Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TRABAJO DE FIN DE CARRERA

TÍTULO DEL TFC: Implantación de la telemedicina en la región RAAS de Nicaragua. Fase VI

TITULACIÓN: Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones, especialidad Telemática

AUTORES: Jesús Benavides Gómez
Macarena Palau Zaidín

DIRECTOR: Roc Meseguer Pallarès

FECHA: 6 de septiembre de 2011

Título: Implantación de la telemedicina en la región RAAS de Nicaragua. Fase VI

Autores: Jesús Benavides Gómez
Macarena Palau Zaidín

Director: Roc Meseguer Pallarès

Fecha: 6 de septiembre de 2011

Resumen

Las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), han sido una parte esencial de los recientes cambios en la economía y la sociedad. El acceso a la información se ha convertido en una herramienta muy importante para el desarrollo de una comunidad. A raíz de ello ha surgido un fenómeno conocido como “brecha digital”, que hace referencia a las diferencias entre los países que tienen acceso a las TIC y aquellos que no.

Este proyecto pretende aportar un modesto gesto para disminuir esta brecha entre lo que frecuentemente se denomina las diferencias entre norte y sur, proporcionando una mejora en el Sistema de Telemedicina, que la ONG Telecos Sin Fronteras está desarrollando en la Región del Atlántico Sur de Nicaragua desde 2006.

En la fase actual de este sistema se pretende, en primer lugar, ampliar y mejorar la infraestructura de red existente, así como realizar las tareas de mantenimiento necesarias para obtener un mayor rendimiento de los sistemas. Además, uno de los objetivos más importantes de este proyecto es el de ofrecer las herramientas necesarias para la gestión y supervisión de la red, pues un deficitario sistema de mantenimiento de red puede afectar a la sustentabilidad del proyecto a largo plazo.

También se pretende introducir en el sistema de Telemedicina a Monkey Point, una comunidad rural, aislada y sin acceso a las telecomunicaciones.

Finalmente, se va a hacer hincapié en la necesidad de capacitar al personal beneficiario del proyecto, puesto que el hecho de no tener en cuenta a la comunidad receptora puede provocar (y provoca en muchas ocasiones), que el proyecto termine por dejarse de lado por falta de conocimientos sobre su uso.

Title: Telemedicine implementation in Nicaragua's RAAS region. Phase VI.

Author: Jesús Benavides Gómez
Macarena Palau Zaidín

Director: Roc Messeguer Pallarès

Date: September, 6th 2011

Overview

Information Technologies (IT) has become an essential part of recent changes in economy and society. Access to information has been a very important tool to development of a community. As a result there has emerged a phenomenon known as "digital divide" that refers to difference between countries that have access to IT and those that haven't.

This project aims to provide a modest gesture to diminish this division that is usually known as differences between north and south, providing an improvement to the existing Telemedicine System that NGO Telecos Sense Fronteres is developing in the South Atlantic Region in Nicaragua since 2006.

In the current phase of this system it is pretended, first of all, to expand and improve the existing network infrastructure, as well as developing maintenance tasks needed to increase systems' performance. Furthermore, one of the main objectives of this project is to offer necessary tools to manage and supervise network infrastructure, though non-maintenance of systems can affect the sustainability of the project at long term.

Additionally, it is desired to introduce Monkey Point at the Telemedicine System, a rural community with no access to telecommunications.

Finally, it will be emphasized the need to train system users, though the failure to consider the host community can induce (and many times induces) that the project ends up left out due to the lack of knowledge about its use.

A toda la gente que nos ha brindado
su apoyo durante este proyecto.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

Telecos Sense Fronteres (véase [1]) es una ONG para el Desarrollo, creada en el año 2003 de la mano de alumnos, ex – alumnos y profesores de la Escuela Politécnica Superior de Castelldefels, con el objetivo general de reducir la problemática derivada de la llamada “brecha digital”. En el año 2006 se inició un proyecto en Nicaragua para mejorar las comunicaciones y el acceso a la información en la región del Atlántico Sur. En este documento se detallan las tareas realizadas durante la ejecución de la Fase VI del Sistema de implantación de la Telemedicina en el Atlántico Sur, en adelante STAS.

Este proyecto tiene como objetivo ampliar la infraestructura, y cubrir las necesidades de gestión y supervisión de red, creadas a partir de las diferentes implementaciones del Sistema de Telemedicina, que la organización ha venido desarrollando en la zona. La infraestructura de red ha crecido en los últimos años y ahora se pretende ofrecer un soporte técnico y una administración de red adecuadas para las características de las instalaciones. Además, se quiere aumentar la población conectada al sistema mediante el enlace con la comunidad de Monkey Point.

En el primer capítulo se sitúa el proyecto en su entorno geográfico, social y político, así como en el marco del sistema de Telemedicina implementado por TSF.

En el segundo capítulo, se detallan las tareas de mantenimiento, ampliación y mejora de la infraestructura existente con la finalidad de ampliar el número de beneficiarios del proyecto, así como la calidad del acceso a la información.

A continuación se realiza el estudio, diseño e implementación de las herramientas de gestión y supervisión de red, dando como resultado una mejor monitorización, gestión de las incidencias y acceso al inventario. Además, se ofrece una solución de acceso remoto, tanto a todas estas herramientas como a los equipos de la LAN, mediante la creación de una VPN. También se garantiza un respaldo de los datos almacenados raíz de todas estas configuraciones en caso de pérdida de los mismos.

En el siguiente capítulo, el cuarto de este documento, se realiza un estudio, diseño y solución de la comunicación con la comunidad de Monkey Point, la siguiente a conectar en la red de Telemedicina. Dada la dificultad de esta tarea, se realiza también una evaluación de la solución.

Con el objetivo de mejorar la interacción de los beneficiarios del proyecto con el sistema, en el capítulo cinco se hace hincapié en la importancia de la formación del personal, y se realiza un estudio del plan de capacitaciones y del procedimiento de enseñanza.

Como todo proyecto, se incluye en éste una valoración económica de la solución global, en la que se contemplan, no solamente los gastos en material, sino también el coste que supone tener dos recursos humanos desplazados en la zona.

Finalmente, se consideró necesario realizar un estudio del impacto de la solución global sobre el entorno social y económico que tendrá el proyecto, debido a las diferencias en la implementación de este tipo de proyectos en un país en vías de desarrollo, con unas características tan diferentes a las que estamos acostumbrados a trabajar.

CAPÍTULO 1. ENTORNO DEL PROYECTO

1.1 Entorno socio económico y político

1.1.1 Situación política de Nicaragua

Nicaragua es un país situado en América Central (**Fig. 1. 1**) que se autodefine como un estado independiente, libre, soberano, unitario e indivisible. También se considera como parte integrante de la gran nación Centroamericana. Suele ser asimismo considerada una República Democrática, participativa y representativa, manteniendo cuatro grandes poderes (el Ejecutivo, el Legislativo, el Judicial y el Electoral). El pueblo nicaragüense es de naturaleza multiétnica.

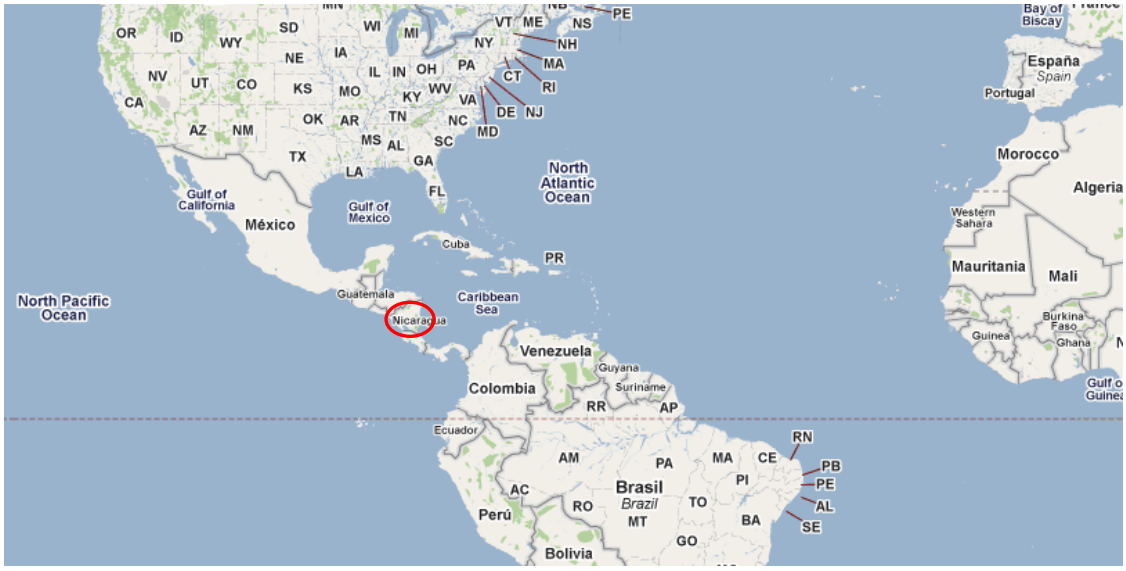


Fig. 1. 1 Mapa de Latino América

El hecho es que Nicaragua sigue siendo un país con un bajo nivel de desarrollo, marcado por la inestabilidad política de las últimas décadas, los desastres naturales, y las políticas de exportación que vivió el país en los años 80 y 90. Así pues, el 61,9% de la población nicaragüense está bajo la línea de la pobreza. Según datos de 2009, Nicaragua ocupa la posición 122 en la tabla de ordenación de los países según su producto interno bruto (PIB) a valores de paridad de poder adquisitivo (PPA) per cápita. Los datos son de un PIB de 2.664 dólares americanos anuales por habitante, según el Banco Mundial.

El país está dividido en quince departamentos y diecisiete regiones autónomas, tal y como se muestran en el mapa siguiente (Fig. 1. 2).

Fig. 1. 2 División departamental de Nicaragua

Las dos regiones con más dificultades para su desarrollo son las regiones del atlántico, la zona denominada en el país como la “Costa Caribe”. Este hecho se debe a los problemas de acceso provocados por la falta de infraestructuras. El proyecto objeto de este documento se desarrolla en la Región Autónoma del Atlántico Sur, en adelante RAAS. Para acceder a la capital de esta región, Bluefields, hay únicamente dos formas posibles. Una es el avión (o avioneta), cuyo trayecto dura 45 minutos, pero que tiene un precio fuera del alcance del grueso de la población. La otra, mucho más accesible, es por tierra, en un autobús durante un trayecto de seis horas, luego dos horas de espera en El Rama, y luego en “panga” (barco de madera a motor), durante dos horas más.

Esta región tiene una población de 382.100 habitantes, y una superficie de 27.407 km^2. Consta de 12 municipios, y para trasladarse de un municipio a otro, es necesario, normalmente, desplazarse en panga, o en algunos casos en

avioneta. Este hecho, trasladado a nuestro proyecto, dificulta mucho las tareas sanitarias en toda la región.

Como ya se ha dicho antes, la capital de la RAAS es Bluefields, y es donde se encuentra el Hospital Regional Ernesto Sequeira Blanco (en adelante HRESB). Aquí es donde se desarrollará la mayor parte de nuestro proyecto.

El suministro de energía eléctrica sigue siendo un serio problema en toda la costa atlántica, la mayoría de la red de distribución y capacidad instalada está deteriorada, los sistemas están extralimitados en su vida útil, tanto que se requiere de inversiones en los municipios para la reposición de maquinaria, equipos y nuevas tecnologías. En algunos municipios existen pequeñas plantas generadoras de energía eléctrica a base de gasolina, de uso particular o privado, propiedad principalmente de empresas y organismos no gubernamentales. Estas plantas tienen poca capacidad generadora y su uso se limita a las actividades de estas instituciones o domicilios, alrededor de tres o cuatro horas al día. En su mayoría, los barrios no disponen de servicio energético, y el alumbrado público es deficiente en unos casos e inexistente en la totalidad de los otros.

1.1.2 Situación de las telecomunicaciones en Nicaragua

La inestabilidad política de la zona ha provocado continuos cambios a nivel organizativo de las telecomunicaciones y de los proveedores de servicios.

El proceso de privatización de la empresa de telecomunicaciones en Nicaragua se inició en 1995, después de un esfuerzo importante para su modernización en la primera mitad de esa década. Sin embargo, como en algunos otros países de la región centroamericana y también latinoamericana, este proceso favoreció mucho a la empresa que adquirió esa compañía, ENITEL.

En la privatización se incluyó una cláusula de exclusividad por tres años para el monopolio privado. Asimismo, el gobierno otorgó concesión exclusiva no sólo en telefonía fija, sino también en telefonía fija de larga distancia nacional e internacional. Además, se otorgaron licencias para la operación de los servicios de telefonía móvil, así como en otros servicios de telecomunicaciones.

Así, la apertura y la privatización de las telecomunicaciones en Nicaragua si bien ha significado la ampliación de la cobertura de estos servicios, incluyendo la telefonía móvil, ello ha ocurrido más debido al avance tecnológico que a un mercado competido. Las prácticas anticompetitivas son usuales y la regulación del sector se ha visto debilitada por diversos conflictos.

Actualmente, ENITEL, compañía controlada anteriormente por el estado, es propietaria de todas las líneas fijas del país y está detrás de la marca CLARO (telefonía móvil), Turbonett (acceso a internet inalámbrico), AMNET (banda ancha y transferencia de datos). Únicamente podemos encontrar la

competencia de Movistar y en clara desventaja. Podemos decir que se trata de un monopolio virtual de telecomunicaciones.

1.1.3 HRESB y SILAIS en la RAAS

En Nicaragua, la sanidad pública se divide en diferentes SILAIS, Sistemas Locales de Atención Integral en Salud, parecidos a lo que en Catalunya denominamos CAP (Centre d'Atenció Primària). Cada región o departamento tiene su propio SILAIS, y todos ellos dependen directamente del Ministerio de Sanidad, en adelante MINSA. El HRESB es el hospital principal de la RAAS, y tiene que dar cobertura a todos los centros de salud. El centro de salud cabecera, que coordina a todos los demás, se encuentra también en Bluefields, es el Centro de Salud Juan Manuel Morales.

Cuando en un puesto de salud de algún municipio se tiene que realizar una cirugía, o un tratamiento para el que no disponen de infraestructuras ni dotaciones médicas, debe derivarse a los pacientes a Bluefields. Es por ello que las comunicaciones entre los centros de salud y el hospital son tan importantes, pues los centros de salud deben solicitar traslados, gestionarlos, etc.

Pero a ello se suma también otro factor. Los médicos que trabajan en los centros de salud son estudiantes de medicina de cuarto curso, en lo que en Nicaragua se denomina "Servicios Sociales". Como prácticas de la carrera, deben estar dos años a cargo de un puesto de salud. Pero sus conocimientos, por falta de prácticas, no son tan amplios como los que tienen los médicos internos de un hospital. Por ello necesitan estar en constante comunicación con sus médicos adjuntos, para pedirles consejo, opinión y soporte. De este modo, se pueden ahorrar traslados que, con ayuda de un doctor o doctora con más experiencia, se han resuelto en el mismo centro de salud.

El problema es que los centros de salud no siempre están en áreas bien dotadas de infraestructuras de telecomunicaciones. Por ejemplo, en el municipio de Corn Island, que es un lugar muy turístico, el centro de salud ya goza de una buena infraestructura. Pero, por el contrario, hay otras comunidades que no tienen ni acceso a Internet, ni comunicaciones móviles, ni de ningún otro tipo. De hecho, muchas no tienen ni acceso a la radiodifusión. Es en este punto donde interviene el trabajo de Telecos Sense Fronteres.

1.1.4 Aplicación de las Telecomunicaciones en la sanidad

Una de las aplicaciones más extendidas que pueden tener las telecomunicaciones en el sector de la sanidad es la telemedicina. Dos médicos con un teléfono se pueden considerar la práctica más sencilla de telemedicina

El desarrollo de las telecomunicaciones es continuo, muy rápido y puede ser especialmente práctico en medicina, donde permite grandes beneficios, ahorro de tiempo y dinero con aumento de calidad y cobertura.

La telemedicina es aplicable a todos los campos médicos, incluyendo la cirugía. Sin embargo, se suele prestar poca atención a sus aplicaciones más prácticas y sencillas, que permiten una gran reducción de costes con contundentes mejoras en eficiencia, calidad y cobertura.

En nuestro caso, al tratarse de un proyecto en una zona rural y bastante aislada de Nicaragua, el uso de la telemedicina se enfatiza más ya que con un sistema relativamente sencillo se pueden conseguir grandes avances y beneficios para la población.

1.2 Situación inicial

El proyecto objeto de este documento, como ya se ha comentado anteriormente, representa la fase VI dentro del plan de telecomunicaciones para la región RAAS. Las fases previas las desarrollaron también personal de Telecos Sense Fronteres, con la cooperación de estudiantes proyectistas de la EPSC (Escola Politècnica Superior de Castelldefels). Esta fase es la tercera en la que TSF promueve la estancia de larga duración de los estudiantes en el lugar de implementación del proyecto.

Las fases de este proyecto se enmarcan dentro del programa STAS, Sistema de Telemedicina Atlántico Sur, cuyo plan director se detalla en el próximo sub apartado de este documento. Además de exponer un estudio de la siutación actual del programa STAS, en esta fase también se ha realizado una recogida de requerimientos por parte de la dirección del hospital, con la finalidad de hacer más fructífero este proyecto.

1.2.1 Plan director

El proyecto general dentro del que se enmarca esta acción es el de la construcción de una red digital de banda ancha que comunique todos los Puestos de Salud, los Centros de Salud, el SILAIS y el Hospital Regional Ernesto Sequeira (HRES), es decir, todas las unidades asistenciales del MINSA en la RAAS (véase [5]).

Esta red tiene que soportar un sistema de comunicación telefónico basado en la voz sobre IP (VoIP), videoconferencia, transmisión de datos administrativos, transmisión de datos multimedia, y un sistema básico de telemedicina que permita intercambiar datos diagnósticos y discutir casos entre personal asistencial geográficamente disperso.

Esta red se irá construyendo a lo largo de los próximos años, con el soporte físico más adecuado en cada caso (radio enlaces, cable, redes privadas virtuales sobre Internet, enlace satelital, etc.).

El objetivo general del denominado Sistema de Telemedicina en el Atlántico Sur consiste en mejorar el sistema de atención sanitaria de la RAAS, logrando una atención médica de calidad para la mayor parte de la población, mediante la implementación de una red de comunicaciones robusta de datos y voz entre los Centros y Puestos de Salud, el HRESB y el SILAIS.

Entendiendo la tecnología como una herramienta de soporte en el objetivo general, se pretende alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- Dar soporte y consejo médico a los jóvenes profesionales de la sanidad en las zonas rurales mediante la Telemedicina. De este modo se puede aumentar su autoestima y lograr su continuidad en las comunidades.
- Reforzar y dar soporte a las tareas de planificación y coordinación de las campañas de vacunación, vigilancia epidemiológica, etc., mediante la implantación de un software especializado.
- Proveer a las comunidades de un sistema de comunicación en caso de emergencia.
- Mejorar la salud de los habitantes de las comunidades rurales.
- Incrementar el nivel de vida en las zonas rurales evitando así el éxodo de los jóvenes a las grandes ciudades.
- Fomentar la educación y el acceso a la cultura así como a las nuevas tecnologías.

Todas estas mejoras permiten cumplir con 3 de los 8 Objetivos de Desarrollo del Milenio:

- Reducir la mortalidad infantil
- Mejorar la salud materna
- Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades.

1.2.2 Estado actual del sistema

Actualmente, tal y como ya se ha comentado con anterioridad, se está ejecutando la fase VI del programa de implantación de la Telemedicina en la RAAS. De las cinco fases anteriores, solamente dos de ellas contaron con la larga duración de estudiantes de la UPC para el desarrollo del proyecto (véase [2] y [7]). La situación existente previa a la fase actual, se detalla a continuación.

Radioenlaces con las comunidades rurales

Se ha establecido el enlace con la comunidad de San Francisco de La Aurora, localmente denominado San Pancho. Este enlace presentó varios problemas, y en la fase anterior se tuvo que reconstruir.

