidad y transmisión de datos de banda ancha (de 1.8Mbps a 14.4 Mbps). Las tres grandes características de esta tercera generación son las capacidades multimedia, acceso a Internet de banda ancha, (que permite transmitir audio y video en tiempo real); y una transmisión de voz con calidad equiparable a la de las redes fijas. La evolución de las tecnologías de comunicaciones móviles pasa por sistemas totalmente basados en IP permitiendo una mayor convergencia de tecnologías como LTE, WiFi o WiMax.

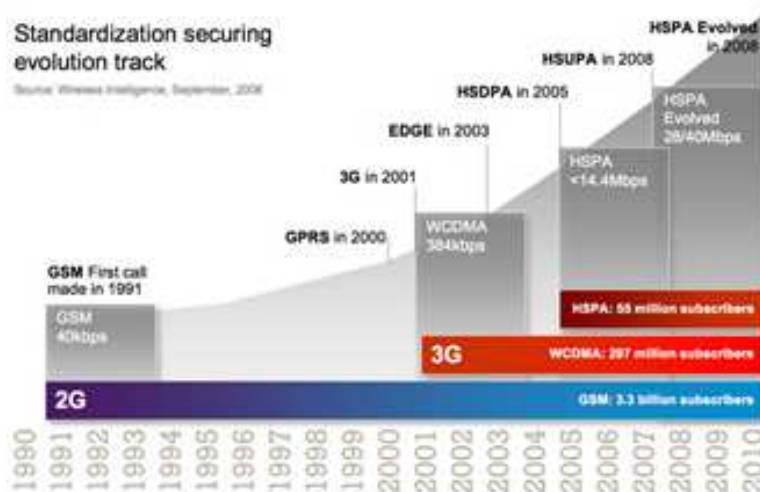


Figura 3.5.- Evolución de la familia GSM

3.4.5.2.- Características

Arquitectura

La red celular se basa en el Acceso Múltiple por División Espacial (SDMA), de forma que cada Estación Base (BTS) proporciona cobertura en un área geográfica o celda a un número de usuarios limitado por el ancho de banda. Esta estrategia de asignación de recursos permite un uso eficiente del espectro radioeléctrico al operar cada Estación Base en un conjunto de canales de radio diferentes a los usados en las celdas adyacentes y que se encuentran distribuidas según un plan de frecuencias que permite la reutilización de éstas entre celdas no adyacentes.

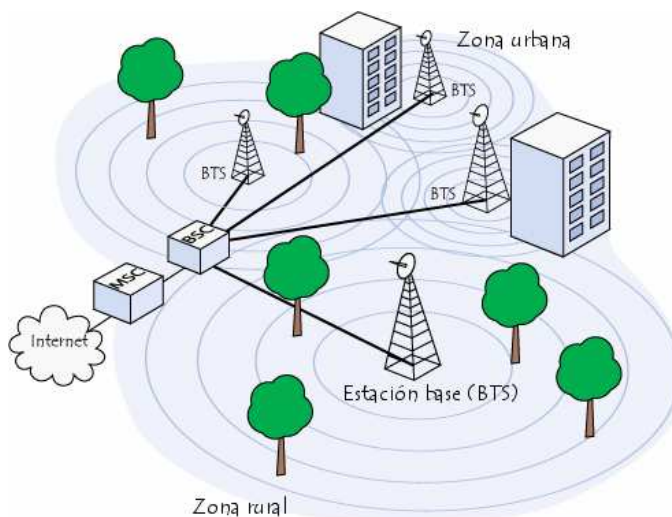


Figura 3.6.- Esquema de una red GSM

Además GSM combina otras técnicas de acceso múltiple como división en el tiempo (TDMA) y división en frecuencia (FDMA). La división en frecuencia se realiza mediante la separación de los canales dedicados a la transmisión y a la recepción, mientras que cada uno de estos canales es dividido en *slots* temporales de 577 μ s, agrupados jerárquicamente en tramas de distintos niveles. También se utilizan técnicas de FHMA o Acceso Múltiple por Saltos en Frecuencia para optimizar el uso de recursos en la transmisión entre el terminal y la red.

Como ya se ha comentado, es cada BTS la encargada de asignar y gestionar los recursos disponibles entre los usuarios presentes en cada una de las áreas de servicio. Estas estaciones se hayan agrupadas y coordinadas por Controladores de Estaciones Base (BSC), que tienen entre otras funciones la coordinación del *Handover* o traspaso entre celdas, que consiste en que el canal de comunicaciones cambie de estación base sin por ello interrumpir las comunicaciones. Esta operación se realiza cuando el BSC detecta que la señal recibida por una segunda estación base es 3 dB superior a la que alcanza la estación base actualmente en uso o cuando una de las BTS se halla saturada por el número de usuarios. Las otras dos funciones principales de la BSC son la del control de potencia y de frecuencia. El conjunto del BSC y las BTS bajo su control se denomina BSS (Base Station Subsystem).

Una o varias BSC's se conectan a una Central de Conmutación de Móviles (MSC), que es el elemento responsable de la inicialización, enrutamiento, control y finalización de las llamadas a través de las BSC y BS correspondientes, así como de la información sobre la tarificación. Es también el interface entre diversas redes GSM y entre una de ellas y las

redes públicas de telefonía o datos. Sería el equivalente a una centralita telefónica de la PSTN, aunque realiza más actualizaciones en su base de datos interna debido a que los usuarios pueden moverse dentro de la red.

Las principales bases de datos que almacenan la información referente al usuario necesaria para operar la red y que, junto con el MSC, conforman el Subsistema de Red y Conmutación (NSS) son:

- **HLR (Registro de Localización Base):** Almacena los niveles de suscripción, servicios suplementarios y localización actual, o más reciente de los móviles que pertenecen a la red de la operadora. Al recibir una llamada, el MSC pregunta al HLR correspondiente al número llamado si está disponible y dónde está (es decir, a qué BSC hay que pedir que le avise) y enruta la llamada o da un mensaje de error. El HLR se coordina con el Centro de Autenticación (AUC) para comprobar la autenticidad de las llamadas y evitar posibles fraudes.
- **VLR (Registro de Localización de Visitantes):** Es una base de datos temporal que almacena, para el área cubierta por un MSC, los identificativos, permisos, tipos de abono y localizaciones en la red de todos los usuarios activos en ese momento. Cuando un usuario se registra en la red, el VLR del tramo al que está conectado el usuario se pone en contacto con el HLR de origen del usuario y verifica si puede o no hacer llamadas según su tipo de abono. (por ejemplo si hay un acuerdo de *Roaming* entre las operadoras).
- **EIR (Registro de Identidad de los Equipos):** Almacena información sobre el tipo de estación móvil en uso (IMEI) y puede impedir que se realice una llamada cuando se detecte que ha sido robada, pertenece a algún modelo no homologado o sufre de algún fallo susceptible de afectar negativamente a la red.

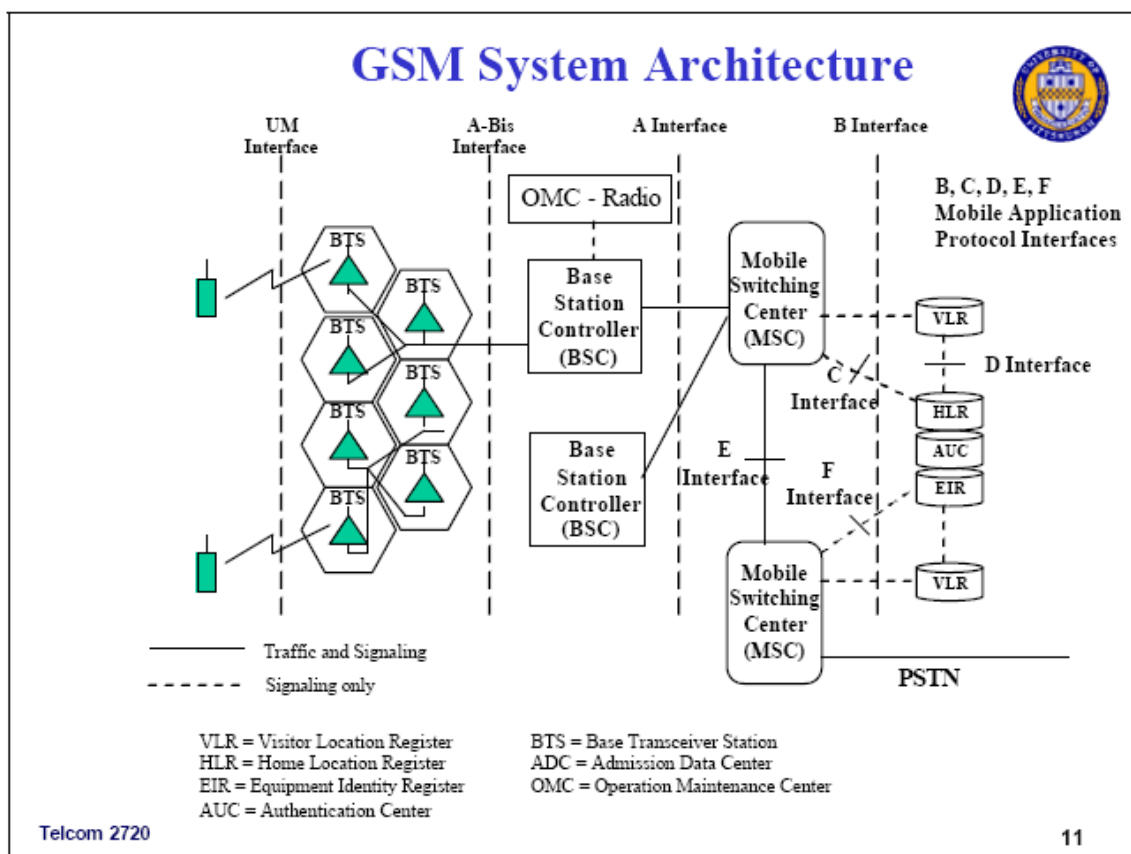


Figura 3.7.- Arquitectura de red GSM

La figura anterior resume los elementos descritos de una arquitectura de red GSM, así como los diferentes interfaces presentes en ella. Hoy en día una red GSM es más compleja y habría que destacar al menos otros dos elementos de la misma, como son los el centros de mensajes cortos (SMSC), Short Message Service Center) o el núcleo de procesado de EGPRS. Cabe señalar que a nivel de red, para la comunicación entre los MSCs y los distintos registros se utiliza la parte de aplicación para móviles del Sistema de Señalización número 7 del CCITT, protocolo imprescindible para la operación de redes GSM a nivel internacional.

Transmisión

La banda de espectro radioeléctrico originalmente destinada al sistema GSM fue de 890 a 915 MHz para las comunicaciones desde los Terminales Móviles (TM) a las BTS y de 935 a 960 MHz para las comunicaciones de BTS a TM, con una separación entre portadoras de 200 KHz y bandas de guarda de otros 200 KHz. Sin embargo posteriormente se añadieron nuevas bandas de frecuencia a 1800 MHz (EU). En Estados Unidos y parte de

Latinoamérica se opera equivalentemente en las bandas de 850 y 1900 MHz, haciendo ambos sistemas incompatibles.

Para transmitir la señal de voz por el canal digital GSM se codifica con una velocidad de 13 kbit/s. El codificador trabaja con bloques de duración de 20 ms (260 bits). A esta secuencia se le añaden bits redundantes de paridad para la detección y corrección de errores o FEC (Forward Error Correction), también se utiliza codificación convolucional e interleaving para que los errores se distribuyan uniformemente en el tiempo y el código corrector de errores trabaje adecuadamente.

Se utiliza habitualmente una modulación digital gaussiana (GMSK) con un índice de modulación de 0,5 y filtro conformador de pulso con factor de Roll-off de 0,3. La tasa de bit de la señal moduladora es de 270,838 kbps, y se denomina *burst* o ráfaga a la secuencia de datos de extensión 156.25 bits (que es la duración binaria del *timeslot* de 577 μ s). GSM utiliza distintos tipos de burst para la transmisión, el acceso a la red, sincronización, corrección de frecuencia, etc.

En GSM se definen una serie de canales para establecer la comunicación entre los TM y las BTS, tanto para la transmisión de las comunicaciones como para labores de control y señalización. Las llamadas se realizan a través de los canales de tráfico (*Traffic Channels*, TCH), que se pueden clasificar como canales de tráfico de velocidad completa (TCH/F) a 22.8 kbps y canales de tráfico de velocidad media (TCH/H) a 11.4 kbit/s. Por otra parte, se definen tres tipos de Canales de Control mediante los cuales se realizan las tareas de establecimiento de conexión, asignación de canal, sincronización de tramas,...etc: Canales de Difusión (*Broadcast Channels*, BCH), Control Dedicado (*Dedicated Control Channels*, DCCH) y Canales de Control Común (*Common Control Channels*, CCCH).

3.4.5.3.- GSM/GPRS en Cabo Delgado

Al igual que ha sucedido en muchos países de África durante la última década, en Mozambique las tecnologías de comunicaciones por telefonía móvil han irrumpido con fuerza en el mercado. A pesar de los limitados recursos económicos de la población y de las dificultades técnicas y logísticas que encarecen el despliegue de la red, al tratarse de zonas

La posición dominante de mCel en el mercado, se debe a que parte de una posición de ventaja al adelantarse en varios años a su competidora en el despliegue de la red, pero también al apoyo institucional a sus actividades, con cesiones preferentes de terrenos, subvenciones públicas enmarcadas en programas como el llamado Acceso Universal (para la extensión de la red a las zonas rurales), beneficios fiscales y cierta tendencia monopolista del Estado.

En la provincia de Cabo Delgado, según fuentes de la propia operadora, hay cobertura de mCel en el 71% de los distritos: Ancuabe, Balama, Chiure, Macomia, Mocímboa da Praia, Montepuez, Mueda, Namuno, Palma, Pemba Metuge, Quissanga y Pemba. No están cubiertos Ibo, Mecufi, Meluco, Muidumbe, Nangade.

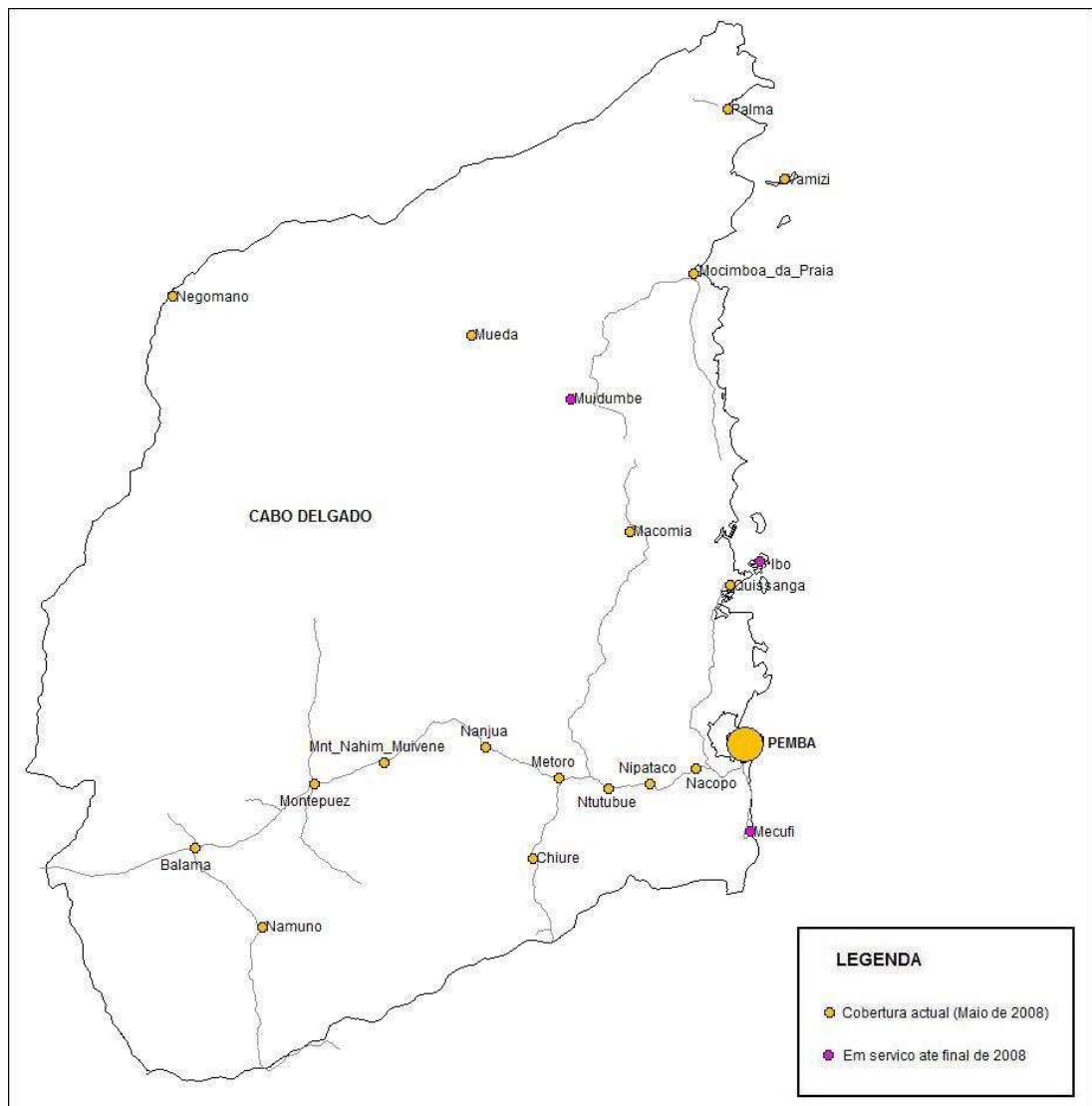


Figura 3.9.- Mapa de cobertura mCel en Cabo Delgado

En la práctica, esto se traduce en que mCel tiene capacidad de ofrecer servicios de comunicaciones de voz y datos, al menos, en las sedes de los distritos mencionados. Salvo en el caso de Ancuabe, en el que la publicidad oficial se contradice con la información, más fiable, obtenida de Vanderleeia Mamade, de la dirección de planificación estratégica de la operadora, y que se refleja en el anterior mapa de cobertura de la operadora, actualizado en Mayo de 2008 pero aun vigente en Abril de 2009. Se observa en el mapa como al estar constituida la red de transporte entre Pemba y Montepuez por medio de repetidores, en las inmediaciones de éstos también existe cobertura de red.

Por otra parte, mediciones realizadas sobre el terreno, arrojan los siguientes datos en cuanto al alcance de la cobertura fuera del área urbana (cuando las estaciones base en Mozambique tienen en teoría un alcance de 15 km): En Balama el radio de cobertura es de 7 km, en Namuno de 4 km y en Montepuez hay señal hasta 2 km fuera del área urbana. Por otra parte en Metuge hay cobertura al menos en la SDSMAS y en Ancuabe y Mecufi la cobertura de telefonía móvil está reducida a lugares puntuales.

La empresa rival, Vodacom Lda. solo tiene cobertura en Cabo Delgado en las localidades de Pemba y Montepuez, y no tiene previsto ampliarla a nuevos distritos. Además los servicios que ofrece y las tarifas son muy similares a las de mCel, por lo que no resulta particularmente interesante. Por otra parte mCel, al estar compuesta al 50% por capital estatal, resulta más interesante a la hora de negociar un servicio que debe ofrecer a una institución como la DPS o en última instancia, el propio Ministerio de Salud.

3.4.5.4.- Servicios y costes

Los principales servicios que ofrece la principal operadora de telefonía móvil se enumeran a continuación:

- **Comunicaciones de voz:** entre terminales de la propia red y también con otras redes de telefonía móvil, la red de telefonía fija TDM y llamadas internacionales. Se puede acceder a este servicio mediante un contrato de prestación de servicios al uso o con la adquisición de una tarjeta prepago, con la posibilidad de transferencia de crédito entre distintos abonados.

- **Servicio mymcel:** Ofrece la posibilidad de enviar y recibir correo e-mail en el teléfono móvil mediante GPRS. El acceso y la suscripción a este servicio son gratuitos, y presumiblemente, solo se cobra por el volumen de datos enviado/recibido a la tarifa de datos GPRS. El servicio además alerta de cada llegada de e-mail mediante SMS, proporciona una dirección de correo electrónico sencilla de memorizar y permite la creación y gestión de una lista de contactos personalizada.

- **Servicio netmovel:** Servicio de comunicaciones de datos de mCel, vía GPRS/EDGE, para conexión a internet por medio del terminal móvil o un modem USB. Hay tres versiones de este servicio:
 - *Netmovel turbo 500:* Contrato por una tasa mensual de 1.967 MTN (54,2 €), que incluye Mb ilimitados y tarjeta o modem de regalo. El contrato impone una cláusula de permanencia de 24 meses. Llamadas y resto de servicios a tarifa de contrato Económico.
 - *Netmovel 50:* Para clientes que ya dispongan de un contrato mCel. Por 225 MTN al mes (6,2 €/mes) ofrece Mb ilimitados.
 - *Netmovel go:* Sin contrato, navegación WAP a 7,87 MTN/Mb (0,22 €/Mb). Este servicio, anunciado en la página web de la operadora, en un principio era negado por los comerciales con los que se intentó investigar. Sin embargo una vez adquiridos los elementos necesarios (tarjeta SIM con el servicio activado y modem GPRS) se comprobó como se podía hacer uso del servicio de transmisión de datos sin problemas.

- **Servicio fax y datos:** Este servicio que en principio resulta muy interesante para las aplicaciones que se proponen, es desconocido por la mayoría de comerciales de la compañía, a pesar de que se anuncia en su página web. Según la publicidad, este servicio permite enviar y recibir fax a través del teléfono móvil, además de acceso a redes públicas y privadas de datos, envío y recepción de correo electrónico, transmisión de archivos, acceso a Internet y consulta de bases de datos remotas. Por los servicios ofertados y el equipamiento necesario, cabe suponer que se trata de un servicio de WAP sobre GPRS común y corriente, aunque anunciado de forma algo confusa. El

equipamiento que la misma página web indica que es necesario para hacer uso de este servicio es:

1. Terminal apropiado (capaz de realizar comunicaciones de fax y datos), o
2. Terminal que soporte transmisión de fax y datos con modem interno o externo debidamente configurado al ordenador.
3. Ordenador con ranura PCMCIA de tipo II o III, puerto RS232 o puerto de infrarrojos (IrDA).
4. Interfaz de fax y datos tipo PCMCIA para el terminal, vía cable serie o infrarrojos.
5. Software para la transmisión de Fax y un contrato con un Proveedor de Servicios de Internet para transmisión de datos.

Lo único que resulta evidente tras leer estas recomendaciones es que en la propia compañía no tienen claros los servicios que ofrecen.

3.4.5.5.- Requisitos

Tecnología inalámbrica

La tecnología GSM/GPRS es completamente inalámbrica y utiliza ondas radioeléctricas en las bandas de 900 y 1800 MHz para la transmisión de la información.

Tecnología madura

En vista del desarrollo de equipos y servicios así como el despliegue de la red GSM, puede considerarse que el grado de madurez de esta tecnología está próximo a la saturación en Europa, EE.UU. y Japón, quedando su crecimiento limitado a la comercialización de nuevos servicios o a optimizar el uso de los recursos. Además, nuevas tecnologías de tercera generación, como UMTS, amenazan con dejar esta tecnología obsoleta.

Sin embargo en Mozambique la red de telefonía 2G está aún siendo desplegada y dada la disponibilidad de equipos y servicios se puede afirmar que pronto alcanzará su grado

óptimo de madurez en las zonas urbanas. La extensión de este nivel de desarrollo tecnológico a las zonas rurales llevará, no obstante, varios años más.

En cuanto a la emergencia de nuevas tecnologías móviles, cabe destacar que la operadora de telefonía mCel ha comenzado a realizar algunas experiencias con telefonía móvil 3G en las provincias de Beira y Nampula, pero tardará aún muchos años en desplegar una red UMTS operativa.

Tecnología apropiada

Se considera que la tecnología GSM/GPRS es apropiada en el contexto de la intervención por los siguientes motivos: En primer lugar ya existe la red en la mayoría de los distritos (oficialmente en 12 de 17) y su uso está socialmente aceptado en muchos sectores, por lo que el impacto de utilizar esta tecnología para efectuar las comunicaciones de voz y datos del SIS sería mínimo social, cultural y medioambientalmente hablando.

En la dimensión económica, tanto los equipos y servicios son extremadamente económicos, al estar adaptado (por el propio mercado) a las características de los consumidores de la región; además, al tratarse de una red propiedad de una operadora, no habría que tener en cuenta apenas costes de mantenimiento ni sería necesario contar con técnicos especializados.

El mayor inconveniente es introducir un factor de dependencia con respecto a una empresa privada, que arbitrariamente pueda decidir cambiar, aumentar el coste o directamente suprimir alguno de los servicios que ofrece. Aun así, vista la expansión y aceptación que tiene esta tecnología, se puede considerar a día de hoy una de las más apropiadas en el contexto de la intervención.

Comunicaciones de voz y datos

GSM surgió para dar solución a las comunicaciones móviles de voz, suponiendo el primer estándar de proyección internacional en Europa que incorporó las comunicaciones móviles de voz en formato digital.

Sin embargo, con el paso de los años y aprovechando lo apropiado del soporte (la red celular y transmisión digital), numerosos y diversos servicios de comunicaciones de datos se han incorporado a este estándar. En un primer momento el Servicio de Mensajes Cortos (el popular SMS) y el servicio de datos sobre circuitos conmutados (CSD, Circuit Switched Data), progresivamente mejorado con el desarrollo de GPRS y EDGE, permitiendo mayores velocidades de transmisión de datos y la transmisión de mensajes multimedia (MMS). Finalmente el Protocolo de Acceso Inalámbrico (WAP, Wireless Acces Protocol) ha permitido la incorporación de servicios de fax y e-mail y el acceso móvil a Internet.

Cumplimiento de la legislación

Esta tecnología es legal en Mozambique, por cuanto las operadoras que ofrecen estos servicios presumiblemente se adaptan a la legislación vigente en cuanto a usos del espectro radioeléctrico, servicios de telecomunicaciones, ley de sociedades, etc.

El único aspecto legal a tener en cuenta si se hace uso de esta tecnología deben ser los términos y cláusulas presentes en el contrato de prestación de servicios firmado con la operadora y su respeto a las leyes del país.

3.4.5.6.- Análisis por variables

Características técnicas

Capacidad

La capacidad de un sistema GSM/GPRS es la de cada BTS dentro del área de servicio de la misma, y ésta a su vez depende de la banda (o bandas) de frecuencias en la que opera el sistema.

En el caso de Mozambique, se utiliza la banda de GSM 900, lo que posibilita implementar hasta 124 canales de radiofrecuencia de 200 kHz por BTS. El número de usuarios que puede soportar la Estación Base dependerá de la demanda, de la densidad de BTS en el área y de su potencia de transmisión, ya que se asignarán canales y slots a los usuarios por medio de TDMA/FDMA. Si bien es cierto que en ocasiones en Cabo Delgado

falla la red mCel precisamente por un número insuficiente de BTS para cubrir las demandas de servicio.

En otras regiones del mundo se utiliza también (en exclusiva o combinada con la anterior) la banda de frecuencias GSM 1800, que permite añadir hasta 375 canales RF de 200 kHz, aumentando considerablemente el número de usuarios y/o la calidad del servicio.

Tasa de Transmisión

Para las comunicaciones de voz digitales en GSM existen diferentes velocidades de codificación en función del bloque codificador utilizado: Inicialmente Half Rate (5.6 kbps) y Full Rate (13 kbps promedio), luego mejorado con Enhanced Full Rate (EFR) a 12'2 kbps y finalmente, el esquema de compresión de audio más utilizado en GSM: Adaptive Multi-rate (AMR) a tasas de transmisión de 4.75, 5.15, 5.90, 6.70, 7.40, 7.95, 10.2, y 12.2 kbit/s generando tramas de diferente longitud para cada una de las velocidades mencionadas.

Las Tasas de Bit más frecuentes en la transmisión de datos se resumen en la tabla siguiente, en función de la técnica de codificación y modulación utilizada, y donde destaca EDGE, con velocidades de descarga de hasta 236,8 kbps.

Tecnología	Descarga (kbit/s)	Subida (kbit/s)
CSD	9.6	9.6
HSCSD	28.8	14.4
HSCSD	43.2	14.4
GPRS	80.0	20.0 (Clase 8 & 10 y CS-4)
GPRS	60.0	40.0 (Clase 10 y CS-4)
EGPRS (EDGE)	236.8	59.2 (Clase 8, 10 y MCS-9)
EGPRS (EDGE)	177.6	118.4 (Clase 10 y MCS-9)

Tabla 3.8 .- Tasas de transmisión de datos sobre GSM

Banda de Frecuencia

Como ya se ha comentado, las bandas de frecuencia dependen de la tecnología GSM empleada en cada país, siendo las más habituales las bandas de 900 y 1800 MHz. En Mozambique, la operadora mCel utiliza GSM 900.

- GSM 900 transmite en las bandas de 890–915 MHz (uplink) y 935–960 MHz (downlink).
- GSM 1800 utiliza 1710–1785 MHz de TM a BTS (uplink) y 1805–1880 MHz (downlink).

La siguiente tabla recoge y comenta las bandas de frecuencia utilizadas por los distintos estándares GSM en todo el mundo.

Banda	Nombre	Canales	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	Notas
GSM 850	GSM 850	128 - 251	824,0 - 849,0	869,0 - 894,0	Usada en los EE.UU. , Sudamérica y Asia .
GSM 900	P-GSM 900	1-124	890,0 - 915,0	935,0 - 960,0	La banda con que nació GSM en Europa y la más extendida
	E-GSM 900	975 - 1023	880,0 - 890,0	925,0 - 935,0	E-GSM, extensión de GSM 900
	R-GSM 900	n/a	876,0 - 880,0	921,0 - 925,0	GSM ferroviario (GSM-R).
GSM1800	GSM 1800	512 - 885	1710,0 - 1785,0	1805,0 - 1880,0	
GSM1900	GSM 1900	512 - 810	1850,0 - 1910,0	1930,0 - 1990,0	Usada en Norteamérica , incompatible con GSM-1800 por solapamiento de bandas.

Tabla 3.9.- Bandas de frecuencia GSM

En base a estas frecuencias de transmisión y a las limitaciones de potencia, la distancia máxima especificada por el estándar GSM para establecer comunicación entre un terminal y una estación base es de 35 km. En la práctica en Mozambique y según fuentes de la propia operadora, el radio de cobertura de una BTS tiene aproximadamente 15 km, aunque datos observados sobre el terreno indican que estas distancias son aún menores.

Seguridad

El proceso de autenticación de usuario se realiza por el siguiente procedimiento: Un Terminal Móvil es identificado en el sistema GSM por su Identidad Internacional de Abonado Móvil (IMSI) que no es transmitida habitualmente en ningún mensaje de señalización por el enlace radio.

Normalmente el TM se identifica en un área de identificación enviando una identidad temporal de abonado móvil (TMSI). Fuera de esta área, se debe enviar la Localización del Área de Identificación (HNI, *Home Network Identity*). Únicamente el caso de que TMSI y HNI no correspondan, se pregunta su IMSI al Terminal Móvil y más tarde se envía un nuevo TMSI a la TM de forma encriptado.

En todo el proceso intervienen también la clave secreta de autenticación del abonado y un número de acceso aleatorio enviado por la BTS. La clave usada para encriptar proviene de estos últimos. El cambio de clave en el encriptado se produce a petición del operador de red o cada vez que el Terminal Móvil cambia de una celda a otra.

A pesar de todo este procedimiento, los algoritmos de encriptación utilizados basados en cifrado A5/1 y A5/2, son bastante débiles. Por ello se incorporan también diversos códigos de identificación “hardware” como son los códigos PIN y el PUK para activar la tarjeta SIM o acceder a diferentes servicios, y el código IMEI, que identifica unívocamente el terminal y permite bloquearlo en caso de sustracción.

Posibilidades de interconexión

GSM/GPRS permite comunicarse con otras redes como la RTPC y redes públicas y privadas de datos vía WAP. La interconexión con una red de radio HF/VHF aunque en teoría sería posible, sería bastante compleja de implementar en la práctica.

Posibilidades de gestión remota

Aunque no es un problema ya que en este caso la DPS y el SPM se desentienden de la gestión de la red, el hecho es que mCel gestiona su red de comunicaciones de forma remota.

Infraestructuras

Todas las infraestructuras son propiedad de la operadora, por lo que no serían necesarias nuevas instalaciones. En algún momento se ha planteado la posibilidad de extender esta solución a localidades de la provincia que no cuentan con cobertura de red mediante la implementación de repetidores GSM. Sin embargo, esto sería ilegal sin el permiso expreso de la operadora, por lo que se cree más conveniente, llegado el caso, incidir en que la propia operadora extienda dicha red en base a programas gubernamentales de acceso en zonas rurales. (El ya mencionado programa de Acceso Universal).

Equipos y terminales

Además de los terminales móviles disponibles en el mercado mozambicano, similares a los que pueden encontrarse en el resto del mundo y cuya oferta es tan variada y cambiante que no merece la pena plantear aquí opciones de este tipo de equipos. Sin embargo

se pueden comentar los dos principales módems USB comercializados por mCel en Mozambique y que resultan muy interesantes para proporcionar servicios de comunicacione de datos al as distintas SDSMAS por un coste más que razonable.

Modem USB Huawuei E220

- Compatible con HSDPA/UMTS/EDGE/GPRS/GSM
- Soporta datos HSDPA con un *throughput* de hasta 3.6Mbps, UMTS hasta 384kbps y EDGE hasta 236.8kbps
- Permite transmisión de SMS
- Memoria interna de 22 MB (en la que viene instalado el *firmware* de l operador)
- Funciona con Windows 2000 y windows XP aunque soporta varias distribuciones Linux, lo que puede permitir extender sus funcionalidades (por ejemplo, control de potencia)



Modem USB Option iCon 225

- Multimodo HSDPA / UMTS / EDGE / GPRS / GSM
- Cobertura mundial (cuatribanda)
- Capacidad de proporcionar *throughput* de hasta 7,2 Mbps (HSDPA) y 247 kbps (EDGE/GPRS/GSM)
- Memoria NAND interna para Plug'n'Play sin CD
- Soporte transparente para tecnología IPsec y VPN
- Interfaz SIM compatible con 3G
- Rango de temperatura: 0 a 40 °C



Crterios de mercado

Costes de implementación

Al no requerir del despliegue de una infraestructura propia de red, los costes de implementación de un sistema de comunicaciones de datos EGPRS se reducen al coste de los equipos arriba mencionados, en concreto en el mercado mozambicano pueden encontrarse el Modem USB Huawuei E220 por uno 45 € y el Modem USB Option iCon 225 por 145 € (aprox.).

Entonces el coste de implementar un sistema de este tipo puede hallarse sin más que multiplicar el precio de mercado del modem GPRS por el número de SDSMAS a los que quiera proporcionarse comunicaciones de datos. Además es será conveniente tener en cuenta las formaciones necesarias para que los usuarios finales (responsables del SIS) conozcan y puedan aprovechar las prestaciones del nuevo sistema.

Costes de operación

Como se trata de servicios ofrecidos por una operadora de telefonía móvil, los costes de operación coinciden con las tarifas de estos servicios, que están sujetas a alteraciones discrecionales de la empresa y a eventuales ofertas, aunque los últimos precios de mercado disponibles (a agosto de 2009) son:

Paquete Económico Empresas: Disponibles por una tasa mensual de 254 MTN (7 €)

tarifas de llamadas por minuto			
tarifa	rede mcel	rede fixa	outras redes móveis
normal	3,77 MT	3,93 MT	6,07 MT
reduzida	3,09 MT	3,56 MT	4,78 MT
super reduzida	2,25 MT	2,59 MT	4,78 MT

tarifas de datos por minuto			
tarifa	rede mcel	rede fixa	outras redes móveis
todo o dia	3,77 MT	3,93 MT	6,07 MT

Paquete Ejecutivo Empresas: Disponibles por una tasa mensual de 572 MTN (16 €)

tarifas de llamadas por minuto			
tarifa	rede mcel	rede fija	outras redes móviles
normal	3,32 MT	3,82 MT	5,73 MT
reduzida	2,75 MT	3,17 MT	4,78 MT
super reducida	2,25 MT	2,59 MT	4,78 MT

tarifas de datos por minuto			
tarifa	rede mcel	rede fija	outras redes móviles
todo o dia	3,32 MT	3,82 MT	5,73 MT

Aunque las tarifas realmente más interesantes para la aplicación que aquí se estudia (transmisión de informes del SIS entre las distintas SDSMAS y la DPS) son las tarifas correspondientes a tarjetas prepago (Giro), bien por SMS/MMS bien via e-mail a través de EGPRS con el servicio netmóvel:

tarifas de sms's e mms's		
tarifa	sms	mms
normal	1,97 MT	1,97 MT
reduzida	1,35 MT	1,35 MT
super reducida	1,12 MT	1,12 MT
internacional	3,65 MT	15,00 MT

tarifas de netmóvel	
MB Extra	7,87 MT

En la tabla inmediatamente anterior a estas líneas se observa como la tarifa del servicio EGPRS de mCel es de apenas 0,22 €/Mb, por lo que los costes de operación mensuales de la transmisión de todos los informes del SIS desde las distintas SDSMAS a la DPS es mínimo. En caso de pretender añadir nuevos servicios al sistema de comunicaciones

aquí planteado (navegación web, teleconsultas, etc) puede resultar más interesante contratar alguno de los paquetes antes mencionados.

Consumo eléctrico

El consumo eléctrico de los equipos descritos es mínimo hasta el punto de que se puede despreciar si se compara con el consumo eléctrico de los equipos informáticos necesarios para utilizar los servicios propuestos.

Costes de mantenimiento

Se trata de una prestación de servicios por parte de una operadora, es a la empresa de telefonía móvil a quien corresponde la responsabilidad del mantenimiento de la red. Los costes de mantenimiento del sistema de comunicaciones se reducen a unos pocos desplazamientos o llamadas telefónicas anuales por parte de los técnicos del SPM debidos a problemas de configuración, que en todo caso son menores que los desplazamientos derivados del mantenimiento de los equipos informáticos ya existentes en las SDSMAS.

Disponibilidad

Los equipos y servicios mencionados en este apartado existen y son ampliamente disponibles en Mozambique. Se pueden obtener sin problemas en cualquier tienda de informática de Maputo y probablemente de Nampula. En Pemba, la experiencia demuestra que sólo se obtienen en la principal tienda de mCel en determinados momentos en los que llegan remesas de estos equipos, que no tardan en agotarse.

Además la política de ventas de la operadora tiende a priorizar a aquellos abonados que formalicen un contrato y resulta complicado obtener un modem EGPRS para utilizar con tarjeta prepago. Por ello se recomienda adquirir estos equipos en la capital del país.

Criterios de sostenibilidad

Aspectos económicos

La inversión inicial y los costes de operación mensual son mínimos si se comparan con otras tecnologías expuestas en este estudio. De entre todas las soluciones planteadas, esta es la más viable económicamente para resolver el problema parcial de la transmisión de

datos entre las SDSMAS (que tengan cobertura de red) y la DPS, ya que no introduce nuevas necesidades de mantenimiento.

Aspectos tecnológicos

Robustez

Se puede considerar esta tecnología robusta, ya que los dispositivos utilizados tienen un tiempo de vida útil comparable (o superior) al de los propios equipos informáticos existentes en las SDSMAS. Ciertamente que la red de telefonía móvil en Cabo Delgado es poco fiable y presenta ocasionales problemas de conexión, pero la responsabilidad de las reparaciones es de la operadora y tiene capacidad técnica suficiente para resolver las incidencias en periodos de tiempo relativamente breves. Es de suponer que la tendencia es hacia una red más robusta y fiable, y en todo caso este no debe ser un factor que ponga en riesgo la sostenibilidad del sistema.

Complejidad

Esta solución está exclusivamente dirigida a los responsables del SIS en las SDSMAS y en la DPS, por considerarse apropiada y viable únicamente en ese contexto. Se trata de usuarios con conocimientos elementales de informática y que ya utilizan habitualmente el ordenador como herramienta de trabajo. La configuración de una cuenta de correo que estos usuarios tendrían que gestionar y la instalación (automática) de los modem USB, suponen una complejidad añadida poco considerable tanto para los usuarios como para los técnicos del SIS.

Asistencia técnica

La propia operadora mCel ofrece un servicio de asistencia técnica post-venta al que puede accederse telefónicamente en caso de presentarse problemas de configuración o de un uso inapropiado de los equipos.

Aspectos socioculturales

La irrupción de la telefonía móvil en la sociedad mozambicana ha provocado una distorsión de las necesidades básicas, hasta el punto de que la población adquiere los

terminales incluso si no tiene los recursos económicos necesarios (para lo cual debe endeudarse), no existe red de telefonía en su localidad o no hay red eléctrica en la que recargar la batería del terminal. También la aparición de torres de telecomunicaciones en zonas prácticamente vírgenes tiene un impacto, ecológico, cultural y visual negativo.

Sin embargo, el hecho de utilizar una tecnología ya existente y ampliamente difundida, que los usuarios conocen y utilizan en su vida diaria, y cuyo uso está socialmente aceptado, puede aumentar la sostenibilidad del sistema propuesto reduciendo el impacto que causarían nuevas tecnologías aún no presentes en la región.

Aspectos políticos y legales

Uno de los riesgos que merece ser tenido en cuenta es la posición predominante de la operadora mCel en el mercado, cuya situación de monopolio *de facto* puede ser una amenaza para el escenario de libre competencia deseable que garantizaría una sostenibilidad de los costes de los servicios ofertados.

3.4.5.7.- Análisis DAFO

DEBILIDADES

- Solo puede plantearse una solución basada en GSM/GPRS en aquellos emplazamientos donde existe cobertura de red.
- Red de mCel poco fiable. Puede fallar en el preciso momento en que se necesitan enviar los informes.

AMENAZAS

- Se genera una dependencia de la operadora, de los servicios que esta decide ofrecer y en qué condiciones y de la discrecionalidad de las tarifas

FORTALEZAS

- Buenas prestaciones, calidad en la voz y datos a más de 200 kbps.
- Solución muy económica. Amplia oferta de terminales de bajo coste y servicios a tarifas muy asequibles para la DPS

- Bajo consumo eléctrico.
- Posibilidad de centralizar y controlar el gasto al poder transferir saldo a las tarjetas prepago.
- No requiere mantenimiento ni técnicos especializados.

OPORTUNIDADES

- Tecnología conocida y aceptada socialmente. Necesidades de formación muy básicas.

3.4.6.- VSAT

3.4.6.1.- Introducción

Desde que en el año 1960, en plena guerra fría, se dio comienzo a las telecomunicaciones vía satélite con el lanzamiento del primer satélite artificial de comunicaciones ECHO, este campo ha sido escenario de grandes inversiones en investigación e infraestructuras dado su carácter estratégico y militar y la alta rentabilidad económica de este tipo de tecnología. Rápidamente comenzaron a diseñarse e implementarse sistemas comerciales para explotar este nuevo medio de transmisión, resultando en grandes avances tecnológicos, hasta llegar a las numerosas aplicaciones que hoy en día están disponibles a través del espacio más cercano. Entre los principales servicios que ofrecen las comunicaciones vía satélite destacan:

- **Comunicaciones de datos y redes de acceso a Internet** por medio de redes IP por satélite, Bucle Local Inalámbrico (WLL) para datos,... etc.
- **Comunicaciones de voz:** Telefonía vía satélite, VoIP y WLL para voz.
- **Radiodifusión** de las señales de radio y televisión tanto digitales como analógicas a escala mundial.
- **Servicios de emergencia.**
- **Sistemas de posicionamiento** como GPS.

Es a partir del año 1983 cuando sale al mercado la primera generación de estaciones VSAT (Very Small Aperture Terminal) que se basa en comunicaciones de mayor frecuencia que permiten reducir el tamaño de las antenas haciendo las estaciones terrenas fácilmente instalables en prácticamente cualquier emplazamiento, gracias a lo cual se extendió el uso de las tecnologías satelitales y creció el número de suscriptores con el consecuente descenso de precio de los servicios. Puede describirse entonces VSAT como la tecnología que permitió el acceso a costes asequibles a los sistemas de transmisión vía satélite a un gran número de usuarios.

En particular, la posibilidad de extender redes de comunicación de voz y datos a escala global y con costes de operación decrecientes hizo especialmente interesante este tipo de comunicaciones, primero, para los sectores bancario y comercial, las industrias

petrolíferas, gobiernos y grandes empresas con intereses transnacionales, y más adelante para administraciones públicas, PYMES y subscriptores particulares.

Hoy en día la gran disponibilidad de esta tecnología (también en Mozambique), los costes moderados de instalación y la asequibilidad de las tarifas que ofrece un gran número de operadoras, unido al hecho de que VSAT ha sido y es ampliamente utilizada para proporcionar acceso a redes públicas de voz y datos en zonas rurales aisladas, permite considerar esta tecnología como una opción para dar soporte a la red de comunicaciones del sistema sanitario de Cabo Delgado.

3.4.6.2.- Descripción del sistema

Satélites

La altitud respecto al ecuador a la que orbita un satélite condiciona las características de la comunicación y, en consecuencia, el tipo de aplicaciones para las que resulta adecuado. Por esto se definen tres familias de satélites en función de las órbitas a las que operan:

- **Satélites LEO (Low Earth Orbit):** Son aquellos satélites que se encuentran en órbitas inferiores a los 5.000 km sobre la superficie terrestre, la mayor parte de ellos entre los 500 y los 1600 km. Se desplazan a gran velocidad y el área cubierta por uno de ellos es pequeña, por otro lado, al encontrarse a menos distancia, la latencia de las transmisiones es muy baja, motivo por el cual resultan especialmente apropiados para servicios de telefonía móvil satelital.
- **Satélites MEO (Medium Earth Orbit):** se sitúan en órbitas comprendidas entre los 10.000 y los 20.000 km de altitud y no son muy abundantes, tienen capacidad para dar cobertura a áreas más extensas pero su latencia es mayor que los satélites MEO. La mayoría están dedicados a sistemas de posicionamiento.
- **Satélites GEO (Geostacionary Earth Orbit):** Deben su nombre al hecho de que al hallarse a 35.848 km de distancia de la línea del Ecuador, su periodo de rotación sea de 24 horas exactas, por lo que se encuentran en todo momento sobre el mismo punto de

la tierra. La gran ventaja de orbitar a tanta altitud es que pueden cubrir un área equivalente a un tercio de la superficie terrestre, por lo que con sólo tres de estos satélites se pueden comunicar dos estaciones casi en cualquier punto del planeta. En la actualidad existen muchos más satélites en esta órbita que tienen que respetar una separación mínima regulada por la ITU en 800 o 1600 km. La amplia cobertura y el hecho de hallarse en una posición fija respecto a la tierra hacen de este tipo de satélites apropiados para todo tipo de sistemas de comunicaciones, con el gran inconveniente de la alta latencia en las transmisiones (que llega hasta los 0.5 segundos en su camino de ida y vuelta) lo cual puede resultar molesto para las comunicaciones por voz en tiempo real.

Los satélites GEO tienen además un tiempo de vida útil (entre 5 y 15 años) mayor que el resto, al necesitar menos combustible para mantener la misma órbita que aquellos situados a menor altitud.

Los sistemas VSAT utilizan este último tipo de satélites, pues son especialmente apropiados para comunicar estaciones fijas simplificando el posicionamiento de las antenas y garantizando la cobertura en todo momento.

Modos de Acceso

VSAT permite tres modos diferentes para que los usuarios hagan uso del medio de transmisión, uno para líneas dedicadas y dos más que facilitan el acceso múltiple. La topología de la red y los servicios ofrecidos serán condicionados en función del modo de acceso elegido.

- **SCPC (Single Chanel Per Carrier):** consiste en dedicar una portadora a un único canal de comunicaciones, permitiendo al usuario la transmisión ininterrumpida de datos, gracias a lo cual se puede disponer de un ancho de banda garantizado, típicamente de hasta 2 Mbps. Esto hace de este modo de acceso múltiple ideal para aplicaciones de acceso a Internet de alta velocidad, enlaces de comunicaciones de larga distancia como la red telefónica y soporte a redes para aplicaciones de multimedia (voz, datos, fax y correo electrónico).

- **TDMA (Time Division Multiple Access):** Mediante esta técnica se comparte un canal físico en intervalos de tiempo regulares llamados *slots* (ranuras) cada uno de los cuales se corresponde con una portadora, lo que permite compartir un mismo ancho de banda entre varios usuarios (típicamente se puede dar servicio hasta a 30 o 40 estaciones en un canal mediante TDMA). Este modo de acceso es poco indicado para aplicaciones de voz o Internet debido a la alta latencia que introduce (hasta 2 segundos), sin embargo es muy utilizada para la transmisión de datos a baja velocidad (300 bps – 19,2 kbps) debido a su gran eficiencia en costes. La topología de un red VSAT TDMA es una configuración en estrella en la que un HUB central controlando el acceso al medio y haciendo las funciones de pasarela hacia redes externas.
- **DAMA (Demand Assigned Multiple Access):** Este mecanismo de acceso permite la comunicación entre cualesquiera dos estaciones de la red, permitiendo topologías full mesh en las que una estación configurada como NCS (Network Control System) puede gestionar bajo demanda el ancho de banda disponible de forma dinámica, permitiendo que un único transpondedor dé servicio a miles de estaciones, lo que reduce enormemente el coste de operación por cliente. Los canales y el ancho de banda son asignados temporalmente de forma transparente para los usuarios en respuesta a las solicitudes de enlace, lo que hace de esta técnica de multiacceso especialmente eficiente en costes y flexible para cualquier tipo de aplicación de voz, datos, video y fax, optimizando los recursos contratados con el proveedor de satélite.

Configuraciones

VSAT es altamente flexible y soporta diversas configuraciones de red, que en la práctica responden a alguno de los dos siguientes esquemas:

- Topología en estrella: Todas las estaciones remotas se comunican con una estación central llamada Estación Terrena Maestra (HUB) (con una antena parabólica de gran diámetro generalmente de 4 a 8 m) para la retransmisión de datos. Las VSAT individuales no pueden recibir las transmisiones directamente de unas a otras pero se comunican en forma exclusiva con el HUB, utilizando transmisiones generalmente "en ráfaga" y protocolos de contención para minimizar la amplitud de banda necesaria.

- Topología en malla: Los terminales se comunican unos con otros sin necesidad de estación central y comparten el mismo grupo de canales y pueden recibir directamente las transmisiones entre sí. Debido a los mayores requerimientos de potencia, generalmente se utilizan parabólicas de mayor diámetro (3 m o más). Este tipo de VSAT es menos común generalmente se limita a operaciones de voz.

Además, los terminales VSAT se pueden interconectar con tecnologías de bucle de abonado por cable o inalámbrico y con redes privadas. Un ejemplo de esto último que puede resultar interesante en un contexto como el planteado en este estudio es la implementación de redes híbridas VSAT/Wi-Fi o VSAT/VHF, de forma que todos los usuarios de la red puedan tener acceso compartido a redes exteriores (Red Telefónica, Internet) a través de una estación pasarela con conectividad VSAT. Esta posibilidad también puede ser útil para integrar en una misma red segmentos que por la orografía del terreno o por la distancia del vano sean imposibles de comunicar por Wi-Fi o VHF, eliminando la necesidad de repetidores intermedios.

3.4.6.4.- Servicios en Mozambique

Existen numerosos proveedores de servicios de comunicaciones VSAT en Mozambique, varios de los cuales trabajan con empresas de Pemba. Se pueden contratar los servicios de estas operadoras en Britol Michicoma, DAFL Lda. o Infosung Lda. En el apartado dedicado a los costes de operación se describen con mayor detalle los servicios ofrecidos y sus costes, sin embargo, se pueden contratar servicios a medida en función de los siguientes parámetros:

- ***Uplink-Downlink compartido/dedicado***: Existen diferentes opciones para servicios de comunicaciones de datos a través de VSAT, contratando la velocidad de transmisión deseada tanto en sentido ascendente como descendente, desde los 64 kbps hasta 1 Mbps, pagando por el servicio en función del ancho de banda contratado. Las tarifas son también diferentes dependiendo de si el ancho de banda es de uso compartido (se reparte entre los abonados conectados) o si se quiere un canal de uso exclusivo.

- **Acceso voz:** También se pueden contratar servicios de comunicaciones exclusivamente de voz (Telefonía satélite) o servicios de datos compartidos con un canal de voz dedicado.
- **IP privada:** Los proveedores de servicios también ofrecen la posibilidad de contratar una IP privada.
- **Tarifas para particulares y paquetes para empresas:** Finalmente, las tarifas dependen también de la naturaleza jurídica del abonado, con diferentes promociones para cada sector.

3.4.6.5.- Requisitos

Tecnología inalámbrica

Las comunicaciones vía satélite utilizan ondas radioeléctricas de gran frecuencia para comunicaciones a muy grandes distancias (cobertura global) y a velocidades aceptables a través de repetidores situados a miles de kilómetros en órbita alrededor de la tierra. Esto permite reducir el coste de las infraestructuras, limitando las mismas a los nodos del sistema y evitando los inconvenientes de una red cableada.

Grado de madurez de la tecnología

Desde su aparición en 1983, la tecnología VSAT se ha convertido en el soporte de los principales servicios de comunicaciones vía satélite, especialmente en cuanto al acceso remoto a redes de comunicaciones de voz y datos. En vista de su trayectoria, no cabe duda de que VSAT es una tecnología madura con más de un millón de terminales operando en más de 120 países y una gran variedad de soluciones comerciales adaptadas a distintas prestaciones y presupuestos.

Las constantes innovaciones tecnológicas, especialmente en cuanto a la reducción del tamaño y consumo energético de los componentes y a su mejor eficiencia, junto con aplicaciones basadas en el protocolo IP han fomentado la aparición de servicios de mejor calidad a costes razonables, debido a la competencia de un número creciente de operadoras.

Tecnologías apropiadas

VSAT es una tecnología apropiada para el contexto de esta intervención en la medida en que es una tecnología conocida en la región, existen varios distribuidores de equipos y servicios de la misma en Pemba y es una tecnología empleada por las principales empresas públicas de telecomunicaciones que cuentan con varias instalaciones a lo largo de la provincia a través de las cuales prestan servicios de telefonía y datos.

Además, al no precisar de repetidores, permite minimizar el número de infraestructuras instaladas, concentrándolas en las inmediaciones de áreas pobladas con el fin de facilitar su mantenimiento y garantizar su seguridad. Otro factor a tener en cuenta es el hecho de que al tratarse de un servicio contratado, el mantenimiento de la red estaría garantizado y sus costes incluidos en el contrato de servicios.

Sin embargo, los costes de operación periódicos y de licencias aún son elevados en comparación con otras tecnologías y podrían suponer un problema presupuestario que la DPS no fuera capaz de asumir, por lo que conviene estudiar a fondo el tipo de servicio, las condiciones y los costes a los que se puede acceder en Cabo Delgado y estudiar la posibilidad más asequible para la DPS.

Comunicaciones de voz y datos

VSAT permite una amplia variedad de aplicaciones de comunicaciones de voz y datos y soporta capacidades y protocolos de prácticamente cualquier tipo. Puede utilizarse y se utiliza para comunicaciones de voz, telefonía y fax, transmisión de datos, acceso a Internet, redes VoIP, videoconferencia, aplicaciones de control y telemetría y radiodifusión de la señal de televisión. La única aplicación para la que la tecnología VSAT resulta poco apropiada es la telefonía móvil satelital, debido a la alta latencia de las transmisiones.

Cumplimiento de la legislación

Cada Estado tiene la competencia para establecer la regulación que estime pertinente en materia de telecomunicaciones, sin embargo, frecuentemente se encuentran sistemas VSAT que están presentes en más de un país al mismo tiempo, lo que implica a varias administraciones y reglamentos; en todas las ocasiones un tramo de las transmisiones pasa

por un segmento espacial, cuya regulación depende de organismos internacionales. Es por este motivo que las legislaciones de los estados en esta materia tienen que estar sujetas a las recomendaciones de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones).

Esta organización coordina las redes de telecomunicaciones a nivel global, asigna los usos de frecuencias, limita el nivel de potencia máxima de transmisión y regula a las operadoras. Es competencia de las autoridades nacionales de telecomunicaciones, el INCM en este caso, mediar entre las empresas que prestan servicios a nivel nacional y las empresas propietarias del satélite y garantizar que se cumplen tanto los parámetros de transmisión requeridos por el satélite (PIRE, nivel de portadora, estabilidad en frecuencia, etc) como los reglamentos nacionales en materia de radiocomunicaciones.

Además hay que tener presente la legislación nacional concerniente a la instalación de infraestructuras: código técnico de edificación, urbanismo, seguridad, protección del entorno y cableado entre otros. Aunque en la práctica en Mozambique muchos de estos reglamentos no existen o no se respetan por desconocimiento o por pasividad de las autoridades. En el caso de las recomendaciones UIT, por ejemplo, en caso de no existir una regulación específica al respecto, se contemplarán los estándares internacionales.

La legislación vigente en Mozambique en materia de telecomunicaciones está contenida en la Ley n.º 8/2004 (Ley de las Telecomunicaciones) y se completa con los distintos reglamentos en materia de licencias, tasas y usos, de los cuales son particularmente interesantes el Decreto n.º 23/93 (Reglamento Básico de Utilización de las Radiocomunicaciones), los Decretos 63 y 64/2004 (Reglamentos de Tasas Radioeléctricas y de Telecomunicaciones, respectivamente) y el Diploma Ministerial n.º 115/94 que establece el Reglamento de Autorización y Licenciamiento de Estaciones y Redes de Radiocomunicaciones.

3.4.6.6.- Análisis por variables

Características técnicas

Capacidad

El número de usuarios a los que puede proporcionar servicio un sistema de comunicaciones VSAT es notablemente grande, pero variable en función del modo de acceso y la topología empleados, así como del ancho de banda contratado con la operadora y los servicios que se quieran ofrecer. Utilizando SCPC, sólo se puede dar servicio a un usuario por portadora, mientras que si se utiliza TDMA o DAMA, se puede incrementar esta cantidad hasta los 100 terminales aproximadamente. Una estación terrena puede soportar una LAN Ethernet o una WLAN con un número variable de usuarios en función del ancho de banda y de si este es garantizado o no, en la siguiente tabla se resumen las recomendaciones de algunos proveedores.

Downlink (Rx) / Uplink (Tx)	PCs en LAN (recomendado)
128 / 64 Kbps.	1
256 / 64 Kbps.	3
256 / 128 Kbps.	5
512 / 128 Kbps.	10
1024 / 256 Kbps.	20
1024 / 384 Kbps.	25

Tabla 3.10.- Número de usuarios en función de la Tasa de Transmisión

Se trata de valores recomendados para garantizar un buen nivel de funcionamiento. En la práctica, para aplicaciones de e-mail, podrían ser muchos más, y quedaría limitado el número a unos pocos terminales en caso de querer implementar aplicaciones de streaming de video en tiempo real. Por lo tanto un buen diseño del sistema debe identificar correctamente los usos y la carga de tráfico que puede tener la red para poder garantizar a todos los usuarios un servicio apropiado con el menor coste posible.