Se han realizado estudios de viabilidad de interconexión de los centros de Monkey Point y de Punta Gorda, pero la dificultad de implementación de los enlaces ha ralentizado su construcción, pues la viabilidad de las comunicaciones no es directa.

Infraestructura de comunicaciones del HRESB

En la fase III del proyecto, se desarrolló la planificación e implementación del cableado estructurado del hospital, dejando instalados 42 puntos de conexión, 23 ordenadores de sobre mesa y 12 teléfonos de VoIP.

Servidor

En las fases previas, se configuró el servidor del HRESB con:
- un servidor de correo
- un servidor de dominio
- un servidor de DHCP
- un servidor de ficheros sobre Samba
- un servidor de telefonía IP sobre Asterisk
- un sistema de back up de datos

1.2.3 Recogida de requerimientos

Vistos los resultados que nos hemos encontrado al llegar a Bluefields, creímos que lo más importante era recoger los requerimientos particulares que tenía el hospital, pues acaba por no ser fructífero que TSF despliegue una red, que luego por falta de conocimientos, por falta de recursos, o bien por falta de práctica, queda inutilizada por el personal sanitario.

La problemática que se suele tener con el tipo de usuario con el que nos encontramos nosotros es la dificultad de adaptación a nuevas tecnologías. La mayor parte del personal al que va destinado este sistema es personal sanitario, con poca habituación al uso de computadores, y mucho menos a software recién implementado.

En anteriores fases de este proyecto, se decidió instalar Ubuntu como sistema operativo. Esta decisión se tomó por varias razones. La primera, es que es software de distribución libre, lo que significa que la ONG no tiene que preocuparse del pago de licencias, etc. El segundo motivo es el incesante problema de virus informáticos que se puede llegar a tener con Windows, especialmente si no se mantienen correctamente los sistemas. Éste era un problema muy habitual en los equipos del HRESB. Y como no se actualizaban correctamente los antivirus, ni se realizaban revisiones periódicas, el problema iba “in crescendo”.

Entonces llegamos a la problemática de implementar un sistema al que los usuarios no están habituados. No les parece bien, cada vez que tienen un

problema, le echan la culpa al nuevo sistema operativo. Cuando nosotros llegamos a Bluefields, nos encontramos con que muchos ordenadores que funcionaban correctamente, no se utilizaban por falta de práctica con Linux. Esto desmerece bastante el trabajo realizado por los cooperantes, por lo que enseguida fue un objetivo escuchar bien las necesidades de los usuarios, para poder darle una mayor utilidad al sistema.

El primer paso es hacer hincapié en la formación del personal técnico y sanitario. Como ONG, volver a instalar Windows, además de ser un problema por lo que se refiere a la infección de los equipos, supone un problema de licencias en el que no debemos entrar. Así pues, habrá que hacer que Linux sea más agradable a ojos de los usuarios. Esta tarea ya la empezaron los cooperantes anteriores, instalando un complemento que permite montar Microsoft Office sobre Linux. Ahora habrá que enseñarles a utilizar Linux en el nivel más básico, puesto que el uso de estos equipos se limita a herramientas de oficina (Word, Excel y PowerPoint), y consultas en Internet.

Otro punto de discordia es la implementación del software de gestión hospitalaria. Se instaló el año pasado por parte de TSF, pero nadie lo utiliza. Esto se debe a que, además de ser un sistema nuevo, para ellos bastante complejo, implica también convertir en formato digital los miles de expedientes que tienen sobre papel almacenados en la sala de estadísticas. Nadie quiere llevar a cabo la ardua tarea de pasar uno a uno todos esos expedientes.

Por lo que se refiere a la interacción con los usuarios, queda otro punto pendiente, y son las peticiones que nos llegan constantemente de PC's y puntos de conexión a Internet por parte de los usuarios. Este tema deberemos tratarlo con detenimiento con la dirección del hospital, pero en todo caso estará en nuestra mano la instalación y configuración, tanto de equipos como de puntos de conexión.

Finalmente, la dirección del hospital da mucha importancia a la interconexión con las comunidades rurales de la región. El objetivo final de estas comunicaciones es el centro de salud de Punta Gorda, pero es un punto totalmente aislado, de difícil acceso mediante radioenlaces, que requerirá de varios puntos intermedios. Se acordó con la dirección, por tanto, crear en esta fase un radioenlace con Monkey Point, una comunidad con mejor visibilidad sobre el núcleo de la infraestructura que, en estudios futuros, podría acabar sirviendo de puente para la conexión con Punta Gorda.

En vista de la situación planteada, nos parece latente la necesidad de hacer un seguimiento y mantenimiento de la red, tanto en remoto, por parte de TSF desde Barcelona, como de soporte al mantenimiento en local. Pues no tiene sentido que cada vez que se desarrolle una campaña en Nicaragua, se eche a perder la mitad del trabajo por falta de mantenimiento. Esto nos plantea la necesidad, junto con la dirección del hospital, de implementar un software de gestión de redes, tanto a nivel de monitorización como a nivel de gestión de incidencias.

1.3 Objetivos

Después de la recogida de requerimientos, se han definido los objetivos para la fase VI del proyecto de TSF en la RAAS. Algo que ha quedado reflejado con los objetivos definidos y con los proyectos realizados hasta ahora, es que la labor de TSF en el hospital ya no solo se centra en el sistema de telemedicina propiamente dicho. Se han encontrado necesidades importantes a nivel de la intranet del hospital, de la red telefónica y del servicio de internet. Además de encontrar de suma importancia implantar un sistema de monitorización y un sistema de gestión de incidencias. Por estos motivos, los objetivos definidos en una primera toma de contacto son:

Resolución incidencias pendientes en el sistema

Al llegar al hospital nos encontramos con varios problemas que se han ido produciendo con el paso del tiempo desde que se fueron los últimos cooperantes. La tarea inicial será resolver estas incidencias y volver a tener todos los servicios funcionando correctamente

Ampliación, mantenimiento y mejora de la red existente

Una vez normalizada la situación, se decidirán, según las prioridades, que puestos de trabajo se deberían instalar. Se valorará la necesidad de ampliar los puntos de red y la reubicación de algunas líneas telefónicas.

Monitorización de la red

Para conocer en todo momento el estado del funcionamiento, tanto de los equipos del hospital como de las antenas instaladas, se cree de vital importancia tener visión continua de la red. Se montará un sistema para la monitorización de los equipos.

Herramienta de gestión de incidencias

Al igual que el sistema de monitorización, la herramienta de gestión de incidencias también se considera un punto clave para poder dejar constancia de todos los problemas e incidencias que se van dando. De esta manera se podrá disponer de un historial de los cambios o modificaciones que se van realizando cuando no hay nadie de TSF “in situ”. Además, de disponer así, de una base de datos con las incidencias y sus respectivas resoluciones.

Implementación del radio enlace HRESB – Monkey Point

Siguiendo con el proyecto de telemedicina de años anteriores, el siguiente punto a conectar con el hospital sería el centro de salud de Monkey Point. Una comunidad aislada a la que solo se puede acceder en panga a través del Mar o del río, en un trayecto de varias horas. Se deberá realizar una prospección inicial de la zona para determinar la viabilidad del radioenlace. Una vez reconocido el terreno se podrá comenzar con el montaje y configuración del radioenlace.

Formación y concienciación del personal técnico y sanitario

Formar al personal para capacitarlo en la utilización de las nuevas herramientas, es igual de importante que la concienciación de éste para hacerle ver de la necesidad de un trabajo cooperativo y de colaboración. Sin unas personas que nos provean de ojos y manos en el hospital cuando finalicemos el proyecto, mucho del trabajo realizado habrá sido en balde. Por lo tanto, se realizarán varias jornadas de formación meses antes de finalizar el proyecto, para así saber de primera mano la aceptación que tendrán las medidas implantadas.

CAPÍTULO 2. MANTENIMIENTO DE LA RED Y MEJORAS

A pesar de no ser uno de los objetivos principales de esta campaña de TSF en la RAAS, el mantenimiento de la red era básico para poder proseguir con el proyecto. Por eso, nuestras primeras tareas en el hospital fueron de resolución de incidencias y mantenimiento de la infraestructura.

2.1 Resolución de incidencias

Antes de empezar a trabajar en los objetivos nuevos de esta fase del proyecto de Telemedicina, nos encontramos con que cualquier avance no tendría sentido si no resolvíamos primero los problemas encontrados al llegar. Es por eso que las primeras tareas realizadas sobre el proyecto fueron de resolución de las incidencias encontradas, que se detallan a continuación.

Problemas de conexión a Internet en el HRESB

El primer problema que nos encontramos al llegar fue el de la conexión a Internet. Por lo que nos explicaron en un inicio, parecía que el router asignaba IP aleatoriamente, y eso provocaba que los equipos tuvieran conexión de forma irregular. Siendo un problema puntual, aleatorio, que a veces afectaba a unos equipos y a veces a otros, pudimos llegar a la conclusión de que era un problema en la asignación de IP's.

El servidor que se dejó montado en fases anteriores, tenía un servidor DHCP, pero el que asignaba IP's era el router, también por DHCP. Además, se habían configurado, inicialmente, IP's fijas a los equipos, pero se habían ido cambiando a dinámicas. Así pues, teníamos dos servidores DHCP funcionando simultáneamente, equipos con IP fija y otros con IP dinámica, y problemas aleatorios de conexión. Lo primero que teníamos que hacer era estudiar la situación del router y del servidor.

Al hacerlo vimos, en primer lugar, que el servidor se había quedado bloqueado. Con lo cual, todos los servicios que dependían de él no funcionaban. Esto se solucionó con reiniciarlo, pero nos dio a ver que el problema de asignación de IP venía del router. Entonces analizamos las IP que tenían los equipos, que debían ser, si la configuración era correcta, del rango de IP privadas 192.168.1.XXX. Y resultó que las IP que se nos asignaban eran IP privadas de clase A, así que dedujimos que nos las estaba asignando directamente el proveedor. Al ir a ver el router a través del cual llegaba la conexión a Internet del ISP, vimos que el cable del proveedor estaba conectado en un puerto LAN.

Cambiamos el cable para conectarlo en el puerto WAN del router, donde debe ir, pero ese puerto no funcionaba.

Se consiguió otro router y se instaló. Hubo que volver a configurarlo para que asignara IP's por DHCP dentro del rango del hospital, además de excluir algunas IP que deben ser fijas (por ejemplo la del servidor), y volver a crear las restricciones de acceso para impedir que los usuarios se conecten a páginas de redes sociales, de pornografía, de streaming, etc.

Una vez reconfigurado este router, pudimos comprobar que ya se asignaban IP's correctamente, y que todos los usuarios tenían acceso a Internet.

Restablecimiento del enlace con la comunidad de La Aurora

Después de hacer pruebas de conectividad con los equipos de La Aurora, con las antenas del radioenlace intermedio, descubrimos que el usuario del servicio de telemedicina de San Francisco tenía desconectados los equipos del sistema porque, como se alimentaban con placas solares, las utilizaban para otras tareas.

Se solicitó que volviera a conectar los equipos, y todo volvía a funcionar. Lo único que seguía dando problemas era el teléfono, que permite realizar llamadas pero no recibirlas. Se configuró otro terminal para cambiarlo, y así resolver los problemas de registro que presentaba.

La roseta de la UCI, tras la remodelación de la sección de urgencias, había desaparecido.

Fuimos con Moisés, técnico de mantenimiento del hospital, a buscar el cable que se había perdido en el falso techo. Cuando lo encontramos, lo bajamos hasta el puesto de enfermería de la UCI, y montamos la roseta.

Problemas con la conexión en el consorcio, normalmente desde por la tarde hasta la mañana del día siguiente.

El consorcio es un edificio colindante al hospital, pero la separación con el rack era de más de 90 metros, y cuando se instaló se colocó un switch intermedio para salvar las distancias. Como los cortes se producían casi siempre dentro del mismo horario, lo más lógico era pensar que alguien apagaba el switch que hacía la interconexión de la red del hospital con la del consorcio.

Este switch se encontraba en el falso techo, por encima del cuarto de limpieza. Intentamos averiguar si era que alguien lo desconectaba, o bajaba el diferencial de esa área. Así que decidimos instalar el switch dentro del cuarto de limpieza, fuera del falso techo, e ir haciendo pruebas por las noches. En cuanto cambiamos de ubicación el equipo, desaparecieron los problemas.

El teléfono de telemedicina, por estar en una sala cerrada con llave, era poco operativo, pues los encargados de atenderlo no siempre tenían la llave.

Se montó una roseta en el mostrador de la sala de emergencias, y conectar allí el teléfono. Con eso hubo suficiente para volver a tener operativo el sistema de telemedicina con la comunidad de San Pancho.

2.2 Instalación de los PC's donados en la campaña anterior

Durante la campaña del 2010 de TSF, se hizo un envío de 16 pc´s para ser instalados en el hospital HRESB, pero todavía no habían sido probados y faltaba configurarlos. Desde hace un año, los pc´s estaban almacenados en la sala del rack y lo primero que se debía hacer era comprobar el funcionamiento y estado de los equipos.

A primera vista se pudo observar zonas de óxido y salitre en algunas partes metálicas de la carcasa, e incluso en algunas de las disqueteras, debido al viaje que realizaron por mar hasta llegar aquí.

En Nicaragua la red eléctrica trabaja a 115 V y por lo tanto, lo primero que teníamos que cambiar era el conmutador de la fuente para trabajar con la tensión correcta.

La mayoría de equipos eran el modelo Optiplex GX110 de la marca DELL. Exceptuando 4 torres clónicas, 2 de ellas con todos los componentes nuevos.
En una primera revisión conseguimos tener en funcionamiento 7 equipos, todos ellos de los DELL.

Se realizó una limpieza exhaustiva de todas las torres, soplándolas, desmontándolas y aplicando un limpiador de contactos para intentar recuperar algún equipo más que parecía tener afectada la placa base. De esta manera logramos tener 2 equipos más funcionando, haciendo un total de 9 equipos. Uno de los equipos tenía dañado el procesador y lo utilizamos para desguazarlo y poder utilizar las piezas por separado; placa base, fuente de alimentación, disco duro, CD…

Con esto y con los equipos que daban problemas comenzamos a reubicar componentes de unos y otros para intentar montar un equipo con algo más de prestaciones. Los equipos se enviaron con el S.O instalado. Básicamente teníamos 2 versiones de Ubuntu, la 8.04 y la 9.10.

2.3 Instalación de un nuevo servidor

Para la instalación de las herramientas de monitorización y de incidencias decidimos montar un servidor, aparte del que ya disponemos, debido a que preferimos tener aislado el servidor de asterisk de otras aplicaciones.

Aprovechamos varios equipos del envío realizado por TSF para montar un servidor que contendrá las herramientas de gestión. El equipo montado es un Pentium CoreDuo de 2 GHz, con 2 GB de RAM y 2 discos duros. Uno de 72 GB y otro de 250 GB; y le instalamos un S.O Ubuntu 10.04.

2.4 Ampliación de las funcionalidades de Asterisk

Asterisk es una herramienta Open Source que permite montar una PBX gestionada por un servidor, y que combinada con otros módulos puede proporcionar gran cantidad de funcionalidades. Desde la campaña pasada, se dotó al hospital de una red de telefonía de VoIP y actualmente se dispone de 12 terminales distribuidos en varias áreas.

Apoyados por el feedback que nos proporciona la dirección del hospital, con respecto al funcionamiento de la red de VoIP, se decide realizar dos actuaciones básicas en lo que al sistema de telefonía IP se refiere.

Por una parte, buscaríamos la forma de poder realizar llamadas desde la red de VoIP a la red de telefonía analógica. Esto se podrá realizar instalando una tarjeta de telefonía analógica para Asterisk y un módulo FXO.

Por otra parte, para mejorar el soporte, instalaríamos el módulo de Skype para Asterisk, que nos proporcionará la posibilidad de realizar llamadas directas y sin coste, a cualquier teléfono IP que demos de alta en el sistema, y que asociemos con una cuenta de skype.

2.4.1 Tarjeta OpenVox

Inicialmente, en el hospital se disponía de dos redes telefónicas. Por una parte teníamos la red de telefonía analógica, con una centralita digital PANASONIC KX-TD1232 8EXT; y por otra parte teníamos la red implementada por TSF de VoIP con Asterisk 1.4.30.

Las dos redes estaban aisladas y no se podían realizar llamadas desde un terminal de VoIP hacía un terminal de la otra red, y viceversa.

Esto provoca que en muchas ocasiones, los usuarios se tengan que levantar para ir a buscar un teléfono en concreto según a que sección tenga que llamar. Suponiendo una pérdida de tiempo y de eficiencia.

Con la tarjeta A400E del fabricante OpenVox, se busca acabar con esta limitación. A esta tarjeta se le ha añadido un módulo FXO para poder gestionar las llamadas entre las 2 redes. La instalación se realiza en el servidor de Asterisk, en una ranura PCMCIA y se instalan los controladores necesarios como se explica en el anexo VIII.

Para realizar la interconexión se tiró cableado desde la centralita hasta la sala del rack. Además, se tuvo que determinar que extensión analógica se liberaba para realizar la unión de las 2 redes; ya que todas las extensiones de la centralita estaban ocupadas.

Una vez realizada la conexión física se ha tenido que configurar el Asterisk para que pueda gestionar las llamadas entrantes de la red de telefonía analógica.

2.4.2 Módulo de Skype para Asterisk

Skype es una aplicación de gran difusión para las comunicaciones de voz, datos y video sobre Internet. Utiliza un protocolo propietario de telefonía VoIP y opera en base al modelo P2P. Digium y Skype desarrollaron una API para que se pudiera utilizar este aplicativo en Asterisk. El siguiente diagrama (**Fig. 2. 1**) muestra la arquitectura del sistema.

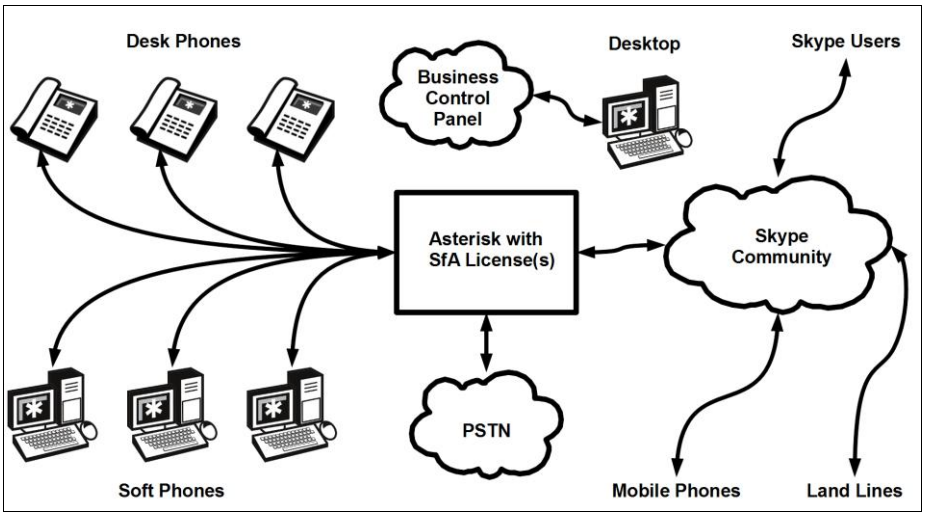


Fig. 2. 1 Arquitectura de Skype para Aterisk

No se requiere ningún tipo de hardware. Solo es necesario adquirir una licencia en la página oficial de Asterisk y descargarse un módulo específico para las nuevas funcionalidades.

Cabe destacar que esta aplicación solo se puede descargar hasta el 26 de Julio, ya que la reciente adquisición de Skype por parte de Microsoft ha provocado que el contrato con Digium no se renovara. Esta última ha acordado dar soporte a todos los usuarios que ya tengan la API. En el anexo VII, se explica con detalle el proceso de instalación.