Tasa de transmisión

Como se puede observar en la tabla anterior, las transmisiones VSAT son generalmente asimétricas y mayores en sentido descendente (Downlink, desde la red hacia el terminal VSAT) que en sentido ascendente (Uplink, desde el terminal VSAT hacia la red). De hecho en muchas ocasiones en las que la aplicación lo permite, se prescinde del enlace

Uplink, reduciendo los costes. Son los llamados enlaces unidireccionales, utilizados por ejemplo en aplicaciones de difusión o de telemetría. Otra alternativa es sustituir el canal ascendente VSAT por un enlace cableado digital como puede ser RDSI para enviar un mínimo de información desde el usuario hacia la red, esto se hace por ejemplo para permitir la interactividad (selección de canales, pago con tarjeta,...) con el usuario en los servicios de televisión vía satélite.

Las posibilidades de contratar un ancho de banda determinado son por tanto variadas y flexibles, y hay un amplio rango de tasas de transmisión que pueden ser contratadas en Pemba, pudiendo incrementar las mínimas (64/32 Kbps) hasta mucho mayores (18 Mbps) en saltos de 1 Kbps. Es decir, desde velocidades clasificadas como medias para aplicaciones de correo electrónico, fax, VoIP hasta las más elevadas para transferencia de ficheros, navegación por Internet de banda ancha y aplicaciones de video.

Un aspecto importante a la hora de valorar la tasa de transmisión necesaria y el coste del servicio, es la relación entre tráfico outbound (descendente) / inbound (ascendente), que en función de la aplicación puede variar entre 1:1, 1:2 o 1:4. También es fundamental diferenciar entre ancho de banda compartido y circuitos dedicados de radio (CIR) para garantizar un servicio de voz por ejemplo, valorando los costes y ventajas de cada uno de los casos.

Banda de frecuencia

Los sistemas VSAT utilizan los transpondedores (transceptores de radio) de los satélites en tres bandas diferentes:

- **Banda C:** Enlace ascendente a 6 GHz y descendente a 4 GHz. Es la banda que presenta menor atenuación por la lluvia, niebla y otros fenómenos atmosféricos, y por tanto la más indicada para comunicaciones de datos fiables en zonas tropicales. Ampliamente utilizada por este motivo en Asia, África y Latinoamérica.
- **Banda Ku:** Enlace ascendente a 14 GHz y descendente a 11-12 GHz. Presenta mayor atenuación causado por hidrometeoros, pero en compensación las interferencias

causadas por sistemas de microondas terrestres son menores. Utilizada principalmente en Europa y Norteamérica.

- **Banda Ka:** Enlace ascendente a 30 GHz y descendente a 20 GHz. De las tres bandas es la que mayor atenuación presenta, debido a que el tamaño de las gotas de agua es similar a su longitud de onda. También utilizada en Europa y Norteamérica.

Al contrario de lo que sucede con otras tecnologías, en el caso de VSAT la frecuencia no limita el alcance de los enlaces. Sin embargo si tiene dos consecuencias notables:

- El tamaño de las antenas es proporcional al ancho de banda, por lo que las antenas más pequeñas y manejables son aquellas que operan en la banda Ka (con un diámetro de 1,8 metros), seguidas por las antenas para la banda Ku (hasta 3,8 metros) siendo la banda C la que precisa antenas mayores (de hasta 7,8 metros). Existen antenas para la banda Ku muy manejables con un diámetro de 1,2 o para la banda C de 2,4 metros, sin embargo esto repercute en el precio, haciendo de estos equipos los más caros.
- La segunda consecuencia ya mencionada, es la atenuación que sufren las ondas radioeléctricas de una determinada banda a consecuencia de los fenómenos meteorológicos. Esta atenuación es mayor cuanto menor es la longitud de onda, siendo más problemática en la banda Ka, lo que la hace poco apropiada para las zonas tropicales como la que compete a este estudio.

Es por este motivo que no existen servicios en esta banda en esta región del África austral. Si que se encuentra sin embargo una amplia oferta de equipos y servicios preparados para operar en las bandas C y Ku en la ciudad de Pemba y a nivel de provincia, la mayoría de las mismas a través del satélite PanAmSat PAS-10 en la banda Ku, operadas por BussinessCom Internet Via Satélite a través de distintos proveedores locales.

Seguridad

Los sistemas de comunicación VSAT no incorporan ningún tipo de seguridad en las comunicaciones, por lo que si el usuario final del sistema quiere garantizar la privacidad de

la información transmitida, deberá configurar encriptación, gestión de tráfico o autenticación de extremo a extremo. En la práctica, muchos de los proveedores incorporan en su oferta este tipo de configuraciones, por lo que los equipos son configurados según las indicaciones del cliente.

Posibilidades de interconexión

Un sistema VSAT ofrece una gran flexibilidad a la hora de interconectar redes basadas en otras tecnologías. Los terminales VSAT incorporan normalmente en su unidad interior diferentes interfaces de datos y pueden ser configurados para interoperar con la mayoría de estándares de transmisión de datos: RS232, X.21, V.35, G703 y 802.3 (Ethernet 10/100 Base-T).

Una red VSAT es capaz de dar soporte a comunicaciones telefónicas a través de la RPTC, aplicaciones sobre Internet, transmisión de fax, conexiones con redes de datos privadas y públicas, como la RDSI. Existen diferentes terminales VSAT destinados a diferentes usos, de forma que pueden incorporar conectividad para varias líneas telefónicas o para una LAN conmutada entre otras.

Por ejemplo un módem satélite puede soportar los protocolos y servicios de red IP, RIP2, IGMPv2, DHCP, NAT, caché DNS y VLAN. E incluir un puerto Ethernet 10/100 para conectar la red a un router NAT, un switch LAN o un punto de Acceso Wi-Fi.

Posibilidad de gestión remota

Puede realizarse la gestión, monitoreo y control del tráfico de la red, canales de frecuencia y consumo de ancho de banda y de la configuración de los distintos terminales desde un Hub (en una configuración en estrella) o desde un terminal VSAT (en topologías tipo mesh) configurado como nodo de control o NCS (Network Control System), para ello sólo hay que añadir el hardware apropiado y el software de gestión del sistema NMS (Network Management System).

Las posibilidades de esta forma de gestión centralizada permitirían a un solo técnico de redes situado en Pemba realizar el mantenimiento de todos los terminales sin moverse de la ciudad, añadir o reparar configuraciones en las estaciones y controlar el tráfico de todas

las estaciones remotas situadas en los distritos, filtrar datos no apropiados, configurar firewall y proxy, y asignar a cada usuario remoto los recursos de forma que se repartan de forma adecuada a las necesidades de comunicación de cada Sede Distrital. Sólo sería necesario que se desplazara personal de mantenimiento en caso de pérdida de alineamiento severo de las antenas causado por el viento u otros factores externos.

Infraestructuras

Las infraestructuras que componen una red de comunicaciones VSAT son complejas y costosas. Afortunadamente, no es necesaria su instalación para poder utilizar este tipo de tecnología, en especial en el caso de redes en zonas rurales de países en desarrollo. Lo habitual es contratar un servicio determinado con un distribuidor que cuente con infraestructuras propias, o que al menos comercialice servicios sobre estas.

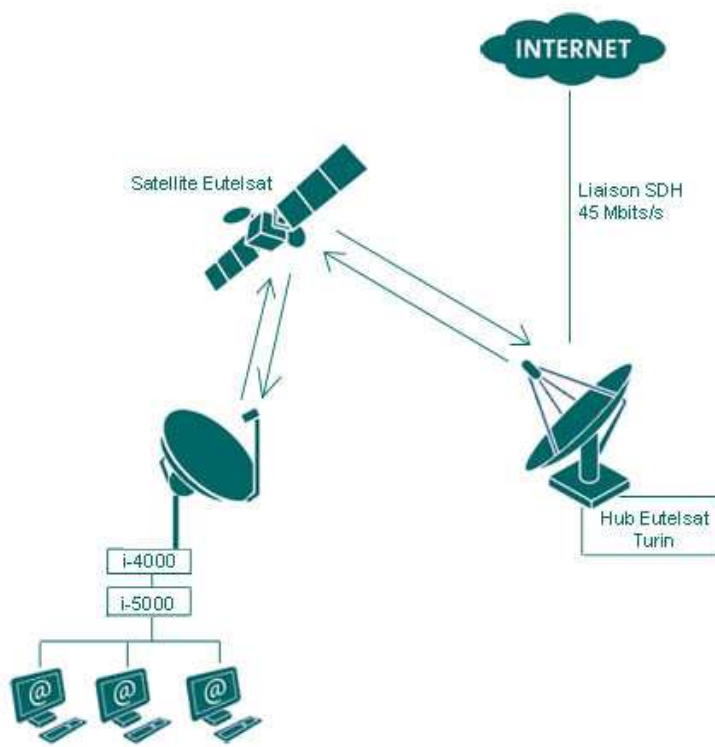


Figura 3.10.- Esquema de un sistema de comunicaciones VSAT completo

Las principales infraestructuras de telecomunicaciones de un sistema VSAT son:

- **Transpondedores:** Son los dispositivos receptores/transmisores situados en los satélites de comunicaciones, cuya utilización generalmente arrienda el proveedor de servicios al propietario del satélite.

- **Hubs:** Es la estación encargada de centralizar, conmutar y adaptar las comunicaciones y gestionar los recursos del satélite mediante la asignación fija o bajo demanda de los canales de comunicación, generación de la señalización de red, supervisión y control de toda la red, configuración remota de las estaciones, contabilización de estadísticas y generación de informes correspondientes a los accesos efectuados, tráfico cursado y parámetros de mantenimiento.
- **Terminales remotos VSAT:** Es la infraestructura que generalmente adquiere el usuario final, cuyo precio es más asequible. Se compone principalmente por antena parabólica, router, transmisor (BUC) y receptor (LNB).

Equipos y terminales

Se enumeran a continuación algunos ejemplos de equipos disponibles en Mozambique y sus principales características:

HUB: iDirect Infinity

- Soporte para configuraciones Mesh, Estrella, SCPC y Redes Híbridas simultáneamente.
- Operación en las bandas C, Ku, extended-C y Ka.
- Interfaz con diferentes satélites.
- Ancho de Banda configurable desde 64 Kbps hasta 18 Mbps con incrementos de 1 Kbps.
- Capacidad para dar servicio a miles de estaciones VSAT.

Estación VSAT completa:

- **Antena:** 1.2 metros Rx/Tx banda Ku
- **Transmisor:** BUC (transmisor) de 3W
- **Receptor LNB** (down converter)
- **Router:** iDirect Infinity 3100 router satélite
- **Cables y conectores** 30 metros de cable RF y juego de 4 conectores F



Crterios de mercado

Costes de implementación

Este último ejemplo de equipamiento completo para una estación VSAT cuesta 1.899 € sin incluir los gastos de transporte hasta Mozambique y los impuestos de nacionalización y licenciamiento (fuente: *BNL Africa Service Mozambique*).

Otros ejemplos de los costes de implementación de un enlace satélite completo, en las mismas condiciones antes mencionadas (sin incluir costes de transporte y nacionalización) serían:

- Equipo completo de emisión/recepción con antena satélite de 180 cm, LNB y amplificador de 2 W más módem de emisión/recepción I-4000 por 3.690 €
- Equipo completo de emisión/recepción con antena satélite de 120 cm, LNB y amplificador de 3 W más módem de emisión/recepción I-4000 por 3.190 €
- Router proxy acelerador I-5000 por 750 €

Costes de operación

Operadora 1.- BussinessComSatellite ofrece servicios de comunicaciones VSAT a través de PanAmSat PAS-10 con hub en Milan (Italia) conectado a los backbone T1 Europeos. Garantiza el 99,8 % anual de funcionamiento de la red. Presta servicio en Mozambique. A continuación se muestran sus tarifas:

Service Package Name	Downlink (Rx), kbit/s	Uplink (Tx), kbit/s	Rx+Tx CIR Bandwidth Allocation	Recommended Amount of PCs in LAN	G.723.1 VoIP Lines (via CIR)	Contention Ratio	Cost per month, Euro
SOHO	512	128	None	1	Best Effort	1:30	250
SOHO	1024	256	None	5	Best Effort	1:30	472
SOHO	1024	384	None	7	Best Effort	1:30	519
Enterprise	128	64	None	1	Best Effort	1:10	250
Enterprise	256	64	None	3	Best Effort	1:10	393
Enterprise	256	128	None	5	Best Effort	1:10	472
Enterprise	512	128	None	10	Best Effort	1:10	785
Enterprise	1024	256	None	20	Best Effort	1:10	1572
Enterprise	1024	384	None	25	Best Effort	1:10	1729

Tabla 3.10.- Servicios de BussinessComSatellite y costes

Y las condiciones de servicio:

Service Characteristic, Quick Reference	
Minimal Contract Term	3 months
Payment Term	Quarterly
Teleport Location	MTI Milan, Italy
NOC Technical Support Availability	24 Hours, 7 days per week
SLA Guaranteed Network Availability	Best Effort Mode
Voice over IP Traffic	Yes, via guaranteed CIR bandwidth quota and Infiniti QoS
Public IPs	1x usable Public IP allocated by default per terminal Additional IPs available at 10 Euro per month with one-time 50 Euro activation fee
Quality of Service Protocols	Enabled

Tabla 3.11.- Condiciones de servicio de BussinessComSatellite

Operadora 2.- SeaMobile / Geolink Satellite Services con sede en Francia, distribuye en Pemba a través de DAFL Lda. Opera con los siguientes satélites: W3A, IS907 e IS903. A continuación las tarifas de los servicios.

Downlink	Uplink	Coste mensual en dólares		
		W3A	IS907	IS903
Uplink & Downlink compartido				
512 Kbps shared	64 Kbps. Shared	\$ 465	\$ 465	\$ 475
256 Kbps shared	128 Kbps shared	\$ 585	\$ 585	\$ 595
512 Kbps shared	128 Kbps shared	\$ 635	\$ 635	\$ 695
1 Mbps shared	128 Kbps shared	\$ 735	\$ 735	\$ 790
1 Mbps shared	256 Kbps shared	\$ 955	\$ 955	\$ 990
Voice Access				
1 Mbps shared	16 Kbps CIR + 128 Kbps	\$ 995	\$ 1090	\$ 1190
Uplink dedicado & Downlink compartido				
1 Mbps shared	64 Kbps CIR	\$ 1690	\$ 1690	\$ 1790
1 Mbps shared	128 Kbps CIR	\$ 2390	\$ 2390	\$ 2450
1 Mbps shared	256 Kbps CIR	\$ 3990	\$ 3900	\$ 3850
1 Mbps shared	512 Kbps CIR	\$ 7350	\$ 7350	\$ 6950
Uplink & Downlink dedicado				
64 Kbps CIR	64 Kbps CIR	\$ 1765	\$ 1765	\$ 1590
128 Kbps CIR	128 Kbps CIR	\$ 3450	\$ 3450	\$ 2990
256 Kbps CIR	256 Kbps CIR	\$ 6750	\$ 6750	\$ 5790
1 Mbps CIR	512 Kbps CIR	\$ 14500	\$ 16950	\$ 15500

Tabla 3.12.- Servicios de SeaMobile y costes

Operadora 3.- Afrique Telecom. Presta servicios en Mozambique. Tarifas recomendadas sin incluir costes de instalación, transporte de material, aduana e IVA.

Tarifas mensuales*	€
AT5 (128/512 kb/s) ilimitado, IP pública	190
AT10 (192/768 kb/s) ilimitado, IP pública	360
AT25 (256/1024 kb/s) ilimitado, IP pública	540
AT50 (512/2048 kb/s) ilimitado, IP pública	970

*Tarifas mensuales, duración mínima del contrato 1 año.

Tabla 3.13.- Servicios de Afrique Telecom y costes

Consumo eléctrico

El consumo eléctrico de los equipos VSAT es sensiblemente superior al de otras tecnologías estudiadas. El consumo durante la transmisión/recepción de una estación VSAT oscila entre los 150-200 W, con un consumo residual de 10 W durante el periodo de escucha.

Costes de mantenimiento

Dependen del tipo de contrato de prestación de servicios firmado con el proveedor, generalmente se suelen incluir cláusulas donde se especifican las condiciones de garantía de los equipos y servicios post-venta como asistencia técnica durante el primer año,... etc.

Disponibilidad

Ya se ha comentado que se pueden contratar servicios de comunicaciones VSAT en Pemba por mediación de las empresas Britol Michicomma, DAFL e Infosung Lda. Además se puede gestionar la compra de los equipos necesarios por medio de las mismas empresas y proveedores.

Criterios de sostenibilidad

Aspectos económicos

Dadas las capacidades económicas de la DPS (que tiene problemas incluso para afrontar el coste del servicio de datos mucho más económico contratado con TDM), no resultaría sostenible económicamente contratar ni el más económico de los servicios descritos en el apartado “Costes de operación”.

Aspectos tecnológicos

Robustez

Se trata de una tecnología robusta, la red está disponible el 99,8% del año y los equipos tienen una vida útil media muy superior a la de los equipos informáticos comunes. Generalmente la resistencia a condiciones climáticas extremas es una de las características de estos equipos.

Complejidad

Se trata sin duda de una tecnología más compleja que otras presentes en este estudio, pero una vez configurados los equipos, el interfaz para el usuario puede ser tan sencillo como se desee (por ejemplo, un servidor de correo). Los técnicos del SPM no estarían cualificados para realizar el mantenimiento de una estación VSAT, por lo que sería deseable externalizar ese servicio.

Asistencia técnica

Las mismas empresas que proveen los servicios de operadoras VSAT están en general preparadas para ofrecer servicios de asistencia técnica a sus clientes. En particular Britol Michicoma ofrece este servicio.

3.4.5.7.- Análisis DAFO

DEBILIDADES:

- La implantación de las redes telemáticas VSAT comienza a ser rentable a medida que aumenta el número de nodos (terminales terrestres) de la red. No es económicamente interesante implementar uno o dos nodos para comunicar varios segmentos de una red basada en otra tecnología (y probablemente de menor capacidad)
- Es una tecnología con unos costes y prestación muy superiores a las necesidades y capacidades de la DPS.

AMENAZAS:

- La Fibra óptica está siendo desplegada hasta Cabo Delgado, ofreciendo en un futuro cercano las mismas capacidades que VSAT a tarifas muy inferiores, al menos en la capital de la provincia.
- La escasa capacidad económica de la DPS y de las instituciones de Cabo Delgado en general, hacen prever que el sistema dejará de ser utilizado tan pronto como no exista una organización internacional que se haga cargo de las cuotas.

FORTALEZAS:

- Su uso es especialmente significativo en la interconexión de nodos con difícil acceso geográfico: Esto resulta especialmente interesante en países sin infraestructuras de redes de datos cableadas.
- No requieren disponer de infraestructura previa y en muchos casos la alimentación eléctrica se hace por paneles solares.
- Coste indiferente de la distancia
- Rápida implantación de la red: que solo se necesita instalar los equipos y apuntar las antenas al satélite
- Enlaces altamente fiables: Disponibilidad del 99,8% al año
- Velocidades similares a las ofertadas por otras redes.

OPORTUNIDADES:

- El proveedor del segmento de satélite garantiza unos precios estables mientras que los precios de los redes de datos terrestres fluctúan mucho
- Pueden dar soporte a aplicaciones y servicios para los trabajadores del Sistema Público de Salud mucho mejores que otras tecnologías. Soportan aplicaciones multimedia integradas (voz, datos, imágenes) y además de la transmisión de datos puede ofrecer otras prestaciones de valor añadido como son: interconexión de redes locales, comunicaciones de voz/fax, vídeo conferencias/transmisión de imágenes, etc.

Capítulo 4.- DISEÑO DE REDES DE COMUNICACIONES PARA CABO DELGADO

4.1.- Introducción

A lo largo de este capítulo se pretende describir el proceso de diseño llevado a cabo con el fin de elaborar, debidamente justificadas y cuantificadas, una serie de propuestas para redes inalámbricas que proporcionen comunicaciones de voz y datos a las Instituciones del Sistema Público de Salud de la provincia de Cabo Delgado.

En un primer apartado, se expone la metodología utilizada para llevar a cabo el cálculo de los enlaces, las herramientas utilizadas, los parámetros y variables clave del diseño así como algunas recomendaciones e informaciones de interés a tener en cuenta en el caso de este estudio.

A continuación se enumeran las tecnologías sobre las que se han basado los diferentes sistemas de comunicaciones diseñados, comentando brevemente las particularidades de cada una de ellas en relación a los parámetros de diseño y otros factores a tener en cuenta, así como los criterios sobre los que se ha basado la selección de una u otra solución.

Finalmente, se presentan las redes diseñadas, Instituciones de Salud de que forman parte de cada una de ellas y su localización, presupuestos de enlace más viables, exponiendo las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos, para su posterior discusión y elaboración de las propuestas finales en base a los resultados de este capítulo. Para una mayor comodidad al lector, se presentan en este capítulo las conclusiones y aspectos más relevantes de las redes diseñadas, es decir, únicamente los resultados del proceso de diseño y no las discusiones completas ni los estudios de los vanos.

4.2.- Metodología de diseño

Una vez reunida toda la información disponible sobre las tecnologías más susceptibles de ser empleadas en una red de comunicaciones para la DPS, informaciones sobre el terreno y su climatología, su realidad socioeconómica, el mercado local de equipos y servicios, los servicios e infraestructuras de las principales operadoras de telecomunicaciones de la región

y otras informaciones relevantes, se ha acometido el proceso de diseño teniendo siempre en perspectiva las informaciones mencionadas.

La principal herramienta de diseño utilizada a la hora de calcular los enlaces más probablemente viables ha sido el software de simulación *Radio Mobile*.

4.2.1.- Herramienta de simulación

Todos los enlaces que se muestran en este capítulo han sido calculados mediante el software de simulación *Radio Mobile (v9.1.4)*, que aún siendo una herramienta con una interfaz gráfica sencilla y fácil de utilizar, no deja de proporcionar estimaciones de los enlaces que resultan en buenas aproximaciones a las prestaciones de los mismos una vez se implementan sobre el terreno.

Radio Mobile se basa en aproximaciones del modelo de propagación de ondas electromagnéticas Longley-Rice combinado con mapas digitales del terreno. Este modelo, también conocido como ITM o Irregular Terrain Model, tiene en cuenta entre otros factores las pérdidas por propagación en el espacio libre, efectos asociados a la reflexión y difracción de las ondas y desvanecimiento (fading).

En esta ocasión se han utilizado mapas digitales SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) que proporcionando una muestra cada 30m, permiten que los perfiles de los enlaces tengan en consideración cualquier obstrucción de dimensiones superiores a estas muestras, proporcionando así aproximaciones buenas al comportamiento de las ondas con una precisión aceptablemente buena.

Modelo de Longley- Rice

También conocido como modelo ITM por sus siglas en inglés (*Irregular Terrain Model*), proporciona una estimación de las pérdidas de propagación medias en un enlace punto a punto. Es un modelo de “espectro amplio”, ya que permite obtener buenas aproximaciones en transmisiones por radiofrecuencias en un rango desde los 40 MHz hasta los 100 GHz, por lo que resulta válido para todas las tecnologías presentes en este estudio.

El modelado matemático combina varias herramientas para tener en cuenta los diversos fenómenos presentes en la radiopropagación de ondas electromagnéticas como las

pérdidas de propagación en el espacio libre, pérdidas por difracción por obstáculos aislados, efectos de la dispersión en la troposfera y pérdidas por la difracción en el campo lejano. Además incluye algunas modificaciones que incluyen los efectos de atenuación introducidos por el Factor Urbano.

Las pérdidas de propagación son estimadas en base al modelo de propagación de dos rayos, bastante extendido en este tipo de análisis matemáticos, que calcula los efectos de la interferencia de las reflexiones sobre el suelo conductor.

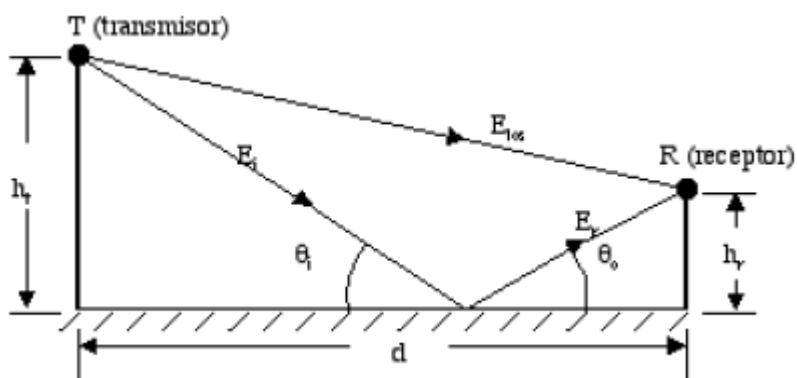


Figura 4.1.- Modelo de reflexión de dos rayos

Las pérdidas de potencia por el efecto de la difracción en obstrucciones puntuales se modela mediante la aproximación de “filo de cuchillo” de Fresnel-Kirchoff, y para la difracción en el campo lejano a distancias más largas que el doble del horizonte, incluye un método de Van Der Pol-Bremmer modificado.

Este modelo de predicción es por lo tanto especialmente interesante para obtener buenas aproximaciones al comportamiento de un enlace cuando se dispone de información detallada sobre el perfil del terreno, y resulta apropiado para grandes distancias y en zonas rurales más que para planificar enlaces en un entorno urbano. Ya que no incluye el efecto de edificios o árboles ni tiene en cuenta la multitrayectoria de la onda radiada, y tampoco modela de qué forma afectan los factores ambientales en las proximidades del receptor. Sin embargo, el software de simulación mencionado permite ajustar parámetros correctores de estos efectos.

Parámetros de diseño

Un primer paso, previo a comenzar a diseñar las redes, consiste en fijar una serie de parámetros que Radio Mobile permite, en función de las características del terreno y del tipo de red que se pretende diseñar. En éste caso particular, estos parámetros serán constantes para todas las redes y para las distintas tecnologías, con el fin de obtener una comparativa de su rendimiento en las mismas condiciones. Los principales parámetros de diseño son:

Rango de frecuencias: Delimitan la frecuencia mínima y máxima del sistema de comunicaciones simulado. Tiene por tanto relación con el patrón de radiación, el desvanecimiento (fading) y las pérdidas en el espacio libre. Depende de la tecnología de radio que se quiera emplear para la red de comunicaciones. En este caso:

	Frecuencia Mínima (MHz)	Frecuencia Máxima (MHz)
Wi-Fi g	2.400	2.483
Wi-Fi a	5.475	5.725
VHF	138	168

Tabla 4.1.- Bandas de frecuencia de simulación

Polarización: Indica la dirección del campo eléctrico en la onda radiada (la onda magnética será perpendicular a ésta), dadas las características de difracción y refracción, la propagación de la onda radioeléctrica será diferente en función de la dirección de este campo. Tanto experiencias previas en aplicaciones similares como toda la documentación consultada coinciden en que para enlaces a larga distancia sobre tierra firme, los resultados obtenidos con una **polarización vertical** son ligeramente mejores, por lo que se escogerá esta opción en los parámetros de simulación.

Modo estadístico: Radio Mobile permite cuatro tipos diferentes de modelos estadísticos en función del tipo de comunicaciones que va a soportar la red. Para cada uno de ellos, permite ajustar la variabilidad que admitida como tolerable en la simulación en forma de porcentajes (% de tiempo, % de ubicaciones y % de situaciones), siendo más estricto el modo estadístico cuanto más elevado se defina este porcentaje. Los mencionados modos estadísticos y sus aplicaciones se resumen en la siguiente tabla:

Modo estadístico	Aplicación
Intento (spot)	Transmisiones unicast entre estaciones fijas
Accidental	Se utiliza para la evaluación de interferencias
Móvil	Propagación en entornos móviles
Difusión (Broadcast)	Transmisiones broadcast entre estaciones fijas

Tabla 4.2.- Modos estadísticos del simulador

Dado que las redes diseñadas transmitirán señales de radio tanto unicast como broadcast, es más conveniente en este caso el modo estadístico definido como Difusión, con unas probabilidades de variabilidad de **% 90 del Tiempo, % 80 de ubicaciones y % 80 de situaciones.**

Estos valores, que sin ser extremadamente estrictos, son sensiblemente elevados, han sido utilizados por el equipo de trabajo del EHAS para simular enlaces que posteriormente se han implementado con prestaciones muy similares a los resultados de las simulaciones, por lo que se acepta este modelo estadístico como bueno para realizar las simulaciones.

Pérdidas adicionales: El programa permite además, añadir un porcentaje de pérdidas adicionales que pueden ser causadas tanto por posibles interferencias como por absorción (vegetación, partículas suspendidas,...) u otros factores que la simulación no tiene en cuenta. Estas pérdidas adicionales, que pueden definirse tanto para entornos urbanos como para bosques, permiten un diseño más conservador, pero en este caso no se han tenido en cuenta al suponer que la zona donde se realizará la implementación de los diseños no esta sometida al efecto de este tipo de factores que degraden la señal más allá de lo contemplado por el simulador.

Caracterización del terreno: Por otra parte, el software de simulación permite definir una serie de parámetros del modelo de Longley-Rice que caracterizan el tipo de terreno sobre el que se van a propagar las ondas radioeléctricas: Estos son la Refractividad de la superficie, la Conductividad del suelo y la Permitividad relativa al suelo. La siguiente tabla resume los valores recomendados de estos parámetros en relación al tipo de terreno:

Tipo de terreno	Conductividad (S/m)	Permitividad relativa	Refractividad de la superficie (N)
Terreno de calidad media	.005	15	301
Terreno pobre	.001	4	301
Terreno bueno	.02	25	301
Agua dulce	.01	25	301
Agua marina	5	25	301

Tabla 4.3.- Parámetros del terreno

En este estudio se han tomado los siguientes valores para enlaces en zonas del interior:

Conductividad del terreno: 0.005 S/m

Permitividad relativa: 15

Refractividad de la superficie: 301 N

Salvo en los casos en los que el enlace o la mayor parte del mismo discorra paralelamente a la línea de costa o atraviese una franja de mar, en los cuales los parámetros recomendados para caracterizar el terreno son:

Conductividad del terreno: 5 S/m

Permitividad relativa: 25

Refractividad de la superficie: 301 N

Clima: Por último, Radio Mobile permite escoger entre los diferentes tipos de clima dependiendo de la región del planeta en la que se pretendan llevar a cabo los diseños. En este caso, la opción más adecuada es **Clima continental sub-tropical**, por ser el más generalizado en la provincia de Cabo Delgado.

El siguiente cuadro muestra los parámetros introducidos para la simulación en el caso de las redes Wi-Fi, la única diferencia con las redes VHF es el rango de frecuencias para el que se evalúan los enlaces.

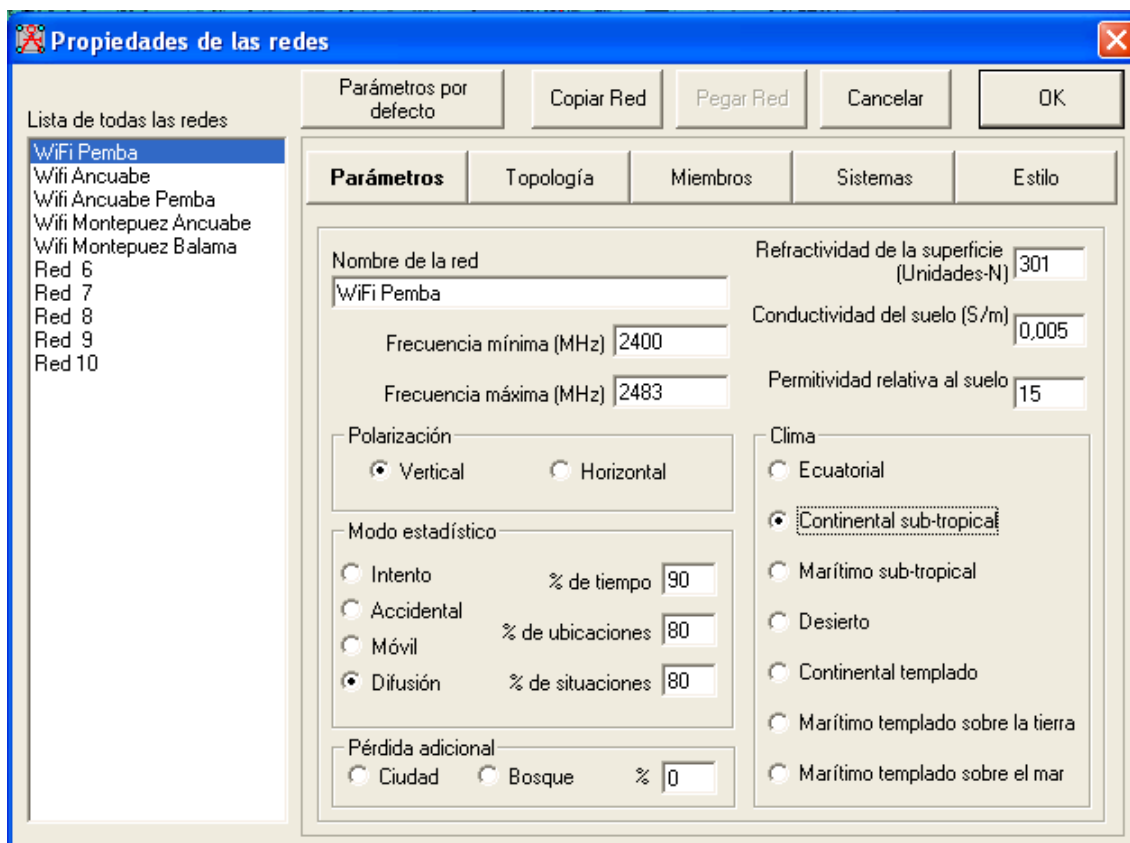


Figura 4.2. – Parámetros de simulación

Variables de diseño

Una vez establecidos los parámetros generales que van a regir todas las simulaciones, se definen las principales variables sobre las que se realizarán los diseños.

Ubicación de los nodos:

La mayoría de los nodos que conforman las redes diseñadas son, necesariamente, las Estaciones Cliente situadas en las instituciones de salud a las cuales la red proporciona servicios de comunicación de voz y datos. La ubicación de estos nodos no será por tanto una variable de diseño sino un requisito indispensable. Sin embargo, en ocasiones en las que no sea posible la comunicación entre dos de estos emplazamientos sin la ayuda de repetidores intermedios, será necesario escoger cuidadosamente la ubicación de dichos repetidores, situarlos en lugares accesibles para facilitar su mantenimiento, garantizar su seguridad, etc. Una elección apropiada de estos emplazamientos, permitirá mayores márgenes de ganancia, enlaces más robustos o redundancia de enlaces en las redes diseñadas.

Altura de antenas:

Una de las principales variables que pueden conjugarse para obtener enlaces viables o aumentar el margen de ganancia de los mismos es la altura a la que se sitúan las antenas, teniendo en cuenta que por efectos del desvanecimiento no siempre una mayor altura tiene como consecuencia unas mejores prestaciones del enlace. Será necesario probar distintas combinaciones de alturas en ambos extremos y estudiar el comportamiento de variables como el nivel de señal en recepción y el grado de despeje del primer paraboloide de Fresnel en función de estas alturas para encontrar la solución más adecuada. Otra estrategia interesante resulta de elevar siempre preferentemente la altura del nodo más próximo a la eventual obstrucción. Deben tenerse en cuenta tanto las limitaciones físicas como las posibles complicaciones consecuentes de aumentar la altura de las antenas (logística de la implementación, posibilidades de mantenimiento, seguridad, aumento de los costes,...), prefiriendo siempre la solución que implique una mayor sencillez de diseño. Así, se distinguen dos rangos principales:

Alturas de entre 0 y 6 metros: Diseños con alturas de antenas en este rango podrán ser implementados por medio de mástiles de acero galvanizado de la mencionada longitud con sus correspondientes vientos o tensores. Constituye la opción más sencilla y preferente. De ser posible los mástiles serán adosados al muro del edificio o institución de salud mediante el encofrado de barras soldadas, aumentando su estabilidad y seguridad. Si las características del edificio lo permiten, esta altura puede ser aumentada en unos pocos metros y, excepcionalmente se pueden contemplar alturas de antenas de hasta 10 metros por medio de este sistema, aunque será siempre una opción menos interesante por las mayores complicaciones que conlleva.

Alturas de más de 10 metros: Los diseños que especifican alturas de antena de este tipo requerirán necesariamente de torres para llevar a cabo su implementación, con el consecuente aumento de costes y complicaciones asociado (actualmente no existe ninguna empresa dedicada a la instalación de torres en Cabo Delgado, las posibles soluciones a este problema serán mencionadas dentro del capítulo dedicado a la Selección de Equipos). En los casos en los que esto es posible, los diseños contemplan la posibilidad de utilizar infraestructuras de comunicaciones (torres) de las principales operadoras de telecomunicaciones de la provincia (MCEL y TDM), solucionando en parte el problema de

la accesibilidad y la seguridad, aunque aumentando el número de equipos necesarios al tener que instalar repetidores en dichas torres. En los casos en los que resulta indispensable la instalación de torres propias, para evitar problemas añadidos, no se contemplan alturas de torres superiores a los 30 metros.

Ganancia de antena:

Ya que la ganancia de antena afecta al enlace tanto en transmisión como en recepción, y dadas las limitaciones de potencia establecidas por la normativa ETSI vigente en Mozambique para el caso de Wi-Fi, la ganancia de antena es la variable que, conjugada con una correcta elección de la potencia de transmisión, permitirá enlaces de mayor distancia respetando las restricciones de PIRE. Estas restricciones no se contemplan inicialmente en los diseños por motivos que más adelante serán comentados. Para el caso de Wi-Fi, se contemplarán típicamente antenas directivas de 24 dBi de ganancia, por ser su tamaño y prestaciones adecuados al tipo de aplicación (enlaces punto-a-punto de varios kilómetros).

Excepcionalmente, algunos diseños pueden contemplar antenas de ganancia superiores como 27 dBi, 30 dBi o incluso 34,5 dBi, poco recomendables dado su gran tamaño (esta última tiene un parabol de 1,20 metros de diámetro) y, en consecuencia, una mayor predisposición a la influencia de factores climáticos extremos (pérdida de alineación,...). Para los diseños de VHF se han supuesto antenas Yagi directivas de 9 dBi de ganancia.

Sensibilidad del receptor:

Esta variable depende principalmente de dos factores: Las prestaciones de los equipos seleccionados y la tasa de transmisión binaria (en el caso de Wi-Fi). Dado que las necesidades de comunicación diagnosticadas no presentan unas exigencias de velocidad elevadas (comunicaciones de voz esporádicas, envío de e-mail,...), en el presente caso, se ha optado por suponer enlaces Wi-Fi a 1 Mbps, siendo los que mejor sensibilidad en recepción presentan en relación a tasas de transmisión más elevadas. Así, en los diseños expuestos a lo largo de este capítulo se han considerado las siguientes sensibilidades en recepción:

Tecnología	Umbral en receptor (μV)	Sensibilidad en RX (dBm)
Wi-Fi	4	- 95
VHF	0,30	-117,5

Tabla 4.4.- Sensibilidad en el receptor

Margen de ganancia:

Representa la mínima relación entre la potencia recibida y la sensibilidad del receptor que se estima como buena para un enlace viable. Este margen debe ser suficiente como para garantizar el correcto funcionamiento del enlace (en un porcentaje elevado de situaciones) incluso en las peores condiciones. En una primera aproximación y en base a experiencias previas y a la mayoría de la documentación consultada, en los presentes diseños se han tomado como viables todos aquellos enlaces que presentan un margen de ganancia superior a los 20 dB. Un estudio más exhaustivo de las condiciones climáticas, estadísticas sobre hidrometeoros en la región, las posibles pérdidas de alineación de las antenas, un estudio de interferencias, etc., revelarían una aproximación más exacta del verdadero margen de ganancia necesario para garantizar que el enlace permanecería operativo, por ejemplo, un 99% del tiempo. En este caso, sirva como referencia el margen de ganancia de 20 dB, lo que supone tener al menos -75 dBm (Wi-Fi) y -97,5 dBm (VHF) en recepción.

4.2.2.- Criterios y recomendaciones

Se mencionan aquí algunos criterios genéricos de diseño seguidos durante el proceso, así como recomendaciones que tienen en cuenta la realidad de la provincia de Cabo Delgado que pueden proporcionar una perspectiva más apropiada a la hora de examinar los diseños aquí propuestos.

Diseño conservador:

Teniendo en cuenta que las aproximaciones se pueden obtener con Radio Mobile o cualquier otro software de simulación, por muy buenas que sean nunca van a reflejar el comportamiento real y complejo de estos sistemas, siempre constituye una buena estrategia el ser conservadores con estos diseños, ya que comportamientos de las ondas radioeléctricas no contemplados por los modelos empíricos pueden variar sensiblemente entre la simulación realizada y el enlace implementado. Por ello y con el fin de garantizar dentro de lo posible la viabilidad de los enlaces propuestos, la tendencia ha sido la de rechazar enlaces dudosos o aumentar las condiciones que mejoren las prestaciones de los mismos.

Redundancia de enlaces:

En la misma línea de lo expuesto anteriormente y en previsión de posibles fallos en alguno de los enlaces una vez implementados, siempre que esto ha sido posible, se ha tendido a diseñar más de una ruta alternativa para comunicar los distintos nodos de la red de comunicaciones, especialmente en la red de transporte. De este modo, pueden evitarse, o al menos reducirse las consecuencias de la caída de alguno de los enlaces ya sea por motivos técnicos o circunstanciales, favoreciendo que un fallo puntual en alguno de los enlaces no interrumpa las comunicaciones de toda la red, dejando segmentos de la misma aislados durante el tiempo que lleven las reparaciones (teniendo en cuenta que dadas las características de la región, este tiempo pudiera ser sensiblemente elevado).

Mantenimiento de los equipos:

Con el fin de facilitar el mantenimiento preventivo/correctivo de los equipos instalados, y siempre que esto ha sido posible, se ha preferido situarlos en lugares de fácil acceso, cerca de vías de comunicación o núcleos urbanos. De este modo se consigue minimizar tanto el tiempo de respuesta del SPM ante fallos del sistema como los costes asociados al desplazamiento de los técnicos de mantenimiento. Se ha intentado, por tanto, evitar en los diseños la ubicación de repetidores en zonas aisladas o de difícil acceso.

Reducir número de infraestructuras propias:

Otra estrategia de diseño que permite reducir los costes de implementación y las complicaciones consecuentes de la instalación de torres propias, limitando así el impacto negativo (visual, medioambiental, cultural,...) de la intervención, es la de aprovechar al máximo las infraestructuras ya presentes en la provincia, situadas presumiblemente en lugares estratégicos y gestionadas por las principales operadoras de telecomunicaciones. De este modo se aumenta también la seguridad de los equipos de comunicaciones.

Acuerdos con operadoras:

En los diseños se han tenido en cuenta las ubicaciones y características de las infraestructuras de comunicaciones ya mencionadas, basando en muchos casos la viabilidad de la red de comunicaciones en la posibilidad de utilizar dichas infraestructuras para la instalación de equipos de comunicación de la DPS. Esta posibilidad existe e informaciones

obtenidas de la mano de las administraciones y equipos técnicos provinciales de la TDM hace suponer que así es, aunque para ello será necesario suscribir acuerdos de colaboración con las administraciones centrales de las operadoras en Maputo. La gran mayoría de los diseños se ven por tanto condicionados por la consecución de dichos acuerdos y condicionan una serie de reuniones y esfuerzos para negociar y cumplir los criterios exigidos por dichas operadoras.

Repetidores

Aunque en ocasiones haya resultado inevitable incluir Estaciones Repetidoras en los diseños, siempre se ha seguido el criterio de minimizar su cantidad y maximizar su rentabilidad, de forma que en los casos en los que estos repetidores son necesarios y la inversión (económica en el caso de instalar infraestructuras propias, o de tiempo en el de tener que negociar con las operadoras el uso de sus infraestructuras) se vea amortizada por el hecho de que los repetidores proporcionen comunicaciones al mayor número de Estaciones Cliente posible.

4.2.3.- Proceso de diseño:

A continuación se enumeran y describen los pasos principales dados en el proceso de diseño, con el doble fin didáctico (para quien pretenda realizar una labor semejante) y explicativo para una mejor comprensión de los resultados obtenidos:

1.- Obtención de coordenadas de las Instituciones de Salud: Se han obtenido las coordenadas medidas con GPS de todos los Centros de Salud Rurales, Hospitales y Sedes Distritales de Salud, Mujer y Acción Social de Cabo Delgado, tanto de aquellas que necesariamente formarán parte de la red de comunicaciones como de aquellas otras que pudieran ser consideradas opciones preferentes por su ubicación para la implementación de una estación repetidora, de cara a una futura ampliación de los servicios de comunicaciones a estas instituciones. Los datos se han obtenido a partir de mediciones realizadas por personal de ISF-ApD sobre el terreno y contrastándolas con datos de la propia DPS en el informe “Composição da Rede Sanitária de Cabo Delgado 2007”.

2.- Obtención de mapas digitales: como ya se ha mencionado, se han obtenido mapas digitales del terreno, disponibles gratuitamente en Internet, proporcionados por el STRM, con una precisión de 30 metros, sobre los que estudiar los perfiles de los enlaces.

3.- Obtención de informaciones sobre el terreno: Se ha buscado información complementaria sobre la orografía del terreno, vegetación, datos climatológicos, mapas de carreteras, existencia de infraestructuras, equipos y niveles de formación actuales con el fin de reunir toda la información susceptible de algún interés durante el proceso de diseño y de tener una visión más completa sobre las problemáticas, capacidades y potencialidades de la región. Para ello se ha recurrido a fuentes institucionales (DPS, SPM, MISAU, INCM, INE, Gobierno de Mozambique), informes de AECI y PNUD, reuniones con las principales operadoras TDM y MCEL, diagnósticos de ISF-ApD, etc.

3.- Definición de los parámetros y variables de diseño: Tras estudiar la documentación encontrada sobre diseños de estas características y consultar la experiencia de otros actores dedicados a este ámbito (EHAS, proveedores locales de equipos y servicios, Instituto Nacional de las Comunicaciones de Mozambique, legislación,...) se han definido los parámetros arriba comentados para realizar el proceso de diseño.

4.- Situación de todos los emplazamientos en el mapa y estudios de cobertura: una vez reunidos todos los datos se han situado los nodos que formarán parte de la red sobre los datos geográficos de los mapas digitales en el software de simulación y se han realizado con sus diferentes herramientas los primeros estudios de cobertura con el fin de obtener una idea aproximada de las posibilidades de comunicación y posibles líneas de trabajo a seguir durante el diseño.

5.- Comienzo del estudio de los enlaces. Comprobada la distribución de los nodos y el alcance de los mismos, se comienza a perfilar la topología más probable para cada red, se seleccionan los enlaces punto-a-punto más susceptibles de ser viables y se realiza un primer estudio de sus potencialidades tomando en cuenta una altura de antenas de 6 metros en todos los nodos, para posteriormente aumentar estas alturas en caso de resultar necesario.

6.- Estudio caso por caso: Tras comprobar las posibilidades de una red de comunicaciones sin la utilización de torres ni repetidores, se procede a estudiar caso por caso todos los

enlaces posibles conjugando las distintas combinaciones de alturas de antena, ganancias y potencias transmitidas, seleccionando en cada caso las opciones más interesantes para su posterior inclusión en los diseños.

7.- Estudio de alternativas para la ubicación de repetidores: Agotadas las posibilidades de diseño de redes sin repetidores se procede, con los criterios ya mencionados de menor número, accesibilidad y preferencia de infraestructuras ya instaladas, a seleccionar las ubicaciones más favorables para la instalación de repetidores, así como la altura de las torres en los que se deberán instalar. En este punto se estudian todas las alternativas posibles para las mencionadas ubicaciones y se discuten sus ventajas y desventajas.

8.- Selección de las mejores opciones y cálculo de los perfiles: Finalmente, de entre todas las alternativas estudiadas, se seleccionan las opciones potencialmente más viables, los emplazamientos más apropiados para los repetidores estrictamente necesarios, las alturas mínimas de antena que garanticen unas buenas prestaciones y se procede a calcular los presupuestos de los enlaces. En el presente informe se incluyen los perfiles obtenidos de los enlaces más viables, así como las distintas alternativas que pudieran resultar interesantes.

4.2.4.- Información de interés

Se ha estimado conveniente incluir en este apartado todas aquellas informaciones relevantes utilizadas durante la realización de estos diseños, así como las que pudieran resultar necesarias para una correcta evaluación de los mismos o incluso pudieran llegar a condicionar de algún modo la inclinación por una u otra propuesta.

Ubicación torres TDM

Localidad	Coordenadas		Altura
Pemba Rádio ⁽¹⁾⁽²⁾	40° 29' 42,26" E	12° 57' 56,42" S	63m
Nipataco	40° 11' 28,32" E	13° 7' 22,98" S	63m
Metoro	39° 11' 24,48" E	13° 6' 21,84" S	+ 45m
Chiúre ⁽¹⁾	39° 46' 54,44" E	13° 23' 50,89" S	+63m
Montpuez ⁽¹⁾⁽²⁾	38° 59' 56,90" E	17° 7' 35,62" S	63m
Ancuabe ⁽¹⁾	39° 51' 26,03" E	12° 58' 1,88" S	18m
Macomia ⁽¹⁾	40° 7' 35,00" E	12° 14' 37,87" S	30m
Namacande ⁽³⁾			63m
Mueda ⁽¹⁾	39° 33' 13,93" E	11° 39' 46,84" S	63m
Napuda ⁽³⁾			36m
Quissanga ⁽¹⁾⁽²⁾	40° 29' 19,64" E	12° 26' 8,05" S	69m
Saulane ⁽¹⁾	40° 33' 19,69" E	13° 17' 26,48" S	22m
Mecufi ⁽¹⁾⁽²⁾	40° 33' 19,58" E	13° 17' 26,23" S	33m
Metuge ⁽¹⁾	40° 23' 19,36" E	12° 59' 41,06" S	18m
Ibo ⁽¹⁾⁽²⁾	40° 35' 5,35" E	12° 20' 36,60" S	33m

Tabla 4.5.- Ubicación de las torres de TDM en Cabo Delgado

NOTAS:

- (1) En estas localidades, por no disponer de datos exactos de las coordenadas GPS de las torres, se ha optado por identificar estas ubicaciones con las de la Istitución de Salud de la localidad, presuponiendo que al tratarse de localidades pequeñas, esta diferencia no será significativa, aunque es conveniente tenerla en cuenta.
- (2) En estas localidades se ha comprobado la existencia de LOS entre la torre de la TDM y el Centro de Salud a comunicar.
- (3) Estas torres no han podido ser localizadas.

De resultas de varias reuniones con el Jefe de la Estación Terrena de TDM de Cabo Delgado (Pemba) y con el Administrador de la operadora pública en la provincia, se concluye que es posible un acuerdo de colaboración que comprenda el uso de infraestructuras de TDM por parte de la Dirección Provincial de Salud, tal y como lo vienen haciendo junto con la operadora de telefonía móvil mCel y otras instituciones públicas o privadas (que no entraron a detallar). Sin embargo, las condiciones de dicho acuerdo deberán negociarse con la Administración central de la empresa, en Maputo, al no disponer de autoridad para ello la delegación provincial.

Cobertura de mCel

El siguiente mapa detalla la cobertura de red instalada en mayo de 2008 y proyectada en la región para finales del mismo año por la principal compañía de telefonía móvil MCEL. Dada la rápida expansión de su red, favorecida sin duda por las políticas públicas y una estrategia de mercado agresiva (La mitad del capital de la compañía es estatal), es probable que incluso supere sus propias previsiones.

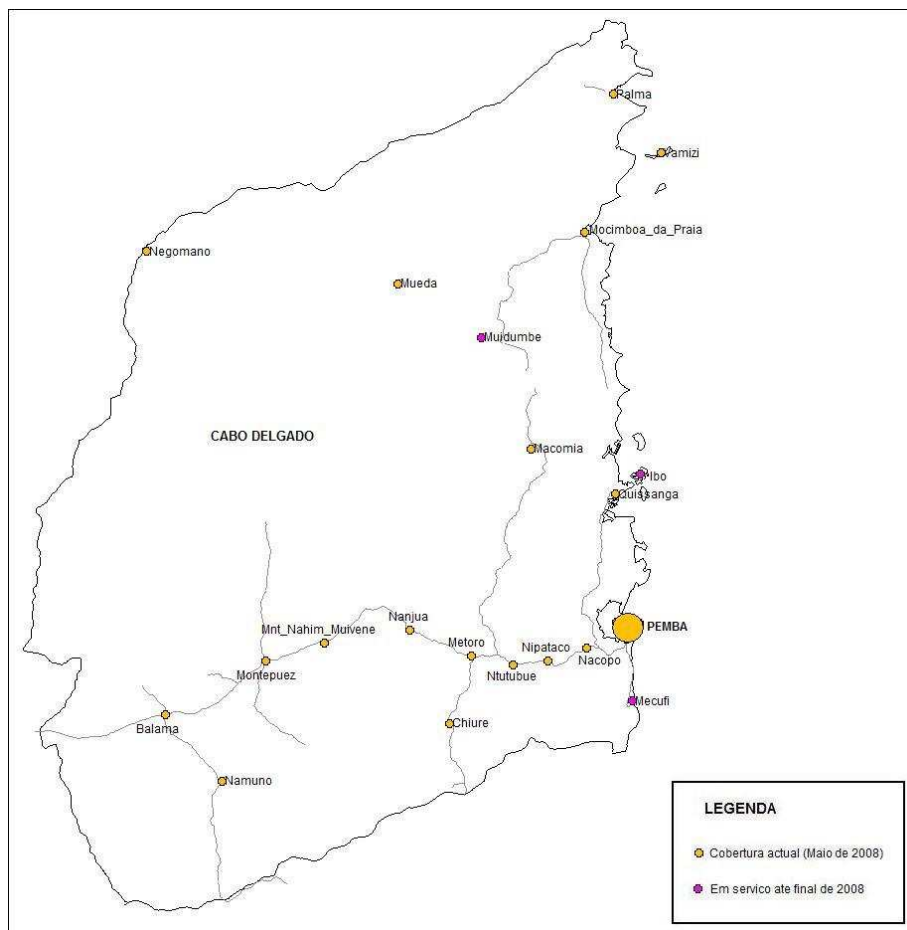


Figura 4.3.- Mapa de cobertura de mCel.

En este mapa de cobertura, facilitado por Vanderleeia Mamade, Jefa del Área de Planificación Estratégica de la propia compañía, se observan dos características interesantes de la red de telefonía móvil:

Por una parte, la red está más extendida en la zona sur de la provincia, en los distritos de Pemba, Metuge, Ancuabe y Montepuez, en los que existe una serie de repetidores de fácil acceso a lo largo de la carretera que une Pemba con Montepuez, concretamente en las siguientes ubicaciones: Nacopo, Nipataco, Ntutupue, Metoro, Nanjua y Mnt_Nahim_Muivene. Ya que pueden ser interesantes como posibles ubicaciones de los repetidores de la red de comunicaciones de la DPS, se han localizado todas las torres correspondientes a estos repetidores salvo la última, que presumiblemente se encuentra más apartada de la carretera y en algún punto elevado. Además en la siguiente tabla se han incluido dos torres de MCEL situadas a la salida de la ciudad de Pemba en la misma carretera y la torre en la sede distrital de Balama, medida con el GPS y que tiene Línea de Vista confirmada con la administración y la sala del SIS de la SDSMAS de dicha localidad.

Además tienen cobertura de telefonía móvil en el sur, Namuno, Chiure y próximamente Mecufi, donde en lugares puntuales se comprueba que ya existe cobertura de red. Del mismo modo, Ancuabe sede, aunque no figura en este mapa, se ha comprobado que dispone de red MCEL en muchos puntos de la ciudad.

Repetidor	Coordenadas		Altura
Torre1	40° 31' 31,08" E	12° 58' 34,98" S	54m
Torre2	40° 31' 56,82" E	13° 1' 54,54 S	54m
Nakopo	40° 21' 46,02" E	13° 4' 24,60" S	54m
Nipataco	40° 11' 28,32" E	13° 7' 22,98" S	54m
Metoro	39° 11' 24,48" E	13° 6' 21,84" S	54m
Ntutupue	40° 7' 33,6" E	13° 8' 36,50" S	54m
Nanjua	39° 36' 30,90" E	13° 59' 7,60" S	54m
Balama	38° 36' 30,90" E	13° 20' 7,60" S	54m

Tabla.4.5.-- Torres localizadas de MCEL

En el resto de localidades, y especialmente en los distritos del norte de la provincia, no existen repetidores intermedios, ya que proveen servicios de telefonía móvil y GPRS a través de estaciones VSAT propias o utilizadas de resultas de acuerdos con la TDM. Sin embargo, es de suponer que en aquellas sedes distritales en las que están en condiciones de proporcionar servicios cuentan con, al menos, una torre de comunicaciones de 30 metros. Se trata de las sedes distritales de Quissanga, Macomía, Mueda, Mocimboa da Praia y Palma, y en un futuro próximo Ibo y Muidumbe.

En conclusión, 14 de las 17 sedes distritales tienen o tendrán a corto plazo red de telefonía móvil, y presumiblemente al menos una torre de 54 metros de la operadora MCEL en la localidad. Quedan fuera de este cómputo, por el momento, Nangade, Meluco y Ancuabe, aunque este último ya es ha mencionado que dispone de amplias zonas de cobertura. Esta información es interesante tanto para plantear a la operadora el uso de estas infraestructuras como para la posible contratación de servicios de la operadora.

4.3.- Tecnologías:

Como resultado del análisis previo, se han preseleccionado dos tecnologías como candidatas para ser utilizadas en la implementación de las futuras redes de comunicaciones. Se trata de redes Wi-Fi basadas en el estándar 802.11g y de redes de comunicaciones vía radio VHF con módem de datos. Estas dos posibles soluciones, han sido seleccionadas por

su pertinencia, su disponibilidad y por los buenos resultados de experiencias previas en contextos similares.

Wi-Fi: Se han diseñado redes inalámbricas en la banda de 2,4 GHz, a partir de enlaces Punto-a-Punto o Punto-a-Multipunto a grandes distancias. Este tipo de redes serán las más indicadas en los casos en los que la distancia entre los centros a comunicar no supere los 40 km y exista línea de vista entre ellos. Tecnológicamente muy superior, el número y la calidad de los servicios que pueden proporcionar estas redes mejoran ampliamente las posibilidades de las radios VHF. Por contra, su alcance es más limitado, es necesaria Línea de Vista, requieren más mantenimiento y conocimientos técnicos especializados.

VHF: Enlaces de radio en la banda de 138 a 168 MHz para transmisión de voz y datos (no simultánea) mediante TNC u otros dispositivos que permitan la transmisión de datos con modulaciones FFSK o GMSK. Aunque tiene mayores limitaciones en cuanto a la capacidad de transmisión de datos, puede ser una alternativa más viable debido a que permite alcanzar distancias mayores y salvar perfiles menos despejados. El mayor precio de los equipos se compensa con unas necesidades de mantenimiento menores y más sencillas.

Se han realizado diseños completos de todas las redes con ambas tecnologías, con el fin de estudiar la viabilidad y calidad de los enlaces, y la eventual necesidad de infraestructuras (torres, repetidores,...) con cada una de ellas. Una vez descartadas aquellas soluciones menos viables, se han seleccionado las mejores propuestas, decantándose por una u otra tecnología en cada caso.

Siendo que estas soluciones no son únicas ni excluyentes, las propuestas finales, elaboradas a partir de estos diseños, estarán compuestas por ambas tecnologías en aquellas ocasiones en los que los dos sistemas se complementan (e incluso por el sistema de radio HF existente en los casos en los que pueda resultar pertinente).

En los casos en los que ambas soluciones resultaron claramente viables, se procedió a la hora de elaborar las propuestas a estimar los costes de implementación y escoger la solución

más apropiada en términos de diseño, evaluando además las ventajas y desventajas de cada uno de los dos sistemas de cara a su sostenibilidad:

Mantenimiento:

Tal y como se discutió en el capítulo anterior, el mantenimiento de los equipos de comunicaciones es uno de los factores determinantes a la hora de inclinarse por una u otra tecnología. Cuantificados ya de antemano los costes de mantenimiento, una comparativa en función del número de sistemas necesarios para garantizar la funcionalidad de la red será un factor principal a la hora de optar por una u otra tecnología en las propuestas finales.

Recambios y asistencias técnicas:

De cara a la posibilidad de externalizar los servicios de asistencia técnica de la red, las propuestas finales tendrán en cuenta la disponibilidad de estos servicios así como el tiempo medio necesario para obtener equipos de repuesto en Pemba. El capítulo siguiente, dedicado a los equipos preseleccionados para cada tecnología, incluirá información referente a esta disponibilidad, así como recomendaciones para la adquisición de los equipos reflejando la realidad de la provincia donde se lleva a cabo el proyecto.

Facilidad de uso:

El nivel medio de los usuarios es bajo, por lo que ante dos alternativas y en similares condiciones, siempre se propondrá aquella que sea más sencilla para los usuarios finales. De esta forma aumentarán las posibilidades de un uso efectivo de la infraestructura de comunicaciones que introduzca una mejora sustancial y sostenible del Sistema de Información Sanitaria y de las comunicaciones entre las distintas entidades de salud.

Servicios complementarios:

Se preferirán sistemas de telecomunicaciones que además de los servicios básicos de comunicaciones de voz y datos que satisfagan las necesidades de comunicación diagnosticadas (envío de e-mail para los informes del SIS y comunicaciones de voz), ofrezcan la posibilidad de añadir valor a la red de comunicaciones proporcionando a través de ella servicios de tele-formación, consultas médicas a especialistas, envío de imágenes

médicas, acceso a Internet y otras funcionalidades que en un futuro permitan aprovechar al máximo las ventajas de disponer de una red de comunicaciones propia.

Posibilidades de mejora:

Unido a esto, cabe contemplar las posibilidades de que a medio plazo la red pueda extenderse a nuevas áreas geográficas, integrando otras redes o proporcionando servicio a otras instituciones de salud; mejorar su rendimiento aumentando sus capacidades o añadiendo servicios; proporcionar a los usuarios acceso a otras redes como Internet o la RTPC o incluso mejorar sus funcionalidades para aumentar su robustez o facilitar su mantenimiento. Esta perspectiva de futuro se mantiene a lo largo de todo el proceso de diseño, desde la escogencia de una tecnología hasta la elaboración de las propuestas finales.

4.4.- Redes de comunicaciones:

4.4.1.- Red troncal:

Se denomina así a la red que comunica las 16 SDSMAS entre sí y con Pemba. Al mismo tiempo compone la red de transporte para una posible red de comunicaciones que dé servicio a un mayor número de instituciones de salud, sean Hospitales Urbanos o Centros de Salud Rurales, o a otras redes de comunicaciones del Sistema Público de Salud.

Descripción:

Es una red de enlaces inalámbricos Punto-a-Punto o Punto-a-Multipunto enrutada que permite tráfico de voz y datos entre los 17 nodos que la componen, directamente o por medio de estaciones repetidoras intermedias.

Los distintos servicios de transmisión de datos se facilitarán a través de una red de conmutación de paquetes IP sobre el medio inalámbrico. La transmisión de voz dependerá de la tecnología, pudiendo ser Radio VHF o Voz sobre IP en el caso de las redes Wi-Fi. Las capacidades de los canales de datos dependerán tanto de la tecnología empleada como de las distancias a cubrir.

Podrá existir conectividad con otras redes como Internet o la red telefónica conmutada mediante una estación pasarela en el nodo central ubicado en la DPS en Pemba.

Nodos:

Los miembros de esta red de comunicaciones y sus coordenadas son los siguientes. Además, la tabla recoge la disponibilidad de energía eléctrica y la cobertura de telefonía móvil de la principal operadora del país.

SDSMAS	Coordenadas		Altitud	Energía	Cobertura MCEL
Ancuabe	12° 58' 00,0" S	39° 51' 28,0" E	351 m	G ⁽¹⁾	No ⁽³⁾
Balama	13° 20' 50,0" S	38° 34' 24,0" E	595 m	SFV ⁽¹⁾	Sí
Chiure	13° 22' 59,0" S	39° 46' 53,0" E	338,9 m	G.V. ⁽¹⁾	Sí
Ibo	12° 20' 36,6" S	40° 35' 05,4" E	10,4 m	-- ⁽¹⁾	No ⁽²⁾⁽³⁾
Macomía	12° 14' 46,0" S	40° 07' 33,0" E	304 m	SFV	Sí
Mecufi	13° 17' 27,0" S	40° 33' 19,0" E	4,3 m	C.B.	No ⁽²⁾⁽³⁾
Meluco	12° 32' 25,0" S	39° 38' 27,0" E	313,2 m	SFV	No
Metuge – Pemba	12° 59' 42,0" S	40° 23' 19,0" E	10,6 m	C.B.	Sí
Mocimboa da Praia	11° 20' 58,2" S	40° 21' 30,9" E	15 m	G ⁽¹⁾	Sí
Montepuez	13° 07' 39,0" S	38° 59' 56,0" E	529,4 m	G.V.	Sí
Mueda	11° 39' 48,0" S	39° 33' 15,0" E	836,8 m	G.V. ⁽¹⁾	Sí
Muidumbe	11° 49' 25,4" S	39° 48' 44,6" E	607,5 m	-- ⁽¹⁾	No ⁽²⁾
Nangade	11° 03' 38,8" S	39° 40' 12,6" E	247,1 m	-- ⁽¹⁾	No
Namuno	13° 37' 13,0" S	38° 48' 58,0" E	488 m	SFV	Sí
Palma	10° 46' 51,0" S	40° 28' 24,0" E	33,3 m	G ⁽¹⁾	Sí
Pemba – Cidade	12° 57' 56,4" S	40° 29' 42,3" E	53,4 m	C.B.	Sí
Quissanga	12° 26' 08,0" S	40° 29' 20,0" E	13,6 m	G.V.	Sí

Tabla 4.7.- Coordenadas SDSMAS

C.B.- Cahora Bassa – Red pública de EDM (Electricidad De Mozambique). Suministro fiable las 24 h del día, aunque falla con cierta frecuencia y se interrumpe el suministro durante algunas horas. Estaba prevista su llegada a Montepuez a finales de 2007, pero aunque con cierto retraso ya se están instalando los postes.

G.- Generador particular – SDSMAS que disponen de generador propio que les abastece energía durante horario laboral.

G.V.- Generador de la Villa – Sedes distritales que cuentan con generador, algunas veces gestionado por la Administración del Distrito y otras por la propia EDM, del cual se abastece la SDSMAS. El suministro eléctrico es variable y sólo alcanza algunas horas entre las 18h y las 22h. Gran parte de los generadores se encuentran averiados por falta de un mantenimiento apropiado, o simplemente inoperativos por falta de combustible.

SFV.- Sistema Fotovoltáico – SDSMAS que ya cuentan con un Sistema Fotovoltáico propio para uso exclusivo del SIS, con la excepción de Macomía, donde el SFV se comparte con toda la SDSMAS.

(1) Localidades en las que ISF tiene previsto instalar SFV para uso exclusivo del SIS. (Dimensionados para proporcionar energía durante 4 horas al día)

(2) En estas localidades esta prevista la llegada de la red de telefonía móvil MCEL antes de finales de 2008. Fuente Vanderlecia Mamade, Directora de Planificación Estratégica de MCEL

(3) Aunque según fuentes de la propia operadora estas localidades no disponen de cobertura, se ha comprobado que en puntos aislados de las mismas es posible acceder a la red de telefonía.

Se ha incluido en esta tabla información sobre la disponibilidad de energía eléctrica porque en los casos en los que no se disponga de un suministro fiable, el diseño deberá incluir los costes del Sistema Fotovoltaico pertinente que garantice el funcionamiento de los equipos siempre que sea necesario. A pesar de que ISF tiene prevista la instalación de Sistemas Fotovoltaicos para uso exclusivo del Sistema de Información Sanitaria (CPU, monitor e impresora) en aquellas Sedes Distritales que no disponen de un suministro eléctrico fiable, en el diseño final de las propuestas ha sido necesario estimar los consumos eléctricos de los equipos ya que el dimensionamiento de los SFV mencionados no ha tenido en cuenta el consumo de los equipos de comunicaciones.

Otro factor a tener en cuenta en el diseño es la disponibilidad de la red de telefonía móvil de la operadora MCEL, y lo es por un doble motivo: En primer lugar, contratar un servicio de datos de esta operadora puede ser una alternativa interesante en aquellas SDSMAS en las que exista esta posibilidad y resulte muy complicado (y costoso) llegar mediante una red propia. El diseño tiene por tanto que tener en cuenta los costes, beneficios e inconvenientes de instalar, gestionar y mantener una serie de infraestructuras propias frente a los servicios ofrecidos por MCEL y sus costes en relación a una estimación de las necesidades de comunicación.

El segundo factor a tener en cuenta es el hecho de que en todas las localidades en las que MCEL está en disposición de ofrecer servicios es porque cuenta con las infraestructuras necesarias para ello, teniendo instaladas torres de 54 metros. Uno de los criterios en los que se han basado los diseños es el de minimizar el número de torres a instalar, dando siempre preferencia a acuerdos con operadoras ya presentes en la región para la utilización de sus infraestructuras, facilitando el mantenimiento y la seguridad de los equipos, pero también evitando los costes y complicaciones de traer torres a Cabo Delgado (no pueden conseguirse en la provincia y dadas las deficiencias y costes de los transportes, sólo se va considerar esta posibilidad en caso de no existir otras).

A la hora de realizar este diseño, se han localizado (con sus correspondientes coordenadas) la mayoría de las torres de MCEL en la zona sur de la provincia (Distritos de Pemba, Metuge, Ancuabe, Montepuez, Balama y Namuno) y se ha supuesto el caso más probable de una torre en cada una de las localidades del norte en las que hay cobertura de

red, dado que son localidades pequeñas y distantes a las que la red de MCEL llega a través de estaciones VSAT, y por lo tanto sin repetidores intermedios.

4.4.2.- Micro-redes o redes distritales:

Se trata de redes de comunicación a nivel distrital para proporcionar comunicaciones de voz y datos a los Centros de Salud Rural entre sí con su respectiva Sede Distrital de Salud, Mujer y Acción Social.

Descripción:

Las cuatro microrredes distritales que se presentarán en este capítulo serán también redes de voz y datos sobre enlaces P2P o P2MP entre la SDSMAS y los distintos CSR, siendo estos un número variable entre 5 y 7 en función del distrito.

Las alternativas Wi-Fi permitirán las comunicaciones de voz mediante VoIP y datos bien mediante Fax o tráfico IP enrutado en el caso de utilizar equipos informáticos. Para Radio VHF, se podrán efectuar comunicaciones de voz y datos solo en el caso de contar con equipos informáticos.

Los diferentes nodos de estas redes podrán comunicarse con otras redes distritales, la DPS y otras redes a través de la red de transporte anteriormente descrita.

Nodos:

Cada una de las cuatro redes diseñadas esta formada por los centros en los que ISF tiene previsto intervenir a través de las líneas Infraestructuras, Agua y Saneamiento y SIS del programa que ejecuta en Cabo Delgado, y por sus respectivas sedes distritales. Además, se ha estimado oportuno incluir en el estudio al resto de CSR que, a pesar de no pertenecer al Programa de ISF-ApD, pueden en un futuro formar parte de las redes de telecomunicaciones aquí proyectadas. Estos centros se han marcado con * en las siguientes tablas.

Red Ancuabe:

La microrred del distrito de Ancuabe estará formada por la SDSMAS, Hospital del Distrito (situado en la misma Sede y muy próximo a la SDSMAS) y cinco Centros de Salud Rurales situados a distancias de entre 15 y 40 kilómetros de la Sede.

Unidad de Salud	Latitud	Longitud	Altitud (m)
SDSMAS Ancuabe	12° 58' 00,00" S	39° 51' 28,00" E	351
CSR Ngeue	12° 51' 37,20" S	39° 56' 56,64" E	326
CSR Meza	13° 01' 54,80" S	39° 33' 07,92" E	403,9
CSR Mariri	13° 05' 29,64" S	39° 35' 34,68" E	343
CSR Minheuene	12° 59' 37,86" S	39° 28' 02,70" E	405
CSR Metoro*	13° 06' 18,00" S	39° 52' 27,00" E	385,1

Tabla 4.8.- Unidades de Salud en Ancuabe

Red Montepuez:

La microrred del distrito de Montepuez estará compuesta por la SDSMAS y el Hospital, ambos en la Sede distrital y asumidos bajo el nombre único de SDSMAS Montepuez, y siete CSR, cuatro de los cuales pertenecen al convenio entre ISF-ApD y la DPS. El Centro de Salud más próximo es el de Namueto, situado a unos centenares de metros de la SDSMAS, mientras que el más lejano es el de Nairoto a casi 70 km.

Unidad de Salud	Latitud	Longitud	Altitud (m)
SDSMAS Montepuez	13° 07' 39,00" S	38° 59' 56,00" E	529,4
CSR Namanhumbire	13° 02' 12,06" S	39° 16' 51,90" E	492
CSR Mapupulo	13° 13' 23,82" S	38° 52' 51,84" E	482
CSR Linde	13° 18' 49,98" S	38° 56' 47,40" E	519
CSR Mirate	13° 06' 06,00" S	38° 48' 53,00" E	484,5
CSR Nropa*	13° 11' 19,20" S	38° 44' 35,70" E	516,9
CSR Namueto*	13° 07' 53,50" S	39° 02' 10,10" E	519,4
CSR Nairoto*	12° 33' 03,10" S	39° 00' 06,40" E	321,1

Tabla 4.9.- Unidades de Salud en Montepuez

Red Balama

La microrred del distrito de Balama esta compuesta únicamente por la SDSMAS y seis CSR, al no haber Hospital Distrital. Las distancias oscilan entre los 10 y los 30 kilómetros.

Unidad de Salud	Latitud	Longitud	Altitud (m)
SDSMAS Balama	13° 20' 50,00" S	38° 34' 24,00" E	596,2
CSR Mavala	13° 13' 33,66" S	38° 28' 49,86" E	558,9
CSR Mpiri	13° 22' 40,38" S	38° 22' 12,24" E	560
CSR Kuekue	13° 32' 48,24" S	38° 25' 28,80" E	623,1
CSR Metata	13° 25' 43,26" S	38° 35' 40,80" E	568,6
CSR Ntete*	13° 16' 24,30" S	38° 38' 10,20" E	556,5
CSR Muripa*	13° 27' 40,80" S	38° 41' 26,90" E	552,3

Tabla 4.10.- Unidades de Salud en Balama

Red Namuno

En el distrito de Namuno la microrred estará formada por la SDSMAS, el hospital del distrito (muy próximo a la SDSMAS) y seis Centros de Salud Rurales, en cuatro de los cuales hay previstas intervenciones de otras líneas de trabajo de ISF-ApD.

Unidad de Salud	Latitud	Longitud	Altitud (m)
SDSMAS Namuno	12° 58' 00,0" S	39° 51' 28,00" E	488
CSR Meloco	13° 28' 26,64" S	39° 10' 28,26" E	435,5
CSR N'Cumpe	13° 42' 34,92" S	38° 36' 01,26" E	490,5
CSR Hucula	13° 49' 59,88" S	39° 07' 56,94" E	340
CSR Papai	14° 02' 11,82" S	38° 40' 35,58" E	381
CSR Machoca*	13° 57' 54,00" S	28° 48' 20,00" E	378,6
CSR Nanrapa*	13° 41' 17,00" S	38° 46' 32,00" E	406,1

Tabla 4.11.- Unidades de Salud en Namuno

4.5.- Redes Wi-Fi

4.5.1.- Parámetros de diseño:

- **Potencia de transmisión:** Se utilizan 100 mW para todas las simulaciones, aunque una vez añadidas las ganancias de antena la PIRE transmitida superará las limitaciones impuestas por la reglamentación de Mozambique en materia de telecomunicaciones, al no estar éstas muy claras, sirva como primera aproximación para encontrar las alternativas más próximas a la viabilidad. Si con este nivel de potencia resultara inviable alguno de los enlaces propuestos, se pasaría a aumentar gradualmente la potencia transmitida. Sirva como aclaración también el dato de que transmitiendo potencias de 1W el margen de ganancia sería 10 dB superior al mencionado en las tablas del presente capítulo.
- **Ganancia de antenas:** 24 dBi con antenas de grilla (con una mayor resistencia a las inclemencias del tiempo), aunque en casos puntuales podría aumentarse hasta 27 o 30 dBi. También se contempla la posibilidad de antenas de tipo Backfire en casos en los que resulte recomendable minimizar los efectos interferentes de los lóbulos traseros (por ejemplo si hubiera un muro detrás de la antena). En los parámetros del simulador se han seleccionado por comodidad antenas omnidireccionales, ya que al no tener en cuenta efectos de las interferencias, el resultado dependerá de la ganancia y no de la directividad.

- **Altura de las torres:** 6 metros con un mástil de acero galvanizado en todas las localizaciones donde esto sea posible. Esta altura puede aumentarse en las sedes distritales en caso de resultar necesario, ya que el programa de ISF sí contempla la posibilidad de instalar estas torres, por lo que alturas de antenas a 30 metros o más se contemplan en el presente capítulo. Con la excepción del nodo situado en la DPS-Pemba, donde las antenas irán situadas sobre el tejado del edificio del gobierno a 15 metros de altura. Los repetidores situados en las torres de la TDM o de MCEL podrán situarse a tanta altura como permitan dichas torres.
- **Márgen de ganancia.** Se tomarán como buenos todos aquellos enlaces con un margen mayor de 20 dB, con algunas excepciones si estuviera muy cerca de ese valor (aunque nunca por debajo de los 15 dB). En previsión de trabajar después con potencias más bajas se considerarán enlaces óptimos por encima de los 30 dB de margen de ganancia (equivalente al Margen de 20 dB transmitiendo 100 mW en lugar de 1 W)
- **Pérdida adicional Cable:** No se considerarán pérdidas adicionales por la altura de la antena, ya que en los sistemas Wi-Fi se van a utilizar sistemas de alimentación Power over Ethernet (PoE).
- **Pérdidas de línea:** Sí se tendrá en cuenta una pérdida adicional de 0,5 dB en cada extremo del enlace provocada por los distintos conectores, cables, pigtails,... etc.
- **Sensibilidad en recepción:** Como ya se ha mencionado anteriormente la sensibilidad en recepción de los dispositivos Wi-Fi se considerará típicamente como de -95 dBm.

La siguiente figura muestra estos parámetros resumidos en el cuadro de diálogo del software de simulación:

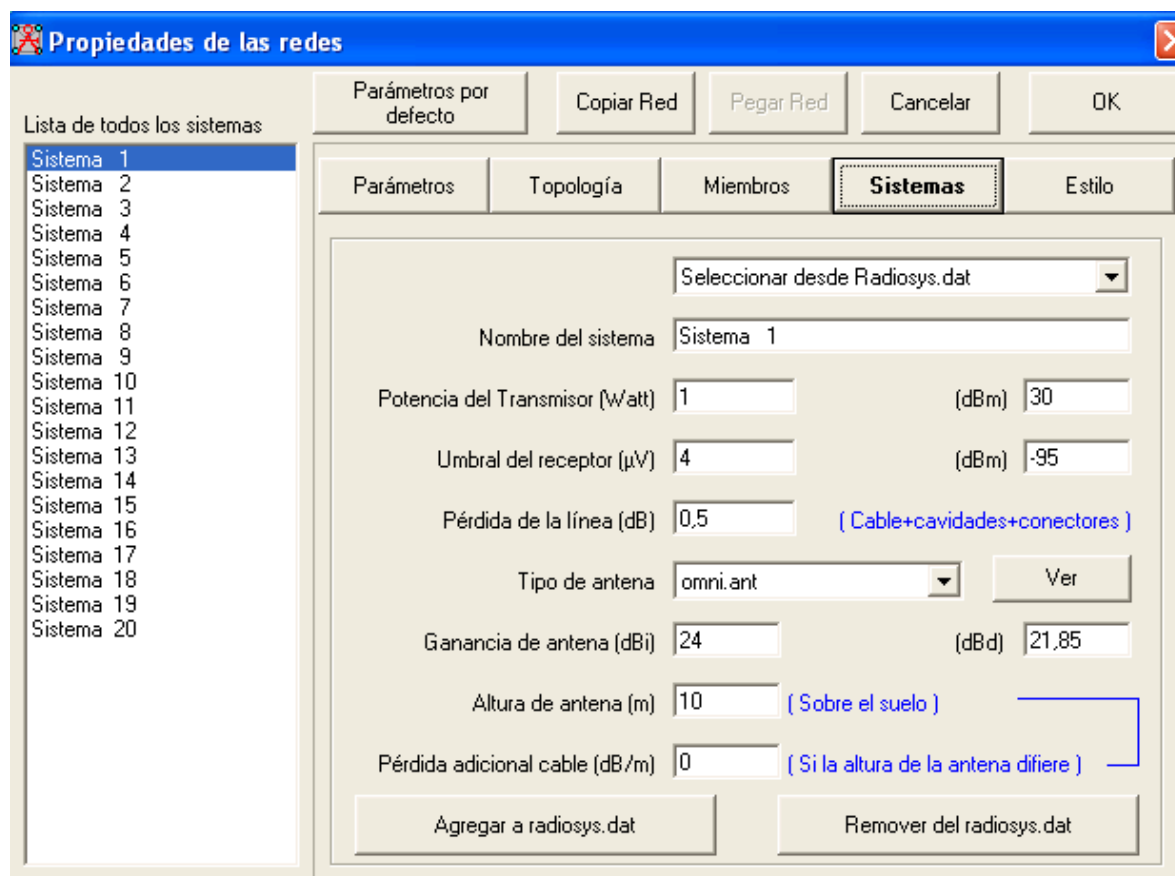


Figura 4.4.- Parámetros de sistema para Wi-Fi

4.5.2.- Red Troncal

Dadas las características geográficas de la provincia y la distribución de los nodos que conforman la red troncal, el diseño de la red troncal que comunica las 16 SDSMAS entre sí y con la DPS en Pemba es acometido en dos partes. La primera corresponde a los distritos del sur y tiene en cuenta particularmente las infraestructuras de las principales operadoras de telecomunicaciones que articulan la red a lo largo de la carretera que une Pemba con Montepuez. Tiene también las características de unas mejores comunicaciones terrestres y una mayor exactitud de los datos empleados para el diseño. Los distritos del norte se encuentran más dispersos, peor comunicados y las informaciones no son tan fiables, por lo que los diseños están más basados en las conveniencias geográficas a partir de los mapas digitales que en la realidad de la provincia y las posibilidades reales de implementación.

4.5.2.1.- Red Wi-Fi SUR:

Nodos: Pemba, Metuge, Chiure, Mecufi, Ancuabe, Balama, Namuno y Montepuez.

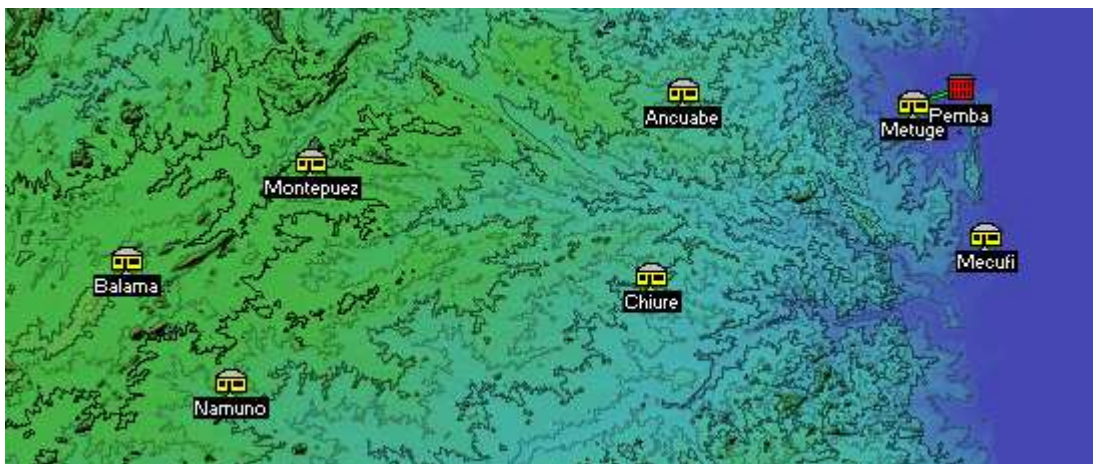


Figura 4.5. - Distribución de las SDSMAS en el sur de la provincia

El único enlace viable en la banda de 2.4 GHz es el que comunica Pemba con Metuge a una distancia de 12 km. Para alcanzar el resto de localidades utilizando Wi-Fi, se plantea el uso de repetidores preferiblemente en torres ya instaladas.

SDSMAS Mecufi

Para comunicar la DPS-Pemba con la SDSMAS Mecufi es necesario un repetidor situado en las proximidades de Murrebue, tratándose de una zona próxima a Pemba y bien comunicada. La compañía de telecomunicaciones TDM dispone de una torre de 22 metros en la localidad de Saulane (en la carretera que une Pemba con Morrebue), otra opción consistiría en la instalación de un repetidor propio en la localidad de Murrebue (bien comunicada y con red eléctrica).

SDSMAS Ancuabe

La opción más sencilla para comunicar la SDSMAS-Ancuabe con la DPS-Pemba pasa por utilizar una torre que la operadora de Telecomunicaciones TDM tiene instalada en la localidad de Metro y una segunda torre propiedad de MCEL en Ntutupue, ambas muy accesibles y bien comunicadas por hallarse a lo largo de la carretera que une Pemba con Montepuez. Se pueden mejorar las prestaciones de las comunicaciones entre RepMetro y

Pemba a tiempo que se aumenta la redundancia de enlaces con el coste de un único repetidor más situado en la torre de 63 metros que tiene TDM en la localidad de Nipataco.

La siguiente tabla resume las localizaciones y características e las tres torres en las que serían instalados los mencionados repetidores.

	Latitud	Longitud	Altura	Propiedad de
RepMetoro	39° 11' 24,48" E	13° 6' 21,84" S	+ 45 m	TDM
RepNtutupue	40° 07' 33,60" E	13° 8' 36,50" S	30 m	MCEL
RepNipataco	40° 11' 28,32" E	13° 7' 22,98" S	63 m	TDM

Tabla 4.14.- Repetidores para red troncal Wi-Fi

SDSMAS Chiure

La SDSMAS de Chiure puede ser comunicada con la red troncal desde cualquiera de los tres repetidores antes mencionados RepMetoro, RepNtutupue y RepNipataco, siempre utilizando la torre de 63 metros que TDM tiene en la sede del mismo distrito. El enlace a través de RepMetoro tiene mejores prestaciones, y la ventaja de poder ser implementado con una menor altura de torres, el inconveniente es el mayor número de saltos que tendrían que realizar los paquetes hasta la DPS-Pemba, aumentando la tasa de error y el tráfico entre RepMetoro y Pemba

SDSMAS Montepuez

La distancia que separa Montepuez del repetidor en Metoro sólo puede ser salvada por medio de varios repetidores (no hay ninguna posibilidad de conseguir comunicación en la banda 2,4 GHz por medio de un solo repetidor). La opción preferente para el primero de ellos, es sin duda la torre de 30 metros MCEL en las proximidades de la localidad de Nanjua en la carretera Pemba-Montepuez.

RepNanjua	39° 36' 30,90" E	13° 59' 7,60" S	30m
-----------	------------------	-----------------	-----

Esta torre, además de ser muy interesante para una posible red de distribución Wi-Fi que comunique el SDSMAS-Ancuabe con los CSR del distrito (como se verá más adelante), permite la extensión de la red troncal en dirección Montepuez bien a través de Ancuabe (utilizando la torre de 18 metros de la TDM) o bien a través de RepMetoro, permitiendo también la configuración de rutas alternativas que proporcionan una mayor robustez a la red

al tiempo que permiten balancear el tráfico en caso de que este saturase alguno de los enlaces.

En este punto del diseño, se plantea por vez primera la necesidad de instalar una torre propia para albergar un repetidor, a falta de alternativas. El mejor emplazamiento para esta torre sería la localidad de Namanhumbire, por el doble motivo de constituir un núcleo urbano bien localizado (en la propia carretera Pemba-Montepuez) lo que facilitaría el mantenimiento y la seguridad de los equipos, y al mismo tiempo albergar uno de los CSR incluidos en el Programa de ISF-ApD a los que se podría prestar servicio desde el propio repetidor.

RepNamanhumbire	13° 02' 12,06" S	39° 16' 51,90" E	25 m
-----------------	------------------	------------------	------

La altura mínima de esta torre sería de 25 metros, mejorando las prestaciones del enlace hasta los 25,4 dBm de margen de ganancia y 70% del primer paraboloide de Fresnel despejado con una altura de antena de 30 metros.

Sería necesario aun un tercer repetidor para poder comunicar la SDSMAS Montepuez con el resto de la red troncal, a falta de otras opciones, se presentan las siguientes tres alternativas, dejando la escogencia de una de ellas (que no influiría en el resto de los cálculos) a un estudio más detallado de esta problemática particular. Dos de ellas consisten en situar el repetidor en una zona montañosa de difícil acceso, y en una meseta más próxima a la carretera. La tercera opción pasa por la existencia de una torre de comunicaciones de mCel en las proximidades de la zona, torre cuyas coordenadas una vez averiguadas nos confirman que no proporciona visibilidad desde la localidad de Montepuez, ya que su función es la de proporcionar cobertura de telefonía móvil a la carretera de acceso a Montepuez, por lo que queda descartada como opción.

Ubicación	Coordenadas	Mejores enlaces			
Mnt_Nahim_Muivene (mCel)	13° 02' 47" S 39° 14' 4,7" E				
Sonda 5_#2: Torre de 10 metros sobre monte de 829 m de altitud	13° 7' 1,1" S 39° 90' 6,9" E	Namanhumbire (10 m)	16,62 km	35,2 dB	1,7 F1
		Montepuez (30m)	16,66 km	36,4 dB	2,6 F1
Sonda 5_#3: Torre de 10 metros en Llano a 519,3 m de altitud (cerca de la carretera)	13° 1' 37,7" S 39° 7' 58,3" E	Namanhumbire (30m)	16,13 km	35,3 dB	0,8F1
		Montepuez (30m)	18,33 km	33,4 dB	1,0 F1

Tabla 4.14.- Discusión repetidor Montepuez

Por último, quedaría proporcionar comunicación a las SDSMAS de Balama y Namuno entre sí y con la ya formada red troncal Wi-Fi sur. A falta de datos concretos sobre la zona y en la practica seguridad de que no existen infraestructuras de las principales operadoras de telecomunicaciones fuera de las sedes distritales, al ser las comunicaciones por tierra complicadas en cualquiera de los casos (no existe carretera asfaltada más allá de Montepuez), se estima como mejor solución la implementación de un único repetidor que comunique ambas sedes distritales con Montepuez. Se denomina este repetidor como Sonda4, y la mejor ubicación posible será.

Sonda4 13° 20' 34,7" S 38° 44' 3,8" E Torre/mástil de 6 m Altitud 908m

A modo de conclusión se puede resumir que, si se ignoran de las limitaciones de potencia previstas por el reglamento en materia de telecomunicaciones, sí es técnicamente posible una red Wi-Fi en la banda de 2,4 GHz en los distritos del sur de la provincia utilizando el mínimo de infraestructuras propias. Aunque merece la pena estudiar las alternativas planteadas caso por caso, puede concluirse que las siguientes infraestructuras existentes son interesantes para la instalación de estaciones repetidoras:

Torres de TDM: RepMurrebue (Saulane), RepMetoro y RepNipataco (Además de la posibilidad de utilizar las torres de TDM en las sedes distritales de Mecufi, Chiure y Montepuez.)

Torres de MCEL: RepNanjua, RepNtutupue y opcionalmente Nakopo y Torre2

Torres propias: RepNamanhumbire, Sonda4 y sonda5 (estas dos últimas implementables por medio de mástiles aunque necesariamente provistas de alguna infraestructura que aumente la seguridad de los equipos)

A grandes rasgos la red presentaría este aspecto, siendo la mayoría de repetidores (entre 8 y 10 según las alternativas) presentes en el diagrama indispensable y sólo variando el número de interfaces de red en función del número de rutas redundantes que se quisieran implementar.



Figura 4.6.- Red Wi-Fi sur

4.5.2.2.- Red Wi-Fi Norte:

Nodos: DPS-Pemba, SDSMAS de Metuge, Ancuabe, Meluco, Macomía, Quissanga, Ibo, Muidumbe, Mueda, Mocimboa da Praia, Nangade, Palma.

A diferencia del del caso de los distritos del sur, al norte se encuentran un mayor número de SDSMAS a comunicar, con distancias considerablemente mayores entre ellas, peores comunicaciones terrestres (ni una sola carretera asfaltada) y ausencia total de infraestructuras de comunicaciones instaladas fuera de las sedes distritales.

Sin el uso de repetidores intermedios (es decir, contando sólo con la posibilidad de instalar repetidores en las torres de TDM existentes en las sedes distritales), los únicos enlaces viables (o muy próximos a la viabilidad) entre estas localidades serían los que comunicarían Quissanga-Ibo, Macomía-Quissanga y Macomía-Ibo.

A pesar de transmitir a potencias superiores a las permitidas y con antenas de alta ganancia (24 dBi), y aún utilizando las torres de la TDM de gran altura, no resulta posible implementar una red troncal con tecnología Wi-Fi que provea servicios de comunicaciones a las SDSMAS de los distritos del norte a menos que se implementen estaciones repetidoras con torres propias y en localizaciones probablemente aisladas. Tras un análisis de las diferentes alternativas para el número y ubicación de las estaciones repetidoras se ha llegado a los siguientes emplazamientos. Su pertinencia, características y enlaces que posibilitan se hallan ampliamente expuestos en el Anexo III, donde también pueden consultarse los resultados de simular los diferentes vanos.

Repetidor	Altura torre	Ubicación		Enlaces posibles	
		Latitud	Longitud	Altitud	
Sonda1	30 m	12° 45' 07,50" S	40° 16' 53,20" E	200 m	Sonda1 - Pemba Sonda1 – Quissanga Sonda1 – Ibo Sonda1 – Metuge
Sonda2	30 m	12° 07' 16,90" S	39° 57' 31,40" E	664 m	Sonda2 – Muidumbe Sonda2 – Macomía Sonda2 - Ibo
Sonda3		12° 34' 03,40" S	39° 54' 14,50" E	259 m	Sonda3 – Mueda Sonda3 – Sonda2 Sonda3 – Sonda1
Sonda4	30 m	11° 24' 02,00" S	40° 06' 06,00" E	145 m	Sonda4 – Mocimboa da Praia Sonda4 – Sonda5
Sonda5	30 m	11° 21' 52,3" S	39° 45' 21,20" E	499 m	Sonda5 – Nangade Sonda5 – Sonda6
Sonda6	30 m	11° 36' 28,00" S	39° 55' 18,70" E	312 m	Sonda6 - Mueda
Sonda7	60 m	11° 7' 25,60" S	40° 24' 14,70" E	51 m	Sonda7 – Palma Sonda7 – Sonda6

Tabla 4.15.- Repetidores para Red troncal Wi-Fi norte

En la siguiente página puede verse la ubicación de estas siete estaciones repetidoras, así como los enlaces viables o próximos a la viabilidad gracias a las mismas..

De todas formas, hay que dejar claro que debido a la escasa información con la que se contaba, las dificultades del terreno y a la gran cantidad de repetidores en zonas aisladas que se han planteado, esta solución se halla más cerca de un ejercicio teórico que de una verdadera propuesta para una red de telecomunicaciones.

La conclusión principal que puede extraerse del proceso de diseño es que a día de hoy no es factible plantear la implementación de una red inalámbrica basada en tecnología Wi-Fi en el norte de Cabo Delgado, aunque técnicamente sea posible.



Figura 4.7.- Red troncal Wi-Fi norte

4.5.3.- Microrredes distritales

4.5.3.1.- Red Wi-Fi Ancuabe

La siguiente tabla clasifica las alternativas en distintos sistemas en función del número de CSR que puede comunicar cada uno y las infraestructuras propias y ajenas que serían necesarias para implementar cada uno de ellos. Se comentan las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas, las alturas, ganancias y ubicaciones de las antenas y las prestaciones de los enlaces propuestos

Sistema	Descripción	Centros comunicados	Nº de torres propias	Ubicación de torres (altura antenas)	Infraestructuras ajenas
Sistema1	Sin repetidores ni infraestructuras Sólo torre de 30m en Ancuabe	Ninguno	1	Ancuabe sede (30m)	0
Sistema2	Uso de Repetidor en Metoro	Ngeue Metoro	1	Ancuabe sede	Torre de 45+ m en Metoro
Sistema3	Repetidor en Nanjua (MCEL)	Ngeue Meza Metoro	1	Ancuabe sede (30m)	Torre de 45+ m en Metoro Nanjua (30m) de MCEL
Sistema4	Torre de 40 metros en Meza	Ngeue Meza Minheuene Mariri Metoro	1	Meza (45m)	Torre de 45+ m en Metoro Nanjua (30m) de MCEL Torre de 18m de TDM en Ancuabe
Sistema5	Repetidor de Nanjua y torres en los CSR	Ngeue Meza Minheuene Mariri Metoro	5	Ancuabe sede (15m) Ngeue (25m) Meza (15m) Mariri (20m) Minheuene (20m)	Nanjua (30m) de MCEL

El Sistema 5, a pesar de incrementar el número de torres propias necesarias para la implementación, reduce por una parte la altura de la torre necesaria en la localidad de Meza ya que comunica el CSR-Mariri a través de Minheuene. Al mismo tiempo, implementar la torre de comunicaciones propia en Ngeue permite reducir la dependencia externa al evitar la necesidad de instalar equipos de comunicaciones en la torre de TDM en Metoro. La topología de esta red se muestra en la figura siguiente, y la tabla resume las alturas y ganancias de las antenas necesarias para implementar la red.

Localidad	Altura antena	Potencia de TX	Ganancia antena	Enlaces	Margen de ganancia
Ancuabe sede	15 m	100 mW	24 dB	Ngeue	21,9 dB
			18 dB	Metoro	20,3 dB
			27 dB	Repetidor mCel	20,6 dB
Meza	15 m	100 mW	15 dB	Repetidor mCel	20,1 dB
Mariri	20 m	100 mW	24 dB	Minheuene	19,5 dB
Minheuene	20 m	100 mW	19 dB	Repetidor mCel	20 dB
			24 dB	Mariri	19,5 dB
Metoro	6 m	100 mW	18 dB	Ancuabe	20,3 dB
Ngeue	25 m	100 mW	24 dB	Ancuabe	21,9 dB
Repetidor mCel	20 m	100 mW	27 dBi	Ancuabe	20,6 dB
			15 dBi	Meza	20,1 dB
			19 dBi	Minheuene	20 dB



Figura 4.8.- Red Wi-Fi Ancuabe

4.5.3.2.- Red Wi-Fi Montepuez

El distrito de Montepuez es relativamente más extenso escarpado que el de Ancuabe, y se circunscriben en él varios Centros de Salud Rurales más que los que estrictamente forman parte del convenio de ISF, pero que aquí se ha estimado interesante incluir por analizar opciones que prevean una futura extensión de la red y por que algunas de estas localidades pueden resultar interesantes para albergar posibles Estaciones Repetidoras. Se trata de los CSR de Nairoto, Nropa y Namueto.

Por último hay que destacar que TDM dispone de una torre de comunicaciones de 63 metros de altura en el mismo centro de la villa de Montepuez con una excelente línea de vista con el Hospital y con la SDSMAS.

Sistema	Descripción	Centros comunicados	Nº Torres propias	Ubicación de torres	Infraestructuras ajenas
Sistema1	Sin repetidores ni infraestructuras Solo torre de 30m en Montepuez.	Namueto	1	Montepuez sede (30m)	0
Sistema2	Torre de TDM (60m) en Montepuez y repetidor en Mirate	Namueto Mirate Nropa	1	Mirate	Torre de 60m de TDM
Sistema3	Repetidor a las afueras de Montepuez + torre de 16m en Mapupulo y torre de 20m en Linde	Namueto Mapupulo Namanhumbire Linde	1 x30m 1 x16m 1x20m	Repmont1 (30m) Mapupulo (15m)	Torre de 60m de TDM
Sistema4	Repetidor en la carretera a Nairoto	Namueto Nairoto Namanhumbire	1	REPmont2 (30m)	Torre de 60m de TDM
Sistema5	Sistema 2 + sistema 3	Namueto Mirate Nropa Mapupulo Namanhumbire Linde	2 x30m 1 x16m 1x20m	Mirate Repmont1 Mapupulo Linde	Torre de 60m de TDM
Sistema6	Sistema2+3+4	Namueto Mirate Nropa Mapupulo Namanhumbire Linde Nairoto	3 x30m 1 x16m 1x20m	Mirate Repmont1 Repmont2 Mapupulo Linde	Torre de 60m de TDM

La única de las soluciones propuestas que proporciona conectividad a la red a todas las instituciones de salud del distrito sería el Sistema 6, que además de plantear la utilización de la torre de 60 metros de TDM en la Sede del Distrito, requiere necesariamente de la implementación de dos Estaciones Repetidoras propias en zonas aisladas fuera de los principales núcleos urbanos (aunque próximas a las vías de comunicación) y una tercera en las inmediaciones de Linde. Sus ubicaciones serían las siguientes.

RepMont1 13° 6' 12,5" S 39° 8' 17,2" E Altitud: 758m

RepMont2 12° 43' 30,1" S 38° 58' 19,6"E Altitud: 668m

RepMont3 13° 18' 13" S 38° 56' 58" E Altitud: 520m

Para ver con mayor detalle la topología del Sistema 6, así como la relación de alturas de las antenas y la ganancia de las mismas, la tabla bajo estas líneas y la figura siguiente muestran las características de la que se estima la mejor solución para este distrito, ya que comunica todas las instituciones de salud.

Localidad	Altura antena	Potencia de TX	Ganancia antena	Enlaces	Margen de ganancia
Montepuez sede	6 m	<50 mW	12 dB	Repetidor TDM	> 20 dB
Nairoto	12 m	100 mW	27 dB	Rep. propio ISF 1	20,1 dB
Namueto	6 m	<50 mW	12 dB	Repetidor TDM	> 20 dB
Mirate	35 m	100 mW 100 mW	27 dB 24 dB	Repetidor TDM Nropa	19,9 dB 20,4 dB
Mapupulo	25 m	100 mW	27 dB	Rep. propio ISF 3	21,4 dB
Linde	6 m	<50 mW	12 dB	Rep. propio ISF 2	> 20 dB
Namanhumbir	20 m	100 mW	21 dB	Rep. propio ISF 3	20,9 dB
Nropa	12 m	100 mW	24 dB	CSR Mirate	20,4 dB
Repetidor TDM	55 m	100 mW	21 dB	Rep. propio ISF 3	20,5 dB
		<50 mW	12 dB	CSR Montepuez	> 20 dB
		<50 mW	12 dB	CSR Namueto	> 20 dB
		100 mW	27 dB	CSR Mirate	19,9 dB
Rep. Propio ISF 1 (proximidades de Montepuez)	20 m	100 mW	21 dB	Repetidor TDM	20,5 dB
		100 mW	27 dB	CSR Mapupulo	21,4 dB
		100 mW	21 dB	CSR Namanhumbir	20,9 dB
		100 mW	24 dB	Rep. propio ISF 1	19,8 dB
		100 mW	24 dB	Rep. propio ISF 2	20,7 dB
Rep. propio ISF 2 (Nairoto)	15 m	100 mW	24 dB	Rep. propio ISF 3	19,8 dB
		100 mW	27 dB	Nairoto	20,1 dB
Rep. propio ISF 3 (Linde)	18 m	100 mW <50 mW	24 dB 12 dB	Rep. propio ISF 3 Linde	20,7 dB > 20 dB

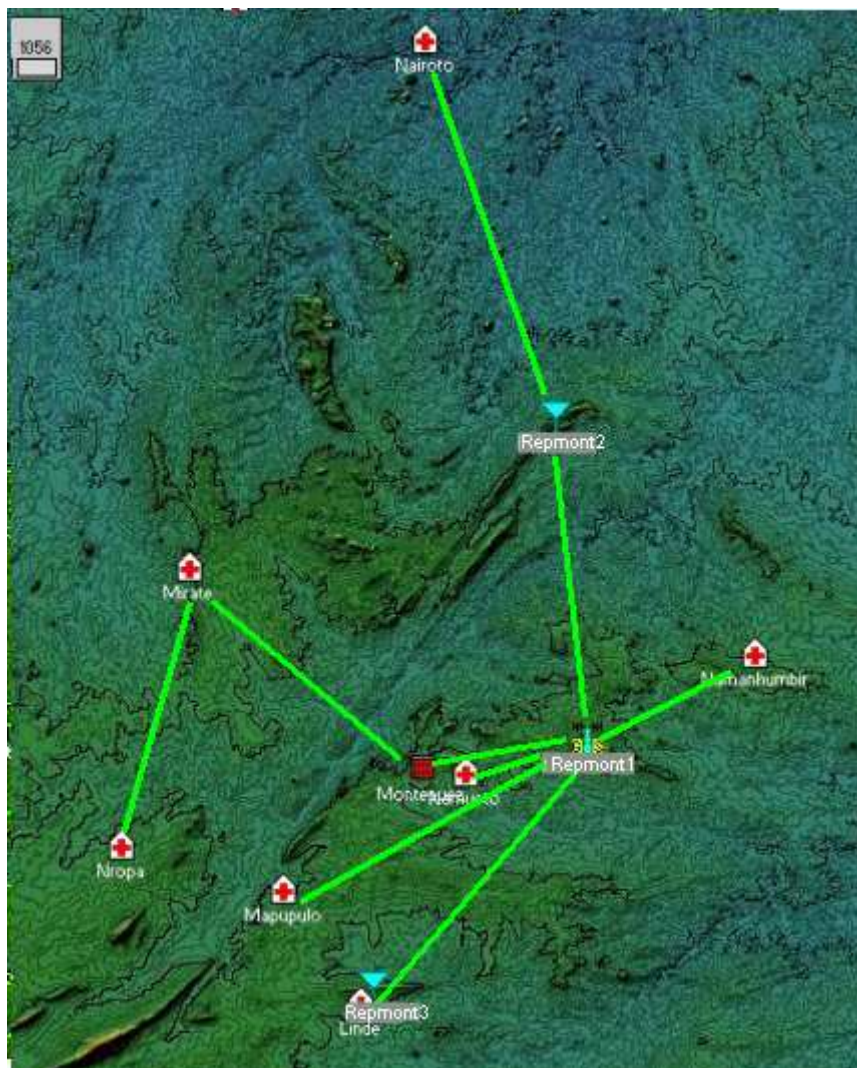


Figura 4.9.- Red Wi-Fi Montepuez

4.5.3.3.- Red Wi-Fi Balama

En una primera aproximación, se ha intentado comunicar todos los CSR con la SDSMAS-Balama considerando una única torre de 30 metros en Balama sede. Se confirman dos enlaces perfectamente viables: Balama-Mavala, de 17 kilómetros y Balama-Metata de 9 km.

Las dos estrategias posibles a partir de aquí, pasarían por aumentar las alturas de las antenas en el resto de localidades por medio de torres de 30 metros (altura mínima que garantiza la viabilidad), o por situar una Estación Repetidora intermedia que proporcione la conectividad vía Wi-Fi.

A continuación se detallan las principales características de las posibles alternativas planteadas.

Sistema	Describeion	Centros comunicados	Nº Torres propias	Ubicación de torres	Infraestructuras ajenas
Sistema1	Sin repetidores. Solo torre de 30m en Balama	Metata Mavala Ntete	1x30m	Balama (30m)	0
Sistema2	Torres en Mpiri y Kuekue	Metata Mavala Mpiri Kuekue Ntete	2x30m	Mpiri Kuekue	0
Sistema3	Repetidor a 15m de altura en la carretera Balama-Kuekue	Metata Mavala Mpiri Kuekue Ntete	1 x15m	RepBalama	0
Sistema4	RepBalama y torres en Kuekué y Muripa	Metata Mavala Mpiri Kuekue Ntete Muripa	2x30m 1x15m	RepBalama Kuekue Muripa	0
Sistema5	Sistema2 + torres en Muripa y Sede	Metata Mavala Mpiri Kuekue Ntete Muripa	2x35m 1x30m 1x15m	Balama Sede Kuekue Mpiri Muripa	0

Como se deduce del estudio, solamente hay dos posibilidades de redes de comunicaciones que comprendan todos los CSR y la SDSMAS. Bien implementando torres de comunicaciones en dos localidades (Kuekue y Muripa) y un repetidor propio en algún punto aislado entre Kuekue y la Sede del distrito, o bien implementando torres de comunicaciones en cuatro localidades. A continuación, y por ser la menos mala, se detalla esta última opción, cuya topología puede verse bajo estas líneas.

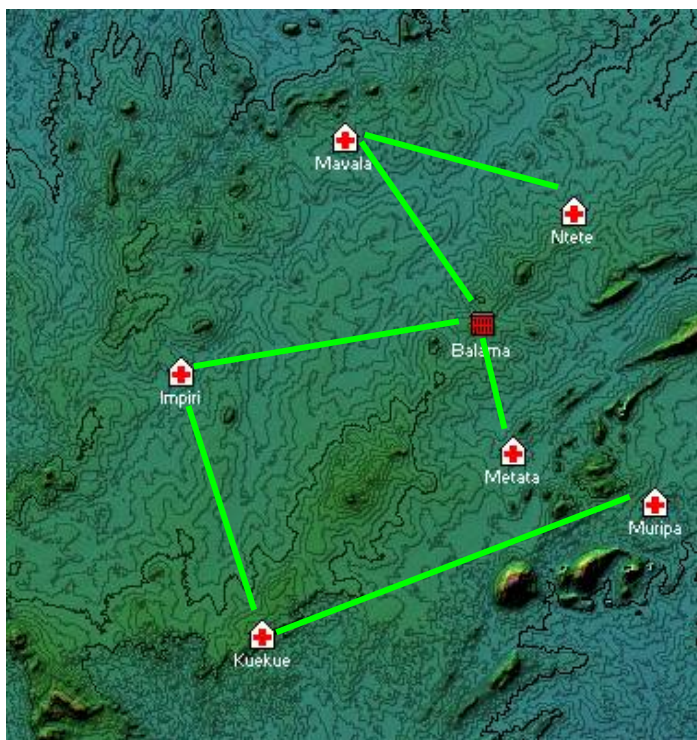


Figura 4.10.- Red Wi-Fi Balama

La siguiente tabla resume con detalla las potencias, alturas y ganancias de las antenas necesarias para llevar a cabo la implementación de la red descrita, así como los márgenes de ganancia obtenidos en cada enlace con esta configuración.

Localidad	Altura antena	Potencia de TX	Ganancia antena	Enlaces	Margen de ganancia
Balama sede	15 m	100 mW	19 dB	Mavala	20,2 dB
			24 dB	Impiri	19,5 dB
			15 dB	Metata	21,3 dB
Mavala	6 m	100 mW	19 dB	Balama	20,2 dB
			21 dB	Ntete	20 dB
Impiri	30 m	100 mW	24 dB	Balama	19,5 dB
			24 dB	Kuekue	19,4 dB
Kuekue	35 m	100 mW	24 dB	Impiri	19,4 dB
			30 dB	Muripa	21,4 dB
Metata	6 m	100 mW	15 dB	Balama	21,3 dB
Ntete	6 m	100 mW	21 dB	Mavala	20 dB
Muripa	35 m	100 mW	30 dB	Kuekue	21,4 dB

4.5.3.4.- Red Wi-Fi Namuno

Partiendo del criterio de mínimo número de estaciones repetidoras, y progresivamente aumentando el número de estos pero evitando en la medida de lo posible que su ubicación se encuentre fuera de los núcleos habitados, las posibles opciones para microrredes en el Distrito de Balama son los siguientes:

Sistema	Descripcion	Centros comunicados	Nº Torres propias	Ubicación de torres	Infraestructuras ajenas
Sistema1	Sin repetidores ni torres.	Ncumpe	0	N/A	0
Sistema2	Repetidor en Ncumpe y torre en Papai	Ncumpe Papai Machoca	2x30m	Ncumpe Papai	0
Sistema3	Torre de MCEL en Namuno y torre en Hucula.	Ncumpe Hucula Nanrapa	1x30m	Hucula	Torre de MCEL en Namuno
Sistema4	Torre de 30m en RepNamuno1	Ncumpe Hucula Nanrapa	1x30m	RepNamuno1	0
Sistema5	RepNamuno1 y torre en Machoca	Ncumpe Hucula Nanrapa Machoca Papai	1x30m 1x24m	RepNamuno1 Machoca	0
Sistema6	RepNamuno2	Ncumpe Meloco	1x30m	RepNamuno2	0
Sistema7	RepNamuno2 y torre en Hucula	Ncumpe Meloco Hucula	1x30m 1x17m	RepNamuno2 Hucula	0

Vistas las alternativas posibles, una estrategia interesante puede ser intentar evitar en la medida de lo posible implementar Estaciones Repetidoras a las afueras de las aldeas en cuyos CSR se trabaja, por lo que una combinación de los sistemas 2 y 7, permitiría comunicar los cuatro CSR de interés implementando torres en Ncumpe (25m), Papai (15m), Meloco (15m), Hucula (35m) y RepNamuno2 (20m), y prescindiendo de RepNamuno1 y utilizando en la sede distrital la torre de mCel o una torre de comunicaciones propia de 25 metros.

En el caso de prescindir también del segundo repetidor, esta alternativa dejaría fuera de la microrred al CSR de Meloco, por lo que en esta ocasión se ha decidido incluir esta posibilidad, a pesar de contradecir lo antes expuesto, es decir, el evitar instalar Estaciones Repetidoras en zonas aisladas y de difícil acceso. Se muestran a continuación la relación de alturas y ganancias de antenas y la topología de la red propuesta para este distrito.

Sitio	Altura antena	Potencia de TX	Ganancia antena	Enlaces	Margen de ganancia
Namuno sede	25 m	100 mW	12 dB	Nanrapa	19,8 dB
		100 mW	24 dB	Ncumpe	20,1 dB
		100 mW	30 dB	Hucula	20,8 dB
		100 mW	19 dB	Rep. propio ISF	20 dB
Nanrapa	6 m	100 mW	12 dB	Namuno	19,8 dB
Ncumpe	25 m	100 mW	24 dB	Namuno	20,1 dB
		100 mW	27 dB	Papai	20,1 dB
Papai	15 m	100 mW	27 dB	Ncumpe	20,1 dB
		100 mW	21 dB	Machoca	21,4 dB
Machoca	6 m	100 mW	21 dB	Papai	21,4 dB
Hucula	35 m	100 mW	30 dB	Namuno	20,8 dB
Meloco	15 m	100 mW	19 dB	Rep. propio ISF	20 dB
RepNamuno2	20 m	100 mW	19 dB	Namuno	20 dB
		100 mW	24 dB	Meloco	19,1 dB

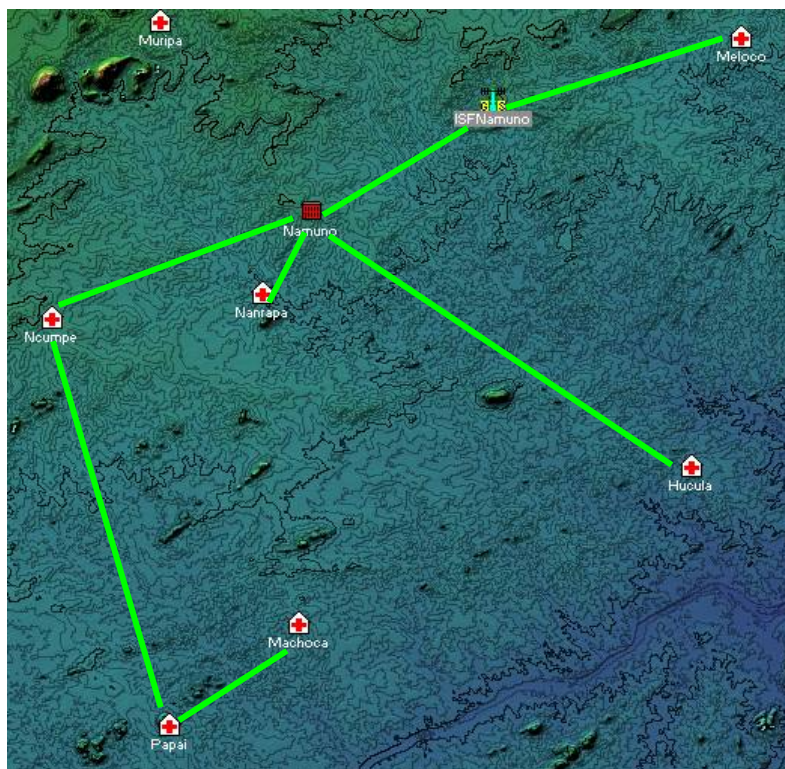


Figura 4.11.- Red Wi-Fi Namuno

Otro criterio contempla los siguientes enlaces (y alturas de antena): Namuno (6m) – Ncumpe (6m); Papai (7m) – Machoca (30m) – RepNamuno1 (6m); Hucula (11m) – RepNamuno1 (6m); RepNamuno1 (6m) – Namuno (6m) y Meloco (10m) – RepNamuno2 (18m) – Namuno (6m). Esta configuración constituye la alternativa viable con el mínimo número de torres de mínima altura: Una torre de 30 metros, una torre de 18 metros y dos emplazamientos con antenas a 10 y 11 metros de altura (mediante torres o mástiles). La contrapartida es que requiere de la instalación de dos repetidores fuera de las principales áreas pobladas.

4.6.- Redes VHF

Se estudian a continuación las diferentes alternativas para la implementación de redes de comunicaciones de voz y datos basadas en sistemas de radio VHF entre las mismas Instituciones de Salud anteriormente descritas.