2.5 Mejora del servicio de Internet

El hospital dispone de un ancho de banda de acceso a internet muy limitado, además de tener muchos cortes debido al tipo de acceso y al servicio que se da desde la compañía Claro.

Actualmente se dispone de un acceso a través de un radioenlace (servicio de Turbonet), a pesar de, incluso, llegar la fibra óptica hasta el mismo hospital. Por este motivo, se intenta gestionar una mejora del servicio sin un aumento del precio ya que esto es inasumible para el hospital y para TSF.

El proveedor de internet Claro, considera al hospital como una compañía privada y por lo tanto aplica la tarifa de empresa con un coste muy elevado.

Además, se añade la problemática que el MINSA (Ministerio de Salud) tiene contratados todos los servicios con esta compañía y están pendientes de pagos varias facturas de meses anteriores. Por lo que Claro considera que el HRESB y el MINSA son la misma entidad y no quiere ofrecer la mejora de servicio, a pesar de tener contratos diferenciados y en el caso del HREB llevar los pagos al día.

Además, para poder llevar un control continuo sobre el sistema y aprovechar las nuevas herramientas instaladas, se vuelve a gestionar la asignación de una IP pública reservada para el hospital.

El año pasado ya se realizó pero debido a la falta de seguimiento y por motivos que se desconocen, se volvió a perder ese servicio sin que nadie diera la voz de alarma.

CAPÍTULO 3. GESTIÓN Y MONITORIZACIÓN DE RED

El proyecto de TSF en el hospital Ernesto Sequeira Blanco se va ampliando año tras año y se van incluyendo nuevos elementos en la red. Esto provoca la necesidad de gestionar y supervisar la red y así poder disponer de un seguimiento continuo del funcionamiento global del sistema.

En este capítulo se explica el diseño e implementación de un sistema de gestión de red, basado en la monitorización, centralización de incidencias y gestión de inventario. Se tratan todos estos puntos por separado, ya que para cada uno de ellos se ha implantado una herramienta diferente.

Para la gestión y supervisión de la red del HRESB se ha diseñado un sistema que cuenta con tres herramientas: una de monitorización, una de gestión de incidencias y una de gestión de inventario.

Ambos sistemas son del tipo popularmente conocido como LAMP (Linux, Apache, MySQL y PHP). Y todas ellas tienen licencia del tipo GPL. Por ello, tal como se comenta en el apartado *2.3 Instalación de un nuevo servidor*, se creó un nuevo servidor, en el que se instalaron todos los paquetes y librerías necesarios para el funcionamiento de las tres aplicaciones.

El objetivo de instalar estas tres herramientas es centralizar las incidencias que surjan en la red, para poder reportarlas mediante la herramienta de gestión de incidencias, “ver” o detectar el problema a través de la monitorización y obtener información de los equipos implicados mediante la herramienta de gestión de inventario.

3.1 Monitorización

Un sistema de monitorización es una herramienta para poder analizar y controlar el rendimiento y el estado de diferentes parámetros de una red y de los equipos que la componen. La monitorización es de vital importancia si se quieren prevenir problemas e incrementar la calidad de servicio a los usuarios.

En el caso del HRESB, con el paso de los años, hemos visto que se producen incidencias que no se reportan y se dilatan en el tiempo, para acabar quedando en el olvido hasta la llegada de los nuevos cooperantes. De ahí la necesidad de implementar una herramienta que nos pueda dar una visión global de todo el parque de equipos de que se dispone y actuar en base al análisis en tiempo real.

3.1.1 SNMP

SNMP (Simple Network Management Protocol) es un protocolo de gestión de red, de la capa aplicación en la pila TCP/IP, que fue diseñado para intercambiar información de dispositivos de red. De esta manera, SNMP facilita la supervisión de la red y posibilita la prevención de problemas.

SNMP trabaja con UDP en la capa de transporte. Su funcionamiento se basa en tres elementos principales, el *Manager*, el *Agent* y la *MIB*, tal y como se observa en el siguiente diagrama (**Fig. 3. 1**).

El Manager, también conocido como NMS (Network Manager Station), es el sistema de administración de la red. Es el terminal donde se centralizan las diferentes tareas y la monitorización.

El Agent o Agente, es el encargado de la recolección de datos en local y la posterior transmisión hacia el NMS en formato SNMP.

La MIB (Management Information Database), es una pequeña base de datos donde se almacenan los objetos y atributos administrados, organizados jerárquicamente. A los que se puede acceder a través del protocolo de administración de red.

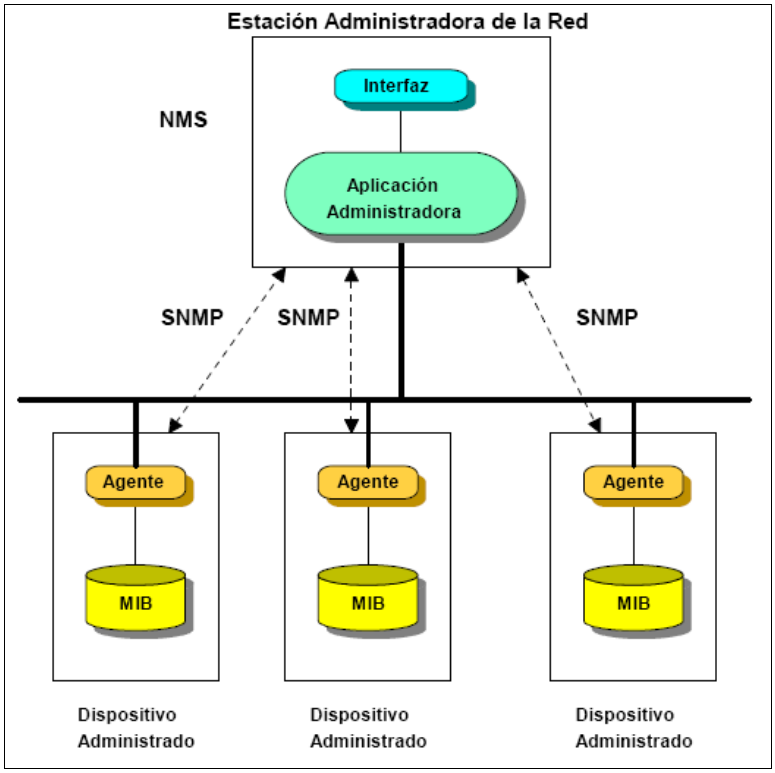


Fig. 3. 1 Estructura del protocolo SNMP

Actualmente, se pueden implementar 3 versiones del protocolo estándar: SNMPv1, SNMPv2 y SNMPv3. Aunque las 2 primeras versiones son las más utilizadas.

Básicamente, SNMP utiliza los siguientes tipos de mensajes:

Get-request
Solicitan al dispositivo información sobre una variable MIB.

Get-next-request
Permite requerir información respecto de la próxima instancia de una variable MIB.

Get-response
Mensaje generado por el agente SNMP que opera en un dispositivo, para responder a la solicitud enviada por la consola.

Set-request
Comando que cambia el valor de una variable MIB. Utilizados para realizar cambios de configuración.

Trap
Mensaje SNMP generado por el agente que opera en un dispositivo, sin necesidad de ser solicitado por la consola. Se produce cuando el agente SNMP detecta un cambio de parámetros. Se utilizan para los sistemas de alerta.

3.1.2 Herramientas de monitorización

Existen multitud de herramientas para poder realizar la gestión y monitorización de una red. Algunas de ellas son gestores que necesitan licencia y que quedarán descartadas de un inicio. Aun así, el abanico de opciones sigue siendo muy amplio. Intentaremos seleccionar las más populares para así poder tener facilidad de soporte y documentación en caso de necesidad.

En la tabla siguiente (

Tabla 3. 1), se realiza la comparativa de 4 herramientas, teniendo en cuenta que dejaremos de lado otras como por ejemplo, Zenoss, OpenNMS, Osmius, etc. Además, dentro del punto *3.1.2.2 Gestores propietarios*, se hablará de los gestores propietarios que podemos utilizar en el caso del HRESB.

Tabla 3. 1. Comparativa de herramientas de gestión de red

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	NAGIOS	CACTI	PANDORA	ZABBIX
Gráficos:	Posibilidad de generación de gráficos con los datos almacenados.	Sí	Sí	Sí	Sí
Informes SLA:	Capacidad de generar informes de servicio.	Sí	Sí	En tiempo real o programados	Sí
Estadísticas:	Generación de estadísticas.	Sí	Sí	Sí	Sí
Autodescubrimiento:	Detectar nuevos equipos en la red.	Sí	A través de plugin	Sí	Sí
SNMP:	Posibilidad de gestión de equipos con el protocolo SNMP.	A través de plugin	Sí	Sí	Sí
Syslog:	Logs del sistema.	Sí	Sí	Sí	Sí
Scripts externos:	Capacidad de ejecutar acciones ejecutando scripts	Sí	Sí	Sí	Sí
Plugins:	Extensiones que permiten obtener nuevos parámetros.	Sí	Sí	Sí	Sí
Creación de Plugins:	Dificultad en la creación de extensiones.	Media	Media	Fácil	Fácil
Alertas:	Reglas para detectar alarmas o problemas	Sí	Sí	Sí	Sí
Aplicación Web:	Posibilidades de la interficie Web	Sólo visualización	Control total	Control total	Control total
Almacenaje de Datos:	Tipo de BBDD.	MySQL	RRDtooly / MySQL	MySQL	MySQL
Licencia:	Tipo de Licencia.	GPL (General Public License)	GPL (General Public License)	GPL (General Public License)	GPL (General Public License)
Mapas:	Representación gráfica de los elementos monitorizados.	A través de scripts	A través de plugin	Automáticos	Sí
Seguridad:	Capacidad de introducir seguridad en la monitorización.	Sí	Sí	Sí	Sí

De la tabla anterior, según los parámetros analizados en cada caso, se puede concluir que la herramienta que ofrecería mejor rendimiento según el caso de estudio, es la aplicación Zabbix. En el apartado *Herramienta de gestión global: Zabbix*, se describe la arquitectura del sistema, así como sus principales características.

3.1.2.1 Herramienta de gestión global: Zabbix

En lo que respecta a la herramienta de monitorización global, nos hemos acabado de decantar por Zabbix. Como podemos ver en las especificaciones descritas en las tablas del punto anterior, Zabbix se caracteriza, en gran medida, por su flexibilidad, por su escalabilidad y facilidad en la creación de nuevos scripts e instalación de plugins.

Se trata de una herramienta Open Source, con licencia GPL (General Public License), con la que se puede realizar cualquier tipo de cambio en la configuración a través de la web. Además de proporcionar un portal de login, con un sistema de usuarios para mayor seguridad y con la posibilidad de crear un sistema de alertas por email, sms o Jabber para cada uno de los usuarios.

Zabbix tiene la ventaja de tener un entorno mucho más intuitivo que la mayoría de las otras opciones y ese es uno de los puntos importantes a valorar debido a los diferentes perfiles de personas que deberán trabajar con él.

Arquitectura del sistema. Agente y servidor

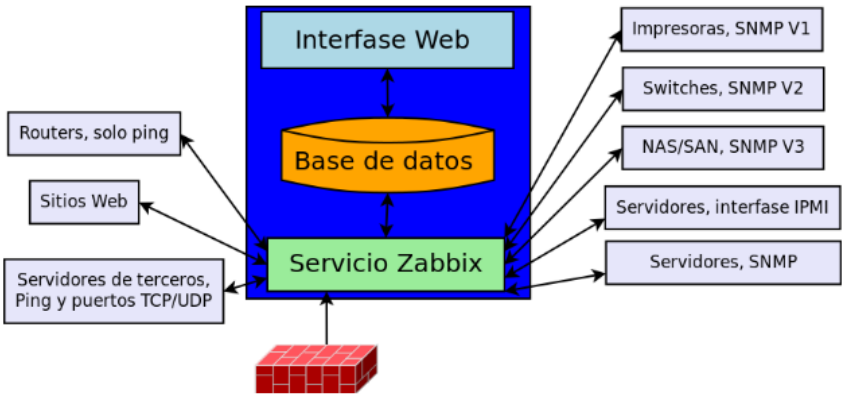


Fig. 3. 2 Arquitectura del sistema

La arquitectura más utilizada en un sistema con Zabbix es la de un servidor que ejecuta consultas sobre agentes (**Fig. 3. 2**).

El elemento central de la arquitectura del sistema es la base de datos. En nuestro caso, está basada en MySQL, y alojada en el propio servidor. El Zabbix Server, basado en C, y el front – end de Zabbix, basado en PHP, pueden residir en la misma máquina o en otro servidor. Cuando se alojan en diferentes servidores, tanto el Zabbix Server como el front – end necesitan conectarse a la base de datos y el front – end necesita conectarse al Zabbix Server para mostrar su estado. Las conexiones necesarias entre los elementos que conforman la arquitectura del sistema se pueden ver en la imagen siguiente (**Fig. 3. 3**).

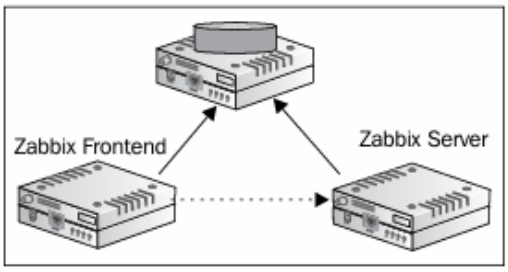


Fig. 3. 3 Conexiones entre los elementos de la arquitectura de Zabbix

En general, los dispositivos monitorizados tienen poco control sobre qué se monitoriza, ya que la mayor parte de la configuración es centralizada. Esta configuración reduce la probabilidad de tener problemas en la red provocados por el mal funcionamiento de un equipo.

Frontal web

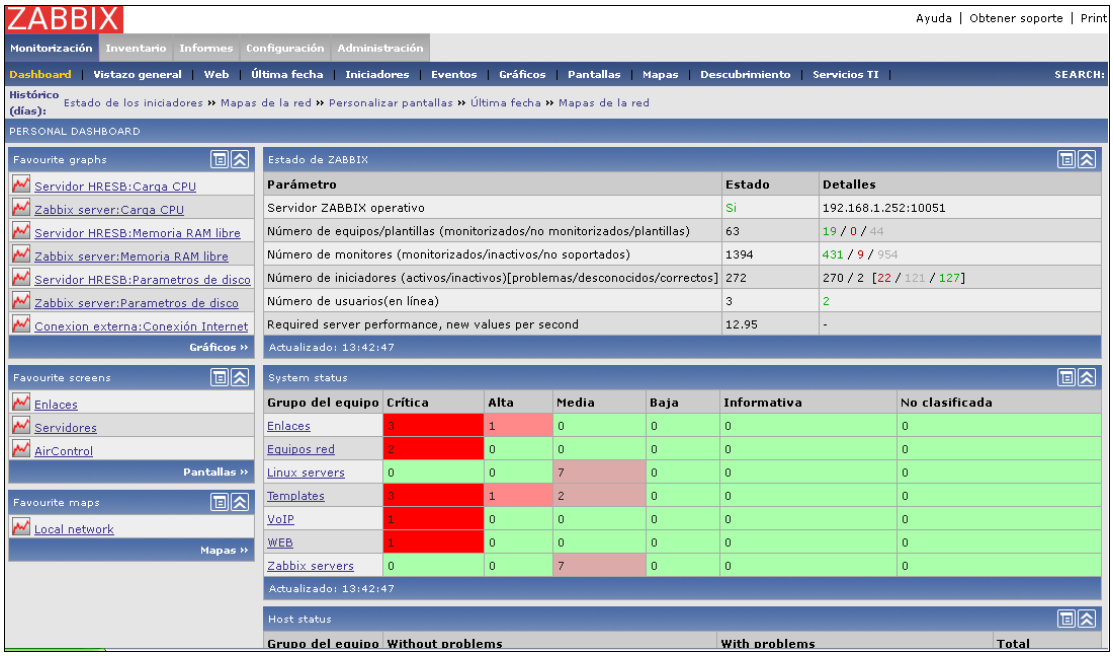


Fig. 3. 4 Dashboard de la monitorización de Zabbix

Como podemos observar en la figura anterior (**Fig. 3. 4**), el dashboard o tablero principal muestra un vistazo de primer nivel de todos los sistemas monitorizados por Zabbix, los problemas recientes y otros datos.

El front – end proporciona varias opciones de visualización de los datos, desde listados de los problemas o gráficos simples, hasta mapas de red y reportes, basándose en los datos recogidos por el backend y las alarmas que éste envía.

Elementos que intervienen en la monitorización

- **Hosts**: son los equipos a monitorizar. Se deben dar de alta, a partir de su IP, en la aplicación web de Zabbix, o bien configurar la monitorización por descubrimiento que, en caso de tener IP dinámica, listará los equipos y direcciones IP conectados en el momento.
- **Monitores**: son los parámetros que se analizan en cada equipo. Se pueden configurar específicos para un equipo o en plantillas, que luego se asocian a varios equipos, de modo que tienen el mismo tipo de monitorización. Estos parámetros devuelven los valores que interesa monitorear en la red.
- **Iniciadores**: son los valores de los indicadores a partir de los cuales se considera alarmante el parámetro que se monitoriza. En otras palabras, es el umbral a partir del cual se producirá una alarma.
- **Aplicaciones**: se define una aplicación para agrupar una serie de monitores e iniciadores que hacen referencia a un mismo tipo de

valores. Por ejemplo, se puede definir como aplicación “CPU”, y monitorizar mediante ésta todo lo relacionado con el uso de CPU.

- **Gráficos**: a partir de los monitores, se pueden definir gráficos que muestren la evolución que toma el registro de valores de este monitor. Muy útil, por ejemplo, en la monitorización del ping a un equipo, para detectar micro cortes en la conexión.
- **Plantillas**: se crean a partir de una serie de parámetros a monitorizar que se repiten en varios equipos, un patrón de monitorización. Las plantillas pueden contener monitores, iniciadores, aplicaciones y gráficos. Hay muchas plantillas que ya están definidas por defecto en Zabbix y entonces solamente se tienen que asociar al equipo. En caso de necesitar una plantilla que no se tiene en la aplicación, se puede buscar por Internet e importarla, o bien crearla desde cero.

3.1.2.2 Gestores propietarios

En el HRESB disponemos de un único gestor propietario, que se trata del que gestiona y monitoriza las antenas Ubiquiti. Su nombre es AirControl.

Aircontrol es un servidor de administración de red basado en la web. Desde esta herramienta, de una manera centralizada, se pueden hacer tareas de administración y monitorización sobre los dispositivos de la marca Ubiquiti. Tiene opciones de autodescubrimiento para detectar nuevos equipos Ubiquiti. Se pueden realizar gráficas de diferentes parámetros de los dispositivos, extraer estadísticas, además de realizar tareas como actualizaciones de firmware.

3.1.3 Diseño e implementación de la solución

La arquitectura de la gestión de la red del HRESB la podemos definir en tres puntos diferentes. Los métodos de gestión, los recursos humanos y las herramientas de sistema.

Los métodos de gestión serían los diferentes sistemas que tenemos para poder gestionar los equipos. Ya sea a través del protocolo SNMP, de algún gestor propietario o de ICMP para comprobar la conectividad, entre otros…

Los recursos humanos es el personal que se ocupa del buen funcionamiento de la red. En nuestro caso se trataría de un responsable en Bluefields al cual se le daría la formación adecuada y a nuestro equipo de soporte en Barcelona.

Las herramientas del sistema hacen referencia al software de monitorización que utiliza el personal y que se vale de los métodos de gestión.

Una vez instalada la herramienta de gestión, Zabbix, siguiendo el procedimiento descrito en el Anexo I, e instalados los agentes (Anexo II), se

debe configurar el tipo de monitorización que se quiere realizar sobre la red, y definir qué parámetros nos interesan de cada equipo, y qué valores deberán tener estos parámetros para considerar que el funcionamiento del equipo es normal.

3.1.3.1 Monitorización

En primer lugar, se han dado de alta todos los host con IP fija de la red, tal como muestra la figura siguiente (**Fig. 3. 5**).