4.6.1.- Parámetros de diseño:

- **Potencia de transmisión:** 25 W. Es el límite máximo de potencia que la legislación vigente en Mozambique permite transmitir. A pesar de que algunos de los equipos estudiados a lo largo del próximo capítulo como posibles opciones para implementar los diseños permiten mayores potencias de transmisión (45 W) y de que es habitual en Mozambique que se superen dichos límites, en esta ocasión, no se considerarán potencias superiores a los 25 W.
- **Ganancia de antenas:** 9 dBi con antenas Yagi. Aunque existen antenas para comunicaciones de radio VHF de ganancias superiores, su mayor tamaño hace desaconsejable su consideración.
- **Altura de las antenas:** Se repiten los criterios y recomendaciones seguidos a lo largo del estudio de redes basadas en tecnología Wi-Fi, por no constituir esta una variable dependiente de la tecnología. Por lo tanto se contemplan alturas de hasta 6 metros con un mástil de acero galvanizado en todas las localizaciones donde esto sea

posible y alturas superiores considerando la instalación de torres o la utilización de torres preexistentes.

- **Márgen de ganancia.** Por recomendación expresa del distribuidor de equipos de radio Motorola y fabricante de modem para la transmisión de datos en la banda de VHF, HV Sistemas, se establece como requisito mínimo para garantizar la viabilidad del enlace en condiciones adversas un nivel de señal en recepción superior a -100 dBm. Para con el fin de realizar unos diseños ligeramente más conservadores, se tomarán como buenos, en este caso también, los enlaces cuyo Margen de Ganancia sea mayor de 20 dB. Además de este criterio y dado que las comunicaciones vía radio VHF permiten condiciones Near LOS, también habrá que evaluar el nivel de obstrucción y la forma de ésta caso por caso.
- **Pérdida adicional Cable:** En la implementación de estos diseños se utilizará probablemente cable coaxial LMR400 o RG213 para unir la antena a la radio, las atenuaciones introducidas por estos cables son de 0,056 dB/m y de 0,073 dB/100m respectivamente a la frecuencia de 140 MHz. Sólo se considerará la pérdida adicional introducida por el cable en casos en los que el Margen de Ganancia sea muy ajustado o la distancia que separa la antena de la radio muy elevada.
- **Pérdidas de línea:** Como en el caso de Wi-Fi, se tendrá en cuenta una pérdida adicional de 0,5 dB en cada extremo del enlace provocada por los distintos conectores, cables, pigtails,... etc.
- **Sensibilidad en recepción:** La mínima señal detectada por las radios Motorola GM340 (más susceptibles de ser empleadas para implementar los siguientes diseños) es de 0,30 uV (-117,5 dBm), por lo que este es el valor utilizado durante las simulaciones.

4.6.2.- Red Troncal

Una vez comprobado que no es posible comunicar todas las sedes distritales directamente entre sí y así formar una red troncal de comunicaciones de voz y datos por radio VHF, se plantea como una primera posibilidad para esta red implementar tres repetidores de voz y datos en puntos elevados de la provincia que, aunque en enclaves de difícil acceso, permiten cubrir la totalidad de las SDSMAS.

Teniendo en cuenta que los equipos de radio VHF no precisan de tanto mantenimiento como los de Wi-Fi (son más robustos y su configuración es más sencilla), esta puede ser una solución interesante con un mínimo número de equipos e infraestructuras. Un dato que refuerza esta consideración es que actualmente el sistema de comunicaciones de la Dirección Provincial de Agricultura se basa en sistemas de radio VHF (con equipos Kenwood e ICOM) y que se tiene conocimiento de la existencia de un repetidor de este sistema en lo alto de una montaña de las proximidades de Mueda que aún sigue operativo a pesar de su aislamiento.

Para estos diseños, en primer lugar se han realizado estudios de cobertura para distintas ubicaciones de repetidores, considerando que las antenas de estos se instalen sobre torres de 30 metros de altura, con potencias de transmisión de 25 W y 9 dBi de ganancia de antena, y que las antenas de las SDSMAS se encuentran a 10 metros de altura sobre el suelo. En la siguiente figura se muestra el estudio de cobertura correspondiente a la ubicación definitiva de los repetidores.

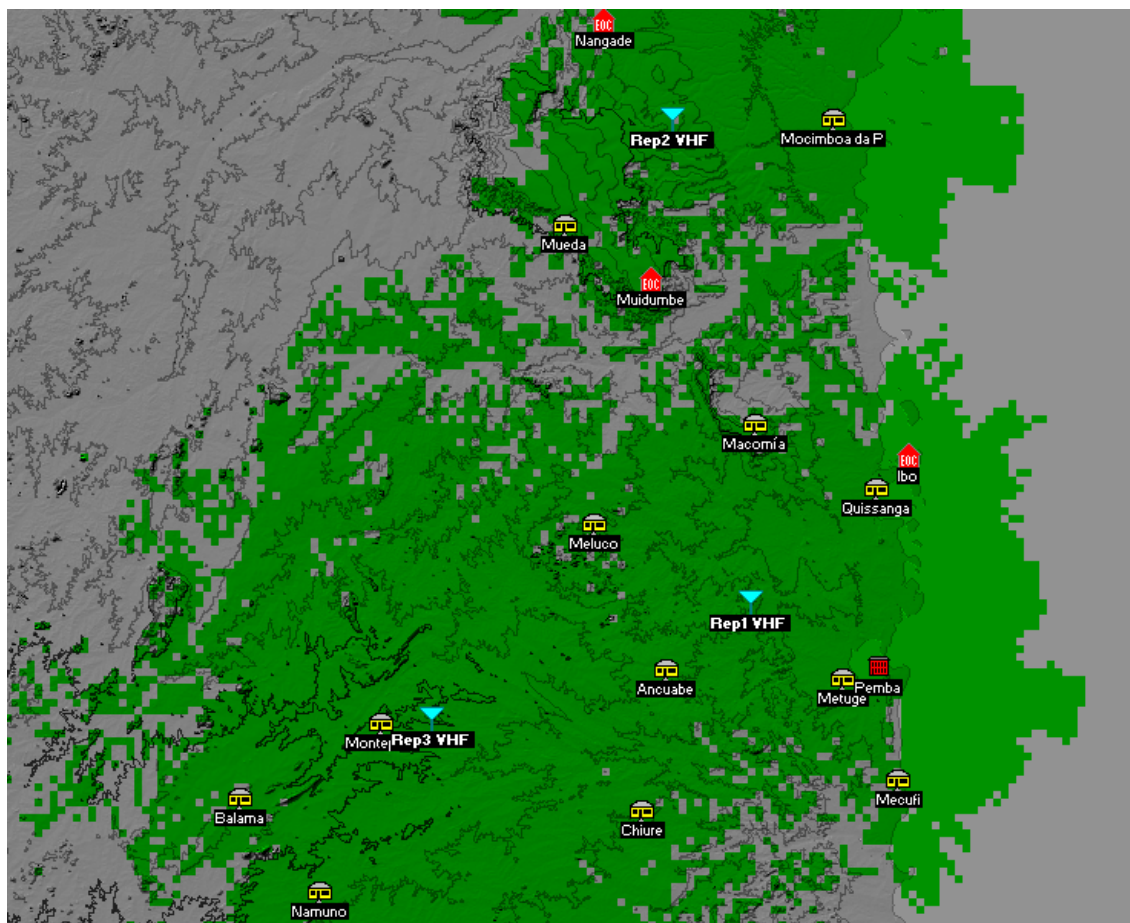


Figura.- Cobertura de Rep1, Rep2 y Rep3

Como se observa en el mapa, todas las SDSMAS estarían ubicadas dentro del área de cobertura de al menos uno de los tres repetidores, lo cual no descarta la posibilidad de obtener enlaces mejores entre dos sedes distritales, en algunos casos. Los repetidores estarían situados en las siguientes coordenadas:

Rep1 VHF	12° 46' 29,1" S	40° 06' 42,0" E	Altitud 307,9 m
Rep2 VHF	11° 21' 22,2" S	39° 52' 40,6" E	Altitud 334,5m
Rep3 VHF	13° 07' 01,1" S	39° 09' 06,9" E	Altitud 829 m

De los tres el que resultaría menos accesible por su ubicación sería Rep3, al encontrarse en lo alto de una montaña de considerable altura. Sin embargo, y por hallarse esta montaña muy próxima a la sede distrital de Montepuez, probablemente el tiempo de desplazamiento para una operación de mantenimiento sería menor hasta este repetidor que hasta los dos primeros.

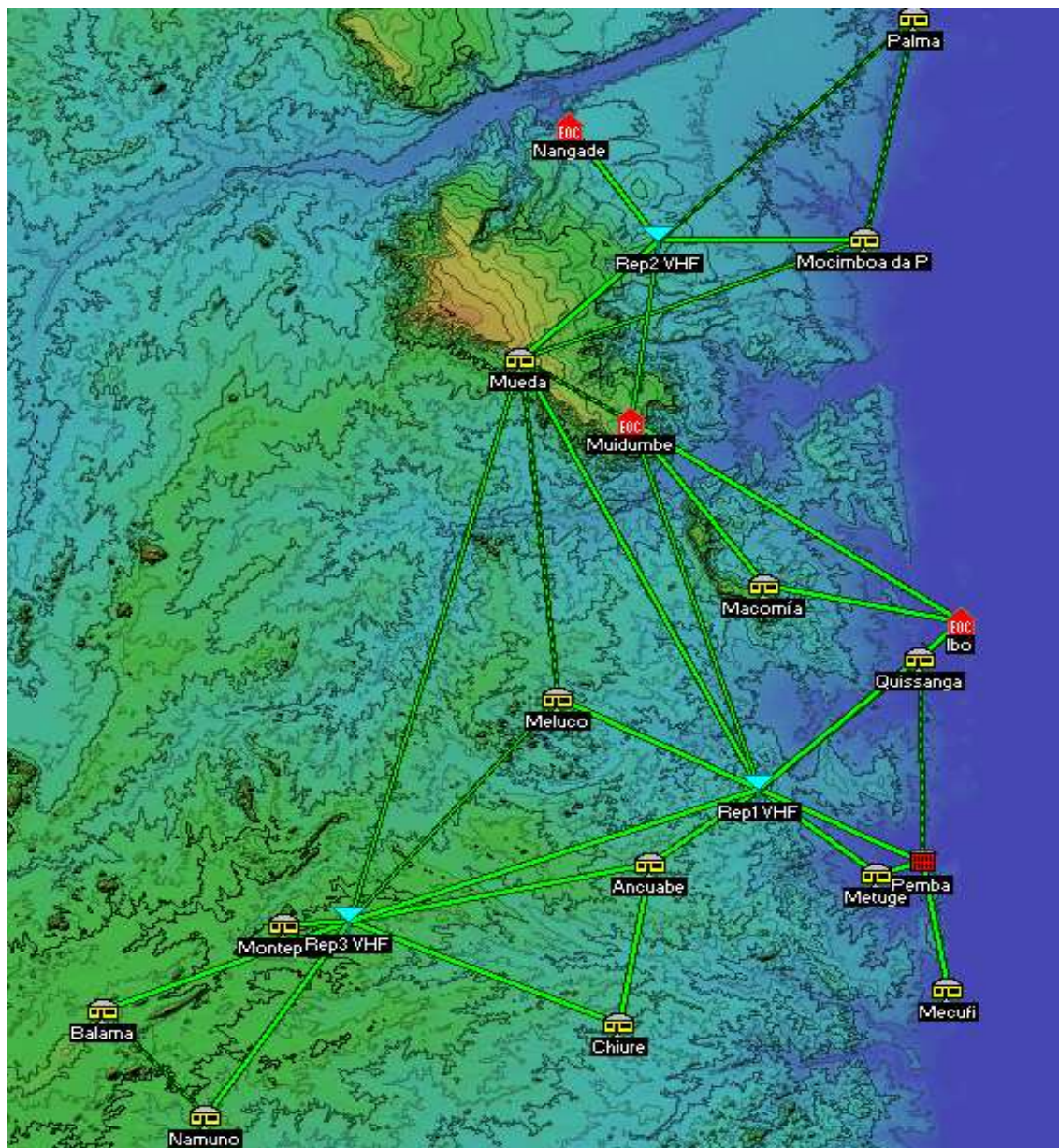


Figura.- Enlaces viables o próximos a la viabilidad

La siguiente tabla resume una selección de los mejores enlaces estudiados en este apartado, tanto por medio de las tres Estaciones Repetidoras como entre Sedes de Distrito directamente, así como sus magnitudes más características. Nótese el importante detalle de que no todos estos enlaces serían necesarios para comunicar todas las SDSMAS entre sí y con la DPS, aunque sí son recomendables por suponer las mejores opciones disponibles. La discusión completa, los estudios de los vanos y las posibles alternativas pueden consultarse en el Anexo III.

SDSMAS	Altura antena	Enlaces	Distancia	Margen de ganancia	Perfil
DPS Pemba	20 m	SDSMAS Metuge	12,01 km	56,5 dB	LOS 0,3F1
	20 m	SDSMAS Mecufi	36,72 km	38,0 dB	NLOS -0,7F1
	20 m	Rep1	46,73 km	41,6 dB	LOS 0,3F1
SDSMAS Ancuabe	18 m	SDSMAS Chiure	34,86 km	32,0 dB	NLOS -0,3F1
	18 m	Rep1	47,01 km	39,8 dB	LOS 0,1F1
	18 m	Rep3	78,45 km	32,6 dB	NLOS -0,1F1
SDSMAS Balama	6 m	Rep3	67,84 km	29,3 dB	LOS 0,0F1
	30 m	SDSMAS Namuno	40,20 km	30,4 dB	NLOS -0,7F1
SDSMAS Chiure	6 m	Rep3	74,47 km	30,8 dB	LOS 0,1F1
	30 m	SDSMAS Ancuabe	47,01 km	32,0 dB	NLOS -0,3F1
SDSMAS Ibo	6 m	SDSMAS Quisanga	14,60 km	43,5 dB	LOS 0,1F1
	6 m	SDSMAS Macomía	51,00 km	32,3 dB	LOS 0,0F1
	6 m	Rep1	70,26 km	30,1 dB	NLOS -0,0F1
SDSMAS Macomía	6 m	SDSMAS Muidumbe	57,98 km	36,6 dB	NLOS -0,2F1
	10 m	SDSMAS Ibo	51,00 km	32,3 dB	LOS 0,0F1
SDSMAS Mecufi	30 m	DPS Pemba	36,72 km	38,0 dB	NLOS -0,7F1
SDSMAS Meluco	7 m	Rep1	57,38 km	31,9 dB	LOS 0,0F1
SDSMAS Metuge	7 m	Rep1	38,78 km	42,1 dB	LOS 0,2F1
	7 m	DPS Pemba	12,01 km	56,5 dB	LOS 0,3F1
SDSMAS Mocimboa da Praia	30 m	Rep2	52,20 km	36,6 dB	LOS 0,2F1
	30 m	SDSMAS Palma	64,41 km	20,3 dB	NLOS -0,3F1
SDSMAS Montepuez	6 m	Rep3	16,66 km	53,2 dB	LOS 0,3F1
SDSMAS Mueda	30 m	SDSMAS Muidumbe	33,22 km	30,1 dB	NLOS -0,1F1
	30 m	Rep2	49,00 km	33,8 dB	NLOS -0,2F1
SDSMAS Muidumbe	6 m	SDSMAS Mueda	33,22 km	30,1 dB	NLOS -0,1F1
SDSMAS Nangade	6 m	Rep2	39,83 km	35,5 dB	LOS 0,0F1
SDSMAS Namuno	6 m	Rep3	66,77 km	41,0 dB	LOS 0,4F1
	30 m	SDSMAS Balama	40,20 km	30,4 dB	NLOS -0,7F1
SDSMAS Palma	30 m	SDSMAS Mocimboa	64,41 km	20,3 dB	NLOS -0,3F1
	30 m	Rep2	90,92 km	22,3 dB	NLOS -0,4F1
SDSMAS Quissanga	6 m	SDSMAS Ibo	14,60 km	43,5 dB	LOS 0,1F1
	6 m	Rep1	55,66 km	31,6 dB	NLOS -0,1F1

Se comprueba que sólo serían estrictamente necesarias torres en Mocimboa da Praia, Palma, Mueda y Mecufi, localidades todas en las que existen estas infraestructuras de una u otra operadora. Por otra parte se observan una serie de enlaces que pueden presentar problemas, los casos más notorios de esto son el de la SDSMAS-Mecufi y el de la SDSMAS-Palma.

4.6.3.- Microrredes distritales

4.6.3.1.- Red VHF Ancuabe

La solución alcanzada permitiría las comunicaciones de voz de todos-con-todos, resultaría algo más costosa en términos de inversión inicial que la posible alternativa con una segunda estación repetidora en la Sede Distrital o en Metoro, pero prescindiendo de la torre de comunicaciones en Ngeue. Sin embargo con la alternativa seleccionada, disminuyen los costes de operación (el número de frecuencias necesarias) al tiempo que mejoran las prestaciones de los enlaces. La siguiente tabla muestra un resumen de las características (altura y ganancia) de las antenas y los enlaces que posibilita esta solución.

Localidad	Altura antena	Ganancia antena	Enlaces	Margen de ganancia
Ancuabe sede	6 m	9 dB	Rep. mCel	> 30 dB
Meza	6 m	9 dB	Rep. mCel	> 40 dB
Mariri	20 m	9 dB	Rep. mCel	> 40 dB
Minheuene	12 m	9 dB	Rep. mCel	> 30 dB
Metoro	20 m	9 dB	Rep. mCel	> 30 dB
Ngeue	30 m	9 dB	Rep. mCel	> 20 dB
Repetidor mCel (Nanjua)	20 m	5 dB	Ancuabe y todas US	> 20 dB

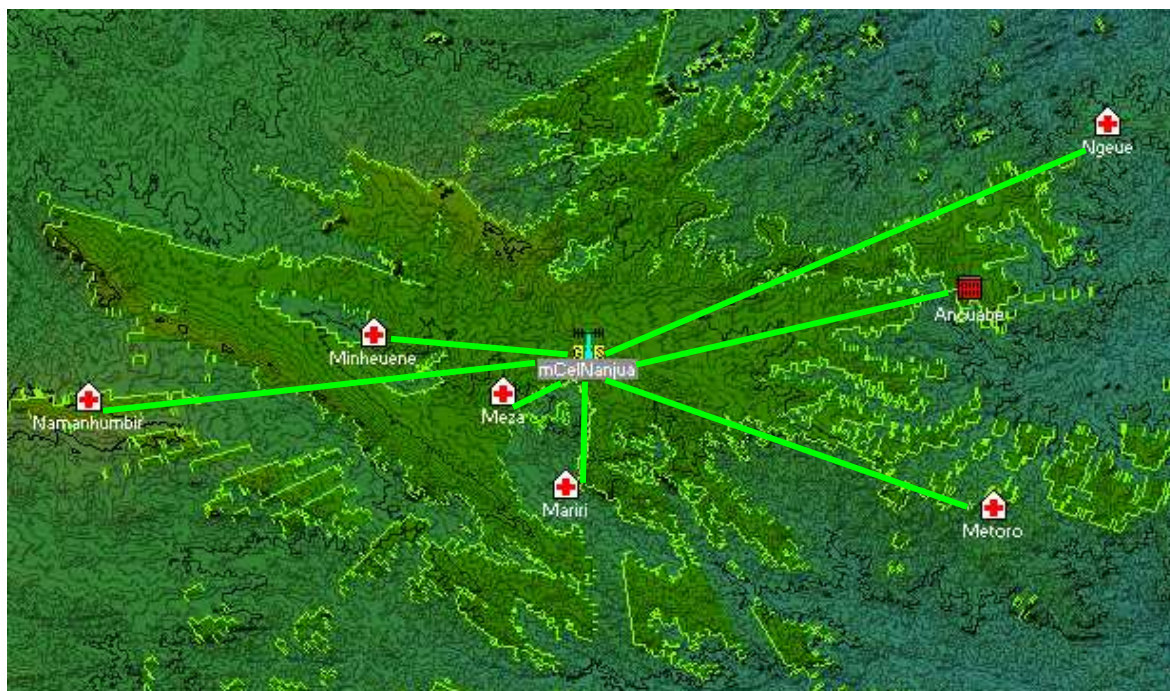


Figura 4.12.- Red VHF Ancuabe

4.6.3.2.- Red VHF Montepuez

Existen distintas posibilidades de comunicar los CSR del distrito de Montepuez con su respectiva SDSMAS utilizando sistemas de radio VHF, pero por motivo de sencillez, aquí se ha escogido aquella que se ha estimado la mejor solución y que permite comunicar todas las localidades implicadas por medio de una única estación repetidora en lo alto de una montaña próxima a la sede distrital. El repetidor se instalaría sobre una torre propia en las proximidades de una torre de comunicaciones de mCel en la localidad que inicialmente se contempló como opción, pero se descartó al constatarse que no ofrecía LOS. Su localización óptima sería la siguiente:

Repmont1 13° 07' 01,1" S 39° 09' 06,9" E Altitud 829m

La siguiente tabla recoge las características de la configuración que permitiría la comunicación de todos los CSR entre sí y con la SDSMAS Montepuez con una mínima inversión en infraestructuras.

Localidad	Altura antena	Ganancia antena	Enlaces	Margen de ganancia
Montepuez	6 m	9 dB	Rep. mCel	> 40 dB
Nairoto	25 m	9 dB	Rep. mCel	> 30 dB
Namueto	12 m	9 dB	Rep. mCel	> 50 dB
Mirate	6 m	9 dB	Rep. mCel	> 30 dB
Mapupulo	6 m	9 dB	Rep. mCel	> 30 dB
Linde	25 m	9 dB	Rep. mCel	> 30 dB
Namanhumbir	6 m	9 dB	Rep. mCel	> 30 dB
Nropa	25 m	9 dB	Rep. mCel	> 30 dB
Rep. Propio ISF	20 m	5 dB	Todas US y sede	> 30 dB

De esta solución alcanzada cabe destacar que el enlace más problemático sería el que une el CSR de Linde con la Estación Repetidora, ya que presenta una obstrucción (un pico) de 30 metros de altura que obstruye prácticamente el 100 % de la primera zona de Fresnel, dado que el pico se haya muy próximo a la localidad de Linde (menos de un km), de todas formas y tal y como recoge la tabla, el simulador da un nivel de potencia alto en recepción en este enlace, probablemente a causa de la propagación por difracción.

Otros enlaces algo complicados serían los que unen la Estación Repetidora con el CSR de Nropa y que tiene una obstrucción (un pico) de 38 metros a 6 Km de Nropa obstruyendo el 100% la primera zona de Fresnel; y con el CSR de Nairoto, con una pequeña obstrucción de 7 m (aprox), a 37 Km de Nairoto. En ambos casos el resultado de la simulación presenta un margen de ganancia elevado para estos enlaces.

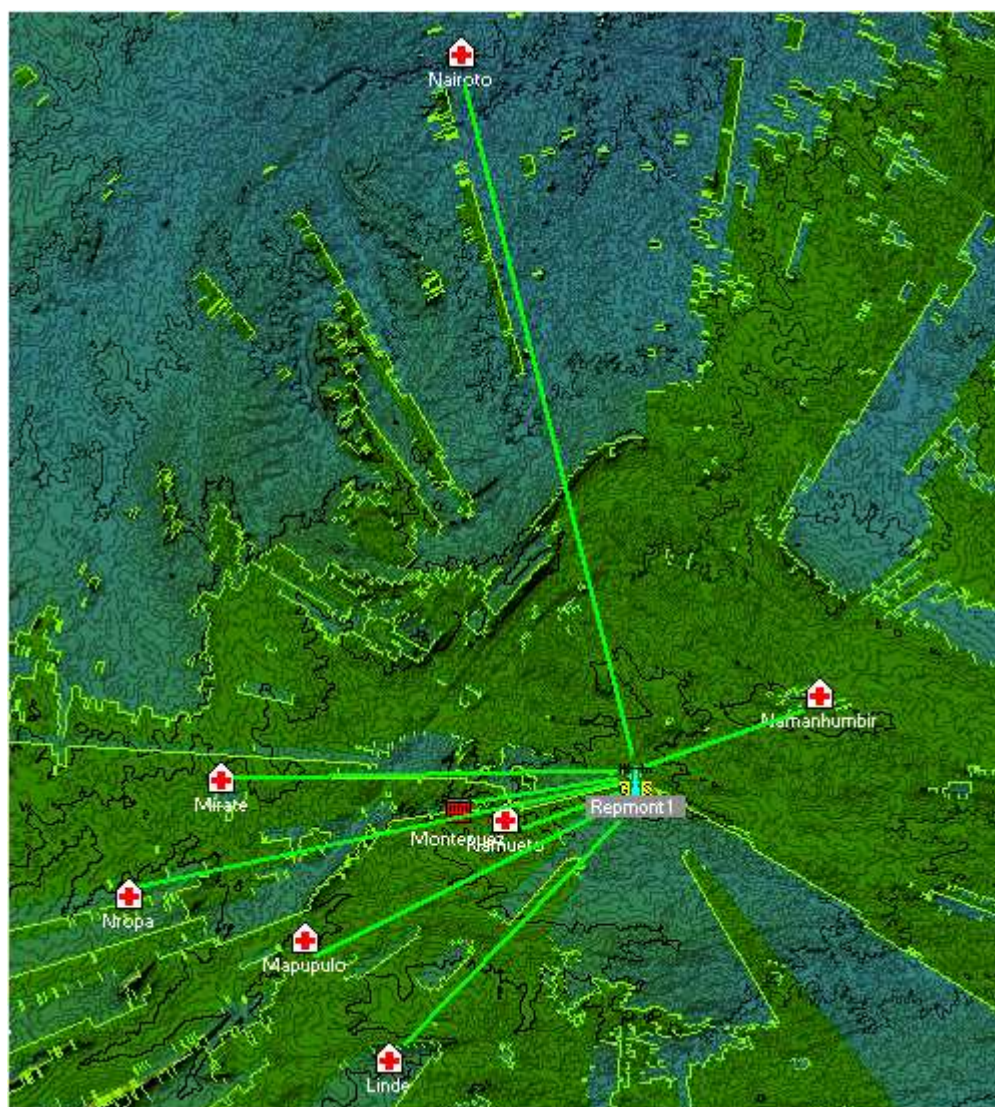


Figura 4.13.- Red VHF Montepuez

4.6.3.3.- Red VHF Balama

Se muestra a continuación el resultado del estudio. La solución planteada implicaría la instalación de repetidores de voz y datos en Kuekue y Mpiri. Los equipos, prestaciones y topología quedarían como se muestra a continuación.

Localidad	Altura antena	Ganancia antena	Enlaces	Margen de ganancia
Balama Sede	6 m	9 dB	Impiri	> 30 dB
Mavala	6 m	9 dB	Impiri	> 30 dB
Impiri	25 m	5 dB	Kuekue	> 30 dB
Kuekue	20 m	5 dB	Impiri	> 30 dB
			Muripa	> 30 dB
			Metata	> 30 dB
Metata	6 m	9 dB	Kuekue	> 40 dB
Ntete	25 m	9 dB	Impiri	> 30 dB
Muripa	6 m	9 dB	Kuekue	> 40 dB



Figura 4.14.- Red VHF Balama

Esta configuración, aunque permite la comunicación de todos-con-todos, aumentaría considerablemente los costes de operación con respecto a lo visto debido a que un repetidor más implica el pago anual de dos licencias más si no existe la posibilidad de reutilizar las frecuencias.

Se puede plantear la alternativa de implementar un único repetidor sobre una torre de 25 metros en la localidad de Impiri que permitiese las comunicaciones de voz y datos entre este CSR, los de Kuekue, Mavala y Ntete y la SDSMAS. Así, los CSR de Metata y Muripa se comunicarían directamente con la Sede del Distrito, aunque para ello sería necesaria una torre de 55 metros en Muripa y además se perdería la posibilidad de comunicar estos dos Centros de Salud con el resto. Para solucionar este problema, se podría implementar un segundo repetidor de voz y datos en la Sede, pero la situación sería la misma que en la opción anterior.

4.6.3.4.- Red VHF Namuno

Las comunicaciones por radio VHF en el distrito de Namuno son algo más complicadas que en Balama por ser las distancias algo mayores y los perfiles ligeramente más escarpados. Así, se hace recomendable la utilización de una torre de 30 metros en la sede del distrito (MCEL tiene una en las proximidades del SDSMAS). A partir de aquí las estrategias pasan una vez más por aumentar las alturas de las torres en los CSR e instalar repetidores en estas localidades (en este caso dos repetidores, uno en Sede y una más en Ncumpe) o reducir el número de estaciones repetidoras (y por tanto de frecuencias) e implementar un único repetidor en el distrito con los inconvenientes de hacerlo en una zona aislada y de difícil acceso.

En vista de los resultados de la simulación, se plantea, como en casos anteriores evitar la solución del repetidor aislado. La solución adoptada finalmente pasa por un repetidor de voz y datos en la SDSMAS que comunique con Ncumpe, Nanrapa, Machoca y Hucula. Los CSR de Papai y Machoca pueden comunicarse entre sí y con el resto de nodos a través de un segundo repetidor en Ncumpe. Las alturas de antenas y ganancias se resumen en la siguiente tabla, a continuación de la cual puede verse la topología de la solución mencionada.

Localidad	Altura antena	Ganancia antena	Enlaces	Margen de ganancia
Namuno sede	25 m	5 dB	Ncumpe Nanrapa Meloco Hucula	> 30 dB
Nanrapa	6 m	9 dB	Namuno	> 50 dB
Ncumpe	15 m	5 dB	Namuno Papai Machoca	> 20 dB
Papai	15 m	9 dB	Ncumpe	> 20 dB
Machoca	15 m	9 dB	Ncumpe	> 30 dB
Hucula	15 m	9 dB	Namuno	> 30 dB
Meloco	25 m	9 dB	Namuno	> 50 dB

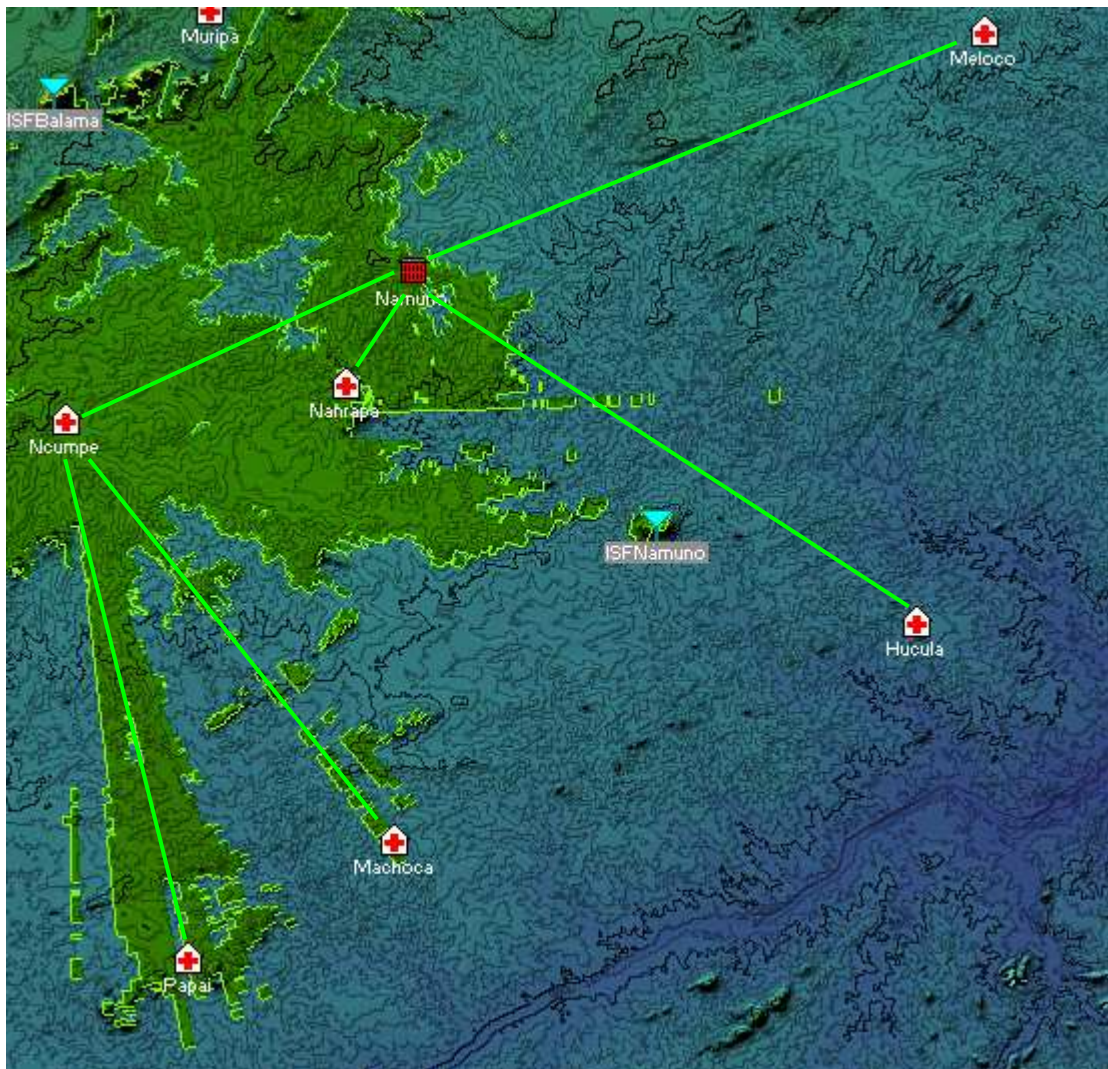


Figura 4.15.- Red VHF Namuno

Capítulo 5.- ESTUDIO DE MERCADO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

5.1.- Introducción

A lo largo de este capítulo se detalla y justifica la selección de equipos recomendada para implementar las redes de comunicaciones inalámbricas diseñadas en el capítulo anterior.

El primer paso para establecer tecnologías, fabricantes, modelos y distribuidores ha sido un estudio exhaustivo de los mercados local y accesible no sólo en cuanto a oferta, prestaciones y características técnicas sino también teniendo en cuenta la logística y las vías habituales de distribución y aprovisionamiento de equipos, así como otros detalles de interés en cuanto a las particularidades de algunos de los potenciales proveedores. En un resumido análisis de proveedores se presentan las principales conclusiones de este estudio.

Una vez reconocida y estudiada la oferta, y atendiendo a los criterios de diseño adoptados, se ha realizado una selección rigurosa de los equipos, tanto para redes IEEE 802.11 como para comunicaciones de voz y datos en la banda de VHF. Especificando siempre que esto ha sido posible, marcas modelos y referencias, y justificando debidamente la selección realizada. También se ha estimado oportuno incluir algunas de las opciones descartadas durante el proceso.

El análisis de precios siguiente relaciona los equipos seleccionados con aproximaciones obtenidas a partir de entrevistas y presupuestos de los proveedores mencionados, de forma que se pueda estimar el presupuesto y la empresa para el caso de las redes que resulte interesante implementar.

Por último se mencionan algunos criterios y recomendaciones útiles a la hora de planificar un proceso de compra, así como las líneas futuras que pueden resultar más interesantes.

5.2.- Análisis de proveedores

En la propia capital de la provincia de Cabo Delgado existe un limitado número de empresas dedicadas tanto al aprovisionamiento de equipos informáticos y de telecomunicaciones como a la instalación, mantenimiento y asistencia técnica de redes de telecomunicaciones. Algunas de ellas resultan interesantes como posibles proveedores de equipos, ya que por un sobreprecio aceptable asumen la carga de trabajo y las complicaciones de importar, homologar y transportar los equipos hasta Pemba y en muchos casos pueden ser de ayuda en el farragoso proceso de obtención de licencias de operación por ser concededores de los procedimientos y entresijos del INCM. En las siguientes líneas se describen brevemente algunas de estas empresas, destacando los equipos que pueden proporcionar, marcas, fabricantes y distribuidores con los que trabajan y otros datos de interés.

Antes de continuar merece la pena mencionar que la mayoría de estas empresas trabajan exclusivamente con dos importantes empresas distribuidoras sudafricanas. Miro Distributions y Scoop Distribution, por lo que la oferta disponible en Pemba se reduce prácticamente a la de estas distribuidoras. También será suficiente referirse al distribuidor sudafricano con el que trabaja una determinada empresa local para caracterizar su oferta de equipamientos.

Miro Distribution

Es una importante empresa distribuidora sudafricana con delegaciones en Ciudad del Cabo, Durban y Gauteng y cuyo catálogo de productos completo se puede descargar de su página web: www.miro.co.za. Su oferta, muy completa, de productos de soluciones de Networking, VoIP, IP Video y, muy especialmente, Outdoor Wireless, la hace especialmente interesante. Trabaja principalmente con productos de fabricantes como Mikrotik, Cisco/Linksys, Ubiquiti, Grandstream, Edimax, Senao, Digium o Aconet.

Scoop Distribution

Localizada también en Ciudad del Cabo, la oferta de productos, equipos y marcas de esta distribuidora es similar a la de la anterior, aunque sus precios son especialmente

interesantes (entre un 30 y un 40% inferiores a los de Miro Distribution). Su catálogo puede consultarse on-line en la dirección www.scoopdistribution.co.za.

Evidentemente, estas dos empresas surafricanas ofrecen la opción de compra por Internet, pero el hecho de no contar con un agente que gestione el proceso de importación, incluyendo los complejos y a menudo irregulares trámites en “alfandigas” (aduana) y el transporte por tierra y aire, puede tener como consecuencias un aumento excesivo del coste, la contingencia de que los equipos lleguen en mal estado o, simplemente, que éstos no lleguen. El hecho de comprar los equipos directamente en Pemba supone la nada desdeñable ventaja de garantizar la llegada de los equipos en buen estado a la sede de la DPS, con un coste añadido, en el mejor de los casos, de apenas el 10 o 15% sobre el coste de adquirir los equipos en Sudáfrica y transportarlos hasta Pemba.

El tiempo medio desde la compra hasta la entrega de los equipos puede oscilar, si no surgen contratiempos, entre las dos semanas y un mes, pero conviene ser muy específicos en las características de los equipos que se desea adquirir (a ser posible incluyendo modelos y referencias de los mismos) así como de los accesorios que estos deben incluir (cables, conectores, pigtails, elementos de montaje,...) para evitar sorpresas y retrasos. En general, la experiencia demuestra que el tiempo de conseguir un presupuesto es, paradójicamente, mayor que el de adquirir los propios equipos, probablemente la causa de esto es la naturaleza “no económica” de la primera operación.

A continuación se describen las principales características de las empresas de equipos y servicios de telecomunicaciones más importantes de Pemba:

INFOSUNG L.D.A.

Dirección: 157 Eduardo Mondlane Ave, Pemba

Teléfono: (+258) 272 21 113

Teléfono móvil: 827329213 (Anibal Sung)

e-mail: infosung@teledata.mz

Esta empresa, está particularmente dedicada a la instalación y gestión de redes de telecomunicaciones, sin embargo, algunas de sus características la hacen especialmente interesante a la hora de considerarla posible proveedora de equipos y/o servicios:

- Los amplios conocimientos y la buena disposición demostrados por el dueño de la empresa, el señor Anibal Sung, contrastan con la tónica general en cuanto a conocimientos técnicos y del mercado de las telecomunicaciones de la mayoría de empresas de la capital de Cabo Delgado.
- Experiencia demostrada en instalación y gestión de redes de telefonía VoIP y enlaces Wi-Fi punto a punto de grandes distancias.
- Dispone de vehículo de empresa para realizar labores de mantenimiento y asistencia técnica.
- Su oferta de productos coincide plenamente con la de Miro Distribution.
- Afirma poder tener los equipos disponibles en Pemba entre una y dos semanas después del pago de los mismos. Dato que contradice la experiencia previa en transacciones de este tipo en la región.
- Sin embargo, los precios son sensiblemente elevados, debiendo calcularse en torno a un 70% por encima de los precios del distribuidor, incluidos impuestos de importación, de valor añadido, costes del transporte y ganancia del proveedor. (dato obtenido a partir de los precios de mercado de ambas empresas a julio de 2008, al cambio de 1 ZAR = 0,13 Dólar y condicionados por las fluctuaciones del mercado de divisas).
- Al igual que el resto de empresas de la región, al no existir un mercado formado de bienes y servicios de telecomunicaciones, esta empresa carece prácticamente de productos en stock.
- El interés relativo y variable de muchos empresarios mozambicanos por toda iniciativa externa. Existe una doble actitud ampliamente difundida en el sector empresarial que crea contradicciones entre lo que se promete ante la perspectiva de un buen negocio y la posterior dedicación del empresario a satisfacer demandas de información, presupuestos de equipos, etc. del cliente.

DAFL

Dirección: 1133 Av. 25 de Setembro

Teléfono: (+258) 272 20 188

Teléfono móvil: 827738670 (Susana Loureiro)

e-mail: inf@dafl-mz.com

Web: www.dafl-mz.com

Empresa familiar, joven y dinámica bajo la dirección de Danilo Loureiro, quien en persona viaja periódicamente a Sudáfrica para aprovisionarse de equipos, tanto para proyectos propios como para suministrar a sus clientes. En los días posteriores a estos viajes y hasta que sean vendidos, dispondrá de equipos en stock, por lo que conviene estar al tanto de las fechas en las que viaja para realizar los encargos.

Esta empresa suministra material informático poco usual en Pemba, como lo son las marcas blancas de ordenadores y se dedica a la instalación de redes de telecomunicaciones con especial preferencia por equipos Mikrotik, que conocen y configuran con habilidad.

Entre sus principales puntos a favor pueden destacarse:

- La preferencia de Scoop Distribution para aprovisionarse, por sus precios más bajos y mejores condiciones para el proveedor.
- La motivación personal del director de la empresa, que se preocupa por la satisfacción del cliente y por encontrar la solución más apropiada para cada caso, sin escatimar esfuerzos ni tratar de vender otra cosa al cliente.
- La buena disposición para dar información. Gracias a esto, se sabe, que hay que añadir un 37% a los precios del distribuidor sudafricano para obtener sus precios aproximados de DAFL en Pemba. Este aumento de precio se puede desglosar como: 17% de Impuestos de importación. 7% de I.V.A. y entre un 10 y un 15% de beneficio para la empresa. El transporte le cuesta cerca de 2 €/kg desde el distribuidor hasta Pemba (El empresario conoce bien este sector porque la empresa también ofrece servicios de mensajería).

- Estos datos hacen sensiblemente más barata la opción de comprar equipos a DAFL que a Infosung.
- Al parecer conocen también bien los mecanismos y procedimientos de importación de equipos y afirman saber como agilizarlos para que, por ejemplo, no tengan que pasar un día entero en “alfandigas”.

Los inconvenientes son los propios de las empresas de estas características en Pemba, antes mencionadas. Pudiendo añadir que el principal valor de la empresa, que es su director, es generalmente difícil de localizar.

Las dos opciones mencionadas se recomiendan como preferentes en cuanto al aprovisionamiento de equipos siendo cada una interesante por distintos motivos y teniendo en cuenta que cada una trabaja con uno de los principales distribuidores sudafricanos. Sin embargo, con el fin de completar este estudio y dar una visión general del mercado de bienes y servicios en Pemba se mencionarán el resto de empresas que pudieran revestir algún interés.

SYCAMORE SERVICES L.D.A.

Dirección: Av. 25 de Setembro

Teléfono: 272 20 749

Responsable de ventas: Berta

Es una empresa importante, dedicada más a la venta de equipos informáticos, dispositivos periféricos y a la prestación de servicios como asistencias técnicas, además dispone del el cibercafé más importante de la ciudad. Sin embargo no se ha mostrado muy interesada a la hora de proporcionar información sobre los equipos que están en disposición de ofrecer, dificultando la obtención de información.

El principal valor de esta empresa es que se trata del único distribuidor autorizado de D-LINK, pudiendo proveer de Puntos de Acceso, Switches, tarjetas NIC o routers Inalámbricos en tiempo real, dado que habitualmente disponen de uno o varios ejemplares de éstos en stock.

COMPUTER DEVELOPMENT

Dirección: Av. 16 de Junho 766

Teléfono (+258) 824 358770

Esta empresa con sede en Mocimboa da Praia, al norte de la provincia, y sucursal en Pemba, está principalmente dedicada al aprovisionamiento de material de oficina. También tiene habitualmente impresoras, tóner, ordenadores y fax en stock. Vende equipos de comunicaciones Wi-Fi básicos de marca D-LINK a precios similares a los de Sycamore.

BRITOL MICHICOMA

Dirección: Av.16 de Julho

Teléfono: 823 001002 (Luis, Ingeniero responsable del departamento técnico)

Es una delegación, recientemente instalada en Pemba, de un importante consorcio de empresas con presencia en todo el país y en la que participa Satcom, la principal empresa de servicios de comunicaciones vía satélite en Mozambique. Especializados en proveer a empresas y oficinas, tienen ordenadores, fax e impresoras de buena calidad a precios razonables, sin embargo, no se ha conseguido averiguar si realmente distribuyen equipos de comunicaciones, como afirman tener intención de hacer. También parecen tener un importante servicio de asistencias técnicas y por supuesto los precios más competitivos en cuanto a servicios de comunicaciones por satélite.

ETC LDA

Teléfono: 826 633850 (Klaus Glänzer)

e-mail: klaus.glanzer@gmx.at

Aunque propiamente no se trata de una empresa proveedora de equipos de comunicaciones sino de una empresa dedicada a la instalación de redes de comunicaciones, se ha considerado oportuno mencionarla en este estudio, por ser la empresa escogida para implementar el enlace demostrativo Wi-Fi entre la DPS y la SDSMAS-Metuge.

Poco después de finalizada la instalación de este enlace, la empresa se trasladado a Maputo, sin embargo, algunas de sus características y la relación comercial y profesional

establecida, indican a la persona de Klaus Glanzer como un contacto recomendable de cara a actuaciones futuras.

- Los equipos llegaron a tiempo y en buenas condiciones, y la instalación se llevó a cabo satisfactoriamente, aunque sin la participación de esta empresa en la instalación de los equipos en el nodo de Metuge ni en la puesta a punto del enlace, por un problema de fechas.
- En compensación, tal y como se había comprometido a hacer, realizó dos meses después un mantenimiento preventivo y una revisión de la configuración del sistema.
- Al mismo tiempo, el Técnico informático de la DPS y el de ISF, ambos ex-alumnos de ingeniería de Klaus Glanzer, fueron formados por el responsable de esta empresa en la gestión y mantenimiento de los equipos Mikrotik instalados.

Esta vocación didáctica y la solvencia demostrada, son las principales razones de mantener a esta empresa dentro de las opciones en vista de una futura contingencia.

En lo que respecta a equipamiento de radiocomunicaciones para frecuencias VHF la tarea es algo más compleja, debido a que no existen empresas dedicadas a la distribución y venta de este tipo de productos en la provincia de Cabo Delgado, por no haber un mercado mínimo que impulse este tipo de empresa.

Por su importancia política y económica y mejores comunicaciones más que por su proximidad geográfica, dejando de lado las opciones de Nampula y Tanzania, la opción lógica es buscar los proveedores de equipos de radio VHF en Maputo.

Se ha preferido también trabajar con radios de la marca Motorola, debido a la presencia de este fabricante a nivel mundial, la amplia oferta de equipos y servicios ofertados, la compatibilidad con distintos productos de interés (tales como Modem TNC) y la demostrada funcionalidad de los equipos Motorola en proyectos realizados en contextos similares. Se han encontrado dos distribuidores autorizados de Motorola en Maputo:

SPAC

Dirección: 1567 Vladimir Lenine Ave, Malhangalene B, Maputo

Teléfono: (+258) 21 426 522

Teléfono móvil: 827 763 400 (Silvano Fabry)

e-mail: spac@mail.com, motorola@spac-mz.com

Este distribuidor autorizado de Motorola está en condiciones de proveer todo tipo de equipos de este fabricante. La empresa ya ha demostrado su solvencia suministrando equipos para el enlace demostrativo de VHF instalado entre la DPS y la SDSMAS Metuge. Estas son algunas de las apreciaciones más significativas que caben destacar de esta experiencia:

- Tras algunas reticencias iniciales y una vez contactada la persona apropiada dentro de la empresa (Silvano Fabry), la información sobre equipos, soluciones y precios se ha demostrado de buena calidad, aunque algo lenta.
- Al igual que la mayoría de proveedores, creen conocer mejor que el cliente cual sería la solución más apropiada para su caso. Conviene especificar con detalle y determinación cuales son los equipos deseados, las características de estos o las funciones que van a desempeñar.
- Tras comparar la oferta realizada por esta empresa con otras ofertas, se ha llegado a la conclusión de que los precios de los equipos eran proporcionados y se ajustaban a los habituales en el mercado mozambicano.
- Las condiciones de venta también eran las habituales en servicios y garantías (dos años de garantía sobre defectos de fabricación), resultando especialmente destacable la buena disposición de esta empresa responsabilizándose del proceso de consecución de licencias de operación (requisito previo para la venta de los equipos), haciéndose cargo de gestionar y agilizar los trámites con el INCM. Este compromiso fue lo que propició la elección de este proveedor ante ofertas similares de otros.
- El único incidente durante el proceso de compra se dio cuando la banda de frecuencia de la licencia otorgada por el organismo regulador no se ajustaba al rango de operación de uno de los equipos (concretamente las antenas). El error fue

rápidamente subsanado y mediante unas llamadas telefónicas a las personas apropiadas fue licenciada una nueva banda de frecuencia. Los radios fueron rápidamente reprogramados. Solucionándose el incidente en el mismo día, algo que quien no conozca bien los procesos, mecanismo y personas que intervienen en la actividad del INCM difícilmente podría haber logrado. La conclusión es que la experiencia y el saber hacer de un potencial proveedor son tan importantes como su oferta y condiciones.

- En total, y debido en parte al retraso acumulado en el proceso de consecución de las licencias, el tiempo de entrega de los equipos fue de en torno a un mes. No hubo que contabilizar los gastos de envío ya que los equipos fueron recogidos en Maputo por personal de ISF-ApD.

TvSD

Dirección: Av. Zimbabwe Nº 1726

Teléfonos: (+258) 21 483 574-5, 823290550 (Jasso)

e-mail: jjasso@tvsd.co.mz, tvsd@tvsd.co.mz

También distribuidora de equipos de radiocomunicaciones de la marca Motorola, entre otras, su oferta en equipamientos es muy similar a la de SPAC. Los precios y la disposición son también similares. Si no fue la opción escogida durante el proceso de aprovisionamiento de equipos para el enlace demostrativo de radio VHF se debe a una mayor relación con la otra empresa y al compromiso de aquella de ayudar en el proceso de consecución de licencias. Pese a ello, esta empresa sigue siendo un interlocutor interesante a la hora de planificar una compra de equipos de radio y su oferta merece ser consultada.

Cabe mencionar también la posibilidad de adquirir equipos en la cercana ciudad de **Nampula**, la capital de la provincia de mismo nombre, limítrofe con Cabo Delgado. El tamaño y nivel de desarrollo de esta ciudad mucho mayor en relación al de Pemba, por lo que la oferta de servicios y la disponibilidad de equipos se presume mayor. Nampula se encuentra a 8 horas por carretera de Pemba y el coste estimado del transporte estaría entre 20 y 100 USD en función del tipo de equipo. Allí se pueden encontrar las siguientes empresas:

Teledata de Mozambique Lda.

Dirección: Geral 326-r/c- Loja 4, Av. Eduardo Mondlane

Teléfono: 2621 81 07

E-mail: teledata.nampula@teledata.mz

Web: <http://www.teledata.mz>

Es una empresa constituida al 50% con capital de la empresa pública Telecomunicaciones de Mozambique y al 50% con capital de PT (Grupo Portugal Telecom). Tiene sede en Maputo y en las principales capitales de provincia (en Cabo Delgado distribuye a través de Sycamore Services Lda.). Funciona como proveedor de servicios: Internet, VoIP, VPN, Comercio Electrónico,... Asistencia técnica y soluciones de telecomunicaciones integrales. Puede ser un eventual proveedor de equipos, ya que al participar de capital extranjero, distribuye equipos de telecomunicaciones desde Sudáfrica y Portugal.

Megabyte Lda.

Dirección: Av. 25 de Setembro, Hotel Milenio - Loja 1

Teléfonos: 2621 38 62

E-mail: info@megabyte.co.mz

Web: www.megabyte.co.mz

Vende equipos informáticos y software (IBM Lenovo, tinta y tóner HP, D-Link) y proporciona servicios de redes de voz y datos, WLAN,... etc.

Y finalmente esta empresa española es la mejor opción encontrada para el aprovisionamiento de equipos para la transmisión de datos sobre radio VHF.

HV Sistemas S.L.

Dirección: Los Charcones, 17A, E-19170 El Casar, Guadalajara (España)

Teléfono: +34 949 336 806 Fax: +34 949 336 792

e-mail: hv@hvsistemas.es

Website: www.hvsistemas.es

Se ha estimado de interés incluir esta empresa española en el estudio debido a su particular oferta de productos para radiocomunicaciones. HV Sistemas desarrolla equipos de apoyo para radiocomunicaciones, especialmente para transmisión de datos vía radio. Dentro de su oferta de equipos, destacan por su interés para el proyecto en curso distintos modelos de modems TNC internos y externos para transmisión de datos en la banda VHF. Otra ventaja de estos equipos, imposibles de encontrar en Mozambique, es su total compatibilidad con las radios Motorola seleccionadas para implementar las redes VHF. Los modems han sido ampliamente probados en diversas aplicaciones por los propios instaladores de HV Sistemas, y sus funcionalidades y configuraciones están rigurosamente documentadas.

5.3.- Selección de Equipos

5.3.1.- Selección de Equipos Wi-Fi

Equipos de comunicaciones:

Los equipos de comunicaciones (Puntos de Acceso y Routers inalámbricos), se implementarán a partir de CPE (Customer Premises Equipment) con placas madre y Tarjetas de Interfaz de Red Inalámbrica del fabricante Mikrotik. Tras valorar las distintas opciones disponibles en el mercado Mozambicano/Sudafricano se ha llegado a esta determinación justificada por las siguientes razones:

- Computadoras Embebidas o CPE permiten una mayor flexibilidad y son más versátiles que Routers Wireless convencionales, a cambio de un ligero aumento en el precio, lo que proporciona una mayor proyección de futuro para nuevas aplicaciones, posibilidad de utilizar Sistemas Operativos basados en software libre, mayores opciones de configuración, etc.
- Existe una amplia gama de equipos Mikrotik adaptados a las distintas necesidades, y la implementación mediante CPE permite distintas combinaciones de placas y tarjetas NIC, números variables de interfaces de red, y la posibilidad que ofrecen algunas de ellas de ampliar la memoria para instalar Sistemas Operativos, Servidores de mail, web o centralitas VoIP.

- Los equipos Mikrotik tienen muy buenas prestaciones, comparables a las de los equipos Soekris utilizados por el EHAS en Latinoamérica, a precios similares.
- Mikrotik es distribuido ampliamente en la región por las dos principales distribuidoras de equipos de redes de comunicaciones sudafricanas, lo que facilita la adquisición de los mismos pero también la futura reparación o sustitución de equipos o elementos. Tres de las cuatro empresas localizadas en Pemba e incluidas en este estudio han trabajado y conocen ampliamente las características de estos equipos así como sus vías de distribución.
- El técnico informático de la DPS conoce estos equipos, ya que ha trabajado anteriormente con ellos e incluso diseñado un sistema de comunicaciones para Pemba basado en esta tecnología (sistema que merecería la pena estudiar, pues está muy relacionado con el tema de este estudio, como se mencionará más adelante). Este hecho garantiza el mantenimiento mientras esta persona esté a cargo del área informática del SPM, y facilita la formación de su sustituto así como de nuevos técnicos.
- El enlace demostrativo entre la DPS y la SDSMAS-Metuge fue implementado con esta tecnología de manera exitosa. Con esto se estima probado no solo el buen funcionamiento de los equipos en las condiciones de la región, sino comprobadas las vías de comercialización y documentado el proceso de implementación de este equipamiento. Además supone un precedente en cuanto a la asimilación de esta tecnología por parte de la DPS y el SPM.

CPE

Se distinguen tres casos para la selección del Routerboard en función del número de interfaces de red necesarias y de los requerimientos de procesado y memoria de cada función dentro de una red distrital.

Estación Cliente: Serán los equipos de comunicaciones instalados en los CSR que no tengan que realizar las funciones de Estación Repetidora. El criterio en este caso pasa por la

simplicidad, uniformidad, robustez, bajo consumo y posibilidad de mantenimiento remoto. Se recomienda para este caso una CPE basada en la placa Mikrotik Routerboard 411 (que sustituye a la 133C utilizada en el enlace demostrativo y ya descontinuada)

Existen tres versiones de este dispositivo todas ellas con chipset Atheros. El nivel de licencia determina la aplicación, de este modo para una Estación Cliente es suficiente una licencia RouterOS de Nivel 3 pero para un Punto de Acceso Inalámbrico se requiere adquirir licencia de Nivel 4 o superior.

<i>Modelo</i>	<i>Chipset</i>	<i>SDRAM</i>	<i>Licencia</i>
RB 411	AR7130 a 300 MHz	32 MB	L3
RB 411A	AR7130 a 300 MHz	64 MB	L4
RB411AH	AR7161 a 680 MHz	64MB	L4

Para implementar una sola Estación Cliente en un CSR es suficiente el primero de estos tres modelos. Independientemente del nivel de licencia, el SO viene incluido en una memoria NAND de 64MB y puede ser sustituido por otro Sistema Operativo.



Mikrotik Routerboard 411

Este dispositivo tiene un puerto serie RS232C, un puerto Ethernet 10/100 con posibilidad de utilizar PoE para alimentación y una ranura de extensión miniPCI para añadir la tarjeta NIC. Tiene un nivel de consumo bastante bajo (de entre 3W sin tarjeta y un máximo de 12 W) y sus dimensiones son 10,5 x 10,5 cm.

Repetidor en CSR con Punto de Acceso: Este es el caso en el que sea necesario al mismo tiempo implementar una Estación Repetidora y proporcionar acceso a la red al Cliente del CSR en el que – por consideraciones del diseño – esté situada la estación repetidora.

Para este caso se recomienda la placa Routerboard 433, de similares características a la RB 411 pero con tres ranuras de expansión para tres interfaces de red (dos para el repetidor y una tercera para el cliente). En este caso sí resulta necesario disponer de licencia RouterOs de Nivel 4 o superior.

RB 433 tiene además 64MB de SDRAM y tres puertos Fast Ethernet. Su nivel de consumo será algo mayor por efecto del mayor número de tarjetas NIC con un máximo de 25W y sus dimensiones son de 10,5 x 15 cm.

Nodo central en Sede Distrital: Se trata de la estación situada en la SDSMAS. Debe tener una capacidad de procesado mayor, así como un número indeterminado de interfaces de red en función de la distribución de nodos de la red (al utilizar antenas directivas en muchos casos las comunicaciones tienen que ser punto-a-punto). Además debe contar con una mayor capacidad de almacenamiento para acoger al menos un Servidor de Correo y una IP PBX Virtual.

Existen dos opciones que se discuten a continuación. La primera consiste en una versión más potente del RB 433 que permite añadir tarjeta de memoria miniSD. La segunda solución es aproximadamente un 40% más cara, pero con un procesador más potente y dos ranuras independientes para tarjetas Flash, una ranura miniPCI más y la posibilidad de implementar Daughterboards. Por el contrario su consumo de potencia es mayor. La siguiente tabla resume las principales características de ambos dispositivos:

	RB 433 AH	RB 600
Procesador	Atheros AR7161 a 680 MHz	MPC8343E a 400MHz
SDRAM	128 MB	64 MB
Ethernet	3xEthernet 10/100	4xGigabit Ethernet
MiniPCI	3	4
Memoria	64MB NAND + miniSD slot	64MB NAND + 2x CF slot
PoE / Power over datalines	PoE 10..28 V DC	PoE 38..56 V DC + PoDatalines
Consumo	~3V (25W max.)	~9V (35W max.)
Dimensiones	10,5 x 15 cm	14 x 20 cm

Oihan Martirena Inuretagoyena

Universidad Pública de Navarra

En principio, puede ser suficiente la opción del RB 433 AH con una tarjeta miniSD de 4 GB (~30 €), siempre y cuando no sean necesarias más de tres interfaces NIC en la sede distrital, es además la opción más económica. Sin embargo se ha considerado interesante contemplar la alternativa más potente en caso de resultar oportuno.

Network Interface Card

El interface de Red más apropiado para trabajar con Routerboard de Mikrotik, serán tarjetas de red inalámbricas Mikrotik R52H que soportan estándares IEEE 802.11 a/b/g a potencias de transmisión de hasta 350 mW.



Una de las principales ventajas de este dispositivo es su Chipset Atheros AR5414 que permite modificar el ACKTimeout y alcanzar mayores distancias. Soporta el Sistema Operativo propietario del fabricante (RouterOS) pero también Windows XP y GNU/Linux, aunque está optimizado para operar con el protocolo de comunicaciones inalámbricas propietario de MikroTik, Nstream, diseñado específicamente para distancias y velocidades de transferencia superiores al estándar.

Está certificado por la WECA y por los organismos reguladores Norteamericano y Europeo (FCC y CE), a pesar de que puede transmitir por encima de las limitaciones PIRE impuestas por la ETSI. Tiene dos conectores U.fl, por lo que será necesario un Pigtail U.fl a N (Hembra) para conectar el interfaz de red inalámbrica a la antena externa.

Características	
Chipset	Atheros AR5414
Standards	IEEE802.11a/b/g
Acceso al Medio	CSMA/CA con arquitectura ACK de 32-bit MAC
Seguridad	Encriptado hardware de 64/128 bit WEP, TKIP y AES-CCM, WPA, WPA2, 802.1x
Modulación	802.11b+g: DSSS y OFDM para tasas de bit > 30 Mbps 802.11a: OFDM
Potencia Transmisión /	IEEE 802.11a: 24dBm / -90dBm @ 6Mbps

Sensibilidad en Recepción	19dBm / -70dBm @ 54Mbps IEEE 802.11b: 25dBm / -92dBm @ 1Mbps 25dBm / -87dBm @ 11Mbps IEEE 802.11g: 25dBm / -90dBm @ 6Mbps 20dBm / -70dBm @ 54Mbps
Conectores	U.fl x2
Alimentación	3.3V +/- 10% DC; 800mA máx. (600mA típico)

Una posible alternativa que ofrece el mismo fabricante para las Estaciones Cliente en los CSR sería utilizar, en lugar de un Routerboard 411 más una NIC R52H, un solo dispositivo integrado como el Mikrotik Crossroads que incluye el interfaz de red inalámbrica en la propia placa. Esta alternativa, pese a ser en torno a un 15% más económica, puede ser peor por ser menos flexible y no permite sustituir una de las partes en caso de avería, redundando en una menor vida útil. El resto de características es similar en ambas opciones, salvo la menor capacidad del procesador y un chipset distinto del Atheros.

En la misma línea de lo anterior sería la posibilidad de utilizar equipos Linksys como el WRT54GL, utilizado por el EHAS en Perú o Colombia. La principal ventaja de esta opción sería el aprovechamiento de todo el trabajo realizado con anterioridad, tanto en configuraciones como en desarrollo de aplicaciones basadas en Software Libre (como el Sistema Operativo OpenWRT, que permite modificar parámetros a nivel de Acceso al Medio y Capa de Enlace), por el Grupo de Radiocomunicaciones de la PUCV. Sólo Miro distribuye este Router/Punto de Acceso, y su precio sigue siendo ligeramente superior al de la primera opción con Scoop.

Todas estas CPE serían instaladas sobre el mástil protegidas por sus respectivas cajas estancas (comercializadas por los mismos distribuidores), alimentadas por inyectores PoE para minimizar la atenuación y con sus respectivos protectores de descargas. Por lo tanto a la hora de estimar los costes de la instalación habrá que considerar también estos elementos.

inyector PoE:

Este sencillo dispositivo permite reducir la atenuación del cable coaxial instalando el equipo de comunicaciones cerca de ésta sobre el mástil, protegido por una caja estanca para exteriores.



De este modo, puede utilizarse el mismo cable UTP para transmitir la información desde y hacia el CPE y alimentar éste. Utilizando dos pares trenzados para cada una de las funciones. Las únicas características que tiene que cumplir el inyector PoE es la de suministrar la tensión de alimentación y la corriente necesarias al dispositivo inalámbrico instalado sobre el mástil y permitir la tasa de bit a la que vaya a trabajar el sistema. Para este caso, el dispositivo especificado en el catálogo de Miro con la referencia de POE-BASE o el distribuido por SCOOP bajo la referencia de POE-LED (en la imagen) serían suficientes para todos los equipos Mikrotik seleccionados.

Protector de descargas

Resulta necesario introducir este elemento entre la antena y los equipos de comunicaciones para proteger éstos de eventuales descargas eléctricas provenientes del medio exterior y atraídas por la antena. En general el precio de estos dispositivos aumenta dependiendo del rango de frecuencias de operación, en este caso se ha escogido un protector de descargas de la marca Supro, distribuido por Miro con tubo de vacío que opera a frecuencias de entre 1 y 6 GHz, y que resulta apropiado para este tipo de aplicaciones. En Scoop existe otro protector de descargas específico para la banda de 2.4 GHz sensiblemente más económico y cuya referencia es WL-LTN2.

Caja estanca para exteriores:

Resulta indispensable proteger de las inclemencias del tiempo los equipos de comunicaciones instalados en el exterior. De esta forma, será necesario adquirir cajas estancas (weatherproof enclosure) adaptadas a las dimensiones de cada CPE. Es importante asegurarse de que en el precio de este equipamiento se incluye todo lo necesario para montar y asegurar la caja sobre una estructura (fijaciones, abrazaderas,...etc), aunque por lo general suele ser así.

Para el Mikrotik Routerboard 411 (10,5 x 10,5 cm) se puede encontrar en Scoop Distribution la caja estanca para exteriores con la referencia UT4-POL, específicamente diseñada para este dispositivo. La caja estanca UT7-POL sirve por igual para los Routerboard 433 y 433AH ya que tienen las mismas dimensiones. Por último, una caja estanca apropiada para el Routerboard 600A se encuentra en Miro Distribution con la referencia AB-ENCL-RB600.

Antena

La antena constituye otro de los elementos fundamentales del sistema de comunicaciones, por una parte porque una elección apropiada de su ganancia proporciona un balance de potencias que ajustado a la normativa vigente (es importante recordar que por el teorema de reciprocidad, la ganancia de una antena influye tanto en transmisión como en recepción) y que garantiza unas buenas prestaciones del enlace. Por otra parte las características físicas (dimensiones, resistencia al viento,...) de la antena deben ser apropiadas para asegurar la durabilidad dichas prestaciones en el tiempo, evitando pérdidas de alineación causadas por fenómenos meteorológicos, etc.



Por todo ello en este caso se ha llegado a la solución de compromiso de escoger dos tipos de antenas de tipo grilla de ganancias de 19 y 24 dBi con dimensiones de 40 por 60 cm. y 60 cm. por 1m. respectivamente. Ambas operan en el rango de frecuencias entre 2400 y 2483 MHz, admiten polarización vertical u horizontal y tienen conector tipo N (Hembra). Las características más importantes vienen resumidas en la siguiente tabla:

	Antena 1	Antena 2
Ganancia	19 dBi	24 dBi
Dimensiones	0.4m x 0.6m	0,6m x 1m
Ancho de haz horizontal	12°	10°
Ancho de haz vertical	16°	14°
Ancho de banda	83 MHz	83 MHz
Potencia máxima	100 W	100 W

Hay que destacar que, si bien existen antenas de ganancias muy superiores (hasta 30 dBi en 2.4 GHz y 34,5 dBi en 5.8 GHz) su gran tamaño y extrema directividad hacen desaconsejable su utilización en este contexto, por varios motivos. En primer lugar estas antenas tienen que estar perfectamente alineadas dada su gran directividad, y en segundo lugar, sus dimensiones (están formadas por un parabol de hasta 1.2m de diámetro) no son recomendables para una instalación en localizaciones rurales, aisladas y en una región donde hay dos meses anuales de lluvias monzónicas. Además necesitan soportes especiales para

umentar su estabilidad y que tienen que ser instalados por técnicos con formación específica.

También merecen especial mención las antenas de tipo Backfire, que limitan la amplitud de los lóbulos traseros haciéndolas especialmente apropiadas para enclaves donde existe un muro en las proximidades de parte trasera de la antena.

CABLES Y CONECTORES

Serán necesarios dos tipos de cables para acometer la instalación:

- **Cable coaxial:** Transmite la señal RF desde la antena hasta el equipo de comunicaciones. Para este fin se utilizará cable LMR400 que tiene una atenuación de 0,22 dB/m en la banda de 2.4 GHz.
- **Cable UTP:** También conocido como cable de red se utilizará para unir el equipo de comunicaciones situado en el mástil con el inyector PoE y éste con la computadora o switch. Para este fin será conveniente adquirir longitud suficiente de este cable para alcanzar la sala donde se instalen los equipos informáticos. Se escoge cable UTP CAT5 por ser el más apropiado para exteriores por su mejor recubrimiento.

Evidentemente es imprescindible adquirir los conectores y adaptadores necesarios para poder implementar correctamente el sistema:

- Dos conectores Tipo-N (Macho)
- Conectores RJ45
- Un Pigtail U.fl-N(M)

Se recomienda además comprar una herramienta apropiada para realizar el ensamblado entre los cables de la longitud deseada y los conectores que se conoce popularmente como crimpadora.

Switch Ethernet

Es también necesario considerar la opción de instalar un Switch Ethernet 10/100 en aquellos emplazamientos donde no existiera para poder conectar sin problemas el ATA y el interfaz de red LAN. Para este fin será suficiente un Switch de 5 puertos sencillo. Como el Planet Ethernet 10/100 que comercializa Scoop o el más caro Edimax Gigabit Ethernet de Miro Distribution.

Analog Telephone Adapter

Grandstream HandyTone HT-502

Este equipo, potente y económico está disponible en la región de la mano de las empresas localizadas en Pemba que trabajan con MIRO Distributions. Dispone de dos puertos FXS y soporta el protocolo T.38, por lo que podría fácilmente configurarse para comunicar un Fax y un teléfono analógico por medio de una red VoIP



El protocolo T38 viene descrito en el RFC 3362, y define cómo un dispositivo debe comunicar los datos de fax a través de redes de datos como IP. En la práctica este protocolo codifica un fax como una imagen, que posteriormente puede ser enviado a otro dispositivo de fax T38 que lo convertirá de nuevo a una señal análoga de fax o a un ordenador como e-mail.

El ATA escogido permite configuración a distancia vía HTTP o Telnet, por lo que su mantenimiento puede ser gestionado incluso desde Pemba. Además realiza las funciones de Identificación de llamada, Llamada en espera, Conferencia a tres, Transferencia de llamada y Voicemail entre otras. Sus principales características vienen resumidas en la siguiente tabla.

Características	
Descripción	Adaptador de Teléfono Analógico basado en estándares SIP
Puertos	2xRJ45 (Ethernet 10/100 LAN) 2xFXS
NAT / Router	Si

Fax	Soporta G.711 y T.38
Codecs de Audio	Soporta G.711(a/u-law), G.723.1, .729A/B, G.729E, G.728, G.726-40/32/24/16 e iLBC
Distribuidor (Referencia)	<i>MIRO Distributions</i> (GS-HT-502)

Una posible alternativa a este equipos, de similares características aunque ligeramente más cara sin por ello repercutir en mayores ventajas sería el ATA de Linksys/Cisco SB PAP2T ATA que no incluye router y los modelos SB SPA2102 ATA y SB SPA3102 ATA que si lo incluyen. La principal ventaja de esta elección sería una mayor interoperatividad en caso de utilizar equipos de este mismo fabricante como centralitas VoIP en la Sede Distrital, caso poco probable debido a la no disponibilidad de éstos ninguno de los principales distribuidores surafricanos.

5.3.2.- Selección de Equipos VHF

Radiotransmisor

Para esta aplicación se utilizarán radios de dos vías Motorola GM340 como la que se muestra en la imagen junto a estas líneas en su versión para VHF. Los principales motivos de esta elección son su disponibilidad en el mercado mozambicano, robustez, interfaz sencillo y funcional, y características técnicas apropiadas para la aplicación a la que está destinada. En la siguiente tabla se resumen algunas de estas características.



Características	
Rango de frecuencias	136-174 MHz
Estabilidad en frecuencia	$\pm 2,5$ PPM
Capacidad de canales	6
Espaciamiento de canales	12,5/20/25
Potencia de transmisión	1-25 W
Sensibilidad en recepción	0,30 μ V (típico 0,22 μ V)
Fuente de alimentación	13,2 Vdc

Destacan la posibilidad de programar hasta seis canales simultáneamente, nivel de potencia transmitida regulable (por lo tanto ajustable el consumo de potencia), y ancho de banda ajustable. Por lo demás se trata de un equipamiento básico, sencillo, robusto y eficaz que cumple sin problemas las funciones de este proyecto. Existen versiones de la serie Motorola GM con distintos cabezales con y sin pantalla digital y con mayor o menor número de botones programables, pero se ha escogido este precisamente por ser el más sencillo.

Este modelo de radio también resulta interesante porque ofrece la posibilidad de añadir un MODEM de datos para transmisión a 9,6 kbps, bien por medio de un cabezal de expansión (*GM Databox Expansion Head*) bien por medio de un dispositivo TNC externo.

Durante el proceso de selección se han descartado otros modelos de radio de dos vías Motorola o de otros fabricantes porque su mayor complejidad y coste no eran justificados por una mejora significativa de las prestaciones. Es el caso de las radios de la serie Motorola DM como la DM3600, que mejora algo la calidad del audio gracias a la modulación digital a cambio de reducir su vida útil, además las opciones para transmisión de datos ofrecidas por estos equipos se limitaban a comunicaciones por medio de mensajes de texto cortos, insuficiente para los servicios que aspira a proporcionar la red de comunicaciones diseñada. Asimismo se ha descartado utilizar equipos de otros fabricantes por la menor presencia de

distribuidores en la región y la incompatibilidad con los equipos de comunicaciones de datos que se pretende utilizar

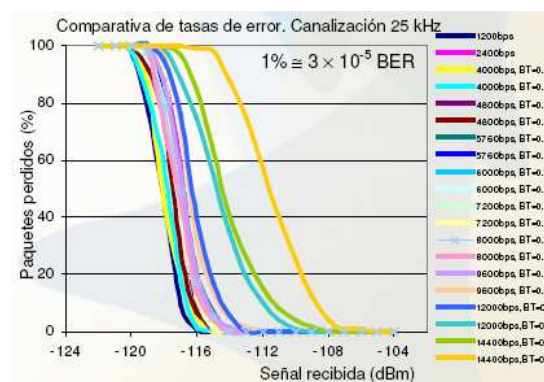
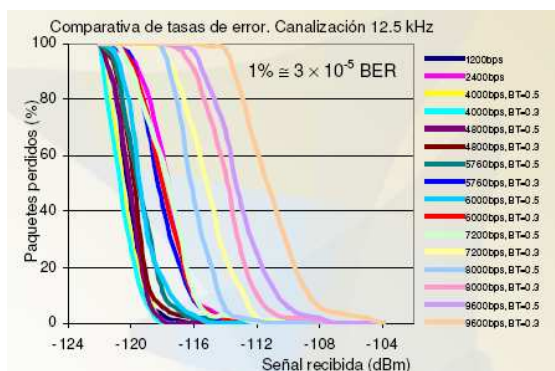
Terminal Node Controller

Este es el dispositivo, externo al radiotransmisor, transforma datos digitales en banda base en señales de audio que pueden ser transmitidas por radio y viceversa. Para ello cuenta con convertidores A/D y D/A, MODEM, procesador y software integrado en una memoria EPROM.



Ante la imposibilidad de contar con CPE desarrolladas específicamente para esta función por el grupo de trabajo de radiocomunicaciones de la PUCP (Pontificia Universidad Católica del Perú) dentro del marco del EHAS, y descartando otras opciones que se mencionarán al final de este capítulo, se ha optado por los equipos que desarrolla y comercializa HV Sistemas y más concretamente por el Modem multimodo externo P8501.

Este dispositivo de reducidas dimensiones permite transmisiones de datos digitales sobre canales de radio VHF de 12,5 o 25 MHz a velocidades de hasta 2400 bps con modulación FFSK o hasta 14400 bps utilizando modulación GMSK. Tal y como se muestra en las siguientes figuras las tasas de error de bit (BER) para un nivel de señal dado en recepción mejoran considerablemente sobre canales de 25 MHz. En todo caso, es altamente recomendable diseñar el enlace para tener al menos -100 dBm de señal en recepción para garantizar unas comunicaciones de datos de calidad aceptable.



Estas capacidades de transmisión de datos permiten transmitir por el canal de radio, sobre el protocolo de nivel de enlace de datos HDLC síncrono con codificación NRZ o NRZI, datos de protocolos de niveles superiores como IP, a un régimen binario suficiente como para el envío de e-mail o archivos pequeños.

La transmisión de datos entre el equipo informático y el TNC puede realizarse por medio de un cable serie convencional a través del interfaz de datos RS232 del dispositivo. El interfaz entre el MODEM y la radio está específicamente diseñado y puede ser adquirido junto con el equipo en HV Sistemas.

Antena

Para los enlaces diseñados en la banda VHF, se ha estimado conveniente utilizar antenas Yagi directivas de 9 dBi de ganancia. Se trata de una Yagi de 5 elementos y apropiada por sus dimensiones (su longitud de boom es de cerca de 1 m). Esta decisión se fundamenta en el hecho de que a pesar de existir antenas de ganancias superiores sus dimensiones aumentan considerablemente, y con ello las complicaciones de instalar y mantener el enlace.

La mejor opción para aumentar la ganancia sin aumentar el número de elementos ni las dimensiones de la antena sería instalar un array de antenas Yagi más pequeñas, aumentando en 3 dBi la ganancia del conjunto por cada antena suplementaria (con un límite teórico de 20 dBi). Dadas las características de los enlaces diseñados y los límites de potencia de transmisión en la banda de VHF en Mozambique de 25 W (no PIRE), se estima suficiente la ganancia de 9 dBi.

En los casos en los que pueda ser conveniente cubrir un área mayor, queriendo comunicar una Institución de Salud con otras que se encuentren geográficamente distribuidas en distintos acimut, pero evitando instalar un número elevado de antenas, puede plantearse la posibilidad de utilizar antenas omnidireccionales en detrimento de la ganancia. Existen antenas con este patrón de radiación de hasta 6 dBi de ganancia como las Ringo de 2 fases acopladas en $5/8$ de longitud de onda. Aunque, evidentemente, lo recomendable es estudiar la distribución de centros a comunicar y el diagrama de radiación más apropiado para cada caso.

Cables y conectores.

En el caso de enlaces VHF cobra especial interés la elección del cable coaxial apropiado. Cuando que la separación entre el equipo de radio comunicación y la antena receptora puede superar la decena de metros, la atenuación del cable se vuelve un factor importante.

Entre la posibilidad de utilizar cable coaxial RS213/u (con una atenuación de 8,86 dB/100m a 200 MHz) y LMR400 con un núcleo de 2.74 mm de cobre y aluminio (cuya atenuación es de 5,6 dB/100m a la frecuencia de 140 MHz), se ha escogido la segunda opción, que daría como resultado unas pérdidas de 0,5 dB para una distancia media de 10 metros entre la antena y la radio. Cables de mucha menor atenuación como el LMR600 (3,2 dB/100m) resultan excesivamente gruesos, poco manejables y caros.

Se necesitará al menos un conector tipo N (macho) y un conector BNC (macho, aunque conviene comprobar con el proveedor este detalle antes de que éste realice el pedido). En Pemba es imposible encontrar conectores de este tipo.

Fuente de alimentación

Los equipos de radio requieren de fuentes de alimentación de corriente continua. En este estudio no se ha considerado la existencia de energía eléctrica por ser una selección de equipos genérica. En ocasiones las radios se instalarán en instituciones de salud que dispongan de conexión a la Red Eléctrica Nacional, a un generador diesel público o privado, o bien obtendrán alimentación a partir de Sistemas Fotovoltáicos instalados expresamente en el Centro de Saludo. Dado que el dimensionamiento de dichos sistemas esta condicionado a

otros consumo y que una de las líneas de trabajo del programa de ISF-ApD ya contempla la instalación de SFV en los emplazamientos donde esto es necesario, este estudio se ha limitado a señalar los consumos de potencia de los equipos seleccionados.

Las fuentes de alimentación ofertadas por los proveedores contactados son las siguientes, siendo igualmente válida cualquiera de las dos opciones:

- Fuente conmutada Spectrum PS4140: 220Vac/12Vdc corriente de 10A
- Fuente de alimentación AC/DC Astron 12BB con cargador de batería.

Batería

En previsión de que los equipos de radio estén instalados en emplazamientos con SFV u otras fuentes de energía eléctrica previsiblemente susceptibles de tener cortes prolongados en el suministro, se ha estimado oportuno incluir aquí baterías suficientes como para garantizar que los equipos de radio puedan funcionar las 24 horas del día y proporcionen al menos 100 Amperios de corriente.

Opciones descartadas

Durante el proceso de selección de equipos se han descartado diversas soluciones a la problemática de transmitir datos sobre enlaces de radio VHF. A pesar de ello, se estima conveniente incluir estas opciones en el estudio, ya que pueden resultar interesantes en otras condiciones o aplicaciones concretas. A continuación se describen estas soluciones, detallando el motivo de su no selección.

Motorola GM DataBox

Este dispositivo de 5 tonos tiene características similares a las de la radio GM340, pero sustituye el cabezal de ésta por una interfaz para transmitir datos a velocidades de hasta 9600 bps. Sin embargo no existe posibilidad de transmisión de voz con el mismo hardware y tampoco hay conocimiento de documentación concreta sobre sus funcionalidades y aplicaciones. SPAC afirma utilizarlo solamente para instalar repetidores de datos y TvSD lo comercializa al precio 746,98 €. Puede ser una opción interesante sobre todo si se demuestran sus funcionalidades o se conoce alguna aplicación similar en la que resulte efectivo.



Motorota GM DataBox

Mototrbo con radio Motorola DM3600

Las radios de dos vías Motorola de la serie DM3xxx son potentes radios digitales que mejoran sensiblemente la calidad (Estabilidad en frecuencia, BER,...) en las transmisiones de voz gracias a la codificación del canal de voz (12,5 o 25 MHz) con el protocolo digital MBE++, al tiempo que permite comunicaciones (no simultáneas) de datos y voz con el protocolo para transmisión de datos ETSI-TS102 361-1. El resto de características técnicas de las distintas versiones de este dispositivo (diferenciables solamente en lo respectivo al cabeza, pantalla LED digital, número de botones programables, etc.) son similares a las de las radios de la serie GM, salvo por la mayor potencia de transmisión que permiten (hasta 40 W) superando el límite legal en Mozambique de 25 W. SPAC la comercializa por 655 € y en España puede encontrarse desde 510 € (HV Sistemas).

En la práctica, la radio sólo permite la comunicación de datos mediante mensajes de texto cortos, pero contratando el servicio de Motorola Mototrbo, mediante el cual se obtiene el software propietario y las licencias de operación se puede configurar la radio Motorola de la serie DM para transmitir y recibir e-mail desde un cliente SMTP en cualquier PC con Windows 2000/XP o dispositivo similar (PDA, teléfono móvil,...) conectado con un cable USB a la radio.

Exicom EX7100

Utilizar este radioenlace digital con posibilidad de multiplexación en hasta 6 canales sería una opción más costosa y compleja, pero sin embargo mucho más eficaz, dadas sus prestaciones tanto a frecuencias VHF como UHF.

Este equipo permite multiplexar hasta seis canales de voz, fax y datos de baja velocidad (9.6 kbps) con la ventaja de la detección automática de dispositivos de fax y datos o, alternativamente un solo canal de datos a 64 kbps, en ambos casos con una modulación 16-QAM. Tiene disponibles múltiples interfaces opcionales: BNC, RS232, DB15,... etc.

Otras versiones de esta alternativa serían, también equipos de Exicom EX5100 (un canal para voz o datos), EX5200 (multiplexa 2 canales de voz con 2 de fax/datos de hasta 19,2 kbps) y Hawk (solución de última milla para radioteléfono/radiofax con velocidades de hasta 28 kbps e interfaces RJ45).

Entre las principales desventajas de estas radios multicanal destacan el hecho de que todas las configuraciones y la gestión de la red sólo puedan realizarse a través de interfaces y software propietario; ancho de banda de 25 MHz por canal; alto consumo y baja potencia de salida (más de 110/125 W para 10 W de potencia transmitida) que implicaría la necesidad de amplificadores en muchos casos. El precio de estos equipos es muy superior al de otros equipos de radio hasta ahora comentados: 4.054,83 € (EX5100) y 5.485,80 € (EX5200) en Telescan L.D.A.

4RF Aprisa XE

De similares características a los equipos anteriormente diseñados, este radioenlace digital de altas prestaciones resulta una herramienta potente y flexible para la transmisión de voz, datos y fax a distancias de hasta 100 km en sobre radiofrecuencias de entre 330 MHz y 2,7 GHz. Dispone de un switch Ethernet integrado de 4 puertos y un multiplexor de 8 ranuras para aumentar sus funcionalidades en las más diversas aplicaciones. Dependiendo de la modulación (12, 32 y 64-QAM o QPSK) y del ancho de banda de canal (desde 25 kHz hasta 14 MHz) proporciona hasta 65 Mbit/s de capacidad para una transmisión robusta del tipo portadora para un amplio rango de servicios de banda ancha (incluyendo Internet, interconexión LAN, VPN, VoIP, video conferencia y Web hosting) y servicios integrados de voz y datos (incluyendo monitoreo remoto y control de datos, telefonía, PABX, radio móvil y fax).

De nuevo, su baja potencia de salida (en torno a 30 dBm) y su elevado consumo (63-180 W dependiendo de las tarjetas utilizadas) son, junto con su elevado precio, los

principales inconvenientes de este equipamiento. Para la aplicación aquí planteada, sería suficiente un canal de 25 kHz a 330 MHz con modulación 16 QAM para transmitir fax y datos a un régimen binario de hasta 112 kbps. El coste de la radio digital Aprisa XE es de aproximadamente 3870 € a lo que habría que añadir, al menos, el coste de una tarjeta FXS y otra FXO para la transmisión/recepción de telefonía/fax, por 548 USD cada una. (Al cambio 1 € = 1,55 USD)

Por último, cabe mencionar que en África austral existe un agente autorizado de 4RF con dirección en Sudáfrica: 4RF Communications Ltd, P.O Box 26358 (East Rand) 1459 South Africa. E-mail de contacto: james.andrews@4rf.com, y teléfono móvil: (+27) 83 236 9560.

5.4.- Estudio de precios

Los precios y referencias del siguiente resumen, están actualizados en el caso de Wi-Fi a precios de mercado a Febrero de 2009, a partir de información on-line de las distribuidoras y aplicando las tasas por importación, valor añadido, transporte y ganancia del proveedor declarado o deducido a partir del estudio realizado en Pemba durante los meses de Mayo, Junio y Julio de 2008. En lo que respecta a los precios para equipos de VHF, fueron obtenidos durante dicho periodo a partir de presupuestos de las empresas proveedoras y al cambio 1 € = 38 Mtn a Julio de 2008.

5.4.1.- Precios equipamiento Wi-Fi

Equipo	Fabricante / Descripción	Miro Distribution		Scoop Distribution		Precio estimado en Bemba	
		Referencia	Precio	Ref.	Precio	Infosung	DAFL
CPE	Mikrotik	MT-RB411	55,70	RB-411	40,74	94,69	55,81
CPE	Mikrotik	MT-RB433	110,24	RB-433	82,83	187,41	113,48
CPE	Mikrotik	MT-RB433AH	166,57	RB-433AH	126,72	283,17	173,61
CPE	Mikrotik	MT-RB600A	299,29	RB-600A	207,32	508,79	284,03
Tarjeta NIC	Mikrotik	MT-R52H	59,28	R52H	40,74	100,78	55,81
AP/Router	Mikrotik Crossroads	MT-CRD	98,77			167,91	
AP/Router	Linksys	LS-WRT54GL	90,27			153,46	
Inyector PoE		POE-BASE	5,41	POE-LED	2,50	9,20	3,43
Protector de descargas		SUPRO60	32,06	WL-LTN2	10,74	54,50	14,71
Caja estanca				UT4-POL	17,91		24,54
Caja estanca				UT7-POL	26,86		36,80
Caja estanca		AB-ENCL-RB600	33,76			57,39	
Antena	Grilla de 15 dBi	KB-2424-GRID	33,57	ANT-G215	21,52	57,06	29,48
Antena	Grilla de 19 dBi	KB-2419-GRID	42,18	ANT-G219	31,34	71,71	42,94
Antena	Grilla de 24 dBi	KB-2424-GRID	50,24	ANT-G224	35,37	85,41	48,46
Antena	Grilla de 27 dBi	KB-2424-GRID	207,81			353,28	
Cable coaxial	LMR400	LMR400	3.51/m	LMR-400	3.04/m	5,97/m	4,16/m
Cable UTP	CAT5 (100m)	CAT5-100	33.85	UTP-100	22.38	57,55	30,66
Conector	Tipo N (Macho)	N(M)-400	4.58			7,79	
Conector	RJ45	RJ45PLUG	0.28	RJ-45	0.08	0,48	0,11
Pigtail	U.fl-N(M)	UFL-30-N(M)	7.16	UFL-NTM	3.58	12,17	4,90
Crimpadora	Crimp Tool RJ11/12/45	CRIMP-RJ45	18.98	TOOL-1	8.95	32,27	12,26
Crimpadora	Crimp Tool LMR400	CRIMP-400	33.04			56,17	
Switch Ethernet	5 puertos	ED-ES5500P	48.53	SW-502	12.98	82,50	17,78
ATA	Grandstream SIP, T.38 2xFXS			GS-HT-502	66.62		91,27

* Precios en EURO al cambio 1€ = 12,7807 ZAR a 15 de Febrero de 2009 (Con precios de catalogo de misma fecha)

NOTA: Los precios en Bemba se han estimado de la siguiente manera, los artículos en Infosung aumentan en torno al 70% de su valor en Miro distributions (datos inferidos de los precios de mercado de ambas empresas). Los artículos en DAFL aumentan en torno al 37% con respecto a su valor en Scoop Distributions, dato facilitado por Danilo Loureiro (Director de DAFL). Se trata de estimaciones condicionadas a criterios de mercado y al cambio de divisas ZAR/Mtn.

5.4.2.- Precios equipamiento VHF

Equipo	Fabricante / Descripción	SPAC		TvSD		HVSistemas	
		Ref.	Precio	Ref.	Precio	Ref.	Precio
Radio	Motorola GM340	MDM25KHC9 AN1_E	266.15	GM340 VHF	276.31	GM340V	400
TNC	Modem multimodo P8501					P8501	145
Cable	Conexión MODEM/radio					P8501/COM	45
Antena	Yagi 5 eltos. 9dBi	WEBB	137.42	WEBB	207.68		
Cable	Coaxial LMR400	RF DAVIS	3.28/m	HELIAX	6.31/m		
Conector	N(M)		3		14.63		
Conector	BNC(M)				15.47		
Fuente de alimentación	220 Vac / 12 Vdc	ASTRON	238.10	SPECTRUM PS4140	64.47		
Batería	100 Ah	DELKOR	153.94	12V/100A	169.60		

NOTA: Precios en EURO elaborados a partir de presupuestos de las empresas integrantes de la tabla a julio de 2008.
Cambio 1€ = 38 Mtn.

Los gastos de envío a Pemba de todo este equipamiento fue presupuestado por TvSD en 171 €. Siendo la alternativa que el personal de ISF-ApD en Maputo recoja los equipos y, tras comprobarlos, los envía a Pemba por avión con un coste similar.

Capítulo 6.- PROPUESTAS DE MICRORREDES DISTRITALES

6.1.- Diseños:

Las propuestas que aquí se presentan han sido seleccionadas entre las opciones presentadas en el capítulo dedicado al diseño de las redes como las mejores alternativas para implementar redes de comunicaciones inalámbricas a nivel de distrito para la mejora de las comunicaciones de voz y datos entre los Centros de Salud Rurales, la Institución de Salud de Referencia de los mismos y la SDSMAS del distrito.

Concretamente, se plantean cuatro posibles microrredes piloto en dos distritos y en dos tecnologías diferentes con el fin de estudiar su viabilidad económica en base a los presupuestos de instalación, operación y mantenimiento que aquí se presentan. Las redes a estudio son las siguientes:

Propuesta 1: Microrred Wi-Fi en el Distrito de Ancuabe

Propuesta 2: Microrred Wi-Fi en el Distrito de Balama

Propuesta 3: Microrred VHF en el Distrito de Ancuabe

Propuesta 4: Microrred VHF en el Distrito de Balama

Se han seleccionado estas cuatro alternativas para la fase final del estudio por ser las que mejores características presentaban en cuanto a orografía del terreno y perfiles de los vanos, topología de la red y número de infraestructuras necesarias, disponibilidad de recursos, y disposición de los responsables de las Direcciones Distritales de Salud y personal implicado.

6.2.- Equipos:

Los equipos de comunicaciones, radio e informáticos que se proponen para implementar estas redes han sido presentados y discutidos a lo largo del capítulo “Estudio de Mercado y Selección de Equipos”, donde se justificaba la pertinencia de cada uno de los equipos escogidos, así como las principales vías de distribución en la región y los precios estimados en Pemba.

6.3.- Torres:

Todas las propuestas aquí presentadas precisan en mayor o menor medida de la instalación de torres nuevas tanto en las proximidades de los CSR como en la propia SDSMAS. Con la finalidad de presupuestar el coste de estas infraestructuras, así como de su transporte e instalación, se estudia la posibilidad de adquirir estas torres a una de las cuatro principales empresas dedicadas a su construcción e instalación en la región: Televisa Lda., Africa cons., Telecabo Lda. o Riana Cons. En las conclusiones correspondientes a este apartado se incluyen los presupuestos facilitados por estas cuatro empresas.

Asimismo, en el caso del distrito de Ancuabe, se establecen negociaciones entre ISF, la DPS y la operadora de telefonía móvil mCel, con el fin de obtener los permisos necesarios para la instalación de equipos de comunicaciones en la torre que la operadora tiene instalada en la localidad de Nanjua. A pesar de que las negociaciones no han concluido, todo hace pensar que la instalación de un repetidor en dicha torre no conllevará ningún coste asociado.

En los casos en los que la altura de la antena no supere los 6 metros, ésta se instalará sobre un mástil de acero galvanizado de esta longitud, simplificando el proceso de instalación así como el coste de la misma. Durante la implementación de los enlaces demostrativos Pemba-Metuge, se llevaron a cabo instalaciones de este tipo de infraestructuras, por lo que el coste de instalación de un mástil con sus correspondientes tensores o vientos puede estimarse en 1300 €.

6.4.- Energía:

Todas las propuestas aquí presentadas contemplan la necesidad de dimensionar e implementar Sistemas Fotovoltaicos (SFV) aislados que garanticen el suministro fiable de energía eléctrica para el correcto funcionamiento de los sistemas de comunicaciones bajo cualquier circunstancia.

Se implementará un SFV estándar completo de las siguientes características por cada uno de los emplazamientos donde deba suministrarse energía eléctrica a los equipos de comunicaciones. (Uno por CSR, uno en SDSMAS, uno en el Hospital de Referencia y uno en cada Repetidor).

Cada SFV constará de un Panel solar de 130 W con su correspondiente soporte instalado sobre el tejado del edificio, y un armario con llave dentro del cual se ubicarán el regulador de 12 A, un inversor de 100W y una batería de 200 Ah. El coste completo de cada SFV viene dado por la siguiente tabla.

Componente	Precio (MZM)	Precio € (Al cambio 1 € = 38 MZM)
Panel solar 130 Wp (con soporte para torre)	46.000	1210,5
Regulador 12 A	4.000	105,0
Batería 200 Ah	20.000	526,0
Inversor sine wave 300W (THD 3%)	10.830	286,0
Armario con llave (con soporte para torre)	11.000	289,5
TOTAL SFV		2417 €

6.5.- Licencias:

Las propuestas de redes distritales basadas en tecnología Wi-Fi al estar basadas en comunicaciones en la banda ISM de 2,4 GHz no conllevan ningún coste asociado de licencias de operación. sin embargo, el INCM exige ser notificado de la instalación de dichas redes, por lo que es necesario solicitar al organismo de regulación una “Licencia temporal de uso del espectro radioeléctrico” que no es más que un procedimiento administrativo.

En lo que respecta a las redes basadas en tecnología VHF, es necesario pagar por el uso de las frecuencias utilizadas, por lo que estas redes tendrán un coste de operación anual asociado en función del número de bandas de frecuencia y de estaciones utilizadas. Las tasas anuales de utilización del espectro radioeléctrico para las redes VHF se obtienen a partir del siguiente cómputo:

$$Tasas = E_C \cdot N_C \cdot P_O \cdot T_C \cdot S_U \cdot Q_E \cdot V_R$$

Donde los parámetros se corresponden con las siguientes características de la red:

E_C = Espacio entre canales o ancho de banda equivalente. Este coeficiente varía en función de la frecuencia de operación. Para el caso de frecuencias entre 30 MHz y 3 GHz y un ancho de banda por canal de 25 kHz o 50 kHz, el coeficiente toma un valor de 1,5.

N_C = Número de canales/portadoras. Para 4 canales el coeficiente toma un valor de 1,8 mientras que para 6 canales su valor será de 2.

P_O = Potencia aparente radiada. Potencia equivalente en el máximo del diagrama de radiación, resultante de sumar la potencia del transmisor y la ganancia de la antena en la dirección máxima de propagación. Para el caso de 25 W (máxima potencia permitida en Mozambique) con antenas de hasta 9 dBi, este valor se corresponde con unos 70 W, por lo que el coeficiente toma un valor de 2,1.

T_C = Tipo de espectro/canal. Se refiere a la banda utilizada, así como a su uso exclusivo o compartido. Para redes punto-a-punto y redes punto-a-multipunto estos valores son de 15 y 13 respectivamente.

S_U = Tipo de servicio/usuario. Este coeficiente tiene como objeto la reducción de las tasas de utilización para fines públicos. Para servicios de ayudas y emergencias, así como para operadores de Telecomunicaciones de uso público este coeficiente vale 1.

Q_E = Cantidad de estaciones de las que consta la red. Todas las redes propuestas tienen entre 6 y 10 estaciones, por lo que el valor a aplicar a este coeficiente es de 0,4.

V_R = Valor de referencia. Establecido en 7,24 € (275 MTN). Es posible que este valor haya variado sensiblemente en posteriores revisiones del reglamento, así que será prudente considerar un margen con respecto al valor obtenido para las tasas radioeléctricas.

6.6.- Instalación:

La instalación de las redes se llevará a cabo por personal o empresas locales, preferiblemente con sede en Pemba, para lo cual se puede tomar como referencia la descripción de las principales empresas de equipamiento e instalación de redes de la provincia del capítulo “Estudio de Mercado y Selección de Equipos”.

A falta de presupuestos específicos para estas instalaciones y sin tener en cuenta el proceso de licenciamiento de obra pública mediante concursos y el posible aumento de costes que conllevaría, se tomará como referencia el coste de instalación de los enlaces demostrativos para inferir el coste aproximado de la instalación de las redes, que se valora en 4800 €.

6.7.- Mantenimiento:

Los principales costes de mantenimiento de las redes estarán comprendidos en una de las siguientes categorías:

Desplazamiento del personal técnico y dietas:

Se considerará una media de 4 desplazamientos anuales con objeto de realizar el mantenimiento preventivo/correctivo de la instalación. El coste asociado a esta actividad será de 50 € cada uno de ellos, teniendo en cuenta los gastos de combustible y las dietas del personal desplazado.

Reparaciones y sustitución de equipos:

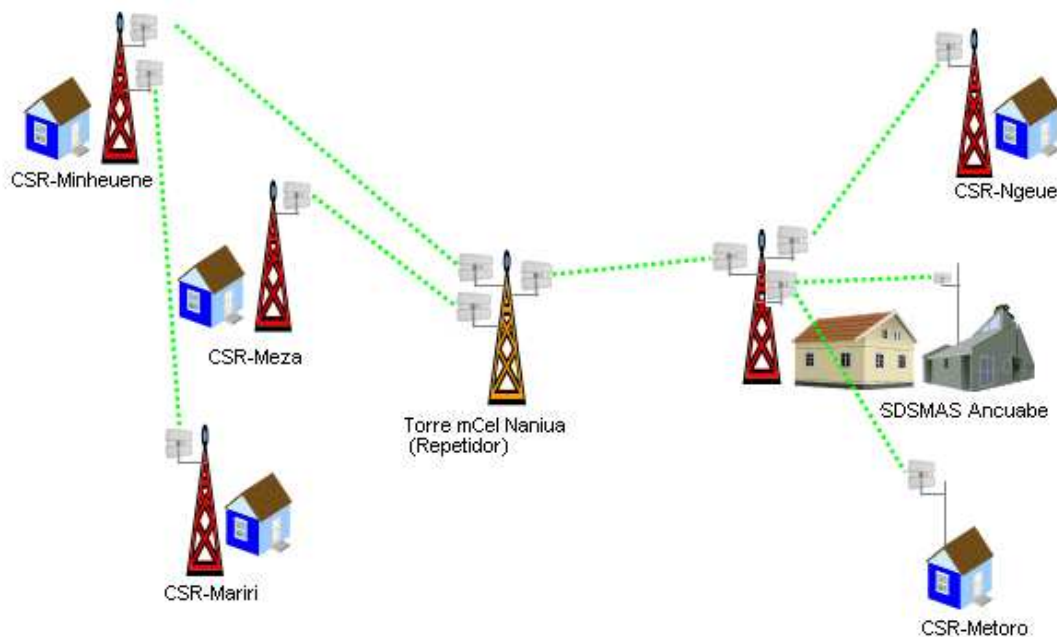
Se realizará una proyección a 3 años para las redes Wi-Fi y a 6 años para las redes VHF de los equipos que se estima precisarán ser sustituidos según la siguiente valoración:

- Los protectores de descargas y fusibles de las fuentes de alimentación o inyectores PoE requerirán ser sustituidos durante el periodo de un año.
- Para los equipos informáticos y de comunicaciones (Router, tarjeta NIC, ATA, cables y conectores,...etc.) se considerará una vida útil media de 3 años, al cabo de la cual deberán ser sustituidos.
- Los equipos de radio VHF tienen una vida útil media de 6 años.

El SFV requiere una revisión periódica al menos una vez al año. La vida útil de los paneles es de al menos 20 años y el de los reguladores de carga de al menos 10 años, por lo que no se tendrán en cuenta sustituciones de estos elementos en los costes de mantenimiento. Las baterías sin embargo, son más delicadas y su vida útil (o número de ciclos de carga y descarga) depende del uso que se le de, del tipo de batería y de la temperatura de funcionamiento, que en este caso puede ser elevada, por lo que se considerará la sustitución de las baterías a los 3 años.

6.8.- Propuestas:

Propuesta 1: Microrred Wi-Fi distrito de Ancuabe



Diseño: Se trata de una red Wi-Fi mesh formada por enlaces punto-a-punto en la banda ISM de 2.4 GHz a una tasa de bit de 1-2 Mbps, que proporciona comunicaciones de voz (VoIP) y datos (FAXoIP) entre los CSR del distrito, la SDSMAS-Ancuabe, y el Hospital de Referencia.

En total son siete Instituciones de Salud a las que se pretende proporcionar servicios de comunicación sin coste de operación asociado y sin límite de horario: los CSR de Meza, Mariri, Minheuene, Ngeue y Metoro, su Hospital de Referencia en la sede del distrito y la SDSMAS. Para ello será necesario instalar torres de comunicaciones en las localidades de Meza, Mariri, Minheuene y Ngeue, así como un repetidor en la Sede del Distrito. Además, será necesario llegar a acuerdos con la operadora de telefonía mCel para el uso de la torre de comunicaciones de que dispone en la localidad de Nanjua.

Los equipos de comunicaciones serán CPEs basadas en placas Mikrotik con distinto número de interfaces inalámbricas (tarjetas NIC) según la topología del diagrama. Estos equipos serán instalados en cajas estancas sobre torres o mástiles en el exterior de las Instituciones de Salud, debidamente protegidos contra descargas y alimentados con los Sistemas Fotovoltáicos anteriormente descritos e inyectores PoE.

Las comunicaciones de Voz y Datos sobre la red de conmutación de paquetes IP se realizará por medio de ATAs permitiendo el uso de teléfonos y terminales de fax analógicos convencionales.

Equipos:

	Torre/ o Mástil	SFV	CPE + Outdoor Enclosure	Tarjeta NIC Mikrotik R52H	Antena	ATA	Teléfono + FAX	Switch Ethernet	Inyector PoE	Protector de descargas	Pigtail U.F-N(M)
SDSMAS Ancuabe	6 m 6 m	2	2xMikrotik RB 411	2	15 dBi 15 dBi	2	2	2	2	2	2
Repetidor Sede	15 m	1	Mikrotik RB 433AH	3	19dBi 24 dBi 27 dBi	X	X	X	1	1	3
Repetidor Nanjua	No	X	Mikrotik RB 433AH	3	15 dBi 19 dBi 27 dBi	X	X	X	1	1	3
CSR Ngeue	25 m	1	Mikrotik RB 411	1	24 dBi	1	1	X	1	1	1
CSR Mariri	20 m	1	Mikrotik RB 411	1	24 dBi	1	1	X	1	1	1
CSR Metoro	6 m	1	Mikrotik RB 411	1	19 dBi	1	1	X	1	1	1
CSR Meza	15 m	1	Mikrotik RB 411	1	15 dBi	1	1	X	1	1	1
CSR Minheuene	20 m	1	Mikrotik RB 433AH	3	19 dBi 24 dBi	1	1	X	1	1	3
TOTAL	3xMástil 2x15m 2x20m 1x25m	7	3xRB433 6xRB411	15	4x15dBi 4x19dBi 4x24dBi 2x27dBi	7	7	2	9	9	15

La tabla sobre estas líneas recoge los equipos y características necesarios para llevar a cabo la implementación de la red anteriormente descrita. Se detalla la altura de mástiles o torres y las ganancias de antenas que garantizan unas buenas prestaciones de los enlaces, así como el modelo del equipo de comunicaciones necesario en cada caso y dependiendo del número de interfaces inalámbricas. Se distinguen tres tipos de nodos:

- **Estación Repetidora:** (Repetidor Sede y Repetidor Nanjua): Ambas con tres interfaces de red inalámbrica, por lo que el equipo de comunicaciones estará basado en una placa Mikrotik Routerboard 433AH que además puede incluir una tarjeta Flash de 4 GB donde instalar los servidores de correo y de VoIP. En cada una de ellas, tres Pigtail conectarán las tarjetas NIC con las antenas correspondientes. Un SFV y un inyector PoE proporcionarán energía al sistema instalado en caja estanca sobre la torre en el caso de Sede con un protector de descargas. En el caso del repetidor en Nanjua sobre la torre propiedad de mCel, no resulta necesario considerar el sistema de energía ya que la propia operadora proporciona este servicio.
- **Estación Remota** (CSR de Meza, Mariri, Metoro y Negué, SDSMAS Ancuabe y Hospital de Ancuabe) un equipo de comunicaciones formado por una placa Mikrotik Routerboard 411 y una interfaz NIC (R52H) también de la casa Mikrotik instalado sobre la torre o mástil dentro de su correspondiente caja estanca, con protector de descargas, inyector PoE, SFV y fuente de alimentación. Un ATA compatible con Fax sobre IP y un Terminal analógico Telefax convencional permitirán comunicaciones de voz y datos con otros nodos de la red.
- **Estación Remota con Repetidor** (es el caso del CSR Minheuene). A todos los efectos estará formado por el mismo equipamiento que una Estación Remota, salvo por el hecho de que incluirá dos interfaces de red inalámbrica más conectadas a sus respectivas antenas que permitirán la retransmisión de la señal de la Estación Remota del CSR Mariri desde y hacia el resto de la red, por lo que el equipo de comunicaciones será Mikrotik RB 433AH.

Presupuesto

Equipo	Fabricante / Descripción	Precio en Pemba		Cantidad	Menor precio
		Infosung	DAFL		
CPE	Mikrotik RB 411	94,69	55,81	6	334,86
CPE	Mikrotik RB 433AH	283,17	173,61	3	520,83
Tarjeta NIC	Mikrotik R52H	100,78	55,81	15	837,11
Inyector PoE		9,20	3,43	9	30,87
Protector de descargas		54,50	14,71	9	132,39
Caja estanca			36,80	9	331,2
Antena	Grilla de 15 dBi	57,06	29,48	4	117,92
Antena	Grilla de 19 dBi	71,71	42,94	4	171,76
Antena	Grilla de 24 dBi	85,41	48,46	4	193,84
Antena	Grilla de 27 dBi	353,28		2	706,56
Cable coaxial	LMR400	5,97/m	4,16/m		
Cable UTP	CAT5 (100m)	57,55	30,66	400 m	122,64
Conector	Tipo N (Macho)	7,79			
Conector	RJ45	0,48	0,11	50	5,50
Pigtail	U.fl-N(M)	12,17	4,90	14	73,50
Crimpadora	Crimp Tool RJ11/12/45	32,27	12,26	1	12,26
Switch Ethernet	5 puertos	82,50	17,78	2	35,56
ATA	Grandstream SIP, T.38 2xFXS		91,27	7	638,89
Fax/Teléfono				7	
				TOTAL	4265,73

* Precios en EURO al cambio 1€ = 12,7807 ZAR a 15 de Febrero de 2009 (Con precios de catalogo de misma fecha)

NOTA: Los precios en Pemba se han estimado de la siguiente manera, los artículos en Infosung aumentan en torno al 70% de su valor en Miro distributions (datos inferidos de los precios de mercado de ambas empresas). Los artículos en DAFL aumentan en torno al 37% con respecto a su valor en Scoop Distributions, dato facilitado por Danilo Loureiro (Director de DAFL). Se trata de estimaciones condicionadas a criterios de mercado y al cambio de divisas ZAR/Mtn.

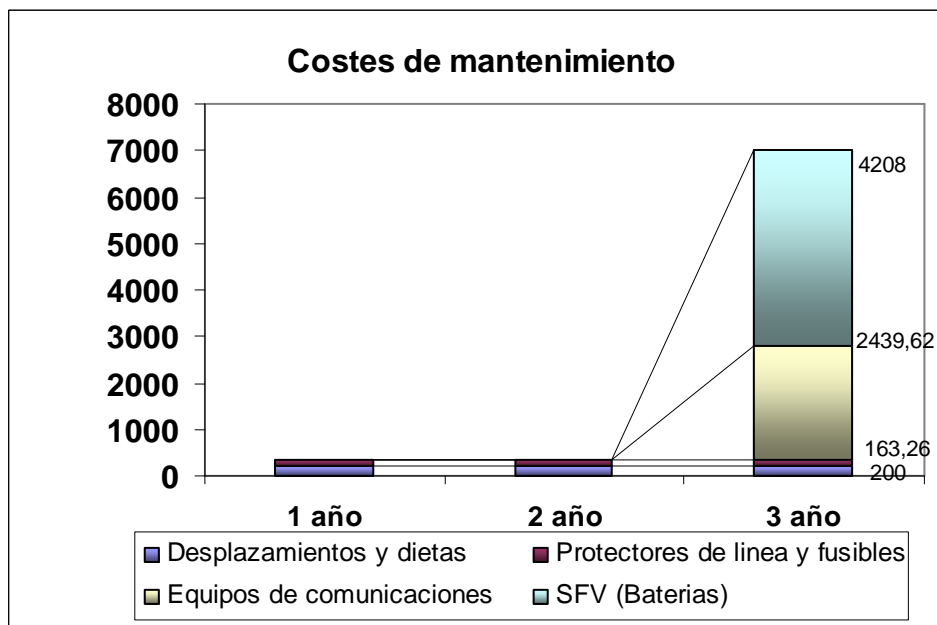
Vista la tabla anterior, donde se reflejan desglosadas por equipos y comparados los principales distribuidores, los precios de los equipos necesarios para implementar la red, bastará contabilizar el coste de 8 SFV, las torres de comunicaciones y mástiles (fabricación, transporte e instalación) y los costes de instalación estimados para llegar al coste estimado total de la instalación y puesta en marcha de la red de comunicaciones Wi-Fi propuesta para el Distrito de Ancuabe.

Coste total equipos	4265,73 €
8 Sistemas Fotovoltaicos	19336,00 €
Torres y mástiles	
Instalación y puesta en marcha	4800,00 €
TOTAL	26262,73 €

Mantenimiento

Los costes de mantenimiento asociados a esta red de comunicaciones estimados para los tres primeros años según los criterios expuestos anteriormente, serían los siguientes, tal y como se reflejan en la tabla y gráfica siguientes:

	1 año	2 año	3 año
Desplazamientos y dietas	200	200	200
Protectores de línea y fusibles	163,26	163,26	163,26
Equipos de comunicaciones			2446,25
SFV (Baterías)			4208



Por lo que todos los montos totales de los costes de instalación, operación y mantenimiento que conlleva esta solución de comunicaciones de voz y datos para las Instituciones de Salud del Distrito de Ancuabe quedan resumidos en la siguiente tabla.

Costes de instalación	26262,73 €
Costes de operación	0,00 €
Costes de mantenimiento 1er 2º año	363,26 €
Costes de mantenimiento 3º año	7010,88 €

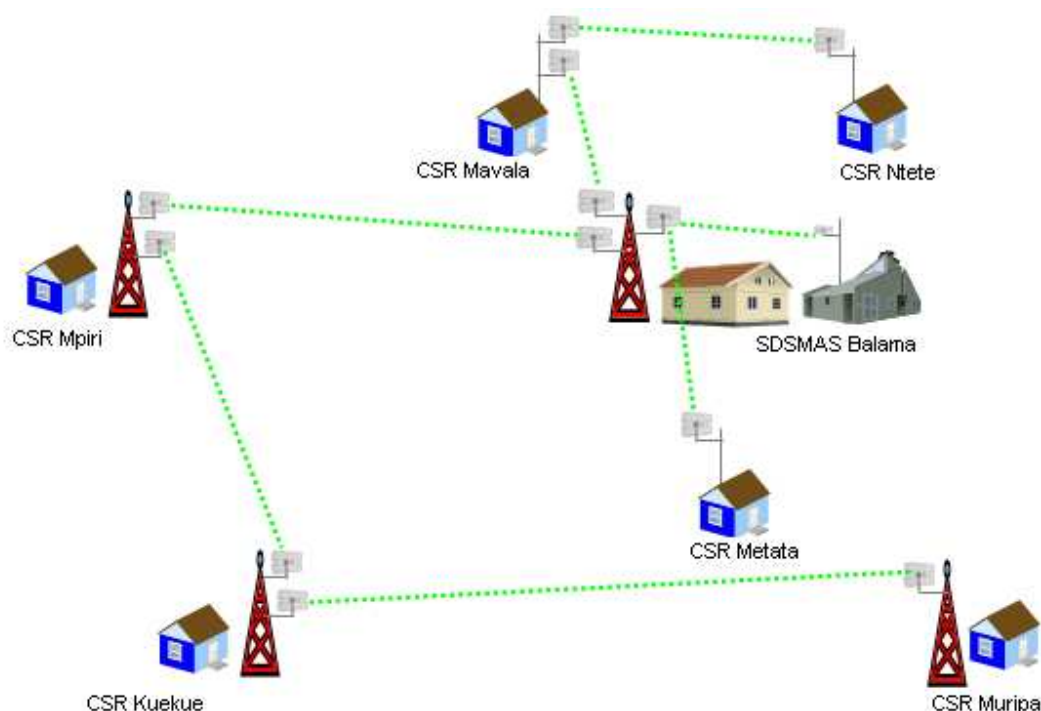
Comentarios

Tanto la tecnología como el distrito propuestos constituyen dos de las mejores alternativas valoradas para la implementación de una microrred piloto con fines demostrativos. En parte por la orografía del terreno y las infraestructuras existentes en el distrito y en parte por la buena disposición de la administración del SDSMAS responsable última del éxito del proyecto.



Red Wi-Fi Distrito de Ancuabe

Propuesta 2: Microrred Wi-Fi distrito de Balama



Diseño

La características de esta propuesta son muy similares a la correspondiente al distrito de Ancuabe, se trata de una red Wi-Fi mesh formada por enlaces punto-a-punto en la banda ISM de 2.4 GHz a una tasa de bit de 1-2 Mbps, que proporciona comunicaciones de voz y datos entre los CSR del distrito, la SDSMAS-Balama, y el Hospital de Referencia.

En este caso son ocho Instituciones de Salud a las que se pretende proporcionar servicios de comunicación sin coste de operación asociado y sin límite de horario: Los CSR de Kuekue, Ntete, Mavala, Metata, Mpiri y Muripa, su Hospital de Referencia en la sede del distrito y la SDSMAS en la Sede Distrital de Balama. En total CSR más que en el caso de Ancuabe.

Serán necesarias torres de comunicaciones en Kuekue, Mpiri y Muripa, además de una Estación repetidora en la Sede del Distrito. En esta ocasión no será necesario llegar a acuerdos de utilización de infraestructuras con operadoras de telecomunicaciones.

Los equipos de comunicaciones y los terminales de usuario serán los mismos que en la propuesta anterior, y vienen desglosados en función de su ubicación en la siguiente tabla.

Equipos:

	Torre/ o Mástil	SFV	CPE + Outdoor Enclosure	Tarjeta NIC Mikrotik R52H	Antena	ATA	Teléfono + FAX	Switch Ethernet	Inyector PoE	Protector de descargas	Pigtail U.fl-N(M)
SDSMAS Balama	6 m 6 m	2	2xMikrotik RB 411	2	15 dBi 15 dBi	2	2	2	2	2	2
Repetidor Sede	15 m	1	Mikrotik RB 433AH	3	15 dBi 19dBi 24 dBi	X	X	X	1	1	3
CSR Kuekue	35 m	1	Mikrotik RB 433AH	3	24 dBi 30 dBi	1	1	X	1	1	3
CSR Ntete	6 m	1	Mikrotik RB 411	1	21 dBi	1	1	X	1	1	1
CSR Mavala	6 m	1	Mikrotik RB 433AH	3	19 dBi 21 dBi	1	1	X	1	1	3
CSR Metata	6 m	1	Mikrotik RB 411	1	15 dBi	1	1	X	1	1	1
CSR Mpiri	30 m	1	Mikrotik RB 433AH	3	24 dBi 24 dBi	1	1	X	1	1	3
CSR Muripa	35 m	1	Mikrotik RB 411	1	30 dBi	1	1	X	1	1	1
TOTAL	4xMástil 1x15m 2x30m 1x35m	8	4xRB433 5xRB411	17	3x15dBi 2x19dBi 2x21dBi 4x24dBi 2x30dBi	8	8	2	9	9	17

La descripción de las estaciones, la configuración de los equipos y sus características, pueden considerarse análogas a las de la propuesta de microrred Wi-Fi para el distrito de Ancuabe.