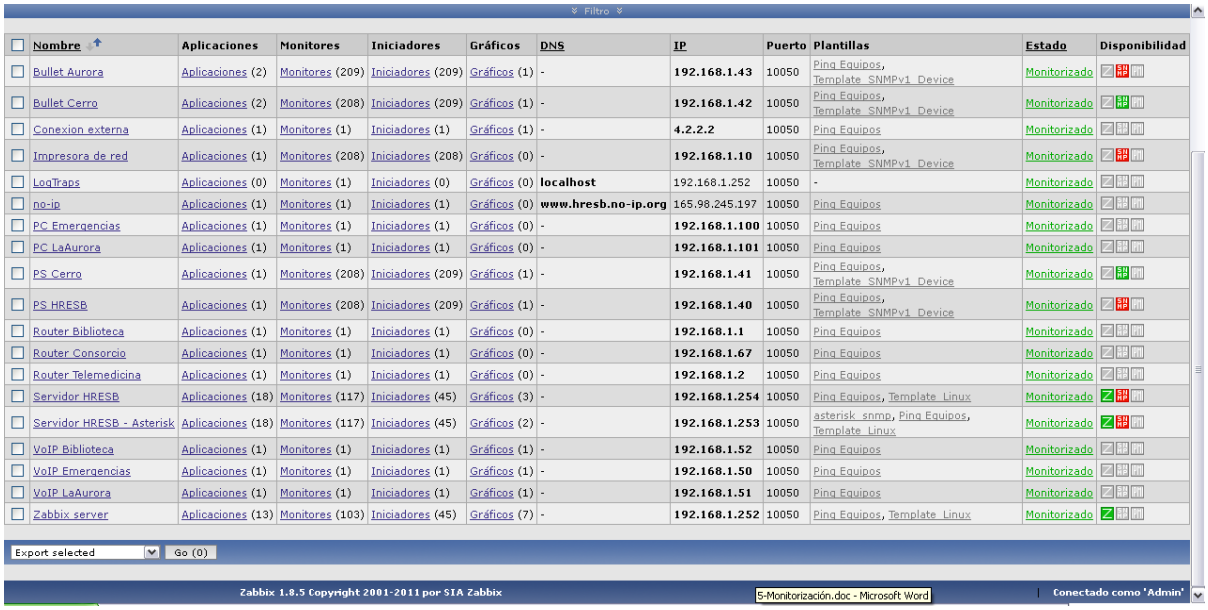


Fig. 3. 5 Configuración de los hosts de la red

Una vez dados de alta todos los equipos que se quería monitorizar, se definió el tipo de monitorización. En el caso de la red del HRESB, se han definido tres tipos de monitorización: por consultas ICMP, por servicios y por SNMP.

Para realizar las consultas ICMP, se ha creado la plantilla “Ping Equipos”. Esta plantilla lanza un ping a los equipos (monitor), y debe devolver 1 si la consulta se realiza con éxito. En caso contrario, devolverá 0, lo que hará saltar el iniciador definido en la misma plantilla. Este es un ejemplo particular de cómo configurar los monitores e iniciadores. Este tipo de monitorización se ha aplicado a los equipos de los que solamente interesaba saber la disponibilidad. Por ejemplo, los teléfonos VoIP.

La monitorización por servicios se ha aplicado a los servidores. Se ha utilizado las plantillas ya existentes en Zabbix: para monitorizar servidores Linux en el caso del Servidor HRESB, o para monitorizar servidores de Asterisk en el caso del Servidor HRESB en la interfaz 192.168.1.253.

Finalmente, para gestionar equipos mediante SNMP, se ha utilizado la plantilla ya definida en Zabbix a partir de la MIB genérica de SNMPv1. Esta plantilla se ha asociado a los dispositivos que forman los radioenlaces, los Ubiquiti. Proporciona información acerca del tipo de tráfico en cada interfaz, la cantidad de tráfico, la MTU de cada interfaz, etc. En la imagen siguiente (**Fig. 3. 6**) se pueden ver algunos de los monitores definidos en esta plantilla.

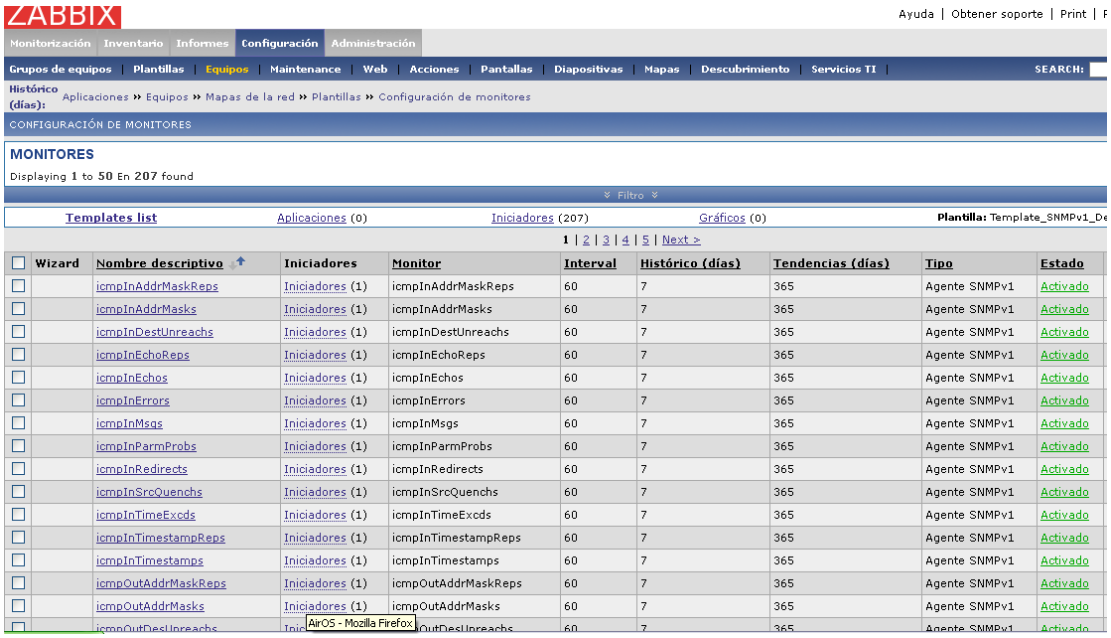


Fig. 3. 6 Plantilla SNMPv1

Falta comentar que, para la mayoría de los datos recogidos, comentados hasta ahora, se configuraron también gráficos, para poder estudiar la tendencia de las alarmas que se producen con más frecuencia. En concreto, debido a la precaria conexión proporcionada por Enitel al hospital, se creó un host llamado "Conexión externa", que se definió con una IP genérica de Internet, la 4.2.2.2. A este host se le asoció la plantilla de "Ping Equipos". El gráfico generado a partir de esta plantilla en este equipo, proporcionaría la frecuencia con la que se producen micro cortes en la red. Que cabe mencionar que es bastante elevada.

3.1.3.2 Alertas

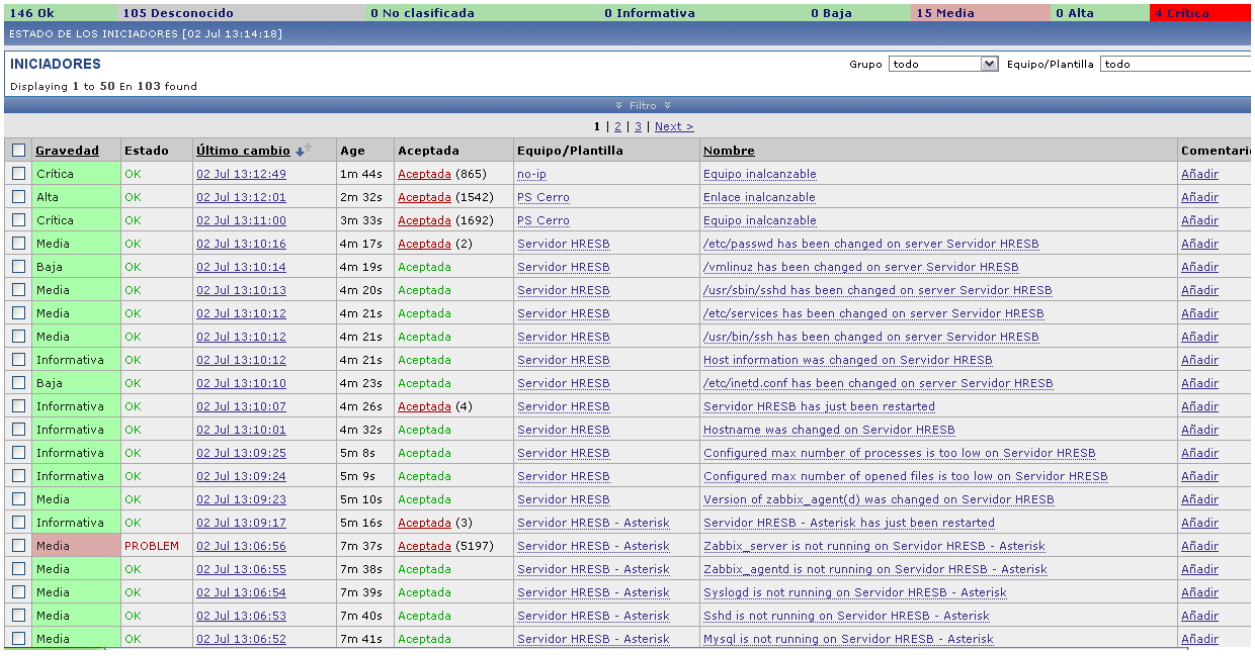
Zabbix tiene diferentes métodos de alertarnos cuando se produce una alarma. En este proyecto se han configurado dos de ellos: los iniciadores y los correos. De este modo, se puede monitorizar, mediante una pantalla sencilla, toda la alarmística que se produce en el sistema, además de recibir un correo en caso de tener alarmas críticas. Esto servirá para poder dar soporte en remoto de una forma mucho más rápida y eficaz que como se hacía hasta ahora.

Para configurar el envío de correos de Zabbix, en primer lugar, se creó una cuenta de correo. Por homogeneidad con el resto del proyecto, la cuenta debía ser gratuita y con salida a Internet (no podíamos usar las cuentas de correo interno configuradas en fases previas en el servidor). Por lo tanto, se creó una cuenta de gmail: zabbix.hresb@gmail.com.

El procedimiento seguido para la configuración del correo no fue una instalación trivial, pues Zabbix no soporta las opciones avanzadas de SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) que utiliza gmail, como autenticación o comunicación encriptada con TLS (Transport Layer Security). Para solventar estas deficiencias, Zabbix dispone de scripts externos. En este caso, la solución implementada está basada en la utilidad de línea de comandos de MSMTP, que integra capacidades avanzadas de SMTP (véase [21]).

A fin de utilizar estos complementos, Zabbix proporciona un script, que es el que utiliza MSMTP para el envío de correos. El procedimiento de instalación y configuración de MSMTP y de zext_msmtp.sh (que es el script que utiliza Zabbix), se detallan en el Anexo VI.

La configuración de las alertas, como se ha explicado ya en el apartado "**3.1.3.1 Monitorización**", se ha realizado a partir de los monitores creados inicialmente. Para configurar un iniciador, es necesario definir a qué monitor está asociado, a partir de qué valor se producirá la alarma, y qué criticidad tendrá la alarma en cuestión. Todo esto se muestra en un visor de alarmas, en el que se puede filtrar las alertas por equipo, por grupo de equipos, o mostrando toda la alarmística del sistema.



146 Ok | 105 Desconocido | 0 No clasificada | 0 Informativa | 0 Baja | 15 Media | 0 Alta | 4 Crítica

ESTADO DE LOS INICIADORES [02 Jul 13:14:18]

INICIADORES — Grupo: todo — Equipo/Plantilla: todo

Displaying 1 to 50 En 103 found

Filtro

1 | 2 | 3 | Next >

Gravedad	Estado	Último cambio	Age	Aceptada	Equipo/Plantilla	Nombre	Comentari
Crítica	OK	02 Jul 13:12:49	1m 44s	Aceptada (865)	no-ip	Equipo inalcanzable	Añadir
Alta	OK	02 Jul 13:12:01	2m 32s	Aceptada (1542)	PS Cerro	Enlace inalcanzable	Añadir
Crítica	OK	02 Jul 13:11:00	3m 33s	Aceptada (1692)	PS Cerro	Equipo inalcanzable	Añadir
Media	OK	02 Jul 13:10:16	4m 17s	Aceptada (2)	Servidor HRESB	/etc/passwd has been changed on server Servidor HRESB	Añadir
Baja	OK	02 Jul 13:10:14	4m 19s	Aceptada	Servidor HRESB	/vmlinuz has been changed on server Servidor HRESB	Añadir
Media	OK	02 Jul 13:10:13	4m 20s	Aceptada	Servidor HRESB	/usr/sbin/sshd has been changed on server Servidor HRESB	Añadir
Media	OK	02 Jul 13:10:12	4m 21s	Aceptada	Servidor HRESB	/etc/services has been changed on server Servidor HRESB	Añadir
Media	OK	02 Jul 13:10:12	4m 21s	Aceptada	Servidor HRESB	/usr/bin/ssh has been changed on server Servidor HRESB	Añadir
Informativa	OK	02 Jul 13:10:12	4m 21s	Aceptada	Servidor HRESB	Host information was changed on Servidor HRESB	Añadir
Baja	OK	02 Jul 13:10:10	4m 23s	Aceptada	Servidor HRESB	/etc/inetd.conf has been changed on server Servidor HRESB	Añadir
Informativa	OK	02 Jul 13:10:07	4m 26s	Aceptada (4)	Servidor HRESB	Servidor HRESB has just been restarted	Añadir
Informativa	OK	02 Jul 13:10:01	4m 32s	Aceptada	Servidor HRESB	Hostname was changed on Servidor HRESB	Añadir
Informativa	OK	02 Jul 13:09:25	5m 8s	Aceptada	Servidor HRESB	Configured max number of processes is too low on Servidor HRESB	Añadir
Informativa	OK	02 Jul 13:09:24	5m 9s	Aceptada	Servidor HRESB	Configured max number of opened files is too low on Servidor HRESB	Añadir
Media	OK	02 Jul 13:09:23	5m 10s	Aceptada	Servidor HRESB	Version of zabbix_agent(d) was changed on Servidor HRESB	Añadir
Informativa	OK	02 Jul 13:09:17	5m 16s	Aceptada (3)	Servidor HRESB - Asterisk	Servidor HRESB - Asterisk has just been restarted	Añadir
Media	PROBLEM	02 Jul 13:06:56	7m 37s	Aceptada (5197)	Servidor HRESB - Asterisk	Zabbix_server is not running on Servidor HRESB - Asterisk	Añadir
Media	OK	02 Jul 13:06:55	7m 38s	Aceptada	Servidor HRESB - Asterisk	Zabbix_agentd is not running on Servidor HRESB - Asterisk	Añadir
Media	OK	02 Jul 13:06:54	7m 39s	Aceptada	Servidor HRESB - Asterisk	Syslogd is not running on Servidor HRESB - Asterisk	Añadir
Media	OK	02 Jul 13:06:53	7m 40s	Aceptada	Servidor HRESB - Asterisk	Sshd is not running on Servidor HRESB - Asterisk	Añadir
Media	OK	02 Jul 13:06:52	7m 41s	Aceptada	Servidor HRESB - Asterisk	Mysql is not running on Servidor HRESB - Asterisk	Añadir

Fig. 3. 7 Visor de alarmas de Zabbix

En la imagen anterior (**Fig. 3. 7**) se puede ver un ejemplo de la alarmística del sistema. Como se puede comprobar, en el visor aparece una primera columna que indica la criticidad de la alarma. Si un elemento aparece de color verde en esta columna, sea cual sea el nombre que aparezca, significa que la alarma que representa ya se ha resuelto. En caso contrario, aparecerá de un color diferente según el tipo de criticidad. Las alarmas más graves aparecen de color rojo, con el nombre “Crítica”. A continuación hay una columna en la que se indica el estado de la alarma. “PROBLEM” indica que la alarma todavía se está produciendo. “OK” quiere decir que se acaba de resolver, pero se mantiene un tiempo en el visor para asegurarse de que se tiene constancia de la alarma.

La tercera columna indica cuándo se ha producido el último cambio. Indicará el momento en que se produjo la alarma si ésta todavía aparece como “PROBLEM”, o el momento en que se resolvió si está “OK”. El campo “Age” indica el tiempo de vida de la alarma. “Aceptada” sirve para reconocer una alarma. Los siguientes campos son el nombre del equipo y el nombre del monitor o alarma y, finalmente, hay una última columna que sirve para añadir algún comentario, si se desea compartir alguna información entre técnicos administradores de la red.

Otra posibilidad de alerta son los avisos sonoros de Zabbix. Esta herramienta es útil en sistemas que se monitorizan con un servicio permanente, por ejemplo en empresas que se dedican a la administración de redes y servicios de Help Desk. Pero en nuestro caso, como la disponibilidad para monitorizar el sistema será irregular, según la predisposición de cada uno de los técnicos de TSF, no merece la pena implementar este servicio.

3.1.3.3 Visualización de los datos

Hay varias formas de mostrar la información que Zabbix recoge de los elementos que monitoriza, que pueden resultar muy útiles para tener un control de la red y poder analizar lo sucedido en determinados periodos de tiempo, no solamente de forma puntual.

Mapas

Una de las herramientas que se utilizan para la monitorización son los mapas. Proporcionan una visión global de la red. Mediante zabbix, se pueden configurar de modo que tengan como imagen de fondo una imagen de la red, en la que se enlacen los equipos y se pueda ver, sobre el mapa, el estado de los mismos.

Los mapas se han configurado de la siguiente manera:

- **Mapa global**: es un mapa que incluye todas las subredes como elementos, de modo que si en algún equipo de la subred hay algún problema, el icono de dicha subred aparecerá con el mensaje de alerta

por alarmas. Las antenas aparecen también en este mapa, como elementos de unión entre subredes.

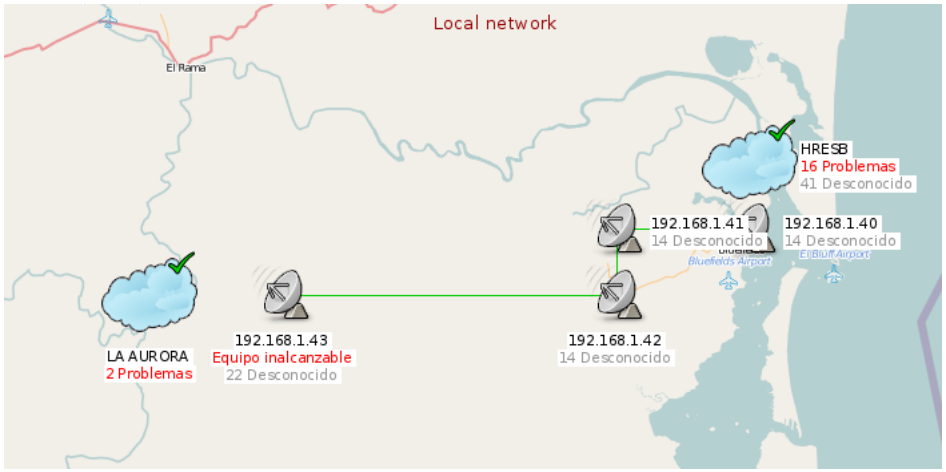


Fig. 3. 8 Mapa global de la red

La imagen anterior (**Fig. 3. 8**) muestra un mapa con todas las subredes que conforman, actualmente, la red de Telemedicina desplegada en la región.

- **Subredes**: se han creado dos subredes, linkadas en el mapa global. Una de ellas es para la red del hospital en sí, y se llama HRESB. La otra, de momento, es para La Aurora, y aparecen los equipos de esta subred (VoIP, portátil, etc.). a medida que se logren comunicar más comunidades, se añadirán como subredes en mapas independientes.