Presupuesto

Equipo	Fabricante / Descripción	Precio en Pemba		Cantidad	Menor precio
		Infosung	DAFL		
CPE	Mikrotik RB 411	94,69	55,81	5	279,05
CPE	Mikrotik RB 433AH	283,17	173,61	4	694,44
Tarjeta NIC	Mikrotik R52H	100,78	55,81	17	948,77
Inyector PoE		9,20	3,43	8	27,44
Protector de descargas		54,50	14,71	8	117,68
Caja estanca			36,80	9	331,2
Antena	Grilla de 15 dBi	57,06	29,48	4	117,92
Antena	Grilla de 19 dBi	71,71	42,94	2	85,88
Antena	Grilla de 21 dBi	*85,41	*48,46	2	96,92
Antena	Grilla de 24 dBi	85,41	48,46	4	193,84
Antena	Grilla de 30 dBi	*353,28		2	706,56
Cable UTP	CAT5 (100m)	57,55	30,66	400 m	122,64
Conector	RJ45	0,48	0,11	50	5,5
Pigtail	U.fl-N(M)	12,17	4,90	17	83,3
Crimpadora	Crimp Tool RJ11/12/45	32,27	12,26	1	12,26
Switch Ethernet	5 puertos	82,50	17,78	2	35,56
ATA	Grandstream SIP, T.38 2xFXS		91,27	8	730,16
Fax/Teléfono				8	0
				TOTAL	4589,12

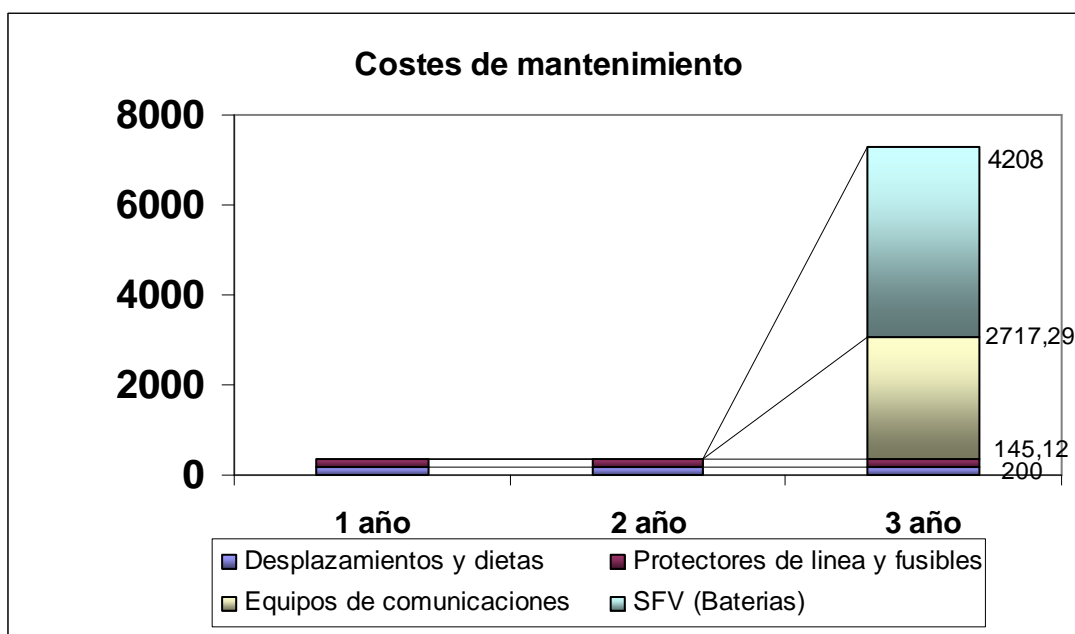
El coste total de la instalación se resume en la siguiente tabla, incluidos Sistemas Fotovoltaicos, torres y costes de instalación y puesta en marcha:

Coste total equipos	4589,12 €
8 Sistemas Fotovoltaicos	19336,00 €
Torres y mástiles	
Instalación y puesta en marcha	4800,00 €
TOTAL	28725,12 €

Mantenimiento

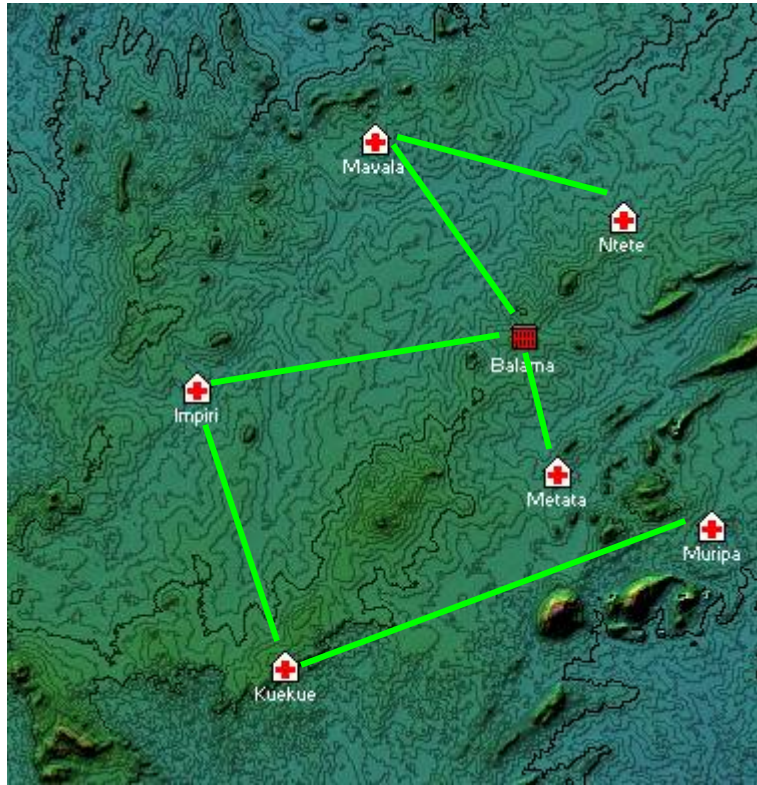
Los costes en euros de mantener, reparar y sustituir componentes y partes de la red de comunicaciones propuesta durante los primeros tres años de funcionamiento, se reflejan en la siguiente tabla y también de forma gráfica:

	1 año	2 año	3 año
Desplazamientos y dietas	200	200	200
Protectores de línea y fusibles	145,12	145,12	145,12
Equipos de comunicaciones			2776,78
SFV (Baterías)			4208



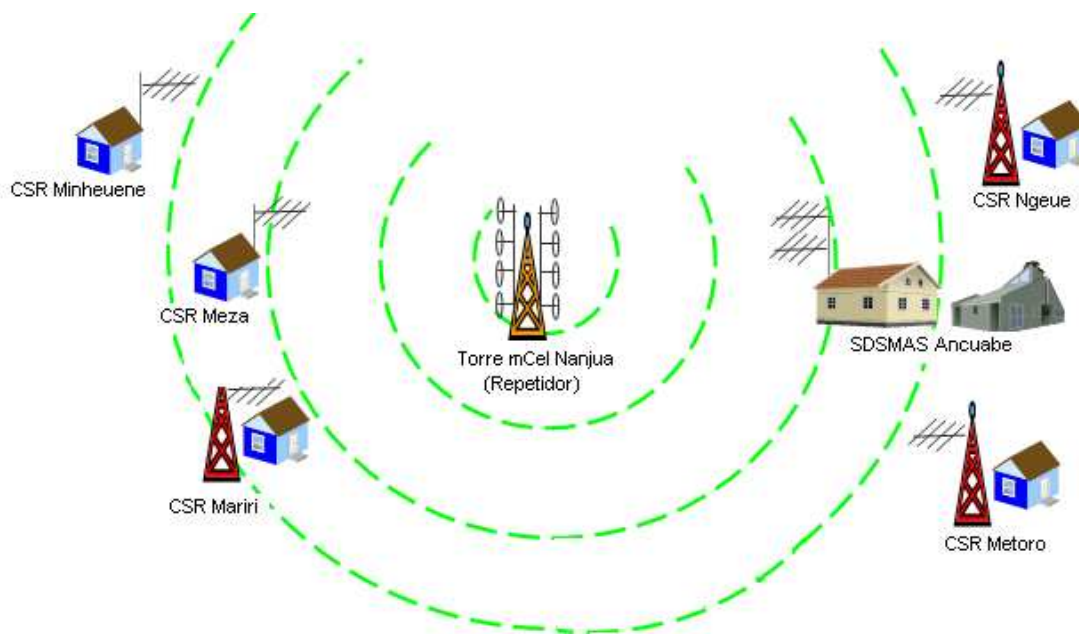
Así todos los costes derivados del proyecto, incluidos los costes de implementación, operación y mantenimiento durante los tres primeros años, se resumen en la tabla siguiente.

Costes de instalación	28725,12 €
Costes de operación	0,00 €
Costes de mantenimiento 1er año	345,12 €
Costes de mantenimiento 2º año y siguientes	7329,90 €



Red Wi-Fi Balama

Propuesta 3: Microrred VHF Ancuabe



Diseño

Se trata de una red de comunicaciones de voz y datos sobre radiofrecuencias en la banda de VHF que proporcionará comunicaciones de voz todos-con-todos y comunicaciones de datos vía e-mail entre los CSR y con su Hospital de Referencia y la SDSMAS de Ancuabe.

Un total de siete Instituciones de Salud tendrán acceso a los servicios de comunicación. Se trata de los CSR de Ngeue, Meza, Mariri, Minheuene y Metoro, el Hospital de Ancuabe y el SDSMAS Ancuabe. Para ello, un repetidor de voz y datos será implementado sobre la torre de comunicaciones de mCel en la localidad de Nanjua. El repetidor de datos, diferenciado del repetidor de voz, se implementará mediante un Terminal Motorola GM Databox, específico para este tipo de aplicaciones. Todos los equipos se instalarán en el interior de los edificios con las medidas de seguridad oportunas y se alimentarán mediante SFV.

Las comunicaciones de voz se realizarán mediante radios de dos vías de la marca Motorola (GM340) instaladas en todas las estaciones descritas. Las comunicaciones de datos

se realizarán por medio de la misma radio en un canal diferente gracias a un MODEM TNC conectado entre la radio y el Terminal Informático.

La SDSMAS y el Hospital ya cuentan con equipos informáticos, no así los CSR, para ello, se prevé la adquisición de terminales de bajo coste y características específicas apropiadas para entornos rurales aislados y adecuados a las capacidades de los usuarios finales. Algunas opciones son OLPC XO 150 € con la ventaja de que el precio incluye la donación de otro Terminal a un proyecto educativo en los países empobrecidos. Otras alternativas son ASUS Eee PC 195 €, Qualcomm Kayak PC 300 €, Intel Classmate PC 225 €. Precios al cambio 1 € = 1,33 USD a Mayo de 2009.

Equipos

	Torre/ o Mástil	SFV	Radio	Antena	MODEM TNC	Equipo informático	Fuente de alimentación	Protector de descargas
SDSMAS Ancuabe	6 m	1	2xMotorola GM340	Yagi 9 dBi Omni 3 dBi	2	X	2	2
Repetidor Nanjua	No	1	Motorola GM340 Motorola GMDatabox	Omni 5 dBi	X	X	1	1
CSR Ngeue	30 m	1	Motorola GM340	Yagi 9 dBi	1	1	1	1
CSR Mariri	20 m	1	Motorola GM340	Yagi 9 dBi	1	1	1	1
CSR Metoro	20 m	1	Motorola GM340	Yagi 9 dBi	1	1	1	1
CSR Meza	6 m	1	Motorola GM340	Yagi 9 dBi	1	1	1	1
CSR Minheuene	12 m	1	Motorola GM340	Yagi 9 dBi	1	1	1	1
TOTAL	2xMástil 1x12m 2x20m 1x30m	7	8xMotorola GM340 1xMotorola GM Databox	6xYagi 9dBi 1xOmni 5dBi 1xOmni 3dBi	7	5	8	8

Presupuesto

Equipo	Fabricante / Descripción	Precio en Pemba		Cantidad	Menor precio
		SPAC	TvSD		
Radio de dos vias	Motorola GM340	266,15	276,31	8	2129,2
Radio para datos	Motorola GM Databox		746,98	1	746,98
Antena	Yagi 9dBi	137,42	207,68	6	824,52
Antena	Omni 5dBi	412,26	623,04	1	412,26
Antena	Omni 3 dBi		90	1	90,00
Equipo informático	OLPC/ XO		150	5	750,00
MODEM TNC + Conexión con Radio	HV Sistemas/ P8501		190	7	1140,00
Fuente de alimentación		238,10	64,47	8	515,76
Protector de descargas	Infosung/DA FL	54,50	14,71	8	117,68
Cable coaxial	LMR 400	3,28/m	6,31/m	300 m	984
Splitter			100	2	200,00
Conector	N(M)		14,63	8	117,04
Conector	BNC(M)		15,47	8	123,76
Crimpadora	Crimp Tool LMR400		56,17	1	56,17
TOTAL					8397,37

Costes de instalación

Contabilizados los costes de los equipos desglosados en el cuadro anterior, 7 Sistemas Fotovoltaicos completos, torres y mástiles y los costes de instalación y puesta en marcha de la red, el coste total de la implementación de la red de comunicaciones sería el siguiente:

Coste total equipos	8397,37 €
7 Sistemas Fotovoltaicos	16912,00 €
Torres	
Instalación y puesta en marcha	4800,00 €
TOTAL	30109,37 €

Costes de operación

Tal y como se ha expuesto al inicio de éste capítulo, el uso del espectro radioeléctrico para sistemas de comunicaciones por radiofrecuencias en la banda VHF requiere de licenciamiento según el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias y del pago anual de las Tasas Radioeléctricas correspondientes al organismo regulador competente, en este caso el INCM.

Para una red de comunicaciones en el distrito de Ancuabe compuesto por 7 estaciones y utilizando 4 bandas de frecuencia diferentes, el cálculo del coste de estas tasas queda como sigue:

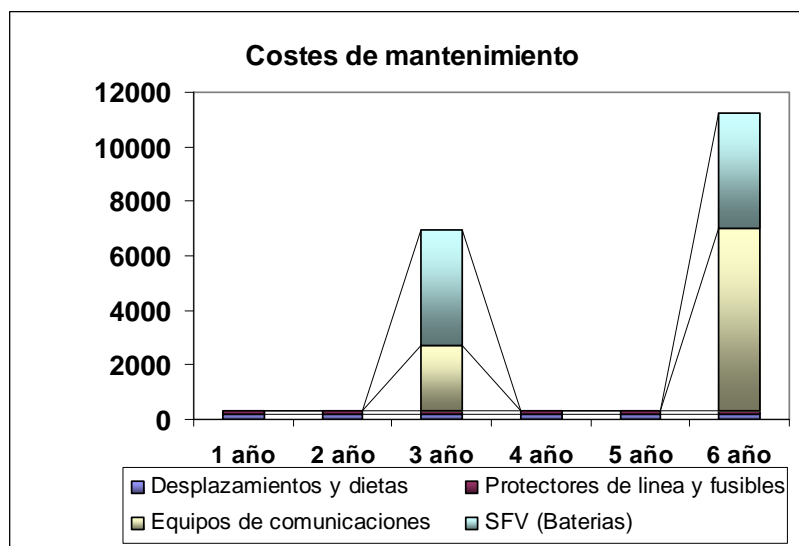
$$Tasas = 1,5 \cdot 1,8 \cdot 2,1 \cdot 13 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 7,24€ = 213,46€ (8112MTN)$$

A pesar de todo, es probable que el valor de referencia sobre el cual se calculan las tasas haya ido aumentando periódicamente (al menos en relación al aumento del IPC) y que el coste de estas sea en realidad sensiblemente superior a la hora de instalar la red.

Costes de mantenimiento

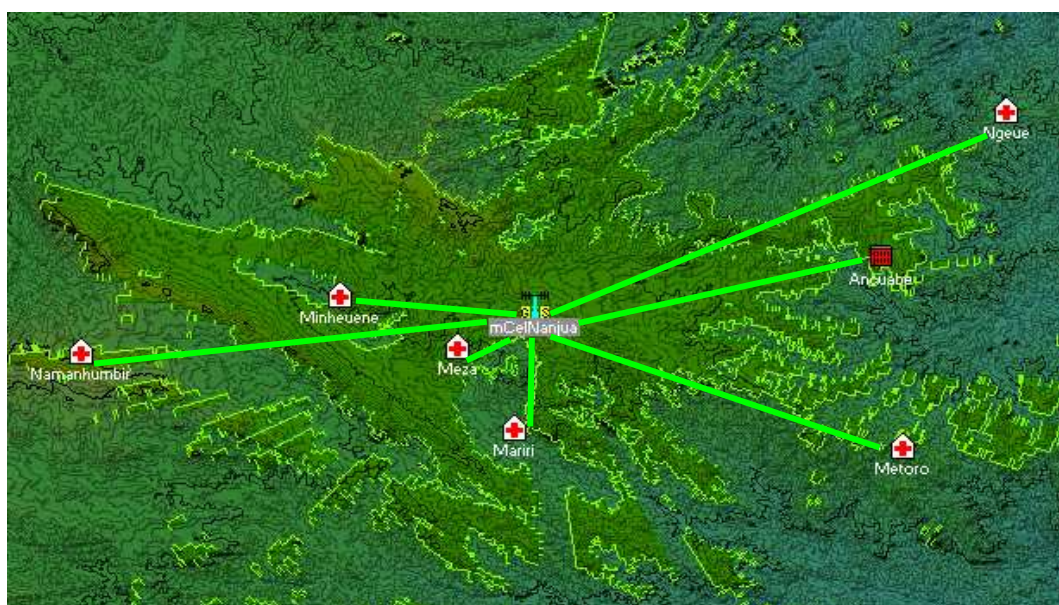
A continuación se muestran los costes de mantenimiento estimados para los primeros 6 años de funcionamiento de la red propuesta según el criterio antes expuesto:

	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año	6 año
Desplazamientos y dietas	200	200	200	200	200	200
Protectores de línea y fusibles	117,68	117,68	117,68	117,68	117,68	117,68
Equipos de comunicaciones			2405,76			6706,7
SFV (Baterías)			4208			4208
TOTAL año	317,68	317,68	6931,44	317,68	317,68	11232



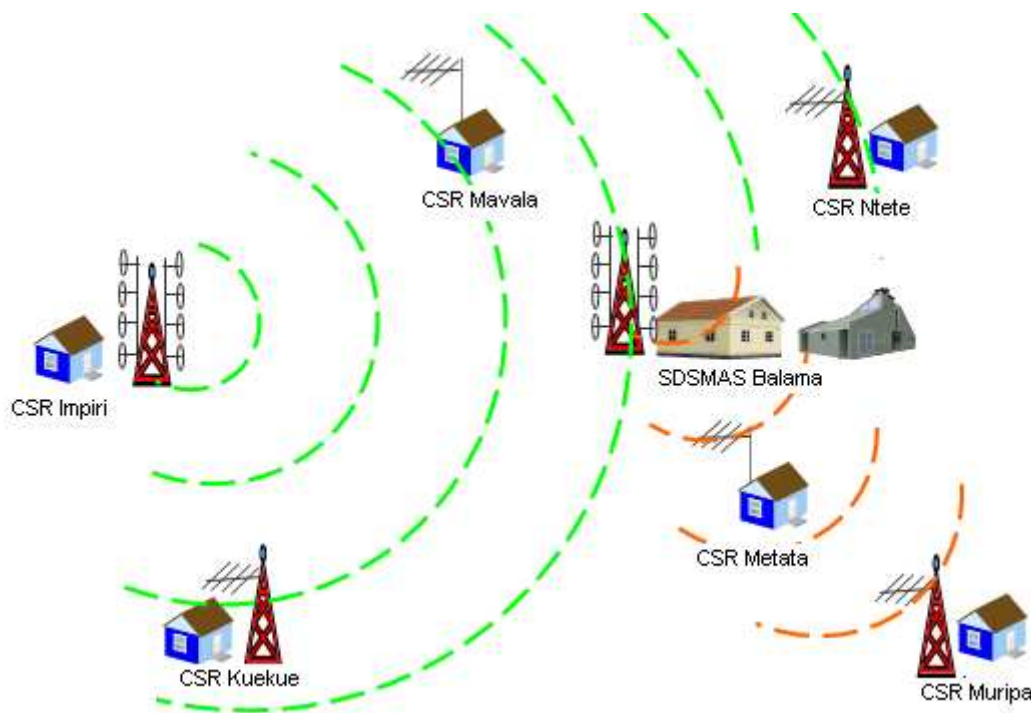
En la siguiente tabla se resumen todos los costes asociados a la instalación, operación y mantenimiento de la red VHF propuesta para el distrito de Ancuabe.

Costes de instalación	30109,37 €
Costes de operación	213,46 €
Costes de mantenimiento 1er y 2º año	317,68 €
Costes de mantenimiento 3º año	6931,44 €
Costes de mantenimiento 6º año	11232,00 €



Red VHF Ancuabe

Propuesta 4: microrred VHF distrito de Balama



Diseño

Las características de esta red de comunicaciones de voz y datos en la banda VHF son análogas a las de la anterior propuesta, con la particularidad de que en este caso sendos repetidores de voz y datos serán implementados en la Sede del Distrito y en la localidad de Impiri y no se prevé el uso de infraestructuras de operadoras.

A consecuencia de esta topología, las comunicaciones de voz no serán de todos-con-todos y los CSR de Metata y Muripa verán restringidas las comunicaciones con el resto de CSR del distrito, a excepción de las comunicaciones entre ellos y con la SDSMAS.

Equipos

	Torre/ o Mástil	SFV	Radio	Antena	MODEM TNC	Equipo informático	Fuente de alimentación	Protector de descargas
SDSMAS Balama	6 m	1	3xMotorola GM340 Motorola GM Databox	Omni 5 dBi Omni 3 dBi	2	X	3	2
CSR Impiri	6 m	1	Motorola GM340 Motorola GM Databox	Omni 5 dBi	1	1	1	1
CSR Kuekue	25 m	1	Motorola GM340	Yagi 9 dBi	1	1	1	1
CSR Ntete	20 m	1	Motorola GM340	Yagi 9 dBi	1	1	1	1
CSR Mavala	6 m	1	Motorola GM340	Yagi 9 dBi	1	1	1	1
CSR Metata	25 m	1	Motorola GM340	Yagi 9 dBi	1	1	1	1
CSR Muripa	55 m	1	Motorola GM340	Yagi 9 dBi	1	1	1	1
TOTAL	2xMástil 1x12m 2x20m 1x30m	7	9xMotorola GM340 2xMotorola GM Databox	5xYagi 9dBi 2xOmni5 dBi	8	6	9	9

Presupuesto

Equipo	Fabricante / Descripción	Precio en Pemba		Cantidad	Menor precio
		SPAC	TvSD		
Radio de dos vias	Motorola GM340	266.15	276.31	9	2395,35
Radio para datos	Motorola GM Databox		746,98	2	1493,96
Antena	Yagi 9dBi	137.42	207.68	5	687,1
Antena	Omni 5dBi	412,26*	623,04*	2	824,52
Antena	Omni 3 dBi		90	1	90,00
Equipo informático	OLPC/ XO		150	6	900,00
MODEM TNC + Conexión con Radio	HV Sistemas/ P8501		190	8	1330,00
Fuente de alimentación		238.10	64.47	9	580,23
Protector de descargas	Infosung/DA FL	54,50	14,71	9	132,39
Cable coaxial	LMR 400	3.28/m	6.31/m	300 m	984
Splitter			100	4	400,00
Conector	N(M)		14.63	11	160,93
Conector	BNC(M)		15.47	11	170,17
Crimpadora	Crimp Tool LMR400		56,17	1	56,17
				TOTAL	10394,82

Costes de instalación

Teniendo en cuenta los datos desglosados en las anteriores tablas, los costes totales de instalación de la red propuesta, incluyendo los 7 SFV, las torres y mástiles necesarios y los costes de instalación y puesta en marcha, se resumen en la siguiente tabla:

Coste total equipos	10394,82 €
7 Sistemas Fotovoltaicos	16912,00 €
Torres	
Instalación y puesta en marcha	4800,00 €
TOTAL	32106,80 €

Costes de operación

Al igual que en la propuesta anterior, la red de comunicaciones en la banda de VHF requiere ser licenciada por el organismo competente y el pago anual de las Tasas por el uso del espectro radioeléctrico.

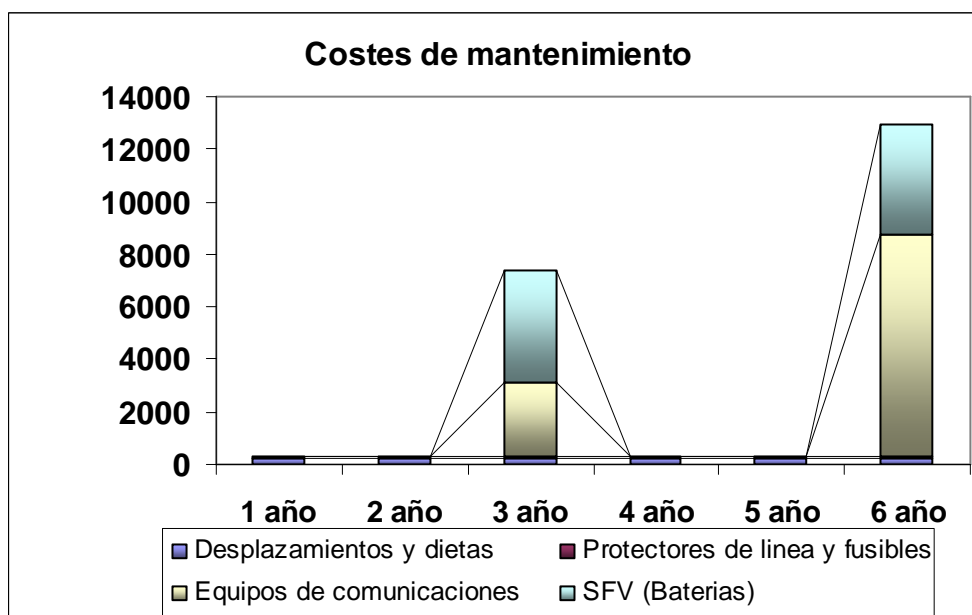
En este caso se trata de 7 estaciones y da 6 canales, por lo que el coste anual de operación de esta red sería de:

$$Tasas = 1,5 \cdot 2 + 2,1 \cdot 13 + 1 \cdot 0,4 + 7,24 \cdot 6 = 237,18 \text{€} (0013MTN)$$

Costes de mantenimiento

Los costes anuales de mantenimiento preventivo y correctivo de esta red se desglosan a continuación:

	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año	6 año
Desplazamientos y dietas	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Protectores de línea y fusibles	132,39	132,39	132,39	132,39	132,39	132,39
Equipos de comunicaciones			2810,23			8414,60
SFV (Sustitución de baterías)			4208,00			4208,00
TOTAL año	332,39	332,39	7350,62	332,39	332,39	12955,00



Todos los costes asociados a esta propuesta (instalación, operación y mantenimiento los 6 primeros años) se resumen en la siguiente tabla:

Costes de instalación	32106,80 €
Costes de operación	237,18 €
Costes de mantenimiento 1er y 2º año	332,39 €
Costes de mantenimiento 3er año	735,62 €
Costes de mantenimiento 6º año	12955,00 €



Red VHF Balama

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Conclusiones del análisis teórico

1. El sistema actual de radio HF, es de mala calidad, presenta numerosos problemas tanto a la hora de ser utilizado como en su mantenimiento. Existen posibilidades para su mejora, pero se recomienda sustituirlo por otro con mejores prestaciones.
2. Se descarta la posibilidad de utilizar tecnología WiMAX por considerar que no está suficientemente probada y que tanto el coste de los equipos, como su consumo de potencia y la reducida disponibilidad de los mismos hacen de esta una tecnología poco apropiada en estos momentos y en este contexto.
3. La contratación de servicios VSAT, a pesar de sus enormes ventajas, se desestima por ser las tarifas mensuales, incluso de los servicios más básicos, muy superiores a las posibilidades económicas de la DPS.
4. Wi-Fi es la opción que mejores características ofrece: Buenas prestaciones, bajo coste, bajo consumo, flexibilidad y sin costes de operación. Será esta la opción preferente a la hora de diseñar cualquier sistema de comunicaciones. Redes de comunicaciones de voz y datos basadas en tecnología Wi-Fi pueden resultar viables en el contexto de la intervención, por lo que se decide proseguir con esta tecnología en las siguientes fases del estudio.
5. VHF será la opción alternativa en caso de no resultar viable una red basada en tecnología Wi-Fi en un distrito determinado, sus peores prestaciones y las complicaciones añadidas para la transmisión de datos se compensan con un mayor alcance de los enlaces y la posibilidad de establecer comunicación en condiciones NLOS. Se estudian también los diseños de redes VHF.

6. En la fase de diseño se debe prestar especial atención al número y ubicación de los repetidores, garantizando enlaces con Línea de Vista, pero reduciendo el número Estaciones Repetidoras al mínimo y evitando siempre que esto sea posible ubicarlas en enclaves aislados y de difícil acceso fuera de las zonas urbanas, ya que el mantenimiento y seguridad de los equipos son clave para garantizar la sostenibilidad.
7. En cualquiera de los casos será necesario dimensionar el Sistema Fotovoltaico pertinente para garantizar el funcionamiento del sistema de comunicaciones siempre que sea necesario.
8. Dada la total ausencia de infraestructuras y las limitaciones de potencia existentes en Mozambique, resultará complicado diseñar una red troncal basada en tecnología Wi-Fi o VHF que comunique todas las SDSMAS entre sí y con la DPS. Esta posibilidad se ha estudiado en el capítulo dedicado a los diseños.
9. GSM/GPRS se presenta como la opción más apropiada para las comunicaciones de datos entre la DPS y, al menos, las 12 SDSMAS que disponen actualmente de cobertura de red. La inversión inicial es mínima y los costes de operación asequibles. Existe la posibilidad de transmisión de datos con tarjetas prepago y transferencia de crédito para centralizar el control del gasto. Se mejoran considerablemente los procesos del SIS evitando el problema del mantenimiento.
10. En cualquiera de los casos la sostenibilidad de un cambio tecnológico solo puede lograrse si éste se realiza en paralelo a una mejora de las capacidades y recursos del SPM y a una formación adecuada de los usuarios finales.

Conclusiones del diseño de las redes

Redes Wi-Fi

1.- La primera conclusión evidente que se extrae de los diseños realizados es que, a pesar de resultar tecnológicamente posible, no se puede implementar una red de comunicaciones basada en el estándar IEEE 802.11b/g sin plantearse la posibilidad de instalar torres de comunicaciones, con la problemática asociada a este hecho. Así, se ha comprobado que es

necesario un número mínimo de repetidores tanto para la implementación de la Red Troncal como para la totalidad de las Microrredes distritales.

2.- A pesar de que se han localizado la gran mayoría de infraestructuras de comunicaciones de que disponen en la Provincia las principales operadoras de telecomunicaciones, y aunque tras realizar las pertinentes negociaciones se autorizara a ISF en cooperación con la DPS disponer de dichas infraestructuras, sería necesario instalar torres propias para la implementación de algunas de estas estaciones repetidoras.

3.- Ya avanzado el proceso de diseño se ha recibido información oficial (inicialmente negada o poco clara) acerca de las limitaciones de potencia para la banda de 2.4 GHz. Tal y como se había señalado con anterioridad, las autoridades mozambicanas en materia de radiocomunicaciones, a pesar de no contar con una normativa específica en este ámbito, siguen las recomendaciones del ETSI que limitan las emisiones de radio a 100 mW (20dBm) P.I.R.E. en la banda ISM de 2.4 GHz en la que se basan los diseños anteriormente descritos. Así lo hacía saber el Instituto Nacional de las Comunicaciones de Mozambique (INCM) en su respuesta a la solicitud de licencia para el enlace demostrativo entre la DPS-Pemba y la SDSMAS-Metuge:

- La potencia irradiada no debe exceder los 100 mW (p.i.r.e.)
- La densidad espectral máxima debe ser limitada a 20 dBW/1 MHz
- Las radiaciones no esenciales no deben exceder los límites de emisiones espurias para receptores de banda estrecha por encima de 1 GHz a -47dBm/Hz y para receptores de banda ancha por encima de 1 GHz a -97dBm/Hz.

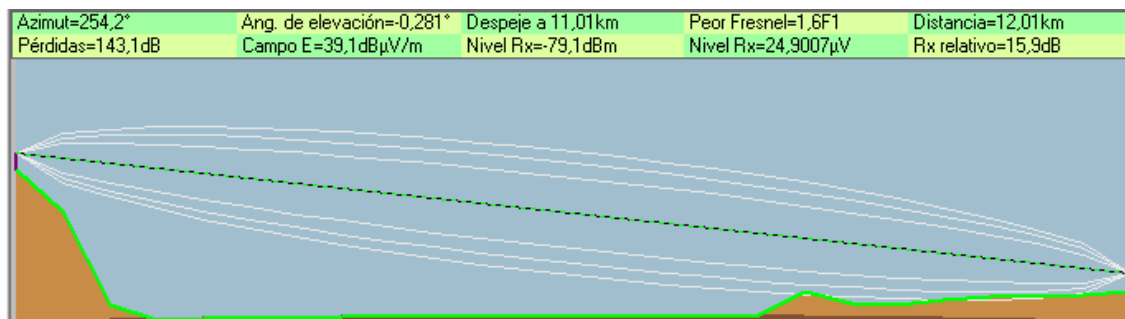
A pesar de ello, y aunque el enlace supera los límites mencionados, en esa misma respuesta autorizaban la licencia temporal para operar con dicho enlace.

4.- Este hecho deja abierta una posibilidad si se quiere plantear una red de comunicaciones en la provincia basada en tecnología Wi-Fi. La normativa ETSI fija un límite más amplio para las emisiones en la banda de 5.8 GHz, es decir, en la banda también libre de licenciamiento en la que operan los equipos basados en el estándar 802.11a. ETSI fija el límite P.I.R.E. en esta banda en 1 W (30 dBm). Por lo que reduciendo al mínimo la potencia de transmisión y aumentando considerablemente la ganancia de las antenas (recuérdese que

la ganancia afecta tanto en transmisión como en recepción) se pueden alcanzar los límites de distancia posibles con tecnología Wi-Fi.

Tras una serie de investigaciones en este sentido, se intentan repetir los diseños anteriores utilizando equipos Wi-Fi a que permiten reducir la potencia de transmisión hasta -4 dBm y antenas de grilla parabólicas con 34,5 dBi de ganancia. Esta combinación es la que permite aproximarse más al límite de 1 W P.I.R.E., optimizando la ganancia del enlace. Hay que destacar el inconveniente de que las mencionadas antenas tienen 1,2 metros de diámetro, lo que las hace poco manejables y más influenciadas por las condiciones meteorológicas.

Se comprueba que con estos parámetros de simulación no es posible establecer enlaces de más de 10 km que garanticen el Margen de Ganancia de 20 dB ni con perfiles perfectamente despejados. Sirva de ejemplo el resultado de la simulación para el enlace demostrativo entre la DPS-Pemba y la SDSMAS-Metuge (sin duda el que mejores condiciones presenta) en la banda de 5.4 GHz y con los equipos mencionados:



Perfil – Pemba (20m) – Metuge (7m) con Wi-Fi/a

Esto se debe a que, en estas condiciones, el limitante principal de la distancia de los enlaces viene dado por las pérdidas de propagación en el espacio libre. Magnitud que aumenta con el cuadrado de la frecuencia, lo cual se puede comprobar tras unos sencillos cálculos. Si el balance (simplificado) de potencia del enlace se puede expresar mediante la ecuación:

$$P_{tx} + G_{tx} - L_{bf} + G_{rx} \quad MG > S_{rx}$$

Siendo los valores de estas magnitudes:

Ptx = Potencia transmitida = -4 dBm

Gtx = Ganancia de antena en transmisión = 34,5 dBi

Grx = Ganancia de antena en recepción = 34,5 dBi

MG = Margen de Ganancia = 20 dB

Srx = Sensibilidad del receptor = - 95 dBm

Lbf = Pérdidas de propagación en el espacio libre

Se comprueba que transmitiendo 30 dB P.I.R.E. las máximas pérdidas de propagación que el sistema estaría dispuesto a tolerar serían de 139,5 dB. Si ahora se expresa esta cantidad en función de la distancia y frecuencia (bajo estas líneas se encuentra la expresión matemática de las pérdidas de propagación en el espacio libre) y tomando como frecuencia de referencia 5,8 GHz.

$$l_{bf} = \left(\frac{4\pi df}{c} \right)^2$$

Resulta una distancia máxima de enlace de 40,246 km, suponiendo propagación en el espacio libre, sin ningún tipo de atenuación debida a reflexión y difracción, desvanecimiento ni influencia de interferencias o hidrometeoros.

A pesar de este resultado, en ningún caso se ha obtenido mediante el software de simulación enlaces viables de más de 10 km, probablemente debido a que el modelo estadístico que este software emplea sí tiene en cuenta algunos de estos factores.

5.- En el caso de que se quisiera intentar implementar una red basada en Wi-Fi en la provincia y ateniéndose a las limitaciones impuestas por los órganos competentes, solamente habría dos estrategias posibles a seguir: Aumentar considerablemente el número de repetidores o utilizar equipos de comunicaciones con la más alta sensibilidad (más caros y que consumen mucha más energía, por no hablar de la mayor complejidad en su

mantenimiento y reparación). Ambas soluciones resultan más caras e insostenibles, por lo que desde aquí no se recomiendan.

6.- Por lo que respecta a una experiencia de microrred piloto, se ha demostrado que resulta técnicamente viable, aunque habría que solicitar al organismo competente una licencia especial de uso temporal debido al interés público de esta intervención. Los distritos más favorables para plantear una microrred piloto con el objeto de estudiar la viabilidad, pertinencia y mejora en términos de calidad, integridad y oportunidad en la transmisión de informes y gestión de emergencias que supondría el cambio tecnológico a nivel provincial, serían los de Ancuabe y Balama. El distrito de Ancuabe en particular resulta más atractivo por la menor complejidad de la red, la existencia previa de infraestructuras de telecomunicaciones que pudieran ser utilizadas para instalar los equipos y las mejores prestaciones en general de los enlaces simulados.

Redes VHF

1.- A priori, la tecnología de radio VHF se presenta más adecuada para una posible red de comunicaciones entre las Instituciones de Salud de la provincia. La principal razón para afirmar esto es la menor cantidad de Estaciones Repetidoras e infraestructuras necesarias para ello. Esto redundaría en un menor coste de mantenimiento y probablemente en una mayor vida útil.

2.- Sigue siendo necesario, a pesar de todo, considerar la necesidad de implementar torres de comunicaciones propias, además de negociar el uso de las ya existentes con las principales operadoras de telecomunicaciones.

3.- El hecho de implementar las Estaciones Repetidoras descritas en este apartado en zonas aisladas, alejadas de los núcleos urbanos y las vías de comunicación terrestre de la provincia es un riesgo no tanto para el mantenimiento de los equipos como para su seguridad. Sería por tanto recomendable implementar medidas de seguridad adicionales en estas estaciones.

5.- En caso de tener que recomendar un distrito para una posible experiencia piloto con una red de voz y datos vía radio VHF, este sería sin duda el distrito de Balama, ya que es el que

más posibilidades presenta con una mínima inversión en infraestructuras. Tiene en contra el hecho de estar más aislado de cara al desplazamiento del personal, los equipos y técnicos del SPM.

6.- Otro distrito apropiado para una microrred experimental sería Ancuabe, ya que permite las comunicaciones de voz y datos de todos-con-todos con la implementación de un único repetidor. Las prestaciones de los enlaces son aceptablemente buenas. Además la disposición de los actuales responsables de la Dirección Distrital de Salud, Mujer y Acción Social de este distrito muestran una disposición favorable a esta iniciativa, lo que constituye un factor decisivo a la hora de plantear la intervención.

7.- Quedan descartados por lo tanto, en una primera instancia, los distritos de Montepuez y Namuno, debido a que uno o varios CSR de cada distrito presentan enlaces problemáticos aun con la implementación de un número mayor de Estaciones Repetidoras.

Conclusiones del Estudio de Mercado y Selección de Equipos

Conclusiones:

La problemática de dar una solución apropiada a la transmisión de datos sobre VHF se ve doblemente complicada por los factores técnicos que limitan la capacidad de modular señales digitales sobre canales radio de reducido ancho de banda y la escasa oferta de soluciones comerciales destinadas a satisfacer las demandas de un mercado muy reducido.

Las alternativas se ven por tanto reducidas por la necesidad de soluciones apropiadas, técnicamente sencillas (dado el nivel de formación de técnicos y usuarios), robustas (para hacer frente a las condiciones climatológicas y de aislamiento de la región, y disponibles en el mercado de equipos y servicios mozambicano (para garantizar la sostenibilidad del cambio tecnológico).

La mayoría de las soluciones encontradas pasan por alguna de las siguientes alternativas:

- Hardware y desarrollos software específicamente diseñados para la aplicación concreta a la que van destinados. Siendo este el caso de los equipos desarrollados por el EHAS en América Latina y de la mayoría de soluciones encontradas en el ámbito de los radioaficionados, ambas escasamente disponibles en Mozambique y, por tanto,

descartadas. Siendo los Modem de HV Sistemas las pocas soluciones comerciales y flexibles encontradas (otros fabricantes son Kantroniks, PacComm, Byonics y otras en marcas en la página de la empresa alemana WiMo: www.wimo.com).

- Servicios propietarios en las bandas de HF y VHF como el ya mencionado Mototrbo, los servicios de e-mail sobre radio HF como Mailstation de Earthlink o Bushmail (existente en Mozambique pero de cual no se ha conseguido obtener información alguna, distribuidor braam@bushmail.co.za o braamsteyn@hotmail.com) y otros servicios HF y VHF específicos para navegación y utilizados particularmente para descargar datos meteorológicos de satélites.
- Radioenlaces digitales de alta capacidad y flexibilidad, pero excesivamente costosos (en términos económicos y de potencia) y poco apropiados de fabricantes como Aprisa (XE) y Exicom.

La problemática del Fax VHF se ve agravada por el hecho de la necesidad de comunicaciones *Full Duplex* y protocolos específicos para comunicaciones por Fax. Las únicas alternativas consistirían en los multiplexores arriba mencionados o en la posibilidad de Fax sobre IP con Modem TNC.

En el peor caso de no poder satisfacer las necesidades de comunicaciones de datos del Sistema Público de Salud de Cabo Delgado en algún enclave por medio de redes Wi-Fi o VHF, siempre queda la posibilidad de sustituir las radios HF CODAN actualmente instaladas por el modelo CODAN NGT SR, con puerto de datos para la transmisión de datos vía modem o Fax, ya que el mismo fabricante comercializa equipos completamente compatibles (Distribuidor Telescan L.D.A).

Recomendaciones

Tanto los terminales Fax como los teléfonos analógicos no se han incluido en este estudio por ser relativamente sencillos de hallar en Pemba, y porque la mayoría de ellos cumplen con los requisitos necesarios. Se deberán escoger estos equipos dentro de la oferta disponible en el mercado local siempre teniendo en cuenta que los terminales Fax deben soportar el protocolo de comunicaciones T.38 para poder comunicarse sobre redes de datos IP. También se recomienda que los teléfonos analógicos dispongan de un mínimo de funcionalidades como pueden ser memoria programable de números telefónicos o altavoz.

Tampoco se ha tratado en este estudio la problemática de las torres de comunicaciones, por estimarse insuficientes las informaciones referentes a este tipo de servicios. No existe en Pemba ninguna empresa dedicada a este tipo de instalaciones, aunque hay materias primas y técnicos que podrían construirlas. Una vez determinada la microrred de comunicaciones piloto en un distrito y una tecnología se ha procedido a solicitar presupuestos a empresas localizadas en Maputo dedicadas a la construcción e instalación de torres.

Un último apunte en materia de torres de comunicaciones: aunque se recomienda evitar su instalación en la medida de lo posible, las empresas con mayor número de torres de comunicaciones instaladas en Mozambique son MCEL, TDM y Vodacom, y sin duda habría que recurrir a ellas en busca de ésta información (o porque puede que quieran deshacerse de alguna infraestructura que les haya quedado obsoleta, ya que TDM está sustituyendo en muchas localidades sus viejos sistemas de comunicaciones de datos VHF por enlaces VSAT).

Conclusiones de las propuestas de microrredes distritales

1.- Microrred piloto

A la vista de los resultados del presente estudio y del trabajo del equipo técnico de ISF-ApD en Cabo Delgado se ha optado por implementar en una primera fase una microrred piloto basada en tecnología Wi-Fi en el distrito de Ancuabe, coincidente con la Propuesta 1 anteriormente expuesta. Se estima pues justificado que esta es una solución apropiada, técnicamente viable y sostenible que reviste especial interés en el propósito de demostrar a la contraparte las ventajas de una solución tecnológica de estas características para satisfacer las necesidades de comunicaciones entre instituciones de salud en el nivel distrital y de la gestión de la información del SIS.

El objeto de la microrred piloto es la de evaluar el impacto de la solución tecnológica escogida a todos los niveles: Envío de BES, informes del SIS, gestión de emergencias, gestión de farmacia, capacidad del SPM, capacidad de la administración y nivel de implicación de los responsables de la SDSMAS y la DPS. De resultar positiva esta evaluación se estudiará posteriormente la posibilidad de extender el uso de esta tecnología a otros distritos de forma masiva.

Los motivos de haber escogido la tecnología Wi-Fi y el distrito de Ancuabe son, resumidamente, los siguientes:

- Viabilidad técnica y justificación: A lo largo del presente estudio se ha demostrado la viabilidad de esta propuesta en sus diferentes dimensiones: Tecnológica, legal, económica, administrativa y humana. Esbozando las líneas a seguir en cada una de éstas áreas para aumentar las probabilidades de éxito del proceso de cambio tecnológico y su sostenibilidad en el tiempo.
- Se ha optado por tecnología Wi-Fi por ser esta la opción preferente en el caso de resultar viable, por presentar mejores prestaciones y posibilitar una mayor gama y calidad de servicios adecuados a las necesidades de comunicación que mejoren sensiblemente las condiciones de trabajo del personal sanitario y la calidad de la atención primaria de salud en el contexto de intervención. La sostenibilidad económica a largo plazo también ha resultado un factor determinante en este aspecto, al no tener esta tecnología costes de operación.
- El distrito de Ancuabe presenta mejores condiciones que el de Balama en varios aspectos:
 - La orografía del terreno y distribución de los nodos hacen posible incluir todos los CSR del distrito con una mejor calidad en los enlaces con unos costes de instalación similares y una topología poco más complicada. Si bien es cierto que el número de torres que resulta necesario instalar aumenta en este distrito, este inconveniente se ve compensado por la otra ventaja, nada desdeñable que presenta el distrito.
 - La buena disposición, implicación y capacidad de las autoridades de la SDSMAS del distrito de Ancuabe aumentan considerablemente las probabilidades de éxito del proyecto piloto. Sin este factor determinante no sería posible plantear una intervención de este tipo.
 - Las mejores comunicaciones del Distrito, facilitan el desplazamiento de los técnicos, mejoran sus tiempos de respuesta y aumentan considerablemente las posibilidades de realizar el mantenimiento eficaz de la red.
 - La buena disposición de la operadora de telefonía móvil mCel para la instalación de la Estación Repetidora garantiza el suministro de energía eléctrica a uno de los

nodos más importantes de la red y su ubicación junto a la carretera facilita el mantenimiento.

Una vez tomada esta decisión en consenso con los responsables de la SDSMAS de Ancuabe, la DPS, el SPM y el DPPC, actores imprescindibles en un proceso de decisión que les afecta directamente, se ha procedido a lanzar el concurso público para la implementación del proyecto en las condiciones marcadas por el personal técnico de ISF-ApD y según estipula la legislación mozambicana.

La propuesta escogida por un comité formado por personal técnico de ISF-ApD y la DPS, ha correspondido a la empresa Dataserv Lda. con sede en Maputo. Además de lo adecuado de la propuesta técnica y económica de esta empresa, resulta interesante el hecho de que el promotor de la misma haya sido el Ingeniero Klaus Glanzer, con quien tanto ISF-ApD como la DPS han tenido relación profesional previa al realizar el enlace piloto demostrativo.

Tanto la propuesta técnica como el coste final de la misma no difieren en exceso de lo descrito en el capítulo sexto del presente estudio. Los equipos de comunicaciones se basarán en CPE Mikrotik (RB411 y RB433) tal y como se ha recomendado, los terminales VoIP serán del fabricante Grandstream y se incluye un servidor Asterisk para la centralita. Los terminales finales de comunicaciones instalados en los CSR serán teléfonos y fax analógicos convencionales. El Sistema Fotovoltáico prevé la instalación de paneles, inversores, baterías y reguladores.

El coste total de implementación de la microrred piloto en el distrito de Ancuabe asciende a 33.430 € (12703171,78 MTN) al cambio de 1€ = 38 MTN, e incluye la compra y transporte de los equipos y Sistemas Fotovoltáicos hasta Cabo Delgado; la instalación, configuración y documentación, el desplazamiento de los técnicos y el IVA. La propuesta no incluye la implementación de torres de comunicaciones o infraestructuras similares. Como es habitual en estos casos, las condiciones de pago serán el 50% por adelantado y el otro 50% a la entrega final del proyecto, quedando cualquier coste suplementario derivado de los retrasos o imprevistos que no fueran responsabilidad de la empresa a cargo de ISF-ApD. Previo a la entrega final llave en mano del proyecto, se realizarán las entregas parciales que previamente se hayan estipulado, quedando a partir de ese momento la responsabilidad del mantenimiento de los equipos en manos del cliente.

Para más detalles se incluye en el Anexo II la propuesta completa realizada por Dataserv Lda., donde se puede encontrar la lista detallada de los equipos con sus precios actualizados a Junio de 2009 y se comprueba que estos no difieren en exceso de los estimados en el Capítulo 5. La propuesta incluye además los términos y condiciones de la propuesta y las referencias de la empresa.

2.- Torres de comunicaciones

Al término de este estudio se han recibido los presupuestos solicitados a cuatro empresas de Maputo para considerar los costes, hasta ahora no contabilizados, de fabricar, transportar e instalar las torres necesarias para llevar a cabo la implementación de la microrred Wi.Fi en el distrito de Ancuabe. Su oferta se analiza a continuación

Se trata de las empresas Televisa Lda., Telcabo Lda, Riana Construcciones y Africa construcciones. Cabe destacar que todas las ofertas incluyen dos torres de 20 metros de altura (instalación en Mariri y Minheuene), dos torres de 15 metros (Ancuabe Sede y Meza) y una torre de 25 metros en la localidad de Ngeue, el transporte hasta el lugar de la instalación, la mano de obra, los costes derivados de la obra civil, protección contra descargas eléctricas y galvanizado.

El resumen de los costes presupuestados se presenta en euros en la siguiente tabla (al cambio 1€ = 38,3343 MTN a 05/08/2009). El coste total se encuentra desglosado por los costes de los materiales y fabricación, la mano de obra y el transporte, e incluye el 17% de IVA. En la oferta de Telcabo Lda. la mano de obra esta incluida en el coste de fabricación.

	Televisa	África cons	Telecabo	Riana cons
Fabricacion	57344,24 €	91810,04 €	60281,05 €	86035,59 €
Mano de obra	22278,95 €	9782,36 €	0,00 €	5875,29 €
Transporte	6433,87 €	6834,61 €	6714,61 €	2594,28 €
TOTAL	86057,06 €	108427,01 €	66995,66 €	94505,16 €

En cuanto a las condiciones de contratación, tanto Televisa como Telcabo se estiman la entrega de los materiales en el plazo de 90 días desde el primer pago, mientras que Africa cons. y Riana cons. lo harían en 25 y 27 días respectivamente. A esto habría que añadir 10 días más de instalación por torre en el caso de Televisa, un total de 40 días para la instalación de todas las torres en el caso de África cons. y 5 días en el caso de Riana cons. Telecabo se comprometería a entregar las torres instaladas en el plazo anterior de 90 días.

El siguiente paso a seguir será estudiar con detenimiento cada una de las ofertas y evaluar el nivel de realismo de las mismas así como investigar las referencias de cada una de estas empresas para conocer su eficacia y fiabilidad. Para más detalles se incluye la tabla que resume las ofertas todas estas empresas.

COMPARAÇÕES DE OFERTAS DE TORRES METÁLICAS PARA ANTENAS

Materiais

	Altura antena (mín)	Televisa	África cons	Telecabo	Riana cons
Sede	15	339.871	521.065	337.698	486.679
Minheuene	20	375.203	602.271	409.526	615.181
Mariri	20	375.203	602.271	409.526	615.181
Metoro	0	0	0	0	0
Mesa	15	339.871	521.065	337.698	486.679
Ngeue	25	448.699	761.425	480.622	615.181
Subtotal		1.878.847	3.008.097	1.975.070	2.818.901
IVA 17%		319.404	511.377	335.762	479.213
Total 1 IVA incluso		2.198.251	3.519.474	2.310.832	3.298.114

Mano de obra

	Altura antena (mín)	Televisa	África cons	Telecabo	Riana cons
Sede	15	134.229	75.000		38.500
Minheuene	20	144.703	75.000		38.500
Mariri	20	144.703	75.000		38.500
Metoro	0	0	0		
Mesa	15	134.229	75.000		38.500
Ngeue	25	172.091	75.000		38.500
Subtotal		729.955	375.000		192.500
IVA 17%		124.092			32.725
Total 2 IVA incluso		854.048	375.000	0	225.225

Transporte hasta el distrito de Ancuabe

	Televisa	África cons	Telecabo	Riana cons
Subtotal	210.802	262.000	220.000	85.000
IVA 17%	35.836		37.400	14.450
Total 3 IVA incluso	246.638	262.000	257.400	99.450

TOTAL RIANA **3.803.929**
99.230 €

Tempo de entrega materiais	90 dias	25 dias	90 días	27 dias
Tempo de instalação	1,5 sem / torre	40 dias	incluso	5 dias

Pára-raios	Sim	Sim	Sim	Sim
Galvanizado em quente	Sim	Sim	Sim	Sim
Obra civil	Inclusa	Inclusa	Inclusa	Inclusa

Pagamento antecipado	30%		50%	50%
----------------------	-----	--	-----	-----

Pagamento no inicio das obras	0%	20%	0%
Pagamento post-entrega	70%	30%	50%

TRM DÓLAR	26,65	Fonte:	Standardbank	05/08/2009
TRM EURO	38,3343	Fonte:	Standardbank	05/08/2009

Líneas Futuras

La propuesta de microrred en el distrito de Ancuabe, revisada y corregida para incluir la aplicación Asterisk que permite gestionar la red de telefonía VoIP, fue implementada por el equipo técnico de Dataserv en un periodo de 11 días. A fecha de la defensa de el presente PFC no se encuentra operativa debido a que los terminales fax que se enviaron a Cabo Delgado no eran los solicitados y se están buscando alternativas. Los equipos que estaba previsto instalar debían ser de bajo consumo (entre 20 y 30W) y al parecer resulta complicado encontrarlos en Mozambique. Finalmente la empresa seleccionada para llevar a cabo la instalación de las torres fue Televisa Lda.

Una vez se resuelvan estos contratiempos y con cierto retraso sobre lo programado, todas las Instituciones de Salud del distrito de Ancuabe contarán con una sistema de comunicaciones de voz y datos (fax) para el SIS. En los siguientes meses a la puesta en marcha del sistema se pondrán en práctica los planes de formación diseñados, se realizará el seguimiento de la utilización y el mantenimiento del sistema de comunicaciones y se evaluará su impacto sobre los flujos de información del SIS y la capacidad de la DPS de asumir la gestión del cambio tecnológico.

Del resultado de esta evaluación y de la renovación del convenio con AECID por otros cuatro años dependerá la actividad futura de la línea TIC de ISF-ApD en Cabo Delgado. Si la evaluación resulta positiva y se consiguen los recursos necesarios el siguiente paso a dar será, probablemente, la implantación masiva de la tecnología en la provincia. Dicha implantación deberá realizarse de forma escalonada, y en paralelo a la actividad del resto de líneas de trabajo, en especial la de mantenimiento.

En otro orden de cosas, la políticas públicas y las iniciativas privadas deben seguir impulsando la búsqueda de soluciones apropiadas que respondan a las necesidades de comunicación de las zonas rurales aisladas en los países empobrecidos, investigando y aplicando tecnologías de bajo coste que permitan el acceso a la información y las

comunicaciones a las sociedades hoy excluidas y contribuyan a mejorar los servicios de salud, educación, administración,... En esta línea debe resaltarse la labor desempeñada por la fundación EHAS, por ISF con programas como Borgounet (Benin), Wilay (Perú) o Aqua (Sahara), el Grupo de Comunicaciones Rurales de la PCUP, el grupo de Tecnologías Apropriadadas para el Desarrollo de la UC3M, Radioaficionados Sin Fronteras y muchos otros.

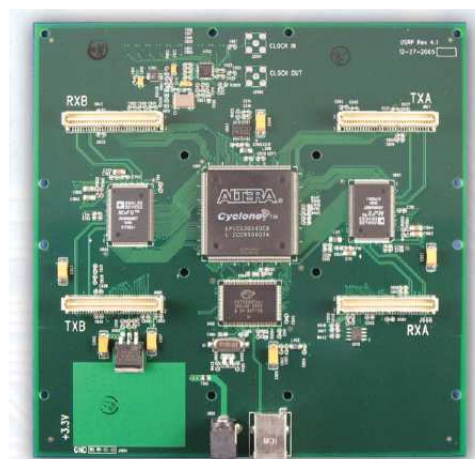
Se quieren proponer aquí, por considerarlas interesantes, las dos siguientes vías para seguir desarrollando en futuros estudios de similares características a éste.

Software Defined Radio:

Se trata de un concepto ampliamente extendido que consiste en utilizar procesado digital de la señal para implementar funcionalidades de hardware de comunicaciones por radiofrecuencias mediante software específico instalado en PCs o computadoras embebidas. En este tipo de sistemas se basan los modem TNC o la CPE desarrollada por el EHAS (consistente en un *soundmodem*, una tarjeta controladora de radio y una memoria flash con el software). Estos sencillos dispositivos permiten a miles de radioaficionados en el mundo establecer comunicaciones de datos sobre enlaces HF o VHF con protocolos de comunicaciones como AX.25 y PACTOR (FSK), JT65 y FSK441 (MFSK) y otros protocolos PSK.

En los últimos tiempos, la investigación sobre soluciones software para transmisión de datos sobre radio ha venido liderada por el Grupo de trabajo SDR de GNU (www.gnuradio.org) y por el SDR Forum, buscando nuevas aplicaciones y soluciones basadas en software libre para mejorar las transmisiones de datos digitales ante la escasez de soluciones comerciales hardware en esta línea.

Esto puede haber cambiado con la salida al mercado de USRP (Universal Software Radio Peripheral), desarrollado por Ettus Research (www.ettus.com, sales@ettus.com). Este dispositivo sencillo, económico (~250 €) y flexible incorpora conversores A/D y D/A, conversores de frecuencia, moduladores y demoduladores RF, procesador, capacidad multicanal (MIMO) y puede conectarse a cualquier PC por su interfaz USB y es compatible

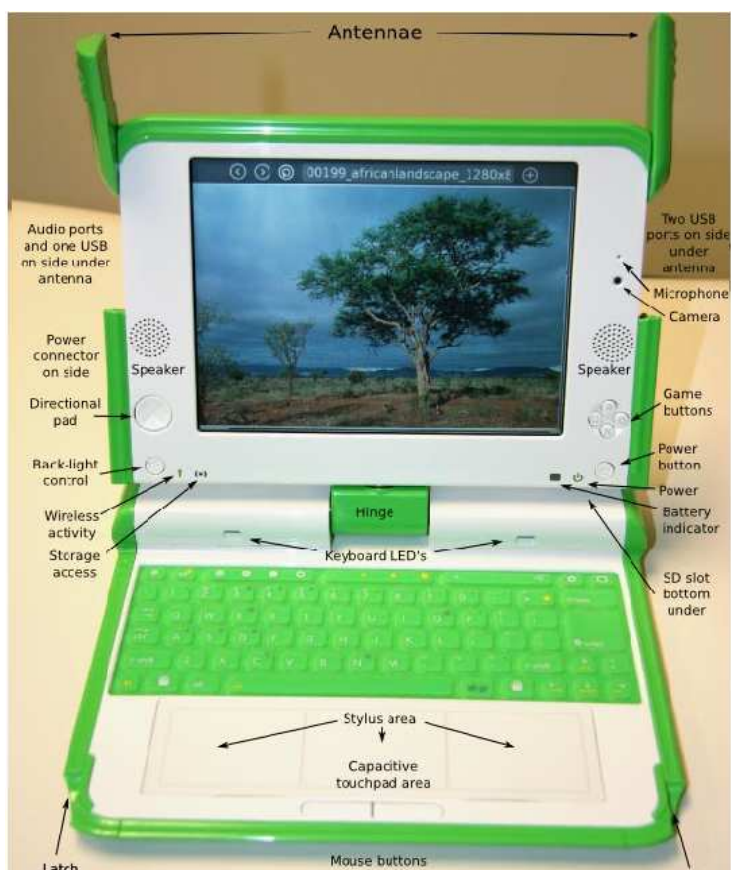


con múltiples emisores y receptores de radio entre 1 MHz y 2,4 GHz. Está específicamente diseñado para funcionar con GNU Radio software, aunque también es compatible con Windows 2000/XP, MacOS y NetBSD. Aún es pronto para saber cual será su acogida en el mercado y hasta donde puede llegar su distribución, pero parece una alternativa a tener en cuenta.

One Laptop Per Child

Campana de acceso universal a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones que tiene como fin la alfabetización digital de niños en países empobrecidos de todo el mundo. Los equipos OLPC XO comenzaron a comercializarse el pasado año tras superar el millón de solicitudes que era condición para su fabricación. Las características técnicas de estos equipos informáticos específicamente diseñados para condiciones de trabajo en áreas rurales de los países empobrecidos hacen de estos una alternativa interesante al fax en los CSR:

- Diseño: Robusto y adaptado a condiciones climatológicas extremas,... Incorpora medidas añadidas de protección contra golpes. Una de las principales ventajas es que no tiene disco duro sino tarjeta flash. Su esperanza de vida es de al menos 5 años.
- Características técnicas: Procesador AMD Geode LX-700@0.8W a 433 MHz de alta eficiencia energética y pantalla LCD de 7,5” que hacen de este computador uno de los que tienen consumo más reducido del mercado. 256 MB DDRAM. 2 puertos USB y ranura de expansión para tarjetas MMC/SD.
- Periféricos integrados: Entre otros la tarjeta NIC inalámbrica IEEE 802.11 b/g y los altavoces y cámara de video de baja resolución integrada lo hacen especialmente interesante para aplicaciones de tele-formación y tele-consulta.
- Además, en previsión de condiciones de dificultad de acceso a la alimentación eléctrica, ofrece la posibilidad de cargar las baterías con manivela, pedal o cuerda, y además protección contra picos de tensión en condiciones alimentación estándar.
- La apuesta por el software libre y de fuente abierta hace posible el desarrollo de todo tipo de aplicaciones en diversos entornos de programación.
- Interfaz y aplicaciones específicamente desarrolladas con fines educativos, sencillas e intuitivas y sobre una plataforma de Software Libre.
- Por cada unidad que se compra se destina otra unidad a proyectos educativos en los países empobrecidos.



OLPC XO B4

No se está muy claro cuales son las vías de comercialización de estos equipos y mucho menos las asistencias técnicas o garantías de sustitución de los equipos a las que se puede acceder. Esta información puede obtenerse en los siguientes contactos: information@laptop.org (Información general), technology@laptop.org (información sobre temas de hardware, software,... etc.), countries@laptop.org. (Información sobre países). Datos de contacto: One Laptop per Child, P.O. Box 425087, Cambridge, MA 02142 (U.S.A.), teléfono: 617-452-5660.

GLOSARIO

AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional y Desarrollo
ATA	<i>Analog Telephone Adapter</i>
BAD	Banco Africano de Desarrollo
CSMA/CA	<i>Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance</i>
CSR	Centro de Salud Rural (También Unidad de Salud Rural, USR)
DAMA	<i>Demand Assigned Multiple Access</i>
DPPC	Direcção Provincial de Planificação e Cooperaçao (Dirección Provincial de Planificación y Cooperación)
DPS	<i>Direcção Provincial de Saude</i> (Dirección Provincial de Salud)
EHAS	Enlace Hispanoamericano de Salud
FRELIMO	Frente de Liberación de Mozambique
INCM	Instituto Nacional de las Comunicaciones de Mozambique
INE	Instituto Nacional de Estadística
IOR-ARC	(Asociación Regional para la Cooperación de los Países Rivereños del Océano Indico)
ISF-APD	Ingeniería Sin Fronteras - Asociación para el Desarrollo
ISM	<i>Industrial, Scientific and Medical</i>
LOS	<i>Line Of Sight</i> (Línea de Vista)
MCEL	<i>Moçambique Celular</i>
MIMO	<i>Multiple Input Multiple Output</i>
MISAU	<i>Ministerio de Saúde</i> (Ministerio de Salud)
NED	Núcleo de Estadística Distrital
NEP	Nucleo de Estadística Provincial
NLOS	<i>Near LOS</i> (Próximo a Línea de Vista)
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
OMS	Organización Mundial de la Salud
PIRE	Potencia Isotrópica Radiada Equivalente
PISCAD	Cooperación Francesa
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo
RENAMO	Renovación Nacional de Mozambique
RIS	<i>Repartição de Informação de Saude</i>
SADC	Comunidad de Desarrollo de África Austral
SDSMAS	<i>Servicio Distrital de Saude Mulher e Acção Social</i> (Servicio Distrital de Salud, Mujer y Acción Social)
SIS	<i>Sistema de Informação de Saúde</i> (Sistema de Información de Salud)
SISTAFE	Nuevo sistema de Gestión Pública y planificación de recursos
SPM	<i>Secção Provincial de Manutenção</i> (Sección Provincial de Mantenimiento)
TDM	<i>Telecomunicações de Moçambique</i> (Telecomunicaciones de Mozambique)
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
TNC	<i>Terminal Node Controller</i>
UA	Unión Africana
UM	Unidad de Mantenimiento
VSAT	<i>Very Small Aperture Terminal</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i> (Red Inalámbrica de Área Local)

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Documentación técnica del proyecto

Convenio ISF-ApD/AECID 06-C01-034: Mejora de las condiciones de salud a través del fomento de las infraestructuras y el equipamiento tecnológico para la provisión sostenible de servicios básicos (agua y saneamiento) a los Centros de Salud de Cabo Delgado. Mozambique. 4 años. 2006.

Diagnóstico de las condiciones de infraestructura informática, de energía para el SIS (Sistema de Información de Salud) y conocimientos en informática del recurso humano, en las DDS (Direcciones Distritales de Salud) de Cabo Delgado. Maria Fernanda Dulcey Morán. ISF-ApD. ISF-MOZ-L3-001-V2.0. Mayo 2008.

Diagnóstico de las necesidades de comunicación y acceso a la información, en las Unidades Sanitarias (US) Rurales de Cabo Delgado. Maria Fernanda Dulcey Morán. ISF-ApD. ISF-MOZ-L3-007-V1.0. Febrero 2008.

Análise Da Situação Dos Serviços De Manutenção No Sector Da Saúde Na Província De Cabo Delgado. Fernando de los Ríos Martín. ISF-ApD. Mayo 2008

Guía Para La Implementación De La Línea De Mantenimiento. Convenio AECID 2007-2010 Cabo Delgado. Fernando de los Ríos Martín. Marzo 2008.

Estudio de la situación empresarial en las principales ciudades de la provincia de Cabo Delgado – Mozambique (Pemba y Montepuez), oferta y demanda de servicios y productos y propuestas de acción para el apoyo del empresariado existente y la promoción de emprendedores, con especial atención a los servicios dirigidos a satisfacer las necesidades del sector público de salud (sección de mantenimiento). Julen Etxebeste. Agosto 2007.

Análise Da Situação Dos Serviços De Manutenção No Sector Da Saúde Na Província De Cabo Delgado Proposta De Estratégia De Intervenção De Engenharia Sem Fronteiras. ISF-ApD. Agosto 2008.

Plano Operativo Anual 2008. Direcção Provincial de Saúde de Cabo Delgado. Enero 2008

Plano Estratégico do Sector Saúde 2003-2006. Dirección Provincial de Salud de Cabo Delgado. 2003.

Informe PISCAD 5º Missão: Diagnóstico Sistema de Información de Salud.

Bibliografía sobre proyectos de TICs y Cooperación al Desarrollo

Redes inalámbricas para zonas Rurales. Grupo de Telecomunicaciones Rurales Pontificia Universidad Católica del Perú, Enero 2008.

Redes inalámbricas en los países en desarrollo. Rob Flickenger and Corina Aichele Limehouse Book Sprint Team. 2006

Deploying License Free Wide-Area Networks. Jack Unger. Cisco Press. 2003

802.11 Wireless networks. The definitive guide. Mathew Gast. O'Reilly.

Proyectos De Innovación: Formulación Desde El Enfoque De Procesos. Luis Felipe Miranda y Esperanza Medina. Journal of Technology, Management and Innovation. Abril 2008.

Wi-Fi, Análisis, Diagnóstico y Políticas públicas. Informe GAPTEL 2003.

EHAS: Una Plataforma Integral para la Prestación de Tele-servicios a Comunidades Rurales. Diego Mauricio López, María Fernanda Dulcey, Álvaro Rendón. Grupo de Ingeniería Telemática, Universidad del Cauca. 2003.

Implementación de IEEE 802.11 en enlaces largos para zonas rurales aisladas. Francisco Javier Simó Reigadas y Andrés Martínez Fernandez. Universidad Rey Juan Carlos. María Fernanda Dulcey y Álvaro Rendón. Universidad del Cauca. 2003.

EHAS: Suministro de energía en las Microrredes de los distritos de Cahuapanas, Manseriche, Pastaza y Morona para el proyecto EHAS Marañon. DOCUMENT O 02-0412-V1. Pontificia Universidad Católica del Perú.

EHAS: Interoperatividad entre una red de telefonía IP y una red de Radio VHF.

Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para el Desarrollo. Valentín Villarroel Ortega, Rafael Miñano Rubio, Manuel Sierra Castañer, Bernat Martínez Val, Cristina Vela Plaza, Pablo Nilo García Arnaud, Rafael Rodríguez Garcés, Celia Fdez. Aller, Agustí Perez-Foguet. Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres. 2006

Memoria de Actividades. ISF-ApD 2008.

Tecnologías de comunicación para médicos aislados en zonas rurales de Latinoamérica. Andrés Martínez, Valentín Villarroel, Joaquín Seonae y Francisco del Pozo. Universidad Politécnica de Madrid

Diagnóstico rápido y participativo en la evaluación de proyectos de telemedicina rural: caso de EHAS en Colombia y Perú. Valentín Villarroel, Doris Duque, Richard Shoemaker, Jamine Pozú, María Camino, Andrés Martínez y Francisco del Pozo. Ingeniería Sin Fronteras, Universidad Politécnica de Madrid, Universidad del Cauca, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Universidad Rey Juan Carlos.

Diseño e implementación de radioenlaces y estaciones repetidoras Wi-Fi para conectividad de escuelas rurales en zona sur de Chile. Hugo Durney W., César Castro G., Roger Ortiz S. Universidad Tecnológica Metropolitana, Departamento de Electricidad. Chile.

Proyecto Final De Carrera: Diseño Red De Comunicaciones En Mozambique. Miriam Gonzalo Macías. Universidad Carlos III. 2006

Telecomunicaciones & Sociedad: Aplicaciones al servicio de la Salud. Grupo I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones. Universidad de Cauca. Perú. 2004

Proyecto Final De Carrera: Gestión Remota De Ordenadores Personales En Zonas Rurales Aisladas Con Conectividad Limitada. Oliver Lecerf Moreno. Universidad Politécnica de Madrid. 2008

Interoperabilidad entre una Red de Telefonía IP y una red de Radio VHF. Laboratorio III de Sistemas de Telecomunicaciones. Departamento de Telemática. EHAS. 2004

Implementación de Proyecto Wi-Fi piloto en Ilobasco. Asociación Infocentros. El Salvador

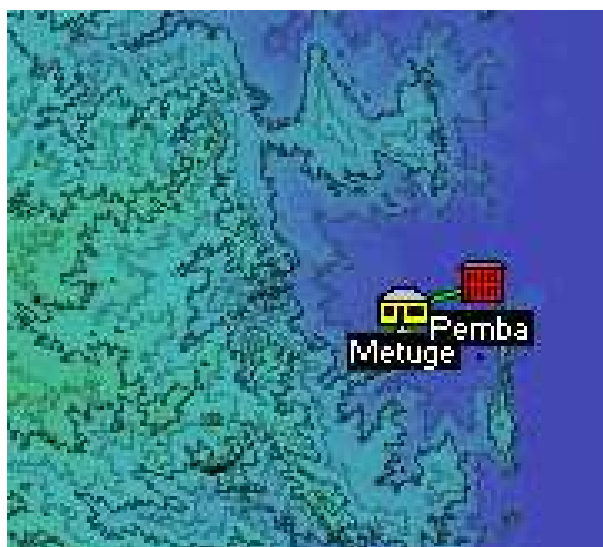
Memoria Técnica del Proyecto de Implementación de 4 nodos en la población Rural de Kayra. Universidad Politécnica de Catalunya y Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco, Perú.

Proyecto Fin De Carrera: Análisis De Sistemas Digitales Radio Apropriados A Las Necesidades De Telecomunicación En Zonas Rurales Aisladas De La Amazonia Peruana. Pablo Valentín Gómez Oviedo. Universidad Politécnica de Madrid. 2003.

The Mobile Cooperation and Coordination Action. Case Study: Approach to rural environment telecom systems in developing countries. Telefónica Investigación y Desarrollo. José Emilio Vila-Aresté. 2005

ANEXO I

ENLACES PILOTO



1.- Introducción

Durante la ejecución del Proyecto Fin de Carrera “Estudio de alternativas tecnológicas para redes de comunicaciones inalámbricas en Cabo Delgado, Mozambique” se llevó a cabo el diseño, implementación y evaluación de un enlace piloto demostrativo con cada una de las tres tecnologías más susceptibles de dar solución a la problemática de comunicaciones de voz y datos de las distintas Instituciones de Salud de Cabo Delgado.

La necesidad y pertinencia de esta actividad estaba fundamentada y formulada en la Línea de Trabajo 3 de TICs y refuerzo del Sistema de Información de Salud del convenio ejecutado por ISF-ApD en la Provincia y perseguía los siguientes objetivos:

- Evaluar el impacto de cada una de las tecnologías preseleccionadas en la transmisión de información de salud y en el Sistema de Información de Salud en términos de Oportunidad, Integridad y Calidad de la información transmitida.
- Mostrar a los responsables administrativos, técnicos y trabajadores de los distintos niveles (Nacional, Provincial, Distrital) de la institución pública de salud (MISAU, DPS, SDSMAS) el impacto de utilizar TICs para la transmisión de información de salud como vector de mejora del Sistema de Información de Salud.
- Evaluar las capacidades de los distintos agentes implicados en la DPS y el SPM en la gestión del cambio tecnológico como paso previo a diseñar una experiencia piloto a nivel distrital en una de las tecnologías preseleccionadas.
- Identificar las principales necesidades formativas de dichos agentes para elaborar los planes de formación necesarios para cada uno de ellos (Usuarios, Técnicos de mantenimiento) en función de la tecnología seleccionada finalmente.
- Conocer realmente los procedimientos administrativos, el marco legal y la realidad del mercado mozambicano de equipos y servicios tecnológicos como información fundamental para el diseño y ejecución de un microrred piloto de nivel distrital en una de las tecnologías a estudio.

Justificada así la conveniencia de realizar dichos enlaces piloto, el presente anexo recoge la memoria técnica de esta actividad. Se presentan los diseños, la selección de equipos, los presupuestos finales, una breve memoria de la implementación y un resumen de la evaluación algo más extendido.

Se incluyen imágenes de las hojas de características de los equipos proporcionadas por los fabricantes y de los presupuestos proporcionados por las empresas SPAC Lda., Etc Lda., y HV Sistemas, quienes finalmente suministraron los equipos para los enlaces piloto. También se adjunta el informe de la instalación elaborado por el Técnico de TICs de ISF-ApD y el documento de entrega de equipos a la DPS (en portugués) y los datos obtenidos en el proceso de evaluación de los enlaces por la Coordinadora de TICs de ISF-ApD a través de entrevistas y cuestionarios con los diferentes actores implicados.

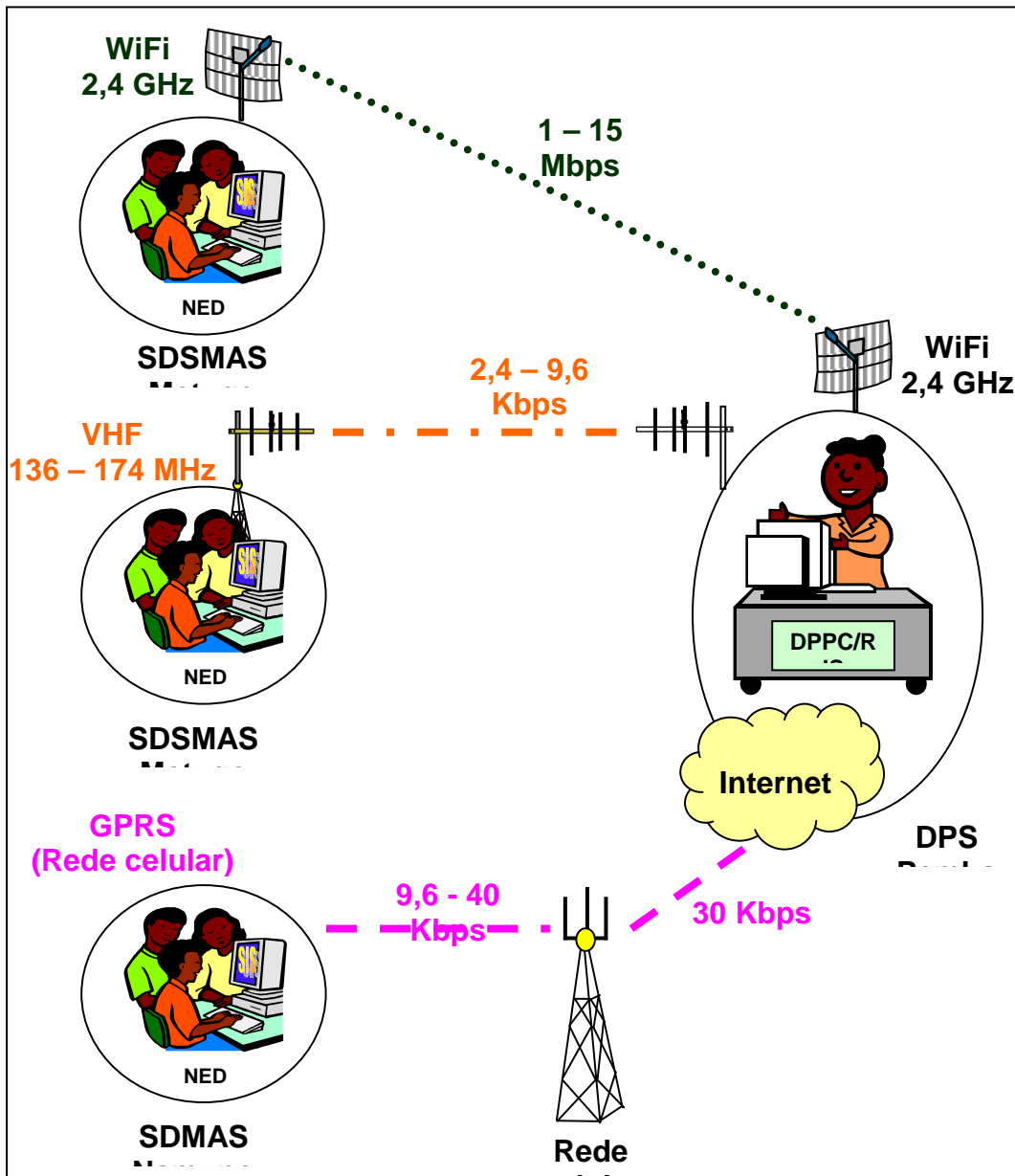


Fig. 1.-

Descripción de enlaces piloto utilizada para su presentación a la DPS

Los tres enlaces mencionados son los siguientes:

- Wi-Fi: Enlace punto-a-punto de 12 km. entre la DPS en Pemba y la SDSMAS de Metuge basado en el estándar 802.11g en la banda de frecuencia de 2.4 GHz, a una tasa de transmisión de entre 1 y 15 Mbps.
- VHF: Radioenlace entre la mismas instituciones en la banda de frecuencias comprendida entre 136-174 MHz, permite establecer comunicaciones de voz y de datos a una velocidad de entre 2,4 y 9,6 Kbps.
- GPRS: Acceso inalámbrico a internet a través de la red de telefonía celular de la operadora mCel en la SDSMAS de Namuno a tasas de transmisión de entre 2,4 y 30 Kbps dependiendo de la disponibilidad de la red y la intensidad de la señal. Debido a que el proceso de implementación de esta tecnología consistió únicamente en la instalación y configuración de un módem GPRS Huawei E-220 en el ordenador del

responsable del SIS en la SDSMAS de Namuno, no se describe en el siguiente apartado, aunque sí se incluyen sus resultados en la evaluación. Como única información interesante, resaltar que el acceso se realizaba a través de una SIM prepago, por lo que los responsables de la administración en la DPS podían controlar perfectamente el gasto.

Todos los costes de instalación, operación y mantenimiento durante la experiencia piloto fueron sufragados por Ingeniería Sin Fronteras-ApD, a pesar de lo cual cada paso dado contó con la aprobación y participación activa de la Dirección Provincial de Salud o del SPM en su caso.

Los enlaces Wi-Fi y VHF fueron finalmente implementados entre la DPS y la SDSMAS-Metuge, por ser esta la que reunía las mejores condiciones topográficas (perfil de elevación del Terreno), humanas (personal formado y motivado) y de infraestructura (construcción en buen estado y suministro eléctrico garantizado).

Por lo tanto se descartaron las posibilidades de realizar el enlace VHF desde las SDSMAS de Ancuabe (donde es posible que se realice en un futuro próximo con tecnología Wi-Fi a través de un repetidor) o de Mecufi (donde se llegaron a instalar los equipos, pero se comprobó que no existía el nivel de señal suficiente para establecer el enlace debido al perfil de elevación del terreno entre esta localidad y la DPS-Pemba).

De este modo la concepción del experimento cambió ligeramente, y en lugar de probar tecnologías diferentes con grupos de usuarios diferentes, se probaron dos tecnologías con el mismo grupo de usuarios, permitiendo evaluar con mayor detalle las diferencias en cuanto a efectividad, facilidad de uso,... etc. Los enlaces estuvieron operativos durante periodos diferentes:

- Enlace Wi-Fi: 14/08/2008 – 02/12/2008
- Enlace VHF: 02/12/2008 – 20/02/2009

La siguiente figura muestra el perfil del vano entre la DPS en Bemba y la SDSMAS Metuge, a una distancia de 12 km. y con la primera zona de Fresnel completamente despejada

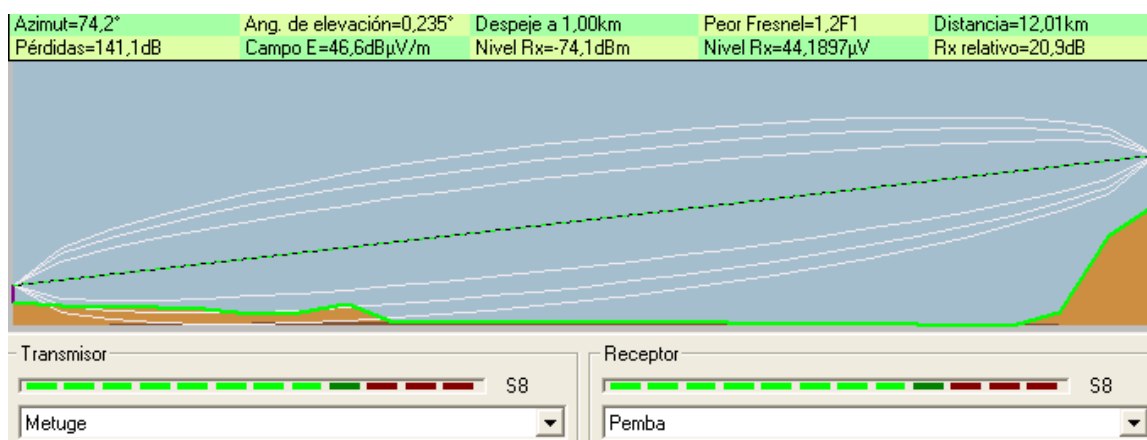


Fig. 2.- Perfil de elevación del terreno entre Pemba y Metuge.

2.- Enlace piloto Wi-Fi entre la DPS-Pemba y la SDSMAS-Metuge

Diseño

El diagrama bajo estas líneas muestra el esquema del diseño del enlace Wi-Fi. Los equipos de comunicaciones se basan en CPEs de la marca Mikrotik situados sobre mástiles de acero galvanizado en las azoteas de los edificios de Metuge y Pemba, a una altura de 8 y 15 metros del suelo respectivamente, dentro de cajas estancas, con protector de descargas y alimentados por inyectores PoE.,

Los interfaces inalámbricos de los equipos están configurados como *transparent Bridges*, y comunicados entre sí por medio de antenas de grilla de 19 dBi, por lo que virtualmente los puertos Ethernet de ambos equipos pertenecen a una misma LAN.

En el extremo de Metuge, la LAN está formada por el ordenador del SIS en la SDSMAS y un ATA al que se conecta un teléfono analógico por su puerto FXS. Para facilitar la comunicación VoIP con el teléfono en las oficinas del RIS en la DPS, el único requisito que debían cumplir estos teléfonos era el de disponer de memoria en la que almacenar el número de llamada.

En el otro extremo, el interfaz Ethernet del CPE está directamente conectado al conmutador de la DPS en la sala de comunicaciones del edificio, lo que permite flexibilidad en la configuración para permitir o limitar el acceso a este equipo mediante VLANs desde cualquier equipo de la intranet. La red de la DPS en Pemba tiene acceso a Internet, por lo que este servicio quedó extendido hasta la SDSMAS en Metuge.

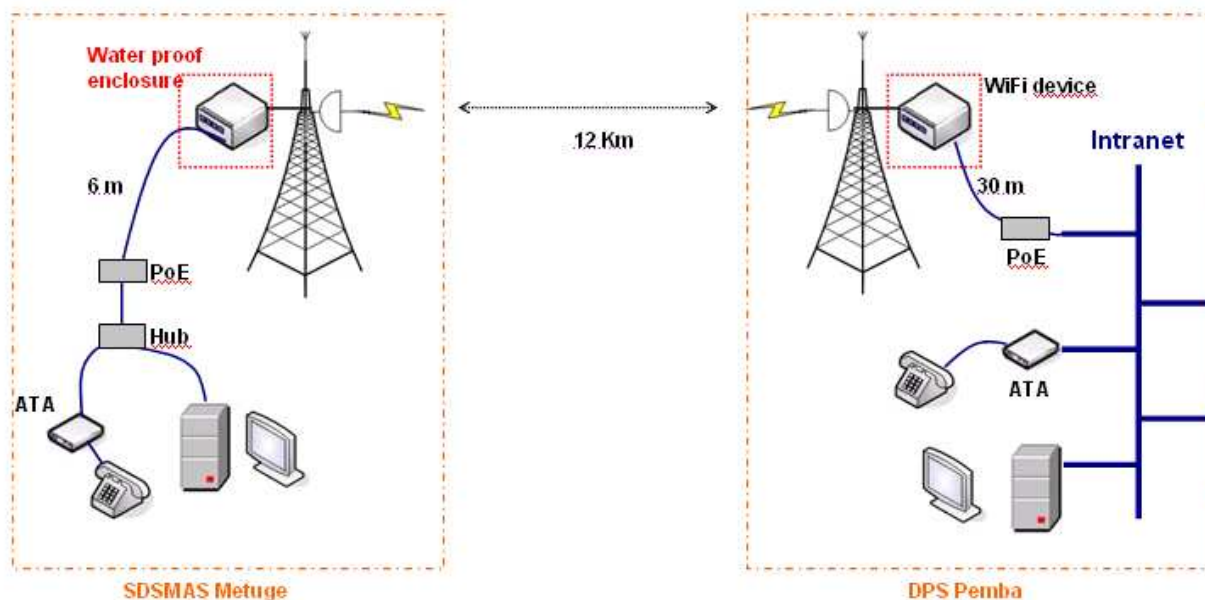


Figura 2.1 Diagrama enlace Wi-Fi entre DPS-Pemba y SDSMAS-Metuge

Se presentan a continuación los principales equipos de comunicaciones utilizados en este enlace.

Equipos

Customer Premises Equipment: Equipo de comunicaciones Mikrotik Routerboard

RouterBOARD™ 100 Series made by routerboard.com

RouterBOARD 133

MIPS32 4Kc, 175MHz embedded
32MB SDRAM
128MB onboard NAND storage
Three ethernet ports, Auto MDI/X
Three miniPCI Type IIIA/IIIB slots
Power: 9-28V DC; Overvoltage protection
PoE: 16-28V DC (no power over datalines)
117mm x 105mm (4.61 in x 4.13 in), 115g

RouterBOARD 133C

MIPS32 4Kc, 175MHz embedded
16MB SDRAM
64MB onboard NAND storage
One ethernet ports, Auto MDI/X
One miniPCI Type IIIA/IIIB slots
Power: 9-28V DC; Overvoltage protection
PoE: 16-28V DC (no power over datalines)
117mm x 105mm (4.61 in x 4.13 in), 79g



Interfaz Inalámbrico NIC: Mikrotik Routerboard R52H



2.4/5GHz 802.11a+b+g High Power Wireless Mini-PCI Card (R52H)

- Turbo, 802.11a, 802.11b and 802.11g IN ONE
- Operates in both 2.4 GHz and 5 GHz wireless bands
- Support MikroTik Nstreme
- Extended distances and higher speeds due to better output signal power
- FCC and CE approval

MikroTik introduces the R52H wireless 802.11a+b+g miniPCI card for multiband high speed applications, with up to 350mW output power. It works on 2.192-2.539 and 4.920-6.100GHz frequency range and supports Turbo mode for faster transfers. The card performs best when coupled with the MikroTik RouterOS.

R52H is optimized to work with MikroTik Nstreme protocol to reach extra long distances at a great speed. The Nstreme protocol is MikroTik proprietary wireless protocol created to overcome speed and distance limitations of IEEE 802.11 standards and to extend point-to-point and point-to-multi point wireless link performance. The new Nstreme-dual protocol designed to provide real full-duplex communications over wireless with a pair of wireless cards – one for transmitting data and one for receiving.

Specifications

Chipset:	Atheros AR5414
Standards:	IEEE802.11a, IEEE802.11b, IEEE802.11g
Media Access:	CSMA/CA with ACK architecture 32-bit MAC
Security:	Hardware-based 64/128 bit WEP, TKIP and AES-CCM encryption WPA, WPA2, 802.1x
Modulation:	802.11b+g: DSSS, OFDM for data rate >30Mbps 802.11a: OFDM
Host Interface:	Mini-PCI form factor; Mini-PCI Version 1.0 type 3B suggested only for motherboards that are produced after 2004
Connectors:	Two U.fl connectors
Wi-Fi:	WECA Compliant
Certifications:	FCC, EC
Powering:	3.3V +/- 10% DC; 800mA max (600mA typ.)

Frequencies:	802.11b/g 2.192 – 2.507 (5 MHz step); 2.224 – 2.539 (5MHz step) 802.11a 4.920 – 6.100 (5 MHz step)
Transfer Data Rate:	802.11b: 11,5.5,2,1 Mbps, auto-fallback 802.11g(Normal mode): 54,48,36,24,18,12,9,6 Mbps, auto-fallback 802.11g(Turbo mode): 108,96,72,48,36,24,18,12 Mbps, auto-fallback 802.11a(Normal mode): 54,48,36,24,18,12,9,6 Mbps, auto-fallback 802.11a(Turbo mode): 108,96,72,48,36,24,18,12 Mbps, auto-fallback

Output Power / Receive Sensitivity*:

IEEE 802.11a:	24dBm / -90dBm @ 6Mbps 19dBm / -70dBm @ 54Mbps
IEEE 802.11b:	25dBm / -92dBm @ 1Mbps 25dBm / -87dBm @ 11Mbps
IEEE 802.11g:	25dBm / -90dBm @ 6Mbps 20dBm / -70dBm @ 54Mbps

* - Tested to comply with IEEE802.11 BER specs with RouterOS v2.9 and newer only.

Supported OS:	MikroTik RouterOS, Windows XP, GNU/Linux
Operation Temp.:	-20°C to 70°C
Storage Temp.:	-65°C to 100°C
Humidity range:	Operating 5% to 95% (non-condensing)
Dimensions:	6.0cm x 4.5 cm
Weight:	20 grams

Warning: it is always advised to keep an antenna connected during high power tx to avoid damage to the amplifier circuit.

Contact support@routerboard.com for support questions.

Mikrotikls SIA, Pernavas 46, LV-1009, Riga, LATVIA; Phone: +371 7317700; Fax: +371 7317701; E-mail: sales@routerboard.com
<http://www.routerboard.com> RouterBOARD, RouterOS and MikroTik are trademarks of Mikrotikls SIA



Analog Telephone Adapter: Grandstream HandyTone-286



HandyTone - 286
 HandyTone 286 is a next generation single port analog telephone adapter based on SIP standard. HandyTone 286 features superb sound quality, rich functionalities, and a compact design.

Benefits

- Full Feature Voice/Fax-over-IP
- Ultra-compact and lightweight
- Universal Plug and Dial



HandyTone 286 Analog Telephone Adaptor

HandyTone Series - Technical Specifications	
SIP Accounts Allowed	1 SIP account (HT-286, HT486); 2 SIP accounts (HT386, HT486, HT486)
Protocol Support	SIP 2.0 (RFC 3261), TCP/UDP/IP, RTP/RTCP, HTTP, SIP/RARP, ICMP, DNS, DHCP, NTP, FTP, PPPoE protocols
Feature Keys	1 dual color LED button (for event status, message indication, and configuration)
LAN Interface	RJ45 10Mbps (all models)
WAN Interface	RJ45 10Mbps (HT-486 / HT-488 / HT-486)
Provisioning	Web interface or via browser (AES encrypted) central configuration file firmware deployment Support Layer 2 (802.1Q VLAN, 802.1p) and Layer 3 (QoS, DiffServ, MPLS) Fixed IP or DHCP; automated NAT traversal via STUN NAT-friendly remote software upgrade (via TFTP/HTTP)
Audio Features	Advanced Digital Signal Processing (DSP) Dynamic negotiation of codec and voice payload length Support for G.723.1 (5.3K/6.3K), G.729A/B, G.711, J.18, G.726, and iLBC codecs In-band and out-of-band DTMF (in audio, RFC2833, SIP INFO) Silence suppression, VAD, CNQ, AGC Adaptive jitter buffer control with packet delay and loss concealment
Call Handling Features	Caller ID display or block, call waiting, caller ID, flash, call transfer, hold, forward, mute, 3-way conferencing
Security	DIGEST authentication using MD5/MD5-sess; secure configuration file via AES encryption
Physical Design	Stylish and compact design; small universal power supply, ideal for travel



HandyTone Series Technical Specifications

HandyTone Series Comparison Chart

Features / Model	HT-286	HT-386	HT-486	HT-488	HT-496
Network Ports	1xRJ45 10Mbps (LAN)	1xRJ45 10Mbps (LAN)	2xRJ45 10Mbps (LAN/WAN)	2xRJ45 10Mbps (LAN/WAN)	2xRJ45 10Mbps (LAN/WAN)
Router/NAT/Gateway and DMZ Port Forwarding	No	No	Yes	Yes	Yes
Bridge Mode Support	No	No	Yes	Yes	Yes
DHCP	Client	Client	Client/Server	Client/Server	Client/Server
FXS Port	1	2	1	1	2
FXO or Port / PSTN Pass-through	No	PSTN Pass-through	PSTN Pass-through	FXO	No
Lifeline	No	Yes	Yes	Yes	No
Voice Mail Indicator	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Dual SIP Accounts	No	Yes	No	Yes	Yes
Voice Codec	G.711(a-law, u-law), G.723.1(5.3K/6.3K), G.726(32k), G.729AB, iLBC, and T.38 Fax				
Remote Configuration	Integrated IVR, web browser or TFTP/HTTP				
Fax Pass-through	(PCMU and PCMA) and T.38 FoIP				

FXO port allows local and remote PSTN-to-VoIP call origination and VoIP-to-PSTN call termination, automated call routing through PSTN, and power fail-over. PSTN Pass-through allows local PSTN line service for incoming/outgoing call and failover.

HandyTone Series - Hardware Specifications

Features / Model	HT- 286	HT-386	HT- 488	HT- 488	HT- 496
Ethernet Ports	1 RJ45 (LAN) 10Mbps	1 RJ45 (LAN) 10Mbps	2 RJ45 10Mbps (LAN/WAN)	2 RJ45 10Mbps (LAN/WAN)	2 RJ45 10Mbps (LAN/WAN)
FXS Port	1	2	1	1	2
FXO Port / PSTN Pass-through	No	PSTN Pass-through	PSTN Pass-through	FXO	No
Lifeline	No	Yes	Yes	Yes	No
Universal Switching	Input: 100-240VAC 50-60 Hz	Input: 100-240VAC 50-60 Hz	Input: 100-240VAC 50-60 Hz	Input: 100-240VAC 50-60 Hz	Input: 100-240VAC 50-60 Hz
Power Adaptor	Output: +5VDC, 1200mA / UL Certified	Output: +5VDC, 1200mA / UL Certified	Output: +5VDC, 1200mA / UL Certified	Output: +5VDC, 1200mA / UL Certified	Output: +5VDC, 1200mA / UL Certified
Dimension (LxWxH)	60mm x 65mm x 27mm	105mm x 70mm x 27mm	105mm x 70mm x 27mm	130mm x 70mm x 27mm	130mm x 70mm x 27mm
Weight	0.07 lbs (0.20kg)	0.08 lbs (0.23kg)	0.08 lbs (0.23kg)	0.08 lbs (0.23kg)	0.08 lbs (0.23kg)
Operation Temperature	32 - 104°F 0 - 40°C	32 - 104°F 0 - 40°C	32 - 104°F 0 - 40°C	32 - 104°F 0 - 40°C	32 - 104°F 0 - 40°C
Humidity	10% - 90% (non-condensing)	10% - 90% (non-condensing)	10% - 90% (non-condensing)	10% - 90% (non-condensing)	10% - 90% (non-condensing)
Compliance	FCC/CE/C-Tick	FCC/CE/C-Tick	FCC/CE/C-Tick/A-Tick	FCC/CE/C-Tick	FCC/CE/C-Tick

Los siguientes documentos son los presupuestos finalmente aprobados para la adquisición de los equipos para el enlace Wi-Fi y su instalación. Cabe destacar que la instalación se contrató a la misma empresa Etcétera Lda., en lugar de realizarse por el equipo técnico de ISF-ApD, por tratarse de una de las condiciones impuestas por ésta para la adquisición de los equipos.

Presupuestos:

etcetera

Ida.

**Technical Services
Consultants**

NUIT 400146713

Edificio da Cruz Vermelha, Ave. Eduardo Mondlane, Pemba Tel +258 82 6633850

Quotation

Customer

Name DPS Pemba
 Address _____
 City Pemba State MOZ ZIP _____
 Phone _____

Date 19.06.2008
 No. DPS001

Pos	Description	Unit Price	TOTAL
-1-	Equipment for wireless link DPS headquarter to Metuge following items included: - 2x 19dBi grid antenna - 2x Mikrotik RB133C router - 2x Mikrotik R52H wireless miniPCI card - 2x outdoor enclosure (including pig tail to N-type (f)) - 2x PoE - 2x lightning arrestor - 40m CAT5 cable and 6m LMR400 - all necessary connectors - 1x Edimax 5 Port 10/100Mbps Ethernet Switch, 12v AC VoIP for Pemba-Metuge - 2x Grandstream HT286 SIP ATA - LAN , 1 x FXS (for ad-hoc peer-to-peer SIP/IP calls without SIP proxy, no gateway into public PSTN) including shipment, custom taxes	\$ 1.440,17	\$ 1.440,17
		SubTotal	\$ 1.440,17
		Shipping	\$ -
		Tax Rate(s) 17,00%	\$ 244,83
		TOTAL	\$ 1.685,00

Payment

Other

Comments Only payable in advance
 Name _____
 CC # _____
 Expires _____

Tax Rate(s)

All taxes included

Comments:
 We supply equipment only if installation is done by us, Etcetera Ida

We look forward to your reply and to a mutually beneficial business relationship with your company

etcetera

Ida.

Technical Services
Consultants

NUIT 400146713

Edificio da Cruz Vermelha, Ave. Eduardo Mondlane, Pemba Tel +258 82 6633850

Quotation

Customer			
Name	DPS Pemba		
Address			
City	Pemba	State	MOZ ZIP
Phone			

Date	19.06.2008
No.	DPS002

Pos	Description	Unit Price	TOTAL
-1-	Installation of wireless link DPS headquarter to Metuge following is included: - configuration of wireless routers for wireless link and integration into local network - antenna alignment - bandwidth test This quotation does NOT include: - transportation or travelling costs out of Pemba - mast erection if necessary	\$ 600,00	\$ 600,00

SubTotal	\$ 600,00
Shipping	\$ -
Tax Rate(s)	17,00%
	\$ 102,00
TOTAL	\$ 702,00

Payment	Other
Comments	Only payable in advance
Name	
CC #	
Expires	

All prices are subject to IVA if applicable

Comments:
We supply equipment only if installation is done by us, Etcetera Ida

We look forward to your reply and to a mutually beneficial business relationship with your company

3.- Enlace piloto VHF Pemba-Metuge

Diseño

El enlace de voz y datos vía Radio VHF entre la DPS-Pemba y la SDSMAS-Metuge se realizó según lo dispuesto en el diagrama bajo estas líneas.

Sobre los mismos mástiles de acero galvanizado instalados meses atrás para el enlace Wi-Fi, se instalaron antenas Yagi de 5 elementos y 9 dBi. Mediante cable coaxial (LMR400 en Pemba y RG213 en Metuge) se hacía llegar la señal hasta los transceptores de radio analógicos Motorota GM340 situados, con sus correspondientes fuentes de alimentación y baterías, en la sala del ordenador del SIS en la SDSMAS-Metuge y hasta los despachos del RIS en la Dirección Provincial de Salud en Pemba.

Los dispositivos Terminal Node Controller, MODEM multimodo P8501, adquiridos a la empresa española HV Sistemas, fueron conectados mediante el cable propietario adquirido a la misma empresa a las radios Motorota y mediante cable de red UTP CAT5 directamente a los ordenadores de los responsables del SIS en una y otra institución. Estos dispositivos debidamente configurados permitieron la transmisión de datos modulados GMSK a través del enlace de radio analógico VHF.

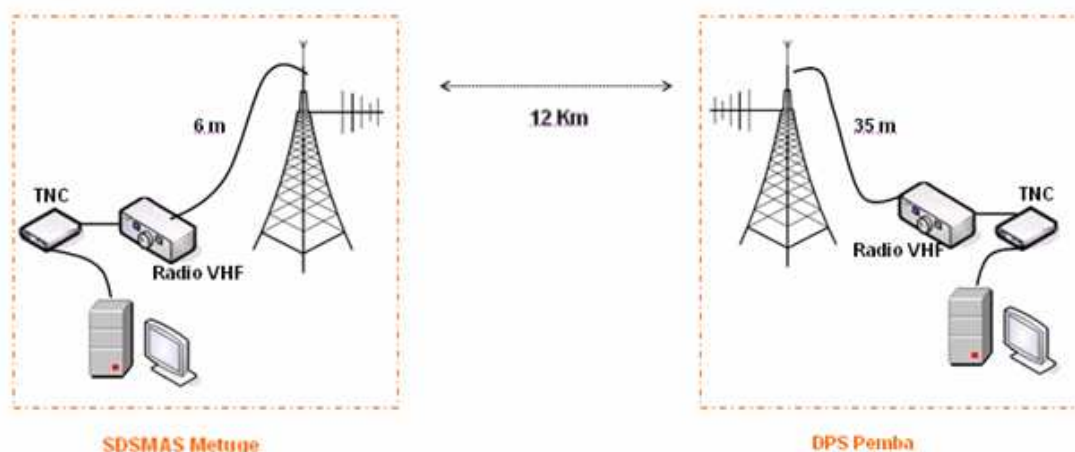


Figura 3.1 Diagrama enlace Wi-Fi entre DPS-Pemba y SDSMAS-Metuge

Como ya se ha mencionado anteriormente, inicialmente este enlace se diseñó para ser establecido entre la SDSMAS de Mecufi a 35 km. y la DPS en Pemba, llegándose a instalar los equipos. Sin embargo, durante las pruebas se constató la inexistencia de nivel de señal suficiente para establecer el enlace de voz y datos, por lo que se rediseñó el experimento aunque manteniendo el diseño original.

A continuación se muestran las Hojas de Características tanto de los transceptores de radio como del TNC.

Equipos

Transceptor de radio: Radio de dos vías Motorola GM340



TWO-WAY RADIOS

GM340: La radio popular

La radio Popular es una solución sencilla de radiocomunicación para los profesionales que necesitan permanecer en contacto. La radio GM340 aumenta fácilmente la productividad al mantener la comunicación entre los usuarios y mejora el uso de la radio al permitir que se concentren en su trabajo. Con la radio Popular, la comunicación no puede ser más sencilla.



Tan dedicada como usted

Professional Radio

Entre los controles y prestaciones de fácil uso para el operador, se incluyen los siguientes:

- **Señalización**
El software de la radio incluye señalización selectiva de Private Line™ y 5 tonos.
- **Transmisión mediante voz (VOX)**
Funcionamiento con manos libres cuando se utiliza con el accesorio de auriculares VOX.
- **Señalización de emergencia**
Envía una señal de socorro a una persona o grupo de personas predefinidos. La llamada de emergencia puede contener un mensaje de voz pre-grabado permitiendo que su paradero o situación sean conocidos inmediatamente por la persona que los recibe.
- **Trabajador aislado**
Mayor protección y seguridad para individuos que trabajan lejos de su equipo. Si el usuario no responde a la señal de aviso, la radio entra en modo de emergencia.
- **Capacidad de ampliación de la placa de opciones***
El usuario puede ampliar las capacidades actuales mediante la adición de una de las siguientes placas de opciones:
 - Codificación para protección de mensajes
 - SmarTrunk II para circuito de enlace de bajo coste.
 - La placa de opciones de Almacenamiento de voz que proporciona características de dictáfono que permiten almacenar y recuperar mensajes de voz.
- **Alarma externa**
Activa el claxon del vehículo, las luces o ambas cosas cuando se recibe una llamada entrante, de modo que el usuario no pierda ninguna llamada por encontrarse fuera de su vehículo.
- **Modo megafonía**
Esta prestación permite utilizar la señal de sonido del radioteléfono como sistema de megafonía. Para ello, el distribuidor debe instalar y programar un altavoz externo y un conmutador.
- **Capacidad de transmisión y recepción de datos**
Es posible instalar un módem en una placa frontal de expansión o externo al radioteléfono

Entre las funciones adicionales, se incluyen las siguientes:

- Exploración de canales
- Compresión de voz X-Pand™ y expansión de bajo nivel
- Nivel de potencia regulable
- Espaciamiento programable de canales(12.5/20/25 kHz)
- Conversación
- Desvío de llamada

* Confirme con su distribuidor la disponibilidad de placas de opciones específicas.

Especificaciones del radioteléfono móvil GM340

Especificaciones generales		
	VHF	UHF
*Rango de frecuencia	136-174 MHz	403-470 MHz
Estabilidad de frecuencia (-30°C a +60°C, 25°C Ref.)	±2,5 PPM	±2 PPM
Capacidad de canales	6	
Espaciamiento de canales	12,5/20/25 kHz	
Potencia de salida	1-25W	1-25W
Fuente de alimentación	13,2Vdc (10,8 - 15,6 Vdc) masa negativa del vehículo	
Dimensiones: L x AN x AL(mm)	177 x 176 x 56 (más 8mm del control de volumen)	
Peso:	1.400 g (3,15 lbs)	
Temperatura de funcionamiento	Entre -30 y 60°C	
Estanteidad:	Resiste prueba de lluvia por IP54	
Impacto y vibración:	Cumple las directivas MIL STD 810-C/D/E y TIA/EIA 603	
Polvo y humedad:	Cumple las directivas MIL STD 810-C/D/E y TIA/EIA 603	

Transmisor	
	VHF/UHF
Límite de modulación	±2,5 kHz @ 12,5 kHz ±4 kHz @ 20 kHz ±5 kHz @ 25 kHz
Hum y ruido de FM:	-40 dB @ 12,5 kHz -45 dB @ 20/25 kHz
Emisión conducida/radiada	-36 dBm < 1 GHz -30 dBm > 1 GHz
Potencia de canal adyacente	-60 dB @ 12/5 kHz -70 dB @ 20/25 kHz
Respuesta de audio (300 - 3000 Hz)	Entre +1 y -3 dB
Distorsión de audio	Típico 3%

Estándares militares de móviles 810 C,D y E						
MIL-STD aplicable	810C		810D		810E	
	Métodos	Procedimientos	Métodos	Procedimientos	Métodos	Procedimientos
Baja presión	500.1	1	500.2	2	500.3	2
Alta temperatura	501.1	1,2	501.2	1,2	501.3	1,2
Baja temperatura	502.1	2	502.2	1,2	502.3	1,2
Impacto temp.	503.1	1	503.2	1	503.3	1
Radiación solar	505.1	1	505.2	1	505.3	1
Lluvia	506.1	2	506.2	2	506.3	2
Humedad	507.1	2	507.2	2,3	507.3	3
Niebla	509.1	1	509.2	1	509.3	1
Polvo	510.1	1	510.2	1	510.3	1
Vibración	514.2	8,10	514.3	1	514.4	1
Impactos	516.2	1,2,5	516.3	1	516.4	1

Receptor		
	VHF	UHF
Sensibilidad (12 dB SINAD) ETS	0,30 µV (típico 0,22 µV)	
Intermodulación (ETS)	Modelo básico >65 dB: >70 dB	
Selectividad de canal adyacente (ETS)	80dB @ 25 kHz 75dB @ 20 kHz 65dB @ 12,5 kHz	75 dB @ 25 kHz 70 dB @ 20 kHz 65 dB @ 12,5 kHz
Rechazo espúreo (ETS)	80 dB @ 20/25 kHz 75 dB @ 12,5 kHz	75 dB @ 20/25 kHz 70 dB @ 12,5 kHz
Audio estimado (ETS)	3W interno 7,5W y 13W externo	
Distorsión de audio @ Audio estimado	Típico 3%	
Hum y ruido	-40 dB @ 12,5 kHz -45 dB @ 20/25 kHz	
Respuesta de audio (300 - 3000 Hz)	Entre +1 y -3 dB	
Emisión espúrea conducida	-57 dBm <1 GHz -47 dBm >1 GHz	

*La disponibilidad depende de las leyes y normas de cada país.

Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso y sólo se indican con fines orientativos.

Todas las especificaciones indicadas son las típicas. Los radios cumplen los requisitos de las normas aplicables.

Cumple la directiva 89/336/EEC de la CE

Cumple ETS 300 113

Para obtener más información sobre las ventajas de la serie de Radio profesional para su organización, póngase en contacto con su Distribuidor autorizado de Motorola.



MOTOROLA ESPAÑA S.A
Ronda de Poniente, 12
Parque Empresarial Euronova
28760 Tres Cantos
Madrid
España
Tel. 34 91 804 5242
Fax 34 91 804 6246



Para obtener un rendimiento, fiabilidad y calidad excepcionales, sólo se deben utilizar accesorios originales de Motorola. Para conocer más detalles, consulte el folleto de Accesorios de la serie de radio profesional.



MOTOROLA

Motorola, Serie de radio profesional,
Tan dedicada como usted,
son marcas comerciales de Motorola Inc.

© 2000 Motorola, Impreso en el Reino Unido
<http://www.mot.com>

GM340 ES08/00

Terminal Node Controller: Modem Multimodo P8501 de HV Sistemas



Transmisión fiable de datos vía radio

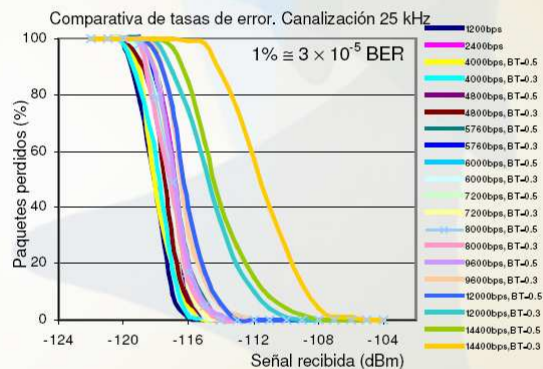
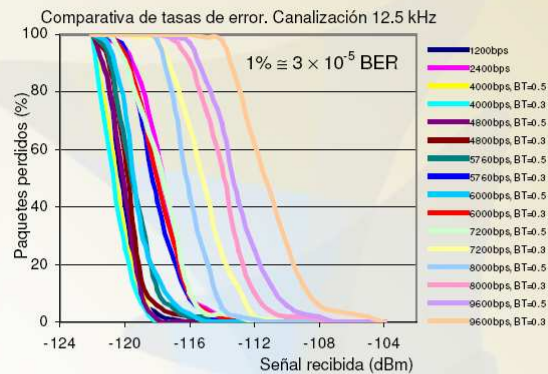
módem multimodo FSK/FFSK/GMSK P8501



Este módem es la versión para uso externo del módem multimodo interno P8402

Su arquitectura basada en DSP hace que este módem presente gran flexibilidad permitiendo la adaptación de funciones específicas a medida del cliente. Al igual que la versión interna (módem multimodo P8402) presenta un hardware común para todos los modos de funcionamiento.

Con la filosofía abierta que caracteriza nuestros productos permite adaptarse a redes ya existentes y a prácticamente todos los equipos de radio móvil profesional del mercado.





Especificaciones*

Tensión de alimentación	8-32 Vcc, 100mA máx
Tipo de modulación	FSK (1200/1800Hz @ 1200bps, 1200/2400Hz @ 2400bps) GMSK (BT seleccionable 0.3 ó 0.5)
Velocidad de transmisión	FSK (frecuencias de marca y espacio configurables) 1200 ó 2400bps con modulación FFSK, 0-600, 0-1200 bps con modulación FSK
Formato de datos sobre radio	4000, 4800, 5760, 6000, 7200, 8000, 9600, 12000 ó 14400 con modulación GMSK Síncrono, subconjunto HDLC, codificación seleccionable NRZ ó NRZI, aleatorización seleccionable. Formato libre en modos FSK.
Interfaz de datos	RS-232 ó RS422/RS485 según versiones
Tamaño del búfer interno	4096 bytes totales, que pueden asignarse al búfer de recepción o de transmisión mediante la aplicación de configuración en intervalos de 256 bytes (por ejemplo, 3072 bytes RX y 1024 bytes TX).
Velocidad de datos serie	300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600 ó 115200bps, seleccionable
Formato de datos serie	Asíncrono, 8 bits, sin paridad, paridad par o impar
Funciones Especiales	Código de grupo seleccionable independientemente en TX y RX Inhibición de transmisión por portadora
Dimensiones	63 x 30 x 88 mm (excluyendo conectores)

* Estas especificaciones podrán ser modificadas sin aviso previo

HV SISTEMAS S.L. - www.hvsistemas.es
Los Charcones 17A - 19170 - El Casar - Guadalajara - España
Tf +34 949 336 806 - Fax +34 949 336 792

Presupuesto

 SPAC Services Lda V/A NUIT n° 400014401 Av. V.Lenine 1567 TEL: (258)21326522 or 21323523 FAX: (258)21326524 MAPUTO MOZAMBIQUE spac@mail.com		 MOTOROLA Authorized Two-Way Radio Dealer		
Customer INGENHARIA SEM FRONTEIRAS PEMBA MOZAMBIQUE Conta No.		Date 16/07/2008 Cont Bran MAPUTO Tel N Fax I E-Mail motorola@spac-mz.com		
INSTALACAO NAO INCLUIDA ENTREGA 15 DIAS PAGAMENTO MILLENIUM - BIMMALHANGALENE MAPUTO ACCT181682 NIB 00010000000018168257				
Catalogo	Descricao	Qty	Unitario	Total MTn
SISTEMA VHF				
BASE	MOTOROLA GM340 25 W. RADIO FIXO MDM25KHC9AN1_E	2	10.114,00	20.228,00
WEBB	ANTENA DIRECTIONAL DE 5 ELEMENTOS EM ALUMINIO 138-160 Mhz	2	5.222,00	10.444,00
RF DAVIS	KIT CABO COAXIAL LMR400	45	125,00	5.625,00
RF DAVIS	KIT CABO COAXIAL RG213	10	96,00	960,00
MARLOW	CONECTORES	4	468,00	1.872,00
ASTRON	FONTE DE ALIMENTACAO AC/DC MOD. 12BB COM CARREGADORE DE BATERIA	2	9.048,00	18.096,00
DELKOR	BATERIA RECARREGAVEL DE 105 Ah	2	5.850,00	11.700,00
Note: DOIS ANOS DE GARANTIAS SOBRE DEFEITO DE FABRICO OPCAO: TX 45 WATTS MODEL CM160 MDM25KHF9AA5_E PLS ADD Mt. 4,810.00 CADA		Total 68.925,00 TALLATION 0,00 IVA 11.717,25 Total 80.642,25		

Nótese que el precio señalado en el presupuesto del distribuidor de Motorola SPAC Lda., se muestra en moneda mozambicana. El coste total de los equipos señalado como 80.642,25 Mtn correspondería aproximadamente con 2122 € al cambio de 1 € = 38 Mtn en Julio de 2008.