A través de los mapas, haciendo clic sobre el icono de cada equipo, se puede acceder al visor de alarmas de dicho equipo, a la url. Por ejemplo, haciendo clic sobre la PowerStation del Cerro Aberdeen, nos permite, tal como vemos en la imagen siguiente (**Fig. 3. 9**) ejecutar una serie de acciones: lanzar un ping o un traceroute, ver el estado de los iniciadores o acceder a la url del equipo.

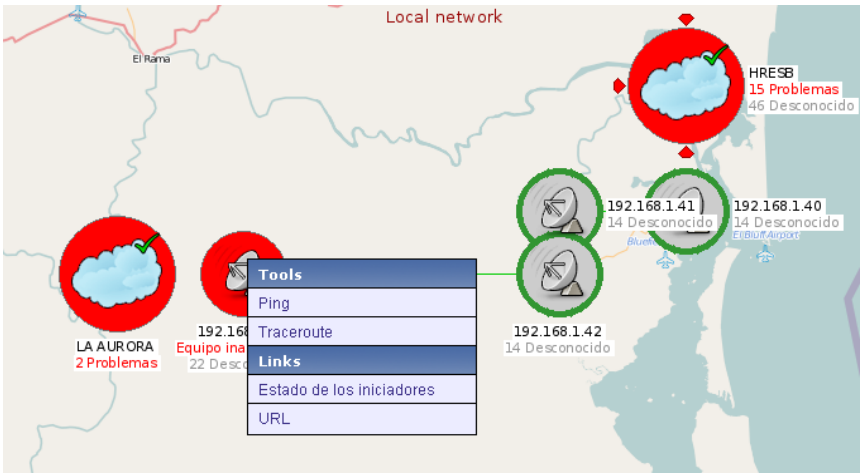


Fig. 3. 9 Acciones sobre un equipo desde el mapa de Zabbix

Gráficos

Los gráficos configurados en Zabbix pueden contener información sobre uno o más ítems, pero no sobre otros elementos de visualización de datos de Zabbix. Los hay que vienen por defecto con Zabbix, por lo que no hay que configurar ningún parámetro. Éstos analizan valores numéricos, comparando resultados. Para visualizarlos, se tiene que abrir la pestaña “Histórico”, en la que aparecerá un enlace al gráfico de cada tipo de dato.

También se pueden configurar manualmente. En este caso, no es necesario que los valores que retornen los ítems sean numéricos, también es posible configurar los gráficos a partir de cambios en el texto devuelto por una consulta. Para ello, se relacionan con los iniciadores de Zabbix, en lugar de los monitores.

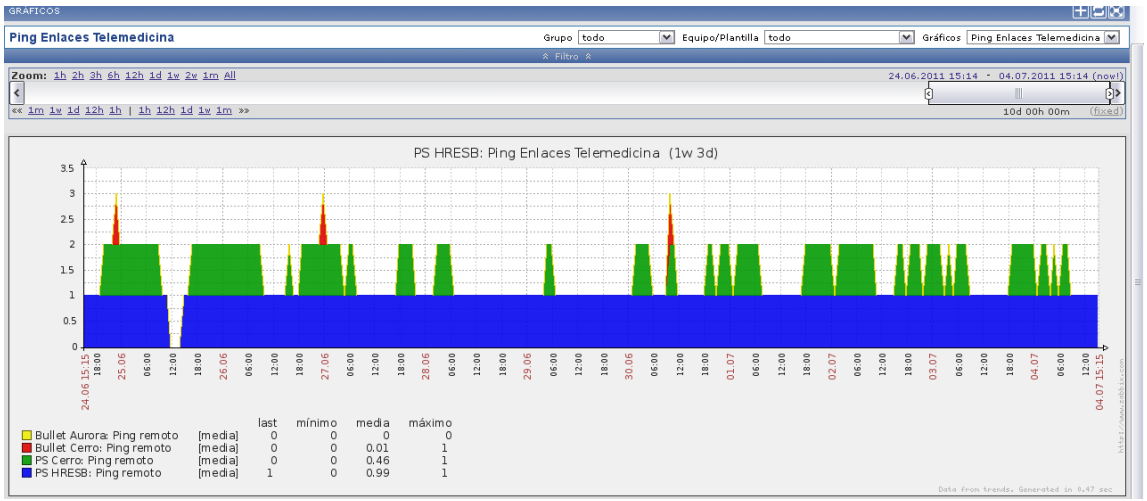


Fig. 3. 10 Ejemplo de gráfico: ping a los enlaces

La figura anterior (**Fig. 3. 10**) muestra un ejemplo de gráfico, el ping realizado a los equipos que forman los radioenlaces del sistema de Telemedicina. Este gráfico, configurado de forma manual, muestra el valor retornado por cuatro consultas realizadas por el gestor, el ping a los equipos, todos en un mismo gráfico.

3.1.3.4 Integración de gestores propietarios

Dado que los gestores propietarios de los equipos pueden proporcionar información muy útil adicional a la obtenida con Zabbix, merece el estudio de la interconexión de ambas herramientas. Zabbix permite configurar pantallas que muestren el panel principal de un gestor de nivel inferior, de modo que se pueda interactuar entre ambos.

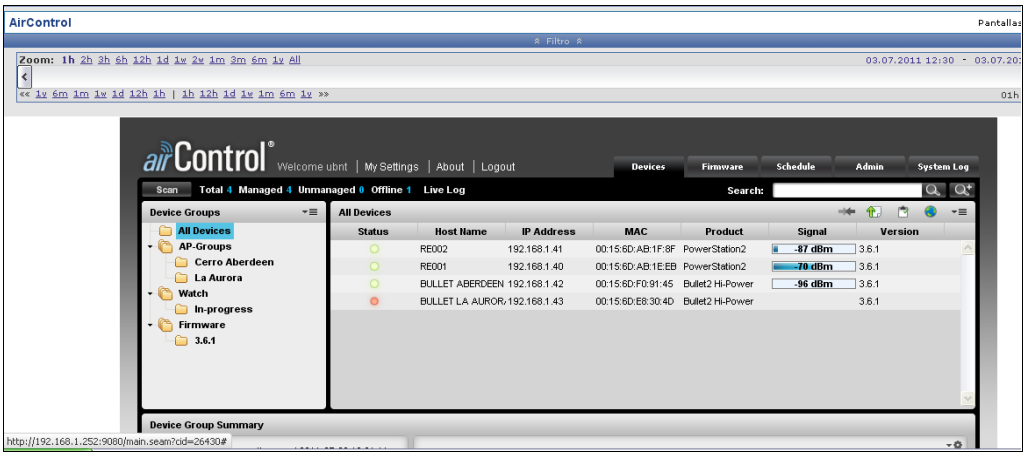


Fig. 3. 11 Gestor propietario AirControl visto dentro de Zabbix

Desde la pantalla que vemos en la imagen anterior (**Fig. 3. 11**) se puede acceder a los equipos para ver las estadísticas recogidas por el gestor relativas a niveles de señal y potencia enviada y recibida.

Para acceder a esta vista, se tiene que seguir la siguiente ruta dentro del frontal – web de Zabbix: Monitorización → Pantallas → AirControl.

3.1.3.5 Recepción de traps y configuración SNMP

La recepción de traps por parte de un agente, mejora el rendimiento de la monitorización, ya que se actúa de forma reactiva e inmediata, a diferencia de las consultas ejecutadas de forma síncrona por el gestor.

En Zabbix, la recepción de traps no está configurada por defecto en la aplicación, por lo que tuvimos que configurarlo nosotros. Además, no dispone

de ninguna herramienta para cargar automáticamente una MIB y relacionar con ella los traps que se reciben.

Como Zabbix no es capaz de relacionar los traps con los ítems que tiene configurados por defecto, éstos se reciben en el servidor y se guardan en un log. Este log se pasa al frontal web en forma de texto. A continuación, se configura el monitor y el iniciador necesarios para monitorizar ese parámetro.

Además, para configurar el resto de consultas SNMP que se hacen a los equipos (éstas sí que las “entiende” Zabbix), hubo que configurar los ítems según los parámetros de la MIB que queríamos consultar. Para ello, se crea un iniciador de tipo SNMP, con el OID de la consulta SNMP como palabra clave del iniciador. Lo que hace el servidor es una consulta tipo SNMP get de ese parámetro, y le pasa al ítem de Zabbix el valor retornado en la consulta.

A fin de poder realizar una monitorización rigurosa de los parámetros más importantes de los equipos, previo a la configuración de la aplicación se realizó un estudio detallado de las MIB de los equipos, seleccionando todos aquellos parámetros que se consideró más importante monitorizar.

3.2 Gestión de incidencias

Tras las primeras jornadas en Bluefields, y después de las semanas de preparación del proyecto desde Barcelona, se hizo latente la necesidad de centralizar las incidencias, ponerlas en común con el grupo de técnicos de la organización y con el personal técnico del hospital, tener un registro de las tareas que se realizan sobre la red.

Al llegar a Bluefields nos dimos cuenta que era muy difícil conseguir información sobre quién y cómo había cambiado un router, formateado un PC, reinstalado un software, etc.

Hay que tener en cuenta que el mantenimiento a la red de Telemedicina se da desde Barcelona, o desde Bluefields cuando resulta viable para la organización desplazar a algún voluntario allí. Pero no deja de ser una forma inestable, cambiante, de mantenimiento. Cada año los voluntarios que acuden al hospital son diferentes. El tipo de soporte en remoto depende de la disponibilidad de los cooperantes en función de su trabajo, exámenes, etc. Y en Bluefields, el técnico que trabaja para el hospital, que da soporte al proyecto, trabaja de forma independiente, de modo que el tiempo de que dispone una vez por semana también es variable.

Con todas estas premisas, nos encontramos que a la llegada aquí los problemas de Internet venían dados porque se había cambiado el router pero no se había configurado como el anterior. O que había problemas que, por falta de conocimientos de Linux, el técnico no había resuelto, aun siendo situaciones que ya se habían reproducido anteriormente.

Había que montar un sistema en el que cada técnico reportase las incidencias o tareas que resolvía, a fin de que el resto tuviésemos constancia de qué se había hecho, cuándo y, sobretodo, cómo. Para hacer un seguimiento, utilizarla de guía en futuras actuaciones, o incluso compartir documentación.

3.2.1 Herramienta de gestión de incidencias Mantis

La herramienta que se decidió instalar fue Mantis. Es una herramienta de software libre basada en web. Está escrita en el lenguaje de scripting PHP y funciona sobre las bases de datos MySQL, MS SQL y PostgreSQL, y un servidor web. Está bajo la licencia GNU General Public License.

En este apartado se explican los conceptos básicos necesarios para entender el funcionamiento y configuración de la herramienta de gestión de incidencias Mantis.

3.2.1.1 Características

Mantis es un sistema de registro y control de incidencias basado en Web.

El acceso a la aplicación (al ser una aplicación de tipo Web), se realiza mediante un navegador. No tiene ninguna restricción al tipo de navegador que debe usarse para trabajar como cliente.

Está desarrollado en PHP y requiere, para su correcto funcionamiento:

- Una base de datos (MySQL).
- Un servidor de aplicaciones Web (servidor http Apache)
- Módulo PHP Apache

3.2.1.2 Perfiles de usuario

El nivel de acceso y las capacidades de cada usuario dentro de la aplicación vienen determinados por los perfiles de Mantis. Éstos son:

- **Espectador**: Consiste en un usuario ajeno al proceso de gestión y creación de Bugs. Se asocia a un perfil de usuario exterior, que comprueba la evolución de incidencias notificadas por causas exteriores a la aplicación.
- **Informador**: Este tipo de perfil engloba al personal encargado de testear aplicaciones y buscar errores en desarrollos. Su misión es buscar problemas o sugerir cambios durante las distintas etapas de un proyecto. Se asocia al perfil de probador de aplicaciones.

- **Desarrollador**: Este perfil Mantis engloba al conjunto de programadores asociados a un proyecto.
- **Manager**: El perfil de manager, se corresponde con el responsable.
- **Administrador:** Es el perfil reservado al administrador de Mantis.

3.2.2 Diseño de la herramienta

En este apartado se detalla la estructura del sistema, para dar al lector una visión global de la herramienta. Los elementos que se describen a continuación son las partes básicas de la herramienta Mantis, que más adelante se mostrará cómo configurarlas.

En primer lugar, habrá un usuario (o más de uno), que actúe como administrador, que será quien habrá instalado la herramienta. Este usuario deberá crear distintas **cuentas de usuario**, según el personal técnico que vaya a hacer uso del sistema. A cada usuario creado, se le pueden dar distintos niveles de privilegios, según el tipo de usuario que sea. Además, las cuentas de usuario tienen asociada una dirección de correo electrónico, que servirá para informarles de las modificaciones sobre las incidencias por parte de otros usuarios, restablecimiento de la contraseña de acceso, etc.

Una vez creadas las cuentas de usuario, el administrador o administradores deberán crear **proyectos**. Estos servirán para diferenciar el ámbito de cada una de las incidencias reportadas. Son los “apartados” en que se dividen cada uno de los grupos de incidencias.
Dentro de cada proyecto, se podrán crear otro tipo de subdivisiones conocidas como **categorías**. Estas son de gran utilidad para diferenciar entre los objetivos que tienen cada una de las incidencias.

Finalmente, a grandes rasgos, tenemos el ítem de las **incidencias**. Son los reportes que se dan cada vez que un técnico detecta un problema por resolver, o cuando un usuario de la red tiene una necesidad que requiere la actuación del personal técnico. Al reportar una incidencia, se imputa la misma a un proyecto creado previamente, se le asigna una categoría, y a continuación se le puede definir una severidad, reproducibilidad, prioridad, y muchos otros parámetros. Queda en manos del administrador definir cuántos campos se requiere que tenga el reporte de una incidencia.

El objetivo al dar informe sobre una incidencia, es que sea visible para todo el grupo, de manera que se tenga un punto de vista global del problema a tratar. De este modo también queda constancia de las actuaciones que se realizan sobre los equipos, y pueden ser consultadas en un futuro para agilizar las tareas de mantenimiento.

3.2.3 Implementación

Los usuarios de esta herramienta no van a ser usuarios experimentados, ni acostumbrados siquiera a utilizar aplicaciones de este tipo. Es por eso que se elaboró un manual de usuario que se puede encontrar en el anexo XIV. En éste se detallan los pasos a seguir para implementar una configuración básica.

Para el uso de Mantis en el entorno del hospital, así como en el entorno de TSF para futuras cooperaciones, se han definido una serie de proyectos, acorde con el tipo de tareas y el tipo de incidencias que se pueden dar en la red. Para estos proyectos, se han creado "Categorías", campo indispensable de definir cuándo se reporta una incidencia. Así pues, la relación de proyectos y categorías se detalla en la tabla siguiente (**Tabla 3. 2**).

Tabla 3. 2. Relación de proyectos y categorías

Proyecto	Definición	Categorías
Zabbix	Incidencias relacionadas con la configuración de la monitorización mediante esta herramienta.	
Telemedicina	Incidencias relacionadas con fallos en los equipos de Telemedicina, desde los teléfonos IP hasta los radioenlaces	VoIP
		Enlaces
HW	Se crearán nuevas incidencias con la instalación de nuevos equipos en la red del hospital. Se deberá detallar el procedimiento a seguir para la instalación y funcionamiento de éste.	Nuevo hardware
		Cambio piezas hardware
		Reparación hardware
SW	Se crearán nuevas incidencias con la instalación de nuevos programas en la red del hospital. Se deberá detallar el procedimiento a seguir para la instalación y funcionamiento de éste.	Actualizaciones de software
		Nuevo software
Mantenimiento red	Detalle de las incidencias surgidas a nivel de Red. Problemas con el acceso a Internet, con los diferentes puntos de red, routers, switch… A este proyecto se imputarán las tareas relacionadas con el mantenimiento de equipos, configuración de los mismos, etc.	Problemas de red
		Problemas de conexión a Internet
		Mantenimiento equipos

3.2.4 Plan de gestión de las incidencias

Al definir, con la dirección del hospital, el plan de soporte al mantenimiento que se daría por parte de TSF al hospital, se decidió limitar el acceso a la herramienta de gestión de incidencias, quedando solamente en manos de la subdirección docente, la subdirección, y el técnico de sistemas del hospital. En un futuro, además, este soporte técnico contará con el apoyo de los estudiantes de sistemas de la universidad Bluefields Indian and Caribbean University, la BICU, que realizarán a modo de prácticas las tareas de mantenimiento de la red. Pero, de momento, eso es un convenio aún por concretar.

El plan a seguir se basa en:

- Un usuario detecta un problema → lo reporta a subdirección docente.
- Se decide si el problema se le traslada al técnico de sistemas, el ingeniero James U. Alaniz, o si se recurre al soporte de TSF.
- La subdirección docente reporta la incidencia en Mantis, asignándola al técnico adecuado (James / técnico de TSF).
    - Si la incidencia se asigna a Jimmy, él solamente reportará la resolución de la misma, o si lo cree conveniente, los pasos seguidos para resolverla.
    - Si la incidencia se asigna a un técnico de TSF, deberá reportar en ella todo el procedimiento seguido para la resolución y, en caso de cambiar de técnico, asignarla a otro usuario mediante Mantis.
    - Si se asignó a Jimmy pero éste cree que debe trasladarla a alguien de TSF, la reasignará a la persona correspondiente.
- Si un técnico, durante el proceso de resolución de una incidencia, ha tenido que reasignarla a otra persona, seguirá siempre el proceso de la resolución, para tenerlo como guía la próxima vez.
- Una vez el técnico resuelve una incidencia, deberá comunicarlo a la subdirección docente, para que tengan constancia de ello.

3.3 Gestión de inventario

El inventariado de un parque informático es importante mantenerlo actualizado, para tener un control exhaustivo de los cambios que se vayan realizando, tanto a nivel de software como a nivel de hardware.

Por este motivo se busca una herramienta potente, que nos pueda dar la mayor información posible acerca de los diferentes componentes de la red. Siguiendo con la filosofía del código abierto y teniendo en cuenta el escenario multi-plataforma que nos encontramos en el HRESB, optamos por instalar la herramienta OCSInventory.

Fig. 3. 12 Logo OCS Inventory

OCSInventory NG es el acrónimo de *Open Computer and Software Inventory Next Generation*. Se trata de un software libre que permite administrar el inventario informático, a través de una comunicación multi-cliente/servidor. El servidor recopila toda la información de hardware y software que le suministran los diferentes clientes instalados en los equipos que hay en la red. Toda esta información se puede consultar a través de un interfaz web.

El diálogo que se establece entre las dos partes se basa en HTTP y los datos enviados están en XML.

El servidor OCS está formado por 4 componentes, como se puede ver en el diagrama siguiente (**Fig. 3. 13**):

- **Servidor de BBDD**. Almacena la información que llega de los clientes en una BBDD MySQL.
- **Servidor de comunicación**. Se encarga de las comunicaciones HTTP cliente-servidor.
- **Consola de administración**. Permite realizar consultas del inventario generado a través del interfaz web.
- **Servidor de distribución**. Almacena la configuración de la distribución de paquetes.

Los cuatro componentes los hemos configurado en un mismo servidor ya que el número de equipos no es lo suficientemente elevado como para tener que balancear la carga. Los desarrolladores marcan el límite de un único servidor para 10.000 equipos.

En el caso de los clientes, OCSInventory tiene versiones tanto para SOs basados en Linux, como diferentes versiones de Windows.

GNU/Linux (Ubuntu, Debian, Suse, RedHat, Gentoo, Knoppix, Slackware, Mandriva, Fedora y Centos), Windows (95, 98, NT4, 2000, XP, server 2003, Vista), Mac OS X (no oficial), Sun Solaris (no oficial), IBM AIX (no oficial).