INGENIEROS SIN FRONTERAS

Madrid

CIF:

FACTURA PROFORMA N° FP08005
Fecha: 22 Julio 2008
Pedido n°: e-mail Rebeca Gutiérrez

Pos	Cant	S/Ref	N/Ref	Descripción	Precio U.	Importe
1	2	-	P8501	Modem multimodo externo HV Sistemas P8501, interfaz RS-232, incluyendo software de configuración	€ 145,00	€ 290,00
2	3	-	P8501/CGM	Cable de interconexión entre radio Motorola GM3xx y módem HV Sistemas P8501, long. 1m	€ 45,00	€ 135,00
3	1	-	P8705	Cable de programación radios Motorola CM/GM	€ 45,00	€ 45,00
4	1	-	P8501/CP	Cable de programación para módem P8501	€ 0,00	€ 0,00
5	1	-	PORTES-UPS	Portes de envío de material correspondiente a posiciones 1-4 a Madrid, mediante UPS	€ 12,00	€ 12,00
TOTAL						€ 482,00

BASE IMPONIBLE	€ 482,00
IVA (16 %)	€ 77,12
TOTAL	€ 559,12

Plazo de entrega: 3-4 días laborables

Forma de envío: Portes incluidos en factura

Se adjunta a continuación (en portugués) parte del documento de entrega de los equipos para el enlace Wi-Fi ya instalados y operando a la administración de la DPS en las personas del Responsable del DPPC y el jefe del SPM. También se incluye el dossier fotográfico de la implementación de los enlaces.

4.- Implementación

Á
SERVIÇO DISTRI TAL DE SAÚDE, MULHER E ACÇÃO SOCIAL DE METUGE
Ex.ma Sra. Directora Distrital
METUGE
CABO DELGADO

Copia

Sr. Mutaolima (Chefe do Departamento Provincial de Planificação e Cooperação)
Sr. Elias (Chefe do Serviço Provincial de Manutenção)

REF: CO1-06-034/CC/2008/043

DATA: 13.08.08

ASSUNTO: Entrega de Equipamentos de Telecomunicações WiFi para ligação sem fios de dados e voz entre a DPS de Cabo Delgado e o SDSMAS de Metuge.

Exma. Senhora,

A ONG espanhola **Engenharia Sem Fronteiras – Associação para o Desenvolvimento (ISF-ApD)** faz entrega no SDSMAS de Metuge dos equipamentos que fazem parte da ligação sem fios de voz e dados com a DPS de Cabo Delgado, a qual tem como objectivo, melhorar as condições de comunicação entre as duas entidades, permitindo transmitir informação em formato digital, tal como os relatórios mensais do SIS. Esta actividade esta dentro do programa de ISF “Melhoramento das condições de saúde da população de Cabo Delgado”.

Item	Detalhe	Quant	Série	Marca / referencia
1	Router sem fios WiFi (inclui outdoor enclosure e placa de rede Mini-PCI)	1		Mikrotik / Routerboard 133C
2	Antena tipo grelha 19 dBi (inclui cabo coaxial LMR400)	1	080522101	Lanbowen Communications / ANT2400D19A
3	Lightning arrestor	1		
4	Power Over Ethernet (POE)	1	DSA-20P-20	DVE / BP0E01A
5	Cabo UTP para exteriores de 20 metros	1		
6	Cabo UTP para interiores de 1 metro	3		
7	Switch Ethernet 10/100 Mbps, 8 portos	1	F3PW183017379	D-LINK / DES – 1008D
8	Adaptador Telefónico Analógico (ATA)	1	1ED410FFF004090A	Grandstream / HT286
9	Telefone analógico convencional	1	708F011881006435	TDM / Titanium Handsfree
10	Manual de utilizador para correio electrónico	1		

Parte del equipo de trabajo de ISF-ApD con el Técnico Informático del SPM



Configuración y pruebas de los equipos



Instalación de mástiles y equipos



Responsables del SIS en el RIS (DPS) y en la SDSMAS-Metuge probando el sistema



5.- Evaluación

Las siguientes páginas han sido extraídas y traducidas del informe de evaluación elaborado por la Coordinadora de TICs de ISF-ApD mediante el estudio de los resultados objetivos y entrevistas regladas a los trabajadores de la SDSMAS Metuge, la DPPC y el RIS en la Dirección Provincial de Salud y Técnicos del SPM. Las dimensiones que el informe evalúa son las siguientes:

- **Utilidad:** Hace referencia al aprovechamiento que se hace de la tecnología para su aplicación en actividades reconocidas o en necesidades existentes en la organización. En nuestro caso, consideraremos si los actores implicados estiman que la aplicación de la tecnología a alguna de sus tareas (procesos) puede suponer una mejoría en su desempeño. Se presta especial atención a posibles mejoras en la calidad de la información, en la oportunidad de la información (tiempo) y en la reducción de desplazamientos para la entrega de informes (lo que supondría un ahorro de costes).
- **Facilidad de uso:** Hace referencia a la sencillez en el manejo de la tecnología en su operación y mantenimiento básico a lo largo del tiempo.
- **Complejidad:** Especifica nuevas habilidades y conocimientos. Aplicable en nuestro caso: La capacidad de futuros usuarios de adquirir los conocimientos y habilidades necesarios para utilizar los equipamientos, capacidad de futuros técnicos de mantenimiento para adquirir los conocimientos necesarios para mantener los equipos y sistemas.
- **Posibilidad de experimentación o prueba:** Oportunidad de aprender sobre la tecnología en el día a día. Aplicable en nuestro caso: Puede planificarse en dos niveles, primero con la experiencia demostrativa y segundo considerando una primera red piloto diseñada como experimento.
- **Observabilidad:** Visibilidad por parte de terceros de los productos y resultados obtenidos con la tecnología. Aplicable en nuestro caso a los directivos de la DPS.
- **Coste de adopción:** Adquisición, operación, mantenimiento y formación (inicial y continua). Aplicable en nuestro caso. Custo de adopção: Aquisição, operação, manutenção e formação (inicial e contínua). Aplicável ao nosso caso, costes económicos de operación (pago de ADSL), costes de mantenimiento (repuestos, consumibles informáticos, desplazamiento y dietas del personal técnico), costes relacionados con el tiempo de reparación (tiempo en el que la US no tenga comunicación), costes económicos de formación continua (costes que una vez terminada la intervención de ISF tenga que asumir la DPS para su nuevo personal).
- **Compatibilidad con la organización:** Hace referencia a lo relacionado al hecho de aplicar una nueva tecnología a los valores existentes, las experiencias anteriores y las actividades en desarrollo conforme a las necesidades propias de la organización. Para el caso de este estudio y con el fin de simplificarlo, consideraremos que la compatibilidad con la organización sea un aspecto que los directivos tengan en cuenta a la hora de evaluar la utilidad de la tecnología, es decir, asumimos que solo considerarán útiles aquellas tecnologías que se perciban como compatibles con la DPS.

- **Comunicabilidad:** Capacidad de comunicar a los potenciales adoptadores la ventajas y utilidades de la tecnología. No se considerará para este caso, ya que sería evaluar si la actividad demostrativa ha sido adecuada para que la DPS decida adoptar la tecnología.
- **Divisibilidad:** Posibilidad de fraccionar el sistema para permitir la experimentación y adopción gradual facilitando su adopción y comprensión. No se considerará para esta evaluación, pero se sugiera que sea considerada a la hora planificar la futura ejecución de la red piloto.
- **Aprobación social:** Visión favorable de la sociedad sobre el uso de la tecnología. No se considera en esta evaluación al entender que la percepción de la sociedad sobre el sistema TIC no condiciona a la DPS en su decisión de adoptarlo.
- **Percepción y visibilidad por parte de la sociedad** (es parte de la aprobación social). No se considera por las mismas razones que la aprobación social:
- **Escalabilidad:** Capacidad de migración de la tecnología a los usos y a los cambios en la información que transita por la red. Este aspecto será analizado con los directivos de la DPS.

Lista de actividades en las cuales los actores consideran que se puede aplicar el sistema, diferenciando por tecnología.

El sistema VHF demostró ser lento, por lo que algunas de las actividades en las que en teoría podría aplicarse quedan en duda, ya que de aumentarse el número de SDSMAS comunicadas a la DPS por medio de este sistema, éste podría congestionarse. Además de ello, algunos archivos generados por la DPS son de gran tamaño, complicándose su transmisión por este medio, es el caso de la información de planificación. La tabla siguiente recoge las actividades de las SDSMAS en las que los actores implicados creen que el sistema se puede aplicar.

Actividade	Tecnologia		
	Wi-Fi	VHF	GPRS
1 Envío de informes do SIS	X	X	X
2 Envío de informes de otro tipo	X	X	X
3 Envío y recepción de información administrativa (financiera GESTAFE)	X	X	X
4 Envío y recepción de información de planificación	X		X
5 Avisos (Visitas, requerimiento de una persona, etc.)	X	X	X*
6 Discusiones sobre la información enviada en forma de datos.	X	X	X*
7 Solicitudes urgentes	X	X	
8 Envío y recepción de información relevante de otras instituciones además del SNS (por ejemplo ONGs)	X		X
9 Consulta de dudas, problemas, etc. relacionados con el servicio y con la tecnología	X	X	X
10 Actualización de aplicaciones (especialmente antivirus)	X		X
11 Gestión remota de los equipos	X		
12 Solicitudes de mantenimiento (a nivel general)	X	X	X

Tabla 1. Actividades (o procesos) en los que es pertinente aplicar el sistema de comunicación

* De forma limitada (sólo mediante e-mail, no sirve para lo que es muy urgente)

Listado de mejoras para cada tarea identificada.

Oportunidad de la información:

- Cumplimiento del plazo de envío de informes. La entrega oportuna permite que los responsables del SIS en la DPS tengan más tiempo para analizar la información recibida antes de enviar su informe al MISAU.
- Envío y recepción de avisos de visitas, requerimientos y citaciones con la debida anticipación.
- Recepción de información importante a tiempo (brigadas, campañas, recursos humanos, etc.)
- Reducción de los tiempos de respuesta del SPM debido al envío de la información de mantenimiento (como solicitudes).

Calidad de la información:

- Las correcciones de los datos enviados pueden hacerse rápidamente.
- El uso de la voz permite solicitar correcciones y pedir información adicional inmediatamente y además tener discusiones y hacer formación continua.

Integridad de la información:

- Los informes (o parte de ellos), avisos y otro tipo de mensajes no corren el riesgo de perderse en el camino.
- Cuando se envía una información con una persona que no pertenece al sistema de salud, a veces no se tiene en cuenta el cumplimiento de plazos o se olvida.

Ahorro de recursos:

- Se ahorra combustible, pues aunque aun sea necesario realizar desplazamientos desde Pemba a los distrito por vario s motivos (reuniones, campañas, recogida de vacunas, medicamentos y materiales varios, etc.), este pueden programarse sin la presión de las fechas de entrega de los informes.
- Se ahorra en dietas, ya que el responsable del SIS en el distrito ya no tiene que desplazarse hasta la DPS.
- El responsable de información no tiene que desplazarse y puede quedarse en el distrito a trabajar (no tiene que ausentarse).
- Teniendo la posibilidad de hacer mantenimiento remoto de los equipos, se aumenta la disponibilidad de los mismos, y se ahorra en dietas y tiempo de desplazamiento del técnico informático.

Evaluación general sobre la utilidad de emplear cada tipo de tecnología según el servicio (voz o datos).

Como se observa en la tabla siguiente, para los actores, el servicio de voz en las tecnologías Wi-Fi y VHF es muy útil. En el caso del servicio de transmisión de datos, los actores piensan que la tecnología VHF es muy útil, pero algunos creen que el servicio de datos en la tecnología Wi-Fi en el caso de la experiencia piloto es solamente útil, ya que cuando no funcionaba Internet no podían enviar los informes por e-mail.

En el caso del servicio de transmisión de datos por GPRS, el sistema solamente ayudó un poco, ya que los retrasos en el envío de informes en Namuno no se debe tanto a la tecnología empleada como a los retrasos en la elaboración de los informes. Los directivos coinciden en que les gustaría que la tecnología se extendiera a más sectores.

Nivel de utilidad	Tecnología					
	WiFi		VHF		GPRS	
	Voz	Datos	Voz	Datos	Voz	Datos
Muy útil	100%	80%	100%	100%	--	80%
Ha ayudado un poco.	0%	20%	0%	0%	--	20%
No ha sido útil	0%	0%	0%	0%	--	0%

Tabla 2.- Utilidad de emplear cada tipo de tecnología según el tipo de servicio (voz o datos)

Evaluación que los usuarios hacen sobre la facilidad de uso de cada tecnología

La tabla 3 contiene la información sobre que opinan los usuarios de las tecnologías en cuanto a la facilidad de uso.

Nivel de dificultad	Tecnología		
	WiFi	VHF	GPRS
Difícil	--	--	Resp. SIS* SDSMAS
Razonable	Resp. SIS SDSMAS	Procesadora de datos do SIS de la DPS	Resp. SIS** SDSMAS
Fácil	Resp. SIS DPS y directora SDSMAS	Resp. SIS SDSMAS y Resp. SIS DPS	Resp. SIS DPS y Admin. SDSMAS

Tabla 3. Facilidad de uso de las tecnologías percibida por los usuarios

* Nuevo responsable del SIS de la SDSMAS de Namuno (desde Noviembre de 2008)

** Antiguo responsable del SIS de la SDSMAS de Namuno (hasta Noviembre de 2008)

Tanto la directora del SDSMAS de Metuge como el Administrativo do SDSMAS de Namuno encuentran fácil el uso de la tecnología porque nunca la utilizaron para hacer informes y siempre contaron con ayuda del responsable del SIS. Los actores que no aparecen en la tabla nunca utilizaron el sistema. En el caso del distrito de Namuno el responsable del SIS fue sustituido, y como el nuevo responsable tuvo su primera formación en informática un mes antes de incorporarse en el curso organizado por ISF, y además nunca tuvo formación en el uso del sistema de comunicación GPRS, dice que al principio tuvo muchas dificultades para entender el funcionamiento. Ahora ya está capacitado para enviar los informes aunque sigue necesitando de ayuda.

Evaluación que los usuarios hacen sobre la facilidad de mantener en buen estado los equipos

Como se puede ver en la tabla 4, ninguno de los usuarios encontró difícil el mantenimiento básico de los sistemas de comunicaciones.

Nivel de dificultad	Tecnología		
	WiFi	VHF	GPRS
Difícil	--	--	--
Razonable	Resp. SIS DPS y Resp. SIS SDSMAS	Procesadora de datos del SIS de la DPS y Resp. SIS SDSMAS	--
Fácil	--	Resp. SIS DPS	Resp. SIS DPS y Resp. SIS SDSMAS*

Tabla 4. Facilidad percibida por los usuarios de mantener en buen estado los equipos

* Tanto el antiguo responsable del SIS en la SDSMAS como el nuevo.

Evaluación de los usuarios sobre la cantidad de formación que necesitarán para utilizar adecuadamente los sistemas

Los usuarios evaluaron este aspecto de forma general (sin particularizar su caso concreto). En la siguiente tabla se encuentra la opinión de cada uno, sobre la cantidad de formación que necesita un responsable del SIS de nivel distrital para hacer un correcto uso de los sistemas.

Cantidad de formación	Tecnología		
	WiFi	VHF	GPRS
Mucha	Resp. SIS SDSMAS		Resp. SIS SDSMAS*
Razonable	Resp. SIS DPS	Resp. SIS SDSMAS	Resp. SIS SDSMAS**
Poca		Resp. SIS DPS y procesadora de datos del SIS de la DPS	Resp. SIS DPS

Tabla 5. Cantidad de formación precisada por los usuarios para utilizar el sistema

Lista de las materias que los usuarios encuentran que deben aprender para manejar adecuadamente los sistemas

La tabla 6 resume la lista de materias que los usuarios piensan que deben aprender para utilizar adecuadamente los sistemas de comunicaciones. El aspecto que más se repitió fue el del mantenimiento preventivo básico de los equipos.

Temas a incluir en la formación de usuarios	Tecnología		
	WiFi	VHF	GPRS
1 Informática básica	X	X	X
2 Utilización del sistema de comunicaciones	X	X	X
3 Mantenimiento preventivo básico dos equipos (solución de problemas básicos)	X	X	X
4 Internet	X		X
5 Correo electrónico	X		X

Tabla 6. Temas a incluir en la formación de usuarios de tecnologías de comunicaciones

Evaluación de los técnicos sobre la cantidad de formación que necesitarán para mantener adecuadamente los sistemas

El técnico informático del SPM piensa que los sistemas de comunicaciones Wi-Fi y VHF son fáciles de mantener- La tecnología Wi-Fi es un poco más complicada, pero el ya había trabajado antes con este tipo de equipos. Encuentra la tecnología VHF muy sencilla de mantener y utilizar.

Lista de los temas que los técnicos encuentran que deben aprender para mantener adecuadamente los equipos.

La tabla 7 contiene la lista de los temas que según el técnico informático del SPM deben ser incluidos en la formación de los técnicos encargados del mantenimiento de las tecnologías de comunicaciones.

Temas a incluir na formação de técnicos	tecnología		
	WiFi	VHF	GPRS
1 Funcionamiento de la tecnología	X	X	X
2 Utilización del sistema	X	X	X
3 Gestión y/o configuración de los dispositivos de red inalámbricos	X	X	X
4 LAN (grupos de trabajo, recursos compartidos)	X		
5 Seguridad en redes	X		

Tabla 10. Temas a incluir en la formación de técnicos para el mantenimiento de tecnologías de las comunicaciones

Lista de las dificultades o aspectos negativos en el uso de cada tecnología

La siguiente tabla recoge todas las dificultades expresadas por los diferentes actores entrevistados según la tecnología. Las dificultades que más se repitieron fueron el problema de los virus y el desconocimiento de soluciones para problemas básicos (mantenimiento preventivo), no solo en el uso de los sistemas de comunicaciones sino también en el uso del ordenador.

En la SDSMAS de Namuno tuvieron serios problemas en la red de la operadora miel durante 3 días. En otra ocasión tuvieron que enviar los informes de noche, pues durante el día Internet funcionaba excesivamente lento.

Dificultades o aspectos negativos	Tecnología		
	WiFi	VHF	GPRS
1 Desconocimiento de soluciones para problemas básicos	X	X	X
2 Falta de dominio de uso de tecnologías	X		X
3 Problemas de acceso a Internet	X	--	X
4 Problemas de conexión para comunicaciones por voz	X		--
5 Problemas de conexión debidos a virus informáticos	X	X	
6 Desconfiguración de los equipos		X	X
7 Velocidad de conexión muy baja (hace que se pierda tempo)		X	X
8 Problemas de uso de correo electrónico	X	--	
9 Falta de privacidad en las conversaciones		X	--
10 Necesidad de comprar crédito (pagar pelo uso)			X

Tabla 8. Dificultades o aspectos negativos de cada tipo de tecnología

Conclusiones

Utilidad

Un sistema de comunicaciones de voz y datos es muy útil además del SIS para todos los niveles (distrital, provincial, nacional), pero debe condicionarse a cada contexto (accesibilidad, recursos humanos y financieros, capacidad de mantenimiento, etc.)

Para los actores implicados, cada una de las tecnologías evaluadas puede ser aplicada en diferentes procesos, cada una con una pertinencia mayor que otra, pero a nivel general, la introducción de una nueva tecnología, cualquiera que fuera, puede mejorar los procesos de comunicación relacionados con esas actividades.

Las áreas de mejora que puede suponer el uso de los sistemas de comunicación en las actividades que implican flujos de información en orden de prioridad para los actores son:

- Oportunidad de información (cumplimiento de los plazos, avisos de visitas, requerimientos, citaciones, etc.)
- Integridad de información (evitar la pérdida de información o parte de ésta debida al envío físico).
- Calidad de la información (posibilidad de hacer las correcciones oportunas con ayuda de un medio adecuado).
- Ahorro de recursos (combustible, dietas, tiempo, etc.).

Los actores expresaron que la mejora del sistema de voz es muy importante y no solamente el de datos, dado que el actual sistema HF no es muy fiable o no existe.

Facilidad de uso

Para los usuarios, el uso de los equipamientos de los sistemas de comunicaciones no ha sido difícil y durante el tiempo en funcionamiento los enlaces piloto no tuvieron grandes complicaciones, teniendo en cuenta que los usuarios recibieron una formación intensiva más corta de lo habitual.

Complejidad

El tiempo de formación apropiado para formar a los responsables del SIS en las SDSMAS en el uso de los sistemas de comunicaciones y en su mantenimiento básico (previa formación en informática básica) no es mucho (probablemente una semana con acompañamiento in situ sería suficiente para VHF o Wi-Fi y aún menos para GPRS).

La lista de temas que los actores hallan que deben ser incluidos en la formación de usuarios de tecnologías de las comunicaciones es muy completa. Por lo tanto puede comprobarse que su participación en el enlace demostrativo fue muy comprometida, pues durante la experiencia aprendieron a conocer las tecnologías y a diagnosticar las necesidades de formación. El tema más nombrado fue el del mantenimiento preventivo básico de los equipos y la mayoría de ellos expresó que es porque saben que el mantenimiento correctivo puede retrasarse mucho o nunca llevarse a cabo.

Para el técnico informático del SPM, a nivel técnico, las tecnologías VHF y Wi-Fi son fáciles de operar y mantener. En este aspecto en el SPM existen las capacidades, aunque sería precisa también una planificación oportuna de las acciones de mantenimiento.

La lista de temas de formación para técnicos que el técnico informático del SPM nombró es completa y demuestra que realmente sabe cuales son los aspectos que es necesario dominar para hacer un buen mantenimiento de un sistema de comunicaciones VHF o Wi-Fi.

La mayoría de las dificultades o aspectos negativos que los actores encontraron para cada tipo de tecnología son aspectos relacionados con la formación y de tipo técnico, las cuales se pueden minimizar en el futuro teniéndolas en cuenta en los diseños de red y en los planes de mantenimiento (actividades y presupuestos).

El teléfono del sistema Wi-Fi representa una ventaja sobre los micrófonos de las radios HF y VHF, ya que pueden tenerse conversaciones privadas con el auricular y también puede utilizarse el altavoz cuando es necesario.

Para los directivos del distrito de Namuno, el beneficio que ofrece un sistema de comunicaciones compensa la necesidad de comprar crédito prepago. El problema para ellos está en la consecución de facturas para justificar el gasto, ya que en Namuno aquellos que venden crédito no emiten documentos acreditativos de la venta.

Costes de adopción

La evaluación sobre la capacidad de la DPS de asumir los costes de adopción y los cambios que deben ser realizados para ello, se hará en conjunto con los directivos de la DPS.

Según el técnico informático del SPM, el SPM tiene la capacidad suficiente para asumir el mantenimiento de sistemas de comunicación, incluso estos pueden ayudar a mejorar los procesos de comunicación para mantenimiento.

Posibilidad de experimentación o prueba

El tiempo de experimentación ha sido suficiente para familiarizarse con los sistemas de comunicaciones para la mayoría de los usuarios, y para los directivos ha sido suficiente para conocer las ventajas y desventajas, por lo que se concluye que este análisis fue realizado en un buen momento y que las conclusiones resultantes son pertinentes para establecer criterios de selección de la tecnología a utilizar en las microrredes distritales.

Los sistemas de comunicaciones fueron utilizados por pocas personas diferentes a los actores involucrados en la experiencia. Esto tiene sentido ya que los ordenadores del SIS (que son los que han tenido conexión con la red), en teoría solo pueden ser utilizados por los responsables del SIS, aunque en algunos distritos el director y/o otros administrativos hacen uso de ellos.

Compatibilidad con la organización

Las SDSMAS tienen problemas de fondos (lo que incluye el mantenimiento). En algunos casos los directivos dicen que no tienen presupuesto suficiente para incluir el mantenimiento de nuevos equipos y por otro lado dicen que cada año el presupuesto es menor.

Según comenta el técnico del SPM, el SPM tiene capacidad para mantener los nuevos equipos que harían parte de un sistema de comunicaciones, y que comprenden la necesidad de que las US, SDSMAS y la propia DPS mejoren su capacidad de comunicación tanto a nivel de voz como de datos. El aspecto imprescindible para que esto sea posible es incluir el plan de mantenimiento del nuevo sistema dentro de la POA 2010 de la DPS (piezas de repuesto, dietas), ya que para 2009 ya es demasiado tarde. Por lo que se precisaría del apoyo económico de ISF para el resto de 2009. (para instalación, formación del personal, técnico, repuestos y dietas).

El SPM tiene posibilidad de adquirir repuestos de proveedores a nivel de Mozambique, sea en Pemba o Maputo, y en Sudáfrica, ya que se conocen casos de equipos médicos especializados que son enviados allí para ser reparados y que por tanto han sido comprados allí.

Escalabilidad

Las ventajas encontradas por los actores en la aparición de los sistemas de comunicaciones son, principalmente, referidas a la mejora de la información (oportunidad, calidad, integridad) y al ahorro de recursos (incluido el tiempo). Los actores encuentran que muchos procesos que precisarían de información de retorno empezaría a ser posibles con la aparición de un medio de comunicación más efectivo que el correo postal (por ejemplo, copia de los boletines epidemiológicos).

La mayor parte de las desventajas encontradas por los actores en la aparición de sistemas de comunicaciones están asociadas con la baja capacidad de continuar solos al frente de las redes, debido a las debilidades del sistema de mantenimiento y presupuestarias.

Los directivos encuentran que los SDSMAS y la DPS tienen que asumir compromisos para garantizar que los sistemas de comunicaciones instalados en los distritos funcionen correctamente. Los compromisos serían en las áreas de mantenimiento, sensibilización del personal y monitorización de los sistemas. Los posibles problemas que podrían aparecer para que esos compromisos no fueran cumplidos tiene relación con el compromiso del SPM, el presupuesto, la burocracia y la falta de interés por hacer un seguimiento al sistema.

La mayoría de los actores piensan que el uso de sistemas de comunicaciones en los niveles distrital, provincial y nacional es apropiada, solo que a nivel de US debe ser lo más simple posible, teniendo en cuenta el nivel de formación de los usuarios, la capacidad de mantenimiento de los distritos y la falta de condiciones mínimas de electricidad y seguridad. Un ordenador, por ejemplo, no sería pertinente en una US, ya que tiene un nivel de complejidad a nivel de mantenimiento preventivo y correctivo de hardware como de resolución de problemas software que no es aplicable en el contexto de una US rural, ni de una aldea.

La velocidad de transmisión de datos es un factor importante en el momento de considerar el crecimiento de la red y de la información transmitida por ella. En ese aspecto, la tecnología VHF se reafirma como una tecnología suficiente a nivel distrital (comunicaciones entre US y SDSMAS) y apropiada a niveles superiores solo en los casos donde Wi-Fi no es viable.

ANEXO II

PROPUESTA ECONÓMICA DE MICRORRED DISTRITAL WI-FI EN EL DISTRITO DE ANCUABE

INGENIERIA SIM FRONTERAS
Rua 1 de Maio 524
Pemba – Moçambique
Tel.: 272 21599
Fax.: 272 21752

**REDE DE COMUNICAÇÕES PARA O DISTRITO
ANCUABE**

PROPOSTA FINANCEIRA E TÉCNICA

19 de Junho de 2009



Concorrente:

DATASERV LDA
Av. 24 de Julho, nº 1580
Maputo, Moçambique
Contacto: Sr. Daniel Mannestig

e
Etcetera Lda
Av. Eduardo Mondlane
Edifício da Cruz Vermelha

Contacto: Eng. Dr. Klaus Glanzer
Tel 82 6633850



INGENIERIA SIN FRONTERAS
Rua 1 de Maio 524
Pemba
Cabo Delgado

Infra-estrutura de dados e voz

Date: 19/06/2009

Item No.	Descrição	Origem	QTY	Preço Unit MT	Sub Total MT
	Sumário				
1	Antenas WiFi com acessórios	RSA	1	166.770,99	166.770,99
2	Router Wifi com acessórios	RSA	1	139.628,49	139.628,49
3	Sistema de Fax	RSA	1	46.069,99	46.069,99
4	Sistema de Solar	RSA	1	329.470,16	329.470,16
5	Asterisk Appliance	RSA	1	95.323,33	95.323,33
6	Transport para Pemba	RSA	1	60.000,00	60.000,00
7	Transport costs in Cabo Delgado	RSA	1	20.000,00	20.000,00
8	Instalação, configuração e documentação	RSA	1	177.825,00	177.825,00
9	Deslocação dos técnicos	RSA	1	60.000,00	60.000,00
SUB-TOTAL (MT)					1.085.787,85
IVA 17 %					184.563,93
TOTAL (MT)					1.270.371,78

NOTA: modo de pagamento seja 50% na aceitação de contrato e 50% depois de entrega da obra



Maputo: Av. 24 de Junho, 1590 - R/C • Caixa Postal 4490 • Telefone: +258 21 302600 • Fax: +258 21 309856
 Beira: R. Lo Major S. Pinto, 1134 • Caixa Postal 1080 • Telefone: +258 23 329477 • Fax: +258 23 329561
 E-mail: info@data-serv-moz.com • Assistência Técnica: em@data-serv-moz.com • Web: <http://www.data-serv-moz.com>



INGENIERIA SIN FRONTERAS

Rua 1 de Maio 524

Pemba

Cabo Delgado



Infra-estructura de datos e voz

Date: 19/06/2009

Item No.	Código	Descrição	Origem	QTY	Preço Unit MT	Sub Total MT
Router Wifi						
1	MC-24-411	MikroPoynt 2.4 GHz 11 dBi Weatherproof Enclosure & RB411 board	RSA	0	4.534,79	0,00
2	MT-RB411	MikroTik R/Board 411, 300MHz CPU, 32MB RAM, 1LAN, 1MiniPCI, RouterOS L3	RSA	5	2.705,47	13.527,34
3	MT-RB411A	MikroTik R/Board 411A, 300MHz CPU, 64MB RAM, 1LAN, 1MiniPCI, RouterOS L4	RSA	0	4.529,97	0,00
4	MT-RB411AH	MikroTik R/Board 411AH, 680MHz CPU, 64MB RAM, 1LAN, 1MiniPCI, RouterOS L4	RSA	0	5.646,82	0,00
5	MT-RB433	MikroTik R/Board 433, 300MHz CPU, 64MB RAM, 3LAN, 3MiniPCI, RouterOS L4	RSA	5	5.237,63	26.188,15
6	MT-RB433AH	MikroTik R/Board 433, 680MHz CPU, 128MB RAM, 3LAN, 3MiniPCI, RouterOS L5	RSA	0	7.875,70	0,00
7	MT-RB433UAH	MikroTik R/Board 433, 680MHz CPU, 128MB RAM, 3LAN, 3MiniPCI, 2 USB RouterOS L4	RSA	0	8.645,94	0,00
8	FOE-24V	Power over Ethernet Injector 24V 20 Watt (2 xRJ45) & Cord	RSA	10	1.059,08	10.590,80
9	MT-R52	MikroTik 802.11abg Dual Band Mini PCI	RSA	0	1.693,43	0,00
10	MT-R52H	MikroTik 802.11abg High Power Dual Band Mini PCI	RSA	17	2.642,89	44.929,05
11	UFL-30-N(F)	UFL to N-Type(f) - 300mm Pigtail for Mini PCI Cards	RSA	17	310,90	5.278,52
14	EN-66	Acconet IP66 Enclosure, Mounting, WP RJ45, Studs	RSA	0	1.761,92	0,00
15	PA-ENIP	IPoynt Weatherproof Enclosure for 411 boards	RSA	10	1.853,39	18.533,90
16	STUCKIT	PCB Stud + Mounting Tape & Screw (4 per pack)	RSA	10	178,68	1.786,80
17	MT-CF-64M	64MB Compact Flash Card	RSA	10	784,68	7.846,80
18	CABO-FTP	Cabo FTP Cat5e	RSA	208	48,14	9.868,70
19	RJ45PLUG	RJ45 Ethernet Plug Connector	RSA	16	48,14	770,24
20	RJ45BOOT	RJ45 Ethernet Boot - Grey	RSA	16	19,26	308,16
21	CRIMP-RJ45	Crimping Tool - CAT5 (RJ45)	RSA	0	722,10	0,00
SUB-TOTAL (MT)						139.628,49
IVA 17 %						23.736,84
TOTAL (MT)						163.365,33



Maputo: Av. 24 de Junho, 1580 - R/C • Caixa Postal 4490 • Telefone: +258 21 303600 • Fax: +258 21 308855
 Beira: R. Lo Major S. Pinto, 1134 • Caixa Postal 1080 • Telefone: +258 23 329477 • Fax: +258 23 329561
 E-mail: serv@data-serv-moz.com • Assistência Técnica: cm@data-serv-moz.com • Web: <http://www.data-serv-moz.com>



INGENIERIA SIN FRONTERAS
 Rua 1 de Maio 524
 Pemba
 Cabo Delgado

Infra-estrutura de dados e voz

Date: 19/06/2009

Item No.	Código	Descrição	Origem	QTY	Preço Unit MT	Sub Total MT
Sistema de Fax						
1	POE-24V	Power over Ethernet Injector 24V 20 Watt (2 xRJ45) & Cord	RSA	5	1.059,08	5.295,40
2	GS-HT-286	Grandstream SIP ATA - LAN 1 x FXS	RSA	5	2.570,68	12.853,38
3		Cabo telefonico	RSA	5	144,42	722,10
4		Fax de marca Philips	RSA	5	4.814,00	24.070,00
5	P5B-GR	APC Essential Surgearrest 5 outlets 230V	RSA	5	625,82	3.129,10
SUB-TOTAL (MT)						46.069,98
IVA 17 %						7.831,90
TOTAL (MT)						53.901,88



Maputo: Av. 24 de Junho, 1560 - R/C • Caixa Postal 4490 • Telefone: +258 21 300600 • Fax: +258 21 308856
 Beira: R. Lo Major S. Pinto, 1134 • Caixa Postal 1080 • Telefone: +258 23 329477 • Fax: +258 23 329551
 E-mail: sam@data-serv.com • Assistência Técnica: cm@data-serv.com • Web: <http://www.data-serv.com>



INGENIERIA SIN FRONTERAS
 Rua 1 de Maio 524
 Pemba
 Cabo Delgado

Infra-estrutura de dados e voz

Date: 19/06/2009

Item No.	Código	Descrição	Origem	QTY	Preço Unit MT	Sub Total MT
Sistema Solar						
1	SD-125W-PANEL	Solar Panel - 12V, 125W	RSA	4	29.490,56	117.962,26
2	SD-15-REG	Stece Solsum 15A 12/24V Regulator	RSA	4	3.730,85	14.923,40
3	SD-BR	Solar Panel Bracket (fits all panels)	RSA	4	3.653,83	14.615,30
4		Bateria de 105Ah Deep Cycle	RSA	8	7.702,40	61.619,20
5		Inversor sine wave 300W (THD 3%)	RSA	4	10.831,50	43.326,00
6		Antario com chave	RSA	4	14.442,00	57.768,00
7		Acessorios (como fusíveis, cabos, etc...)	RSA	1	19.255,00	19.255,00
Asterisk						
8	D-A4844B	Digium Asterisk Appliance 50 with 4 FXS and 4 FXO ports (incl. Silver Subscription)	RSA	1	92.472,13	92.472,13
9	GS-GXE-5028	Grandstream 2x FXS, 8x FXO SIP IP PBX -100 Ext	RSA	0	44.871,29	0,00
10	BE700-GR	APC Back-up UPS 700VA, 230V	RSA	1	3.851,20	3.851,20
SUB-TOTAL (MT)						425.793,49
IVA 17 %						72.384,89
TOTAL (MT)						498.178,38



Maputo: Av. 24 de Junho, 1680 - R/C - Caixa Postal 4490 • Telefone: +258 21 503600 • Fax: +258 21 509856
 Beira: Rua Major S. Pinto, 1134 - Caixa Postal 1680 • Telefone: +258 23 329477 • Fax: +258 23 529551
 E-mail: info@dataserv-moz.com • Assistência Técnica: at@dataserv-moz.com • Web: <http://www.dataserv-moz.com>

REDE DE COMUNICAÇÕES PARA O DISTRITO ANCUABE

Conteúdo	
1	OBJECTIVOS E ÂMBITO DA PROPOSTA..... 4
2	CARACTERÍSTICAS DA SOLUÇÃO TÉCNICA 5
3	EQUIPAMENTO PROPOSTO..... 5
4	CONFIGURAÇÕES DAS LIGAÇÕES..... 6
5	RECURSOS E VALOR ACRESCENTADO 7
5.1	ESTRUTURA DE SUPORTE 7
5.2	GARANTIA..... 7
6	PROCESSOS ADMINISTRATIVOS 8
6.1	DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS ADMINISTRATIVOS RELACIONADOS 8
6.2	DOCUMENTAÇÃO DE PROJECTO 8
6.3	TERMOS E CONDIÇÕES DE NOSSA PROPOSTA 9
7	INFORMAÇÃO RELATIVA AO DATASERV LDA..... 10
7.1	PERFIL DE DATASERV LDA..... 10
7.2	INFORMAÇÃO FINANCEIRA DE DATASERV LDA..... 11
7.3	CAPACIDADE TÉCNICA 11
7.3.1	CERTIFICADOS 11
7.3.2	COMPROVA DA CAPACIDADE E DISPONIBILIDADE..... 11
7.3.3	HABILITAÇÕES LITERÁRIAS E PROFISSIONAIS DOS RESPNSÁVEIS..... 11
7.3.4	QUALIDADE DOS BENS OU SERVIÇOS E A SUA CONFORMIDADE COM AS NORMAS NACIONAIS 14
7.3.5	APRESENTAÇÃO DAS REFERENCIAS DOS SERVIÇOS SIMILARES..... 14

DataServ Lda

3

1 Objectivos e âmbito da proposta

Enquadrado na instalação de rede de rede de comunicações para os distritos Ancuabe desenhado pela organização Ingeniera Sin Fronteras, em seguinte chamado o cliente, DataServ Lda em parceria com a Etcetera Lda de Pemba gostaria apresentar uma solução que serve aos requisitos rigorosos duma ambiente de produção profissional como este de cliente.

O objectivo desta proposta é apresentar uma solução que permitirá trabalho mais eficiente através dum ambiente de sistemas consolidados e centralizados. A aplicação de tecnologias adequadas e “state-of-the-art” é obrigatória para nós.

A proposta apresentado pelo este documento cumpre com os altos especificações estabelecido no caderno de encargo.

A nossa experiência profissional mostra que uma concepção bem elaborada em cooperação com o parceiro de projecto é essencial para assegurar uma implementação eficiente e para reduzir os riscos de projecto.

Nossa aproximação para o projecto é a dividir este em passos pequenos que terão um começo e fim determinado e verificado. Estes passos (entregáveis, “deliverables”) deverão ser entregado imediato. Implementações e configurações alem de escopo de documento deverão ser contratado separado.

O âmbito da proposta é o seguinte:

- Fornecimento de material
- Instalação, configuração e documentação
- Transport as locais designados

NOTA geral: Este documento deverá ser usado exclusivamente para o objectivo de avaliação de projecto. Este documento não poderá ser entregado para terceiros. Este documento é propriedade de DataServ. A reprodução deste requiere a permissão de DataServ.

2 Características da solução técnica

Principalmente a solução foi preparado pelo cliente e por isso esta proposta apenas trata o fornecimento e implementação da solução apresentada na carta de convite.

Nos não conseguimos fazer uma análise de disponibilidade e abertura da linha vista incluindo o cálculo da altura de torres. A razão por isso é a falta dos dados topográficos com uma exactidão suficiente.

NOTA: Para fazer um cálculo dos torres um técnico de DataServ – Etcetera tinha que ir para fazer uma vista local de todos os lugares.

DataServ – Etcetera oferece a execução duma estuda da possibilidade dos ligações com o cálculo das alturas de torre para um valor de MT52.000,- ex IVA.

3 Equipamento proposto

A nossa cotação contem algumas alternativas com a quantidade zero. Com estas alternativas ainda podem fazer um orçamento no caso de desejo de melhoras dos dispositivos.

Placa MiniPCMA

Nosso proposto é uma placa capaz transmitir com mais de 100mW como a R52H que tem uma alcance até máximo 350mW

Antenas

A antena de 15dBi podia ser alterado para 24dBi. Os custos são quase igualmente.

Montagem de caixa com o RouterBoard (RB)

A caixa deverá ser montado mais perto possível a antena. Por isso nos recomendamos somente o uso de cabos LMR400 em vez de LMR600. Os cabos não vem pre-fabricados mas os conectores vão ser montado no lugar.

Alimentação de RB

Injectores de energia (PoE) são previstos para garantir a alimentação de RBs

Sistema solar

O sistema solar não deverá ser montado na alta altura. O sistema vem com duas baterias de 105Ah em vez duma de 250Ah.

Servidor Asterisk

A nossa proposta contem uma implementação de Asterisk (embedded) integrado numa caixa pequena. Updates de Asterisks podem ser aplicados. Por favor comparar com a web page de fabricante; www.digium.com.

UPS e Surge Protector

Principalmente equipamento electrónico deve ser ligado através um UPS ou Surge Protector. Por-favor comparar com os dados no website www.apcc.com para detalhes.

REDE DE COMUNICAÇÕES PARA O DISTRITO ANCUABE

4 Configurações das ligações

Como foi feito para a ligação da sede de direcção de saúde em Pemba com a Metuge é previsto uma configuração de “L2TP tunnel”. “L2TP tunnel” e um bridge de LANs encrypted.

<http://www.mikrotik.com/testdocs/ros/3.0/vpn/l2tp.php>

REDE DE COMUNICAÇÕES PARA O DISTRITO ANCUABE

5 Recursos e valor acrescentado

5.1 Estrutura de suporte

Os currículos vitais das pessoas poderão ser encontradas no capítulo 7.3.3 deste documento.

Nome do colaborador	Empresa	Area de competência	Posição	Actividades Atribuidas
Eng. Dr. Klaus Glanzer	DataServ	Gestão de projecto, técnica,	Gestor do projecto operacional. Técnico superior, implementação	Gestão do projecto. Responsabilidade total do projecto, Desenho, implementação e responsabilidade total da solução técnica; formação
Sr. Rocha Chewana	DataServ	Técnica	Implementação	Implementação, testes

5.2 Garantia

A garantia dos dispositivos será 1 ano excluindo força maior ou uso a fora das especificações.

6 Processos administrativos

6.1 Descrição dos procedimentos administrativos relacionados

Uma relação de boa comunicação estruturada entre o cliente e DataServ é de grande importância para o êxito de projecto, especialmente de um projecto de grande complexidade como este. Dúvidas, mudanças e também atrasos causados pela qualquer razão devem ser comunicado imediatamente por escrito.

Reunião de pontapé de saída (kick-off meeting)

Um primeiro encontro será requerido pelo DataServ para estipular, documentar e aprovar detalhes de projecto como pontos de rede, caminhos de cabos, orientação de bastidores, etc...

Mudanças

Mudanças que podem acontecer eventualmente, que tragam um impacto significativo no projecto, devem ser comunicadas por escrito e os termos e condições de realização deste devem ser estipulados.

Gerente de Projecto

Por parte de cliente: deverá indicar um funcionário que será Gerente de Projecto do lado de cliente. Ele ou ela será o nosso único referencia de comunicação e correspondências. Ele/ela deverá ter autoridade para fazer decisões sobre detalhes deste projecto. Também deverá ter acesso físico e lógico às todas salas e sistemas envolvido no projecto.

Minutar as reuniões

DataServ vai minutar reuniões. Qualquer decisão feita deverá ser documentado, aprovado pelos gerentes de projecto de cliente e DataServ e comunicando às todas pessoas relevantes. Esta correspondência vai ser base para a gestão de mudanças.

Entrega de obra parcial

No fim de cada parte, como por exemplo “instalação de sistema de detecção e supressão de fogo” ou “instalação e configuração de switches” etc., DataServ Lda vai documentar o sistema e vai entregar ao cliente; Por favor comparar com o “plano de prazos de implementação” anexado. O que for aprovado pelo cliente torna-se propriedade do cliente e os técnicos deste tem que administrar e manter este (se não existir um acordo de manutenção).

Entrega de obra

No fim do projecto deverá ser feito uma entrega final da obra.

Serviços fora do escopo deste projecto

Se o cliente encontrar-se numa situação onde alguns trabalhos ou serviços serão desejados que não ficam parte deste documento, o cliente puder contratar DataServ Lda para uma consultoria adicional.

6.2 Documentação de projecto

Alem de documentação continua de mudanças um dossier contenda a documentação completa da instalação será entregada ao cliente em formato impresso e digital.

REDE DE COMUNICAÇÕES PARA O DISTRITO ANCUABE

A documentação incluirá plantas, diagramas, tabelas, ficheiros de configurações, descrições etc. para permitir compreender a funcionalidade por engenheiros que irão trabalhar com este sistema em futuro.

6.3 Termos e condições de nossa proposta

O cliente deverá aceitar a proposta na sua totalidade.

O cliente deverá criar as condições conducentes para uma execução eficiente do projecto. Demoras causadas pelo cliente podiam criar custas adicionais que deverão ser cobrado pelo este.

DataServ requer acesso inteiro (físico e lógico) aos sistemas envolvidos no projecto a qualquer altura durante todo o projecto.

Com respeito ao escopo das implementações deste projecto, a DataServ somente vai implementar os serviços como descrito nesta proposta. A DataServ requiere uma reunião no inicio do projecto em que todos os detalhes da implementação serão estipulados e documentado em escrito.

Custos adicionais criados pelo cliente é responsabilidade do cliente.

DataServ solicita um quarto/local seguro para guardar material e ferramentas no edificio do cliente para toda a duração do projecto.

Durante as instalações, somente técnicos de DataServ deverão trabalha nas obras não entregues, se não foi estipulado diferente. Este será valido também para técnicos de cliente.

Durante a implementação. o cliente leva o responsabilidade total de segurança de equipamento já fornecido à obra, se não for estipulado diferente.

Após de acabamento de uma parte de projecto, DataServ fará uma entrega de obra parcial. Uma entrega de obra parcial significa que o equipamento fica propriedade do cliente e que as configurações são aceites e que os técnicos de cliente serão responsável para manutenção destes.

Torres

Esta proposta não inclui quaisquer torres ou erecção destes. Estes deveriam ser requisitos separados.

7 Informação relativa ao DataServ Lda.

7.1 Perfil de DataServ Lda.

DataServ Lda é uma empresa Moçambicana estabelecida em 1992. De acordo com o ranking mais recente da KPMG em relação às 100 maiores companhias em Moçambique, a DataServ é líder na área de informática em Moçambique e desde muito tempo consta na lista da KPMG das 100 maiores empresas de Moçambique.

A nossa visão é de que as empresas, organizações e individuais moçambicanos deveriam usar, crescer com e beneficiar-se de produtos e serviços de classe mundial na área de TICs.

A nossa missão é de fornecer soluções, produtos e serviços de informática de valor acrescentado e de custo efectivo dentro de Moçambique, participando assim na construção da sociedade de informação em Moçambique.

Em Moçambique, somos uma empresa líder para produtos, serviços e soluções dentro da área de informática. Em particular o nosso âmbito de serviços providenciados são soluções integradas que constituem se de fornecimento de produtos de fabricantes reconhecidos de altamente qualidade em todo o mundo, desenho e instalação dos redes estruturadas, instalação e configuração do servidores das varias funções no base dos produtos de Microsoft e distribuições de Linux, redes e links sem fio, soluções integral do VoIP, consultoria e assistência técnica em segurar de dados e redes. Possuímos escritórios em Maputo e Beira, e parceiros para entregas locais ao longo do país.

A nossa estratégia é oferecer soluções que focalizam em custo ou valor adicionado, dependendo das necessidades do cliente. É também, desenvolver parcerias estratégicas com parceiros seleccionados e manter profissionais certificados e qualificados.

A DataServ é Parceiro Preferencial da HP, Centro Autorizado de Reparação HP, Parceiro Certificado da Microsoft, Distribuidor Autorizado de APC, Revendedor Autorizado de Cisco, Parceiro Autorizado de D-Link, Distribuidor Autorizado de Benq, Distribuidor de Transcend, Instalador autorizado de LeGrand e revendedor de valor acrescentado de Symantec.

Informação pertinente sobre a Dataserv:

- A DataServ consta da lista das 100 maiores empresas em Moçambique, segundo o ranking mais recente do KPMG.
- A DataServ é a única empresa de informática em Moçambique que recebeu o prémio por ser a melhor empresa nesta área, pela revista de gestão sul-africana PMR, baseado numa pesquisa com mais de 2.400 empresas.
- A DataServ é parceiro preferencial da HP do ano 2009.
- A DataServ é o único centro autorizado de reparação HP no país sobre os “volume products”, o que significa que garantimos a reparação de equipamento HP dentro da garantia, tendo uma relação directa com a HP sobre fornecimento de peças.
- Para obter e manter esta parceria com a HP, esta, exige que a Dataserv Lda tenha técnicos certificados nas várias áreas do ramo da informática quais sejam, computadores, portáteis, impressoras e servidores, o que obriga a que se faça um forte e contínuo investimento na formação, conferindo deste modo à empresa uma maior capacidade, de modo a responder as necessidades dos seus clientes.

REDE DE COMUNICAÇÕES PARA O DISTRITO ANCUABE

Apresentamos deste modo uma proposta que se adequa as necessidades do cliente na convicção de que será do vosso interesse, beneficiar dos serviços propostos. Ficamos ao vosso inteiro dispor para discutir a nossa proposta e facultar maiores esclarecimentos e informações que se façam necessárias.

7.2 Informação financeira de DataServ Lda

Por favor ver documentos em anexo.

7.3 Capacidade Técnica

7.3.1 Certificados

Ver em anexo.

7.3.2 Comprova da capacidade e disponibilidade

DataServ garante que o pessoal tem capacidade de conhecimento e seria disponível para fazer este projecto com êxito.

7.3.3 Habilitações literárias e profissionais dos respnsáveis

Nosso pessoal profissional de varias áreas vai contribuir com destes conhecimentos com certeza para garantir um sucesso deste projecto.

REDE DE COMUNICAÇÕES PARA O DISTRITO ANCUABE

Dados Pessoais

Nome: **Rocha Júlio Chewana**
Nacionalidade: Moçambicana
Nuit nº: 100044773

Habilitações literárias

12º ano — Liceu Polana/Josina Machel

Certificações e Cursos

2003/2002 – Instituto de Línguas – Inglês, Nível 3
2002 – Krone Electronic, certificação para instalação de redes Krone.

Línguas

Português – escrito e falado fluentemente
Inglês – escrito e falado razoavelmente
Francês – escrito e falado razoavelmente

Experiência Profissional

DataServ Lda - desde 1998

Cargo: Electricista

Função: Supervisor de Redes e Electricista, responsável pela supervisão e montagem de redes de computadores, avaliação de projectos de redes estruturadas e simples, elaboração de propostas técnicas e financeiras para redes, elaboração de encomendas de materiais de rede e acessórios, elaboração de plano de actividades para as obras de rede, supervisão da montagem de redes, incluindo logística;

Companhia Industrial da Matola - montagem rede de computadores. Destacando-se pelo facto de ser a 1ª fibra óptica instalada pela DataServ no país;

Coca-Cola - fábrica em Nampula – montagem rede computadores;

ANE – Administração Nacional de Estradas – montagem de rede para 250 usuários, incluindo montagem de fibra óptica;

MISAU e PNUD – supervisão e montagem de rede.

Assembleia da República – supervisão e montagem de rede estruturada, incluindo link de fibra óptica com cerca de 400 pontos.

Companhia Vale do Rio Doce – montagem da primeira rede estrutura em Moatize (Tete).

EDM-Tete, Quelimane e Nacala – supervisão e montagem de rede estruturadas, com cerca de 350 pontos, incluindo fibra óptica;

Inspeção Geral de Finanças – montagem de rede estruturada, com cerca de 160 pontos, incluindo links de fibra óptica na delegação de Nampula;

BIM Nampula – correcção e certificação da rede nos balcões (rede não executada pela DataServ);

Banco de Moçambique – supervisão, inspeção e certificação da rede do edifício do Ex. DCI, incluindo terminação de 26 pontos de fibra óptica;

CFM – supervisão e montagem de fibra óptica, cerca de 1000 metros;

DataServ Lda

12

REDE DE COMUNICAÇÕES PARA O DISTRITO ANCUABE

Dados Pessoais: **Eng. Dr. Klaus Glanzer**
 Nacionalidade: **Austriaca**

Habilitações literárias

- Doutorado de ciências técnicas (Dr. tech.) de Vienna University of Technology, Áustria (especialização em "Industrial Production Automation")
- Mestre em engenharia electrotécnica e informática (MSc) de Vienna University of Technology, Áustria (especialização de "Computer Science")

Línguas

Alemão (língua materna), Português, Inglês - escrito e falado fluentemente
 Espanhol – conhecimento básico

Experiência Profissional

Ocupação ou posição	Chief technical officer
Actividades e responsabilidades	<ul style="list-style-type: none"> - Responsável para o departamento de soluções avançadas - Desenho de sistemas complexas - Controle de qualidade de tecnologias aplicado e soluções instalado - Gestão de projectos
Entidade empregadora	DataServ Lda, Av. 24 de Julho, 1580, Maputo, Moçambique
Tipo de negocio	Serviços de IT
Dados	Outubro 2008 - agora
Ocupação ou posição	Consultante técnico independente
Actividades e responsabilidades	<ul style="list-style-type: none"> - engenharia e implementação de sistemas de comunicação geral; em particular redes de dados (Ethernet, desenho, configuração de routers e switches, experiência com Cisco e outros marcas), VSAT, redes sem fio (cobertura e ligações distancia), instalações de servidores com varias funciones de Windows ou Linux (mail, Web cache, file server, firewalls, web server, etc.), soluções de VoIP (no base de SIP), - desenho e implementação de sistemas fotovoltaicas - desenho e implementação de aplicações de Web (HTML, CSS, PHP, SQL) - consultorias para programas de ensino superior (em IT)
Parceiro em	Etocetera Lda, Edifício da Cruz Vermelha, Av. Eduardo Mondlane, Pemba, Moçambique
Tipo de negocio	Consultorias técnicas
Dados	Marco 2007 – Setembro 2008
Ocupação ou posição	Chefe de estudos informática de Universidade Católica de Moçambique (UCM)
Actividades e responsabilidades	<p>Lançamento de um curso de informática para BSc e licenciatura</p> <ul style="list-style-type: none"> - desenvolvimento de estrutura da organização do departamento - gestão da equipa internacional dos professores e leitores - desenvolvimento de um novo currículo académico para IT em Moçambique - gestão das varias projectos - fazer cursos para estudantes
Entidade empregadora	HORIZONT3000, Wohllebengasse 12-14, A-1040 Wien, Austria
Projecto	UCM – Reitoria, Rua Marquês de Soveral, 960, C.P. 821, Beira, Sofala, Moçambique
Tipo de negocio	Ensino superior
Dados	Janeiro 2001 – Janeiro 2004
Ocupação ou posição	Research Assistant na disciplina de "Holonc Control Systems"
Actividades e responsabilidades	<ul style="list-style-type: none"> - pesquisa académica - elaborar propostas de projectos de pesquisa para ganhar fundos de EU - fazer cursos e coordenação de grupos de estudantes para projectos
Endereço de instituto	ACIN – Automation & Control Institute, Vienna University of Technology, Vienna, Austria
Tipo de negocio	Pesquisa e ensino superior

DataServ Lda

13

REDE DE COMUNICAÇÕES PARA O DISTRITO ANCUABE

7.3.4 Qualidade dos bens ou serviços e a sua conformidade com as normas nacionais

DataServ só usa produtos de vendedores/marcas que são reconhecidos oficial em Moçambique e que adere as padrões nacionais e internacionais.

7.3.5 Apresentação das referencias dos serviços similares

Exemplo de clientes com contratos de manutenção com a DataServ: KPMG, LAM, Unilever. A relação abaixo apresenta alguns dos nossos mais recentes fornecimentos, após a adjudicação em concursos públicos, nos quais fomos a empresa escolhida;

A DataServ têm uma grande base de clientes e entre recentes instalações, o seguinte pode ser mencionado:

Cliente	Contacto	Valor aproximado USD	Projecto, tipo de entrega/serviço
EDM	Eng. Catine	1.000.000 (em conjunto com a empresa ABB)	ERAP- NIS. Instalação de sistemas, software e fornecimentos de equip. informático
EDM	Eng. Catine	600.000	ERAP – EDM commercial office: container e convencional. Equip. Informático
EDM	Dra. Esperança	vários	Vários fornecimentos de equip informático, incluindo GUPTA SQL Base software
EDM	Eng. Massinga	200.000	Equip. Infomática e redes, incluindo províncias
Banco de Moçambique	Dra. Alzira	1.000.000	Equip. Infomática
ANE	Eng. Marraque	>700.000 (vários)	Equip. Infomática e de rede. Contrato manutenção
LAM	Eng. Siteo	>600.000 (vários)	Rede, equip. informático
MEC – Min. Educação e Cultura	Vários departamentos	>600.000 (vários)	Equip. Infomática, incluindo províncias.
Nações Unidas – UNICEF	Sra. Fátima.	>600.000 (vários)	Equip. Infomática
Assembleia da república	Eng. Banze	Vários grandes	Rede, equip. informático
CFM	Eng. Murtazá	>300.000 (vários)	Rede, equip. informático
Aeroportos de Moçambique	Eng. Panguana	>300.000 (vários)	Computadores e acessórios
MOPH – Min Obras Públicas	Sr. Raul	>300.000 (vários)	Equip. Infomática
KPMG	Eng. Hermínio	>200.000 (vários)	Equip. Infomática
INE	Dr. Loureiro	>200.000 (vários)	Equip. Infomática
MF – Min das Finanças - IGEPE	Dra. Iolanda	>200.000 (vários)	Equip. Infomática e rede
Banco Procrédit	Sr. Figia	>200.000 (vários)	Equip. Infomática
TDM	Eng. Aldo	>200.000 (vários)	Equip. Infomática
Mozal – associação p/ desenvolvimento	Eng. Filipe	200.000	Equip. Infomática e rede
Insp Geral das Finanças	Dr. Jorge Marcelino	>150.000 (vários)	Equip. Infomática e de rede.
MCT – Min. Ciência e de Tecnologia	Eng. Jussi / Dr Colaço	>100.000 (vários)	Equip. Infomática e de rede.