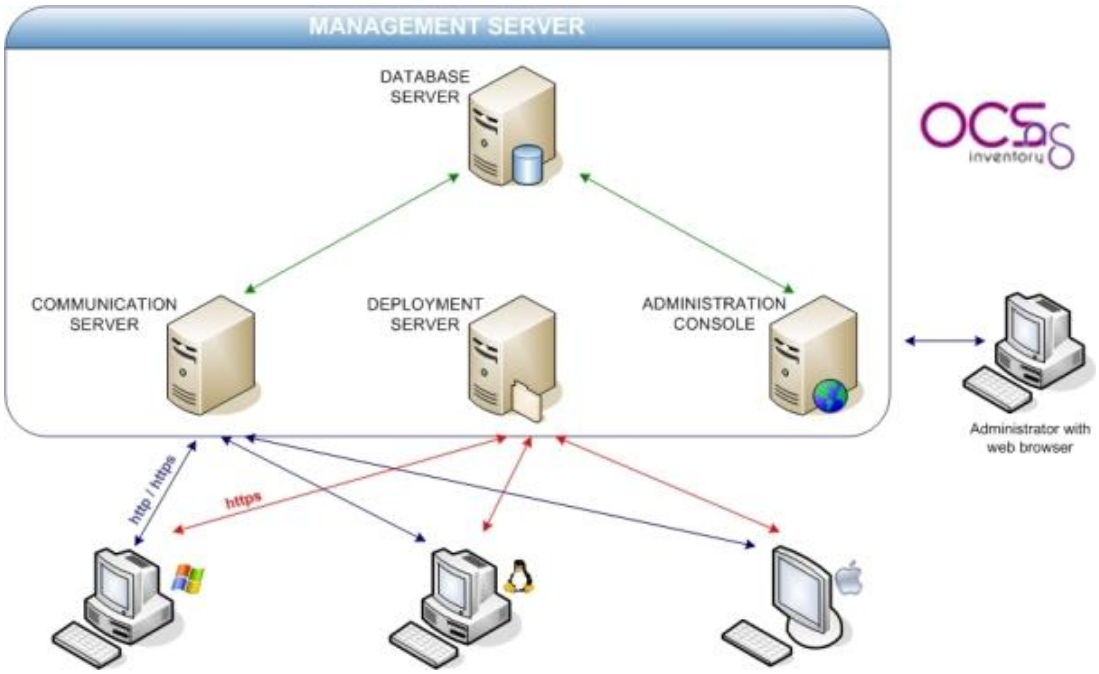


Fig. 3. 13 Esquema de la arquitectura del OCS Inventory

3.4 Acceso remoto a la red

Un aspecto fundamental para la gestión de la red era poder tener acceso remoto a las herramientas, ya que si no la implementación no tenía sentido, puesto que desde donde se realizan las tareas más importantes de gestión y supervisión de red, así como de soporte técnico y mantenimiento es desde Barcelona, por parte del equipo técnico de TSF.

Al inicio de este proyecto, el hospital no contaba ni siquiera con una IP pública, con lo que la configuración de un túnel para acceso remoto era prácticamente imposible. Tras probar sistemas provisionales, como el uso de la herramienta Teamviewer, se logró el acceso al ADSL, lo que proporcionó al hospital un IP pública, aunque dinámica.

Se decidió implementar la herramienta DynDNS. Es un portal gratuito en el que, previo registro, se configura un host al que se asocia un dominio, que apunta a la ip pública desde la que se conecta el usuario. Una vez establecido este vínculo, se debe instalar un cliente de actualización, que va renovando en el host creado la IP a la que tiene que apuntar. Así, aunque la IP varíe, conectándose al dominio alojado en dicho host, siempre se puede acceder a la red.

Por último, hubo que configurar el tráfico en el router. Se creó una simple página de inicio del hospital, con enlaces en local a los diferentes sistemas. En el router, se creó una regla para redirigir el tráfico de entrada en el puerto 80 al

servidor de gestión donde se aloja la página de inicio. Desde allí, se puede acceder en remoto a todas las aplicaciones. Además, se introdujo otra regla para redirigir el tráfico del puerto 22 (tráfico ssh), también al servidor, de modo que desde fuera de la LAN, accediendo por SSH a la url creada, se puede acceder al servidor. Finalmente, se creó otra para redirigir el tráfico del puerto 443 (Secure http) al servidor de asterisk, de modo que también se puede acceder en remoto al Care2x y a los sistemas instalados en el otro servidor. La tabla que hay a continuación (**Tabla 3. 3**) muestra todas estas reglas en el router.

Tabla 3. 3. Redireccionamiento de tráfico en función del puerto de entrada

Server Name	External Port Start	External Port End	Protocol	Internal Port Start	Internal Port End	Server IP Address	Remove
Secure Shell Server (SSH)	22	22	TCP	22	22	192.168.1.252	☐
Web Server (HTTP)	80	80	TCP	80	80	192.168.1.252	☐
Secure Web Server (HTTPS)	443	443	TCP	443	443	192.168.1.254	☐
PPTP	1723	1723	TCP	1723	1723	192.168.1.252	☐

Para complementar la conexión vía web y SSH, se configuró una VPN mediante el servicio pptpd en el Servidor de Gestión. Solamente nos servirá conociendo la IP, siempre que ésta no cambie, pero tras un periodo de observación pudimos comprobar que, pese a que las gestiones para la obtención de una IP estática no estaban terminadas, siempre teníamos la misma.

El protocolo PPTP (Point to Point Tunnel Protocol) es un protocolo de tunneling de nivel 2 que utiliza la estructura de la trama PPP para encapsular el *payload*. Esta trama PPP se encapsula dentro de un paquete IP para que pueda ser enviada sobre redes de tráfico basadas en IP (como es Internet). Entre el cliente y el servidor VPN que actúan como extremos del túnel PPTP se crea una conexión TCP para el mantenimiento del túnel.

De este modo, la arquitectura de la VPN resultante es la que se muestra en el siguiente diagrama de red (**Fig. 3. 14**):

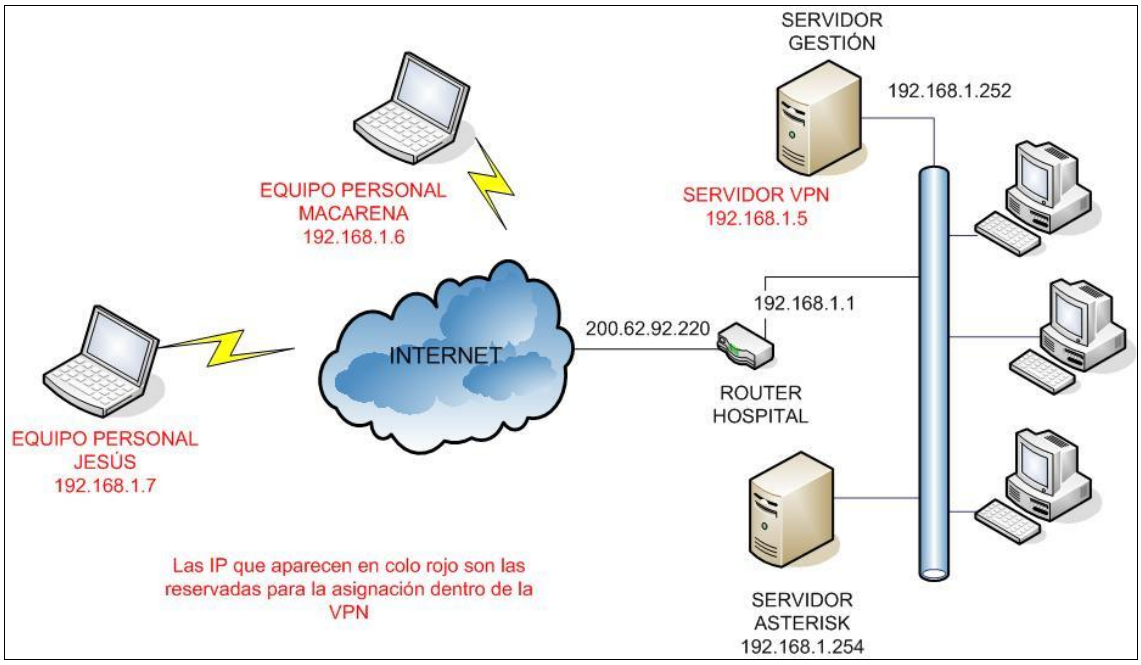


Fig. 3. 14 Diagrama de red de la VPN

La IP de la interfaz pptp del servidor se ha configurado como la 192.168.1.5. Para los clientes se han reservado las direcciones 192.168.1.6 – 9. Estas asignaciones se realizan en el fichero pptpd.conf alojado en el servidor. En los PC remotos, la IP que aparece en color rojo es la asignada dentro de la VPN en el momento de establecer el túnel, pero cabe mencionar que, además, tendrán la IP asignada por su proveedor.

En nuestro caso se configuraron los clientes VPN de Windows XP, siguiendo el procedimiento descrito en el Anexo XII, donde se detalla también la instalación del servidor.

3.5 Configuración de backups de las bases de datos

A fin de tener un respaldo de los datos almacenados en las bases de datos del servidor de gestión, se instaló la aplicación backup – manager (véase [34]). Para ejecutar los backups, se configuró esta herramienta para que guardase en el disco secundario instalado en el servidor una copia de todas las bases de datos (zabbix, mantis y ocsinventory).

- Especificamos dónde guardar los backups en /etc/backup-manager.conf:

  export BM_REPOSITORY_ROOT="/media/Datos/backups/"

- Le indicamos que haga copias de seguridad sobre las bases de datos de mysql:

  export BM_TARBALL_DIRECTORIES="/var/lib/mysql"

- Esto se realiza una vez por semana mediante el servicio crontab:

  00 6 * * 0 root backup-manager -c /etc/backup-manager.conf

Además, se configuró el servicio logrotate (véase [35]) para llevar un control sobre el tamaño de las copias de seguridad que se van realizando, de modo que cada cuatro semanas, la copia que se ejecuta se sobrescribe en la más antigua, y así sucesivamente.

- Se creó el siguiente archivo para rotar las copias de seguridad en /etc/logrotate.d/backups-gestion:

```
/media/Datos/backups/*.tar.gz {
        weekly
        missingok
        rotate 4
}
```

- Esto también se controla mediante crontab:

  00 7 * * 0 root /usr/sbin/logrotate /etc/logrotate.conf

A parte de las copias de seguridad, se creó una imagen de cada servidor a través de la herramienta Clonezilla para restaurarlas en caso de catástrofe en alguno de los equipos.

CAPÍTULO 4. RADIOENLACE HRESB – MONKEY POINT

Monkey Point es una comunidad rural de la RAAS, dependiente del municipio de Bluefields. Está situada a 47 kilómetros al sur de Bluefields, siguiendo la línea de la costa. Es una comunidad cien por cien criolla (creol), de habla inglesa y con costumbres muy arraigadas. Se rigen principalmente por las leyes aplicadas por el gobierno comunal, pues poco tienen que ver con el resto del país, debido al aislamiento en el que viven (véase [29]).

Fig. 4. 1 Vista aérea de Monkey Point

La fotografía anterior (**Fig. 4. 1**) muestra una vista aérea de Monkey Point. El acceso es únicamente por mar. Desde Bluefields, se debe coger una “panga” hasta la comunidad. Esto implica que en días de oleaje o mala mar, no se puede entrar ni salir de ella.

Por su ubicación, desde tiempos históricos ha sido un territorio que se ha visto implicado en conflictos externos a la comunidad, pues antiguamente era un lugar estratégico para los piratas, como hoy en día lo es para los narcotraficantes que proceden de Colombia para llegar hasta México o Estados Unidos. Es por ello que cuentan con un puesto militar, desde donde se realizan actuaciones en contra del narcotráfico, aunque eso no beneficie a la comunidad. Su organización se basa en asambleas comunales, donde de forma semanal, se discuten temas de interés y se ponen de acuerdo sobre los aspectos debatidos. Además, tienen un gobierno comunal que modera las asambleas, y toma decisiones en caso de desacuerdo.

Por lo que se refiere a las telecomunicaciones, que es lo que se estudia en este proyecto, son totalmente inexistentes. No hay cobertura de telefonía de ningún tipo en decenas de kilómetros a la redonda, ni tampoco de telefonía convencional.

La única posible vía de mejora de la situación, hoy por hoy, es el proyecto que tiene Claro, la empresa nacional de telefonía móvil, de construir una torre de comunicaciones para dar cobertura a la región. Pero el proyecto está supuestamente firmado desde hace cinco años, y todavía no se ha empezado a desarrollar.

Este hecho eleva la importancia de la implantación del sistema de telemedicina en la comunidad, pues se podrá resolver, como mínimo, el déficit sanitario que provoca la falta de comunicación con el hospital, la gestión de traslado de pacientes, etc. Especialmente si tenemos en cuenta que en el puesto de salud de la comunidad no hay ni siquiera ningún médico, sino una enfermera que da asistencia sanitaria a toda la comunidad.

4.1 Estudio de tecnologías

Cuando se planifica interconectar dos puntos, es decir, establecer un enlace punto a punto, lo primero que se debe evaluar es el medio a través del cual se van a conectar. El aislamiento en que se encuentra la comunidad de Monkey Point y la dificultad de acceso hacen que la única forma viable de establecer un sistema de telecomunicaciones con la ciudad de Bluefields sea mediante un radio enlace.

La tecnología a utilizar debe cumplir unos requerimientos básicos: alcance de al menos 50 kilómetros, transmisión de un ancho de banda de 2 Mbps como mínimo, robustez en la calidad de señal y capacidad de trabajar en bandas de frecuencia sin licencia. Por las características del proyecto, se debe tener en cuenta que la tecnología que se utilice sea capaz de trabajar en bandas de frecuencia libres de licencia, es decir 2,4GHz o 5GHz, con la finalidad de reducir costes.

Para ofrecer esta solución se valoraron dos tecnologías diferentes: Wimax, que trabaja en la banda de 5,4GHz, y WiFi, que puede trabajar tanto en la de 2,4GHz como en la de 5,4GHz. Pese a que Wimax ofrecía mejores características en cuanto a alcance y robustez, el precio de los equipos encarecía desmesuradamente el proyecto, por lo que finalmente se optó por WiFi. En el apartado **4.1.1Tecnología WiFi**, se estudian los diferentes estándares regulados y certificados por WiFi.

4.1.1 Tecnología WiFi

WiFi es un conjunto de estándares para redes inalámbricas basado en las especificaciones IEEE 802.11. El estándar 802.11 define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura OSI (capas física y de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en un entorno WLAN. En general,

los protocolos del estándar 802.11x definen la tecnología de redes de área local.

Los estándares 802.11 b y g utilizan la banda de frecuencia de 2,4 GHz, mientras que 802.11a utiliza la de 5,4GHz. El estándar 802.11n puede trabajar en ambas bandas de frecuencia. Como se mencionará más adelante, en este proyecto interesa transmitir a frecuencias bajas, para evitar las pérdidas por absorción provocadas por la lluvia. Entonces, se descarta el uso de 802.11a. A continuación, la **Tabla 4. 1** muestra las características principales del nivel físico de los estándares de 802.11 que trabajan a 2,4GHz.

Tabla 4. 1 Comparación de las tecnologías WiFi a 2,4 GHz

	802.11 b	802.11 g	802.11 n
Nivel PHY	DSSS / CKK	OFDM DSSS / CKK	SDM / OFDM
Velocidad tx	5.5 - 11 Mbps	1 - 54 Mbps	6 - 600 Mbps
Banda de frecuencia	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz y 5 GHz
Ancho de canal	25 MHz	25 MHz	20 y 40 MHz

Dado que 802.11 n es compatible con los otros dos estándares, que el ancho del canal es configurable y que en base a eso podemos aumentar o disminuir la tasa de transmisión, se ha seleccionado esta tecnología para implementar la solución para el enlace.

Después de varios años de discusión, el estándar 802.11 n fue aprobado en septiembre de 2009. En este estándar se añaden mejoras significativas respecto de los anteriores, como el ancho de canales de 40 MHz, la tecnología MIMO y otras mejoras a nivel físico y MAC.

Mediante el uso de MIMO y de canales de 40 MHz se consigue una mejora significativa de las tasas de transmisión obtenidas en los anteriores estándares. MIMO implementa un sistema compuesto de un transmisor y un receptor que utilizan simultáneamente múltiples antenas para la transmisión. Este método aprovecha la propagación multicamino para aumentar la tasa de transmisión. Esto, además, implica una mejora inherente de la robustez del sistema.

Para lograr el ancho de canales de 40 MHz, se utilizan dos bandas adyacentes de 20 MHz para transmitir datos de forma simultánea, logrando doblar la velocidad de la capa física

4.1.2 Propagación de la señal

Todo sistema de telecomunicación debe diseñarse para que en el receptor se obtenga una relación señal a ruido mínima que garantice su funcionamiento. Los servicios de radiocomunicaciones, radiodifusión, radiolocalización, etc., tienen en común el empleo de ondas electromagnéticas radiadas como soporte de la transmisión de información entre el transmisor y el receptor.

Para la correcta planificación de cualquiera de estos sistemas, resulta esencial conocer los factores que pueden alterar la propagación electromagnética, su magnitud y su influencia en las distintas bandas de frecuencia. En este apartado se estudian los factores más influyentes en el cálculo de este radio enlace, teniendo en cuenta la zona geográfica en la que se va a implementar.

Zona de Fresnel

Las ondas electromagnéticas se propagan a través del espacio libre no solamente en línea recta, sino que se extienden en dos planos perpendiculares entre sí, el eléctrico y el magnético. Este par se expande con la distancia, produciendo un haz que posibilita la recepción de la señal. No es suficiente con la visión directa entre el emisor y el receptor para que se pueda producir el enlace.

La zona de Fresnel es el área alrededor de la línea de visibilidad, en la que se extienden las ondas electromagnéticas al ser emitidas por la antena. Es un área de consideración para transmisiones en la banda de 2,4 GHz, que es la banda de transmisión de WiFi, pues a esta frecuencia el agua absorbe gran parte de la energía de las ondas electromagnéticas, y por esa razón los obstáculos pueden influir mucho en la recepción de la señal.

Para poder realizar una conexión garantizada en radiofrecuencia, se debe tener visibilidad de más del 60% en el punto intermedio de la primera zona de Fresnel. Es decir, la obstrucción en esa zona no puede superar el 40%, sino se considerará inviable el enlace.

El primer radio de Fresnel es donde se concentra la mayor parte de energía del enlace, tal y como se puede ver en la figura (**Fig. 4.2**)

Para enlaces con visibilidad justa es mejor utilizar bajas frecuencias ya que el primer radio de Fresnel es mayor.

El primer radio de Fresnel se calcula:

$$r_1 = \sqrt{\lambda \cdot \frac{d_1 \cdot d_2}{(d_1 + d_2)}} \qquad \textbf{(4.1)}$$

Si lo calculamos a la mitad del trayecto:

$$r_1 = \sqrt{\lambda \cdot \frac{d}{4}} \qquad \textbf{(4.2)}$$

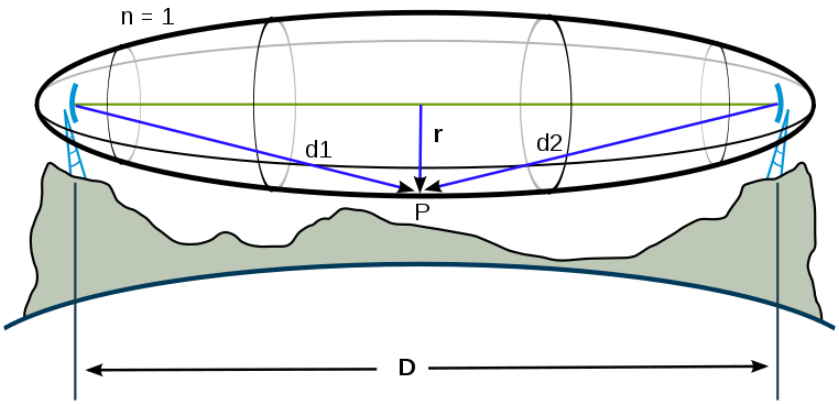


Fig. 4. 2 Zona de Fresnel y curvatura terrestre

Curvatura terrestre

Otro efecto que hay que tener en cuenta en la transmisión por radiofrecuencia, especialmente para largas distancias, es la curvatura de la Tierra. Este dato nos influirá notoriamente a la hora de escoger la altura a la que se colocarán las antenas en ambos extremos de la conexión. Los simuladores de radio enlaces ya tienen en cuenta este factor, por lo que se verán los resultados plasmados en próximos apartados. En la imagen anterior (**Fig. 4. 2**) se puede apreciar la influencia de la curvatura terrestre en un radio enlace.

Pérdidas en el espacio libre

Siempre que se planifique un enlace se deben tener en cuenta las pérdidas producidas por el medio de transmisión. En el caso de un enlace radio, estás pérdidas son las producidas por el espacio libre, que actúa como medio de transmisión. Para calcular las pérdidas en el espacio libre utilizaremos la siguiente fórmula:

$$L_{bf} = 32,4 + 20\log f + 20\log d \qquad \textbf{(4.3)}$$

Donde:

L_{bf}: son las pérdidas en espacio libre
f: es la frecuencia
d: es la distancia entre emisor y receptor

Condiciones climatológicas

La lluvia puede ser un factor altamente influyente en la atenuación de la señal en una transmisión vía radio pues, como se ha comentado con anterioridad, el agua actúa como absorbente de la energía emitida por la antena. Es por eso que, al planificar un enlace, se debe tener en cuenta la climatología de la zona,

especialmente en regiones con largos periodos lluviosos como son los climas tropicales a los que se enfrenta este proyecto.

Altas y bajas frecuencias:

- La lluvia afecta más a altas frecuencias.
- Probabilidad de fading mayor a bajas frecuencias.
- Con altas frecuencias distancias cortas y con bajas, distancias largas.

Lluvia

- A partir de 15 GHz la lluvia puede afectar mucho.
- A medida que se aumenta la frecuencia aumenta la probabilidad de corte por lluvia.

4.2 Diseño del enlace

Para el diseño de la comunicación entre el Hospital Regional Ernesto Sequeira y la comunidad son necesarios tres radioenlaces: uno de corto alcance que unirá el hospital con el Cerro Aberdeen, otro hasta Monkey Point y, finalmente, otro desde un punto elevado de la torre de la turbina hasta el centro de salud.

Para el primer enlace se utilizará el ya existente, montado por TSF en campañas anteriores. El segundo debe cubrir una distancia de 50 kilómetros, paralelo a la costa, en una región forestal con distintos desniveles y caracterizada por un clima tropical. El tercer enlace deberá cubrir una distancia de unos doscientos metros.

En la imagen siguiente (**Fig. 4. 3**) se puede observar la situación de la comunidad de Monkey Point respecto del Cerro Aberdeen en Bluefields. La comunidad está señalizada por un círculo rojo.

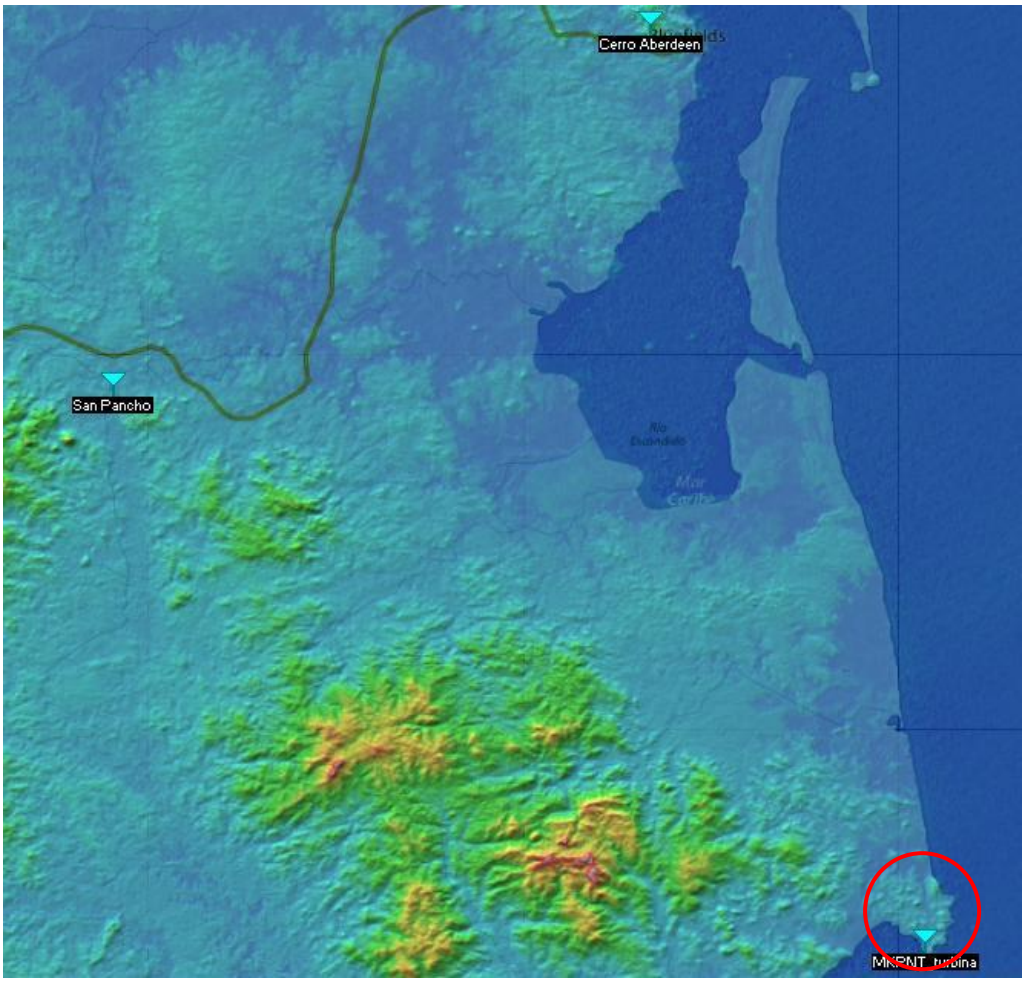


Fig. 4. 3 Localización de Monkey Point

El estudio teórico se ha realizado en base a las coordenadas que obtuvieron los anteriores cooperantes en su visita a la zona. Posteriormente, se han realizado prospecciones sobre el terreno, para estudiar nuevos puntos de ubicación del radio enlace, volver a tomar coordenadas mediante un localizador GPS y estudiar el entorno para poder discutir la viabilidad de cada punto. En muchas ocasiones, cuando se hace un estudio mediante un simulador, se pueden obtener puntos viables que luego resulten estar en medio de la selva, o en lugares inaccesibles, o ya edificados, que imposibiliten la ubicación de los equipos. Es por eso que resulta tan importante hacer un segundo estudio sobre el terreno.

4.2.1 Simulador Radio Mobile

El simulador Radio Mobile es un programa de libre distribución que sirve para simular coberturas. Es una herramienta para analizar y planificar el funcionamiento de un sistema de radiocomunicaciones fijo o móvil. Este software utiliza mapas con datos digitales de elevación del terreno, junto con

los datos de las estaciones de radiocomunicación y determinados algoritmos, que desarrollan modelos de propagación radio, para obtener los niveles de señal en distintos puntos, bien de un trayecto, para el cálculo y diseño de radioenlaces, o bien la cobertura sobre una zona determinada para el análisis y la planificación de comunicaciones móviles en un entorno rural.

Para realizar la simulación, el programa necesita cargar tres tipos de ficheros: ficheros .map, que contienen información de elevación del terreno; ficheros .bmp, que contienen imágenes de los mapas asociados a las elevaciones de terreno; ficheros .net, que guardan la información de la red diseñada.

En este proyecto, los mapas de elevación del terreno utilizados son los del modelo SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), que es el modelo de los datos recogidos por la NASA. Estos mapas se tienen que descargar, o indicar al simulador un servidor ftp desde el que adquirirlos. Para el caso de este proyecto, los mapas se descargaron desde una dirección web (véase [31]).

Para poder realizar correctamente los cálculos de cobertura, se debe ir con precaución a la hora de cargar los mapas. Si la imagen es mayor que el mapa cargado, o no corresponde a la misma región, no se realizaran los cálculos. Por lo tanto, el mapa de alturas tiene que tener las mismas dimensiones que el área que se está visualizando.

4.2.2 Simulaciones teóricas

Con el fin de tener una idea de cómo deberá ser el enlace a montar, lo primero que hay que hacer es una simulación inicial, pues podría ser que el relieve entre los puntos a interconectar impidiera la visibilidad directa, cosa que catalogaría el radio enlace como inviable. Hay que tener en cuenta que ambos puntos se encuentran en una zona totalmente forestal, por lo que poner un punto intermedio no es una solución factible.

Inicialmente, se realizaron dos pruebas distintas, en remoto, estando todavía en Barcelona. La primera de ellas, fue una simulación con el software Radio Mobile (**Fig. 4. 4**), según las coordenadas aproximadas que se obtuvo de la anterior campaña de TSF en la zona. Los resultados de esta simulación eran muy ajustados. Ofrecía visión directa, pero con una gran obstrucción en la primera zona de Fresnel.

Se repitió la simulación con otra herramienta, guifi.net (**Fig. 4. 5**). Se trata de un portal de libre acceso que se ha creado mediante la participación, sin ánimo de lucro, de varias personas a nivel de Catalunya, el uso de la cual se ha extendido bastante. Para poder utilizar la herramienta, debíamos darnos de alta en el portal y pedir que se creara la zona de Bluefields, de modo que nos permitiera crear el enlace y ver los resultados.

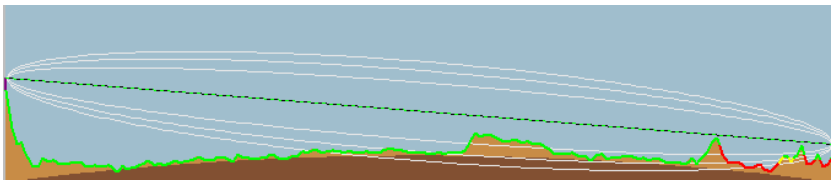


Fig. 4. 4 Simulación con RadioMobile

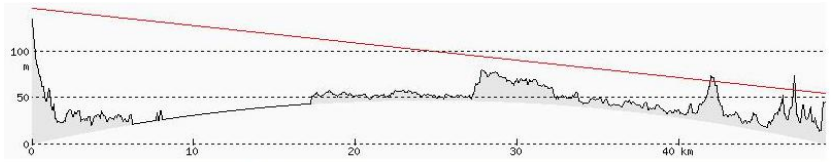


Fig. 4. 5 Simulación con Guifi.net

Tal como se comentaba anteriormente, los resultados de ambas simulaciones eran muy ajustados. Una vez se llega a este punto, es preciso analizar sobre el terreno la situación, para determinar cómo resolver los inconvenientes.

4.2.3 Prospecciones sobre terreno

Tras los resultados obtenidos de las simulaciones teóricas, se detectó la necesidad de hacer prospecciones sobre el terreno, para buscar nuevos puntos de conexión y analizar in situ la viabilidad práctica de éstos.

Se organizó un viaje conjunto con la ONG de BlueEnergy, de modo que se pudieran recoger datos sobre los puntos viables, el entorno, el suministro de energía, la acogida de la comunidad al proyecto de Telecos Sense Fronteres y cualquier otro aspecto que no se pueda tener en consideración al realizar estudios teóricos.

Previo al viaje, se hizo una simulación del mapa de cobertura que podía tener la antena ubicada en el Cerro Aberdeen. De este modo, se pudo obtener 5 puntos posibles para la ubicación de las antenas en la comunidad, que serían los que se estudiarían en las prospecciones sobre el terreno.

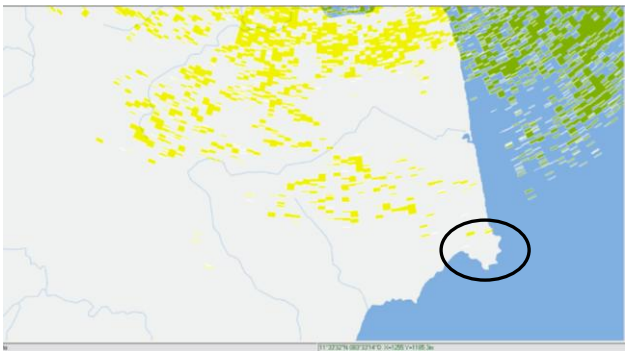


Fig. 4. 6 Simulación de cobertura con RadioMobile

La figura anterior (**Fig. 4. 6**) muestra el mapa de coberturas proporcionado por el simulador, que representa, en color amarillo, la cobertura que puede llegar a tener la antena que se sitúe en el Cerro Aberdeen. Como vemos, en la región de Monkey Point, señalizada con un círculo, debido a la distancia y al relieve del terreno, la cobertura es muy limitada.

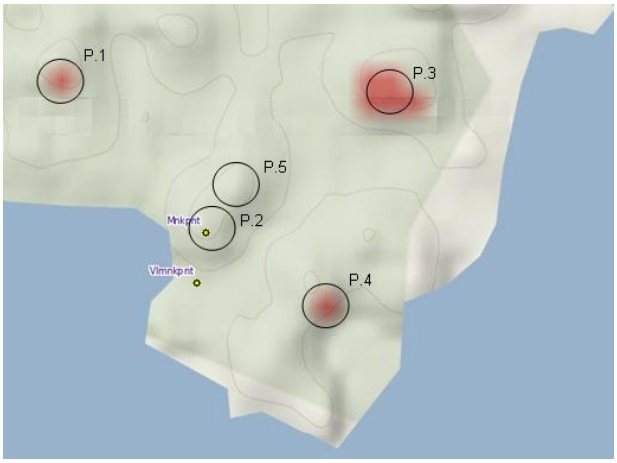


Fig. 4. 7 Puntos a estudiar

La figura anterior (**Fig. 4. 7**), que consiste en una ampliación de la región enmarcada en la anterior imagen, muestra los puntos viables obtenidos de la simulación de cobertura desde el Cerro Aberdeen. En las prospecciones sobre terreno se estudiarían estos puntos para determinar su viabilidad.

En el Anexo IX se puede encontrar un informe detallado de los resultados de las prospecciones. Aquí solamente se van a comentar las conclusiones extraídas.

Una vez sobre el terreno, se visitaron uno por uno cada uno de los puntos obtenidos de la simulación de cobertura, para obtener las coordenadas exactas y para analizar el entorno. Los resultados fueron que las simulaciones

solamente eran favorables en dos puntos, el punto 2 y el punto 5 de la imagen. Pese a que el punto 5 presentaba mejores resultados de cobertura respecto del punto 2, tenía un gran inconveniente: su ubicación.

El punto 5 es una colina situada en medio de un terreno selvático, al que resulta casi imposible de llegar debido a que no hay ningún camino trazado. A esto habría que añadirle la dificultad de transportar los equipos hasta allí, la deforestación de la zona que se requeriría para construir una torre, la falta de alimentación de los equipos y la inseguridad de dejarlos sin ningún tipo de vigilancia. De acuerdo con la comunidad, se decidió que no se tendría en cuenta ningún punto que no reuniera unas mínimas condiciones.

Entonces, tras el estudio realizado, únicamente quedó como punto viable para establecer el enlace el punto 2: el cerro donde está situada la torre de la turbina de BlueEnergy. Este punto nos ofrece unas condiciones de visibilidad, según los resultados de las simulaciones, bastante limitados.

Tal como podemos observar en la siguiente figura (**Fig. 4. 8**), este enlace tiene varias limitaciones. En primer lugar, hay una obstrucción muy elevada en la primera zona de Fresnel. En segundo lugar, la altura de las antenas necesaria para la visibilidad del enlace es bastante elevada. En tercer lugar, se necesita alimentación para los equipos en una comunidad en la que la única fuente de energía es la turbina y los paneles solares suministrados por BlueEnergy.

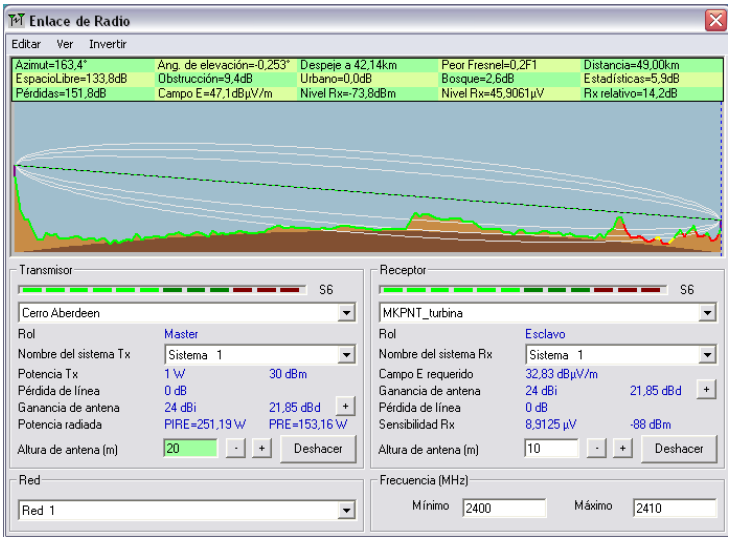


Fig. 4. 8 Simulación con RadioMobile Aberdeen – Monkey Point

En la imagen anterior podemos ver las características del enlace a implementar. Como se ha comentado anteriormente, la imagen muestra la obstrucción en la primera zona de Fresnel: dentro del primer óvalo se pueden ver elevaciones del terreno muy cercanas al extremo del enlace situado en la comunidad. Además, las pruebas están hechas suponiendo una altura de la

antena del Cerro Aberdeen de 20 metros, y una altura de la torre de Monkey Point de 10 metros.

Pero habrá que tener en cuenta que, en el caso del Cerro Aberdeen, 20 metros es ya una altura bastante considerable teniendo en cuenta las condiciones en las que se sube a la torre de telecomunicaciones. Y para la torre de Monkey Point, habrá que tener en cuenta que la torre será de madera y construida por la comunidad, por lo que su estabilidad puede ser que no permita alcanzar alturas muy elevadas.

A parte del enlace entre el Cerro Aberdeen y la comunidad de Monkey Point, hay que tener en cuenta la segunda parte de las comunicaciones: desde la turbina hasta el puesto de salud. El puesto de salud de Monkey Point se encuentra en el valle de la bahía formado por todos los cerros descritos anteriormente. Es por esta razón que desde un inicio se vió que no era posible realizar un enlace directo entre Bluefields y el puesto de salud. Por eso, a la hora de escoger el punto en la comunidad que serviría de enlace con el Cerro Aberdeen, había que tener en cuenta también que tuviera visibilidad con el puesto de salud. Una vez más, esto solamente dejaba el cerro de la turbina como posible punto.

El enlace con el puesto de salud también tiene que ser vía radio, pues la distancia con el cerro de la turbina es demasiado elevada como para hacer una conexión cableada. El resultado de la simulación de este segundo enlace se puede ver en la siguiente imagen (**Fig. 4. 9**):

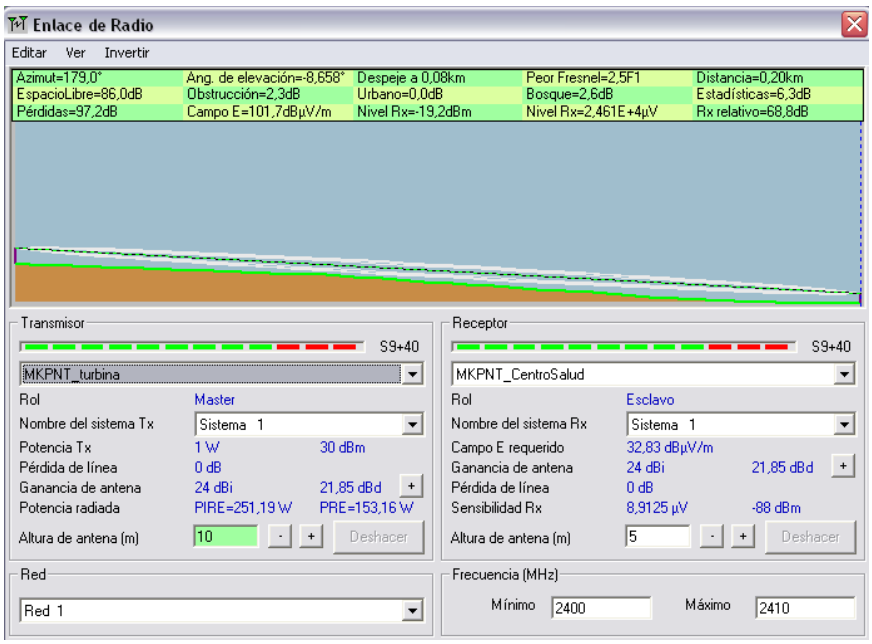


Fig. 4. 9 Simulación con RadioMobile Monkey Point – Centro Salud

4.3 Solución técnica

En un proyecto de ingeniería, es fundamental definir correctamente los requerimientos antes de la implementación. Llegados a este punto, se ha realizado un estudio de las necesidades técnicas del proyecto para implementar el radio enlace. En este capítulo se detallan todos los requerimientos que habrá que tener en cuenta para planificar correctamente el enlace, empezando por los parámetros necesarios en las antenas, la elección de dispositivos, la infraestructura necesaria o el suministro eléctrico.

4.3.1 Elección de dispositivos

Se han considerado varias marcas antes de tomar una elección como por ejemplo MikroTik o TP-Link. Pero considerando experiencias anteriores, resultados obtenidos y facilidad de uso hemos optado por seleccionar equipos de la marca Ubiquiti. Ubiquiti es una marca con una relación calidad/precio bastante buena y los dispositivos utilizados hasta ahora nos han dado un buen resultado.

Para los 2 enlaces se compran 2 tipos diferentes de dispositivos.

Por una parte tenemos los transmisores Bullet M2 para hacer el enlace de largo alcance; a los que les hemos añadido unas antenas de parrilla de la marca Hyperlink de 24 Dbi.

Bullet M2

Fig. 4. 10 Bullet M2

Tabla 4. 2. Características Bullet M2

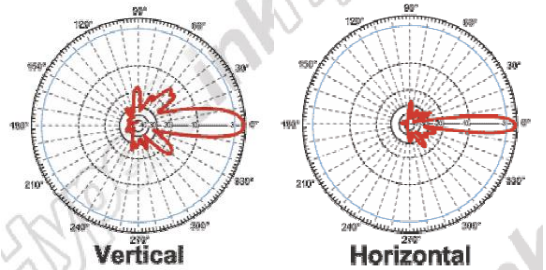
Procesador	Atheros MIPS 24KC, 400MHz
Memoria	32 MB SDRAM, 8MB Flash
Rango de frecuencias	De 2,412 GHz a 2,462 GHz
Potencia de Tx Max	28 dBm
Velocidad de Tx	Configurable de 1,5 Mbps a 54 Mbps
Sensibilidad de Rx	Desde los -83 dBm en las frecuencias más bajas a los -75 dBm en las frecuencias más elevadas

Rango	Más de 50 Km
Consumo	7 W
Dimensiones	15,2 cm de longitud x 3,1 cm de altura x 3,7 cm de ancho
Peso	0,18 Kg
Temperatura	De -40ºC a +80ºC
Humedad	De 5 a 95 %

Hyperlink HG2424G

Fig. 4. 11 Hyperlink H2G424G

Tabla 4. 3. Características Hyperlink H2G424G

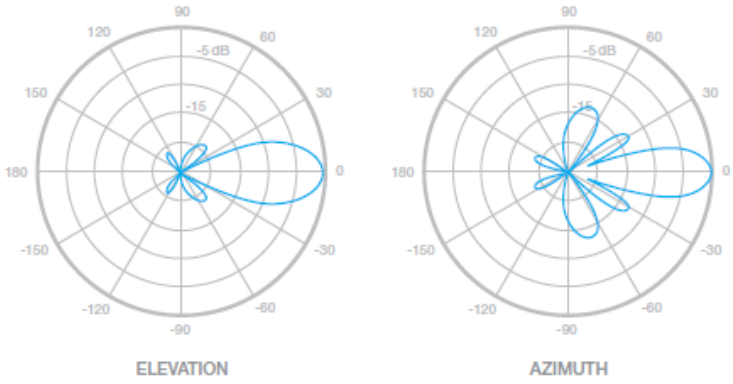
Frecuencia	2400 – 2500 MHz
Ganancia	24 dBi
-3 dBi Beam Width	8 grados
Lóbulo secundario	-20 dB Max
Relación frontal trasera	24 dB
Impedancia	50 Ohm
Potencia Max IN	50 W
Dimensiones	100 cm x 60 cm
Peso	3,62 Kg
Temperatura	De -40º C a 85º C
Diagrama de radicación	

Para hacer el enlace de corto alcance, el que enlaza la torre de recepción y el centro de salud de Monkey Point, se montarán 2 AirGrid. Estos dispositivos de Ubiquiti son unos transmisores con antena incorporada.

AirGrid M-Series

Fig. 4. 12 AirGrid M-Series

Tabla 4. 4. Características AirGrid M-Series

Procesador	Atheros MIPS 24KC, 400MHz
Memoria	32MB SDRAM, 8MB Flash
Rango de frecuencias	2412-2462
Potencia de Tx Max	28 dBm
Velocidad de Tx	Configurable de 1,5 Mbps a 54 Mbps
Sensibilidad de Rx	Desde los -97 dBm en las frecuencias más bajas a los -75 dBm en las frecuencias más elevadas
Consumo	3 W
Dimensiones	11x14”
Peso	0.2kg (alimentación), 0.65kg (montura), 0.8kg (reflector)
Temperatura	De -30º C a 75º C
Humedad	De 5 a 95%
Diagrama de radicación	

4.3.2 Configuración de los dispositivos

Tabla 4. 5. Configuración de los equipos

	Enlace Cerro Aberdeen - Monkey Point		Enlace Monkey Point - Puesto de salud	
	Bullet Cerro	Bullet Monkey Point	AirGrid Monkey Point	AirGrid Puesto de salud
Modo de operación	Station	Access Point	Station	Access Point
IP	192.168.1.44	192.168.1.45	192.168.1.46	192.168.1.47
Ancho de canal	5 MHz	5 MHz	5 MHz	5 MHz
Frecuencia central	Auto	2437	Auto	2457
Potencia de transmisión	28 dBm	28 dBm	28 dBm	28 dBm
MCS	MCS0 1,625 Mbps	MCS0 1,625 Mbps	MCS0 1,625 Mbps	MCS0 1,625 Mbps

La tabla anterior (**Tabla 4. 5**) muestra los parámetros configurados en los equipos que forman el radioenlace. En primer lugar se han definido los modos de operación. En estos equipos, se debe establecer una comunicación cliente – punto de acceso, por lo que en cada tramo del enlace debe haber un equipo que represente cada función.

- La asignación de direcciones IP se ha fijado siguiendo la configuración ya existente en la red, donde los enlaces tenían las direcciones a partir de la 192.168.1.40 dentro de la LAN.
- El ancho de canal se ha fijado lo más estrecho posible para incrementar el alcance del enlace, ya que a menor ancho de canal, mayor densidad de espectro de potencia.
- La frecuencia central se ha fijado tratando de evitar el solapamiento de canales en nodos adyacentes.
- La potencia de transmisión se ha fijado al máximo para lograr, una vez más, un mayor alcance.
- La velocidad de transmisión (MCS en la tabla) se ha fijado al mínimo para aumentar la sensibilidad en recepción (ver ANEXO XVIII).

4.3.3 Suministro eléctrico

Para cualquier instalación de telecomunicaciones, el suministro energético es un punto importante para asegurarnos el buen funcionamiento, y evitar que los equipos se dañen.

Monkey Point es de las comunidades menos desarrolladas de la RAAS. A día de hoy, gracias a la contribución de la ONG BlueEnergy, se ha dotado a la comunidad de una turbina que genera electricidad para la escuela, el puesto de salud y la casa comunal. Además, a quienes lo han solicitado, se les ha instalado un panel solar, o un sistema de baterías. Las baterías las deben recargar, previo pago para realizar el mantenimiento, en una ubicación específica, mediante un acumulador proveniente de la turbina.

Visto el trabajo realizado por BlueEnergy, se habló con ellos para poder beneficiarnos mutuamente y aunar esfuerzos para poder montar el sistema de comunicaciones. Por ello, se llegó a un acuerdo de colaboración que se puede consultar en el Anexo XIV.

Tabla 4. 6. Producción energética en Monkey Point

Communidad	Habitantes	Potencia éolica instalada (W)	Potencia solar instalada (W)
Monkey Point	277	1000	1387

En nuestro caso, el consumo que supondrá el total de los tres equipos de comunicaciones sería de 13 W. 7 W del Bullet que hace el enlace con el Cerro Aberdeen y 6 W de los dos AirGrid que permiten la comunicación entre el cerro y el puesto de salud (3 W cada uno).

A esto tendríamos que añadirle el consumo que puede necesitar un PC que se instale en el puesto de salud. Un portátil puede consumir entre 40 W y 100 W. Por lo tanto, en global, contabilizando todos los equipos del sistema de telemedicina, en el peor de los casos tendríamos un consumo de 113 W.

4.3.4 Infraestructura

A pesar de que un radioenlace no requiere de un despliegue de medios tan grande como pueda ser la fibra óptica o incluso un sistema cableado cualquiera, sí es necesario tener en cuenta la infraestructura que se utilizará. En este caso de estudio, esto puede ser un factor decisivo a la hora de implementar el enlace, debido a la dificultad de acceso a la zona y las complicaciones que esto comporta para el transporte de material.

Tal como se ha comentado anteriormente, la implementación del radio enlace entre el HRESB y la comunidad de Monkey Point requiere la instalación de la antena a una altura bastante elevada. Como en la comunidad no hay ningún edificio, ni otro tipo de medio que pueda servir de soporte, se requiere montar una torre específicamente para la instalación de los equipos.

Pero, como ya se ha dicho, el desplazamiento de material hasta la zona es muy complicado, por lo que se estudió la posibilidad de montarla “in-situ. Es decir,

montar una torre de madera en la misma comunidad. Una torre metálica, ligera, elevada y resistente encarecía demasiado el presupuesto. La comunidad accedió, como contraparte del proyecto, a montarla para la instalación de los equipos.

4.3.5 Aspectos legales

El hecho de utilizar una banda de frecuencia libre de licencia, proporciona la comodidad de no tener que comprar espectro radio eléctrico. La limitación que se tendrá en este caso será por la potencia máxima permitida en transmisión. Este parámetro depende del órgano regulador en cada país, no son medidas estándares internacionales. En Nicaragua, el órgano regulador que determina la potencia máxima a la que se puede transmitir en un enlace radio es Telcor.

El único trámite que hubo que hacer con las autoridades reguladoras fue la solicitud del permiso de acceso de equipos de telecomunicaciones. Este permiso se solicita a Telcor, y sin él no se pueden desaduanar los equipos que entran al país. Además, para prevenir posibles problemas, nos pusimos en contacto con el Ingeniero Juan García, responsable de comunicaciones del MINSA, para asegurarnos que no había que gestionar ninguna licencia. Nos confirmó que la licencia de uso de espacio radioeléctrico de que dispone actualmente el hospital se renovó el pasado mes de febrero y es válida hasta el año 2013.

4.4 Evaluación de la solución

Una vez realizado el diseño del sistema que pretende cubrir las necesidades del proyecto, es preciso, especialmente en proyectos de esta dificultad, evaluar la solución. Para ello, en este proyecto se pretendía hacer, previo a la instalación de los equipos, pruebas de conectividad de los mismos.

El escenario de pruebas es el siguiente:

- Instalación, en el Cerro Aberdeen de Bluefields, de la antena que se comunicará con Monkey Point.
- Conexión de esta antena al puerto LAN de la que comunica el cerro Aberdeen con el hospital.
- Montaje de un andamio para simular la torre y poder probar los equipos a la altura deseada.
- Alimentación de la antena del cerro de la turbina de Monkey Point con un generador.

Tanto el andamio como el generador deberán ser alquilados en Bluefields. Además, se celebraron diversas reuniones con el Gobierno Comunal Rama y Kreol (GCRK), los responsables del Municipio de Bluefields (Centro de Salud

cabecera de la región), el jefe de proyecto y la mediadora para las comunidades de BlueEnergy y la contraparte del hospital. El objetivo de estas reuniones fue buscar la colaboración de los asistentes para conseguir “panga” (lancha a motor para el desplazamiento hasta la comunidad), combustible para la panga, soporte económico para el alquiler del andamio y soporte humano para el desplazamiento y montaje del andamio sobre terreno.

Se acordó que BlueEnergy, en caso de viabilidad del proyecto, apoyaría en el suministro eléctrico, pero no podían ofrecer apoyo para las pruebas ya que en esos momentos la turbina estaba en fase de mantenimiento y había dejado de funcionar. Por parte del Municipio se ofreció el soporte económico para el combustible y alquiler de andamio y generador. Por parte del GCRK, se obtuvo el apoyo en el transporte y parte del combustible.

Lamentablemente, en el marco de este proyecto no se ha podido llegar a realizar las pruebas con los equipos por un excesivo retraso en el envío de los mismos. A fecha de este documento, todavía no se han recibido las antenas en el hospital, por problemas burocráticos en la aduana. Dado que todo el estudio y diseño se deja realizado, queda para la próxima fase el desarrollo de las pruebas y la futura instalación de los equipos, en caso que fuera viable.

CAPÍTULO 5. FORMACIÓN DEL PERSONAL

Para que los proyectos y trabajos de ingeniería puedan considerarse exitosos y, más aún, en el caso de los trabajos de cooperación, se debe tener muy en cuenta la formación del personal que trabajará con los nuevos sistemas y la concienciación de éstos.

Año tras año vemos que cuesta mucho avanzar hacia nuevas metas y hacia nuevos objetivos debido a que el trabajo que se realiza no cala en los beneficiarios.

En la mayoría de casos es por la falta de información y, sobre todo, de concienciación de que los proyectos que se realizan son para facilitarles las tareas del día a día, no para complicárselas.

Es por eso que, en esta campaña, se ha hecho mucho hincapié en la capacitación, no solamente de los nuevos sistemas, sino también de los que ya tenían instalados y en funcionamiento. A continuación se hace un análisis de los sistemas existentes y la situación por lo que al uso del personal se refiere.

- **Care2x**: no se ha llegado a utilizar nunca, pese a estar instalado y funcionando. Hay un gran problema de migración de la información del papel a un formato digital.
- **Ubuntu**: se utiliza, por necesidad, pero siempre que ven una oportunidad tratan de formatear las máquinas para que queden con Windows XP, debido a la resistencia del personal al nuevo sistema.
- **Correo**: no se utiliza debido a que no todo el personal dispone de PC con el que trabajar y comunicarse.
- **Zabbix**, **Mantis** y **OCSInventory**: dado que están recién instalados, se debe capacitar al personal técnico en el uso de estos sistemas.

Plan de capacitaciones

Para cubrir todas las necesidades formativas del personal técnico y sanitario del hospital, se definió un plan de capacitaciones, en el que se establecieron turnos, horarios y roles para las capacitaciones. La tabla siguiente muestra este plan:

Tabla 5. 1. Plan de capacitaciones

HORARIO	Lunes		Miércoles		Viernes	
	Temática	Asistentes	Temática	Asistentes	Temática	Asistentes
8:00	Ubuntu	6 pax Enfermería	Ubuntu	6 pax Médicos	Ubuntu	6 pax Enfermeras
9:30	Ubuntu	6 pax Enfermería	Ubuntu	6 pax Médicos	Ubuntu	6 pax Enfermeras
11:00	Ubuntu	5 pax Enfermería	Ubuntu	6 pax Médicos	Ubuntu	6 pax Enfermeras
12:30	OCSInventory	Jimmy A.R. Castro	Care2x	2 pax Estadísticas		
14:00	Mantis	Jimmy A.R. Castro	Care2x	2 pax Estadísticas		
15:30	Zabbix	Jimmy A.R. Castro	Care2x	2 pax Admisión de emergencias		

La metodología que se ha seguido para la formación del personal se ha basado en la práctica y colaboración de los usuarios, ya que hemos considerado que sería más productivo que fueran ellos mismos los que tuvieran que manejar el sistema. Nosotros, como formadores, les hemos guiado y explicado todo lo básico que debían saber de cada herramienta. Por eso hemos organizado grupos reducidos, de cinco o seis personas, y hemos ampliado el número de computadoras en la biblioteca para poder realizar las prácticas del aprendizaje.

Además de las clases prácticas, hemos elaborado para cada aplicación un manual de usuario como referencia para resolver dudas cuando ya no estemos en la zona para ayudarles.

CAPÍTULO 6. PRESUPUESTO

Tabla 6. 1. Presupuesto

Categoría	Desglose	Importe	Divisa	Cantidad	Total	Tasa cambio	TOTAL €
Material							
4net	Ubiquiti AirGrid	59,25	dólar	4	237	1,41	168,09
	Ubiquiti Bullet	77,5	dólar	2	113,92	1,41	80,79
	Hyperlink Parabolic Grid Antenna	56,96	dólar	3	232,5	1,41	164,89
	POE, output	15	dólar	3	45	1,41	31,91
	IP PHONE, Grandstream GXP-280	53	dólar	4	212	1,41	150,35
	Cinta vulcanizada para intemperie	4,28	dólar	2	8,56	1,41	6,07
	Envío material desde Miami	193,65	dólar	1	193,65	1,41	137,34
	*Cargos	41,71	dólar	1	41,71	1,41	
CapaTres	Tarjeta Base A400E	64	euro	1	64	-	64
	Módulo FXO	34	euro	1	34	-	34
	*I.V.A	17,64	euro	1	17,64	-	
Managua	Pintura anticorrosiva	205,8	córdoba	1	205,8	32,49	6,33
	*I.V.A	30,87	córdoba	1	30,87	32,49	
	Adaptadores corriente	13,5	córdoba	10	135	32,49	4,16
	Crimpadora	652,5	córdoba	1	652,5	32,49	20,08
	Insertadora	413,33	córdoba	1	413,33	32,49	12,72
	*I.V.A	257,19	córdoba	1	257,19	32,49	
	Monitor Hanns 17"	103	dólar	5	515	1,41	365,25
	UPS	34	dólar	5	170	1,41	120,57
	Cable UTP 5e	0,35	dólar	50	17,5	1,41	12,41
	Switch Linksys	28	dólar	1	28	1,41	19,86
	*I.V.A	109,28	dólar	1	109,28	1,41	
	Cable STP para intemperie	18,99	córdoba	100	1899	32,49	58,45
	*I.V.A	284,85	córdoba	1	284,85	32,49	
	Conector RJ-45	12	córdoba	10	120	32,49	3,69
	Jack RJ-45	57,5	córdoba	10	575	32,49	17,70
	Roseta	55	córdoba	3	165	32,49	5,08
	Switch	480	córdoba	1	480	32,49	14,77
	Conector RJ-11	13,044	córdoba	5	65,22	32,49	2,01
	Bridas	1,734	córdoba	20	34,68	32,49	1,07
	*I.V.A	16,31	córdoba	1	16,31	32,49	
Digium							
	Licencia de Skype para Asterisk	47,7	euro	1	47,7	-	47,7
Manutencion de los cooperantes							
	Dietas/Desplazamientos	900	euro	2	1800	-	1800
	Alojamiento	-	-	2	-	-	A cargo del hospital
Viaje de los cooperantes							
	Billetes de avión	1108	euro	2	2216	-	2216
	Cambio fecha billete	365	euro	2	730	-	730
	Seguro	189,72	euro	2	379,44	-	379,44
SUBTOTAL							6.674,74 €
(*) I.V.A MATERIAL							142,86 €
TOTAL							**6.817,60 €**

CAPÍTULO 7. IMPACTO SOCIOECONÓMICO DEL PROYECTO

La realización de este proyecto repercute en grupos diferentes de población de manera distinta en cada uno de ellos. En este capítulo se analiza el impacto social que tiene el proyecto en los diferentes ámbitos, así como el modo en que pueda influir en el medio ambiente.

Impacto social

Dado que esta fase del proyecto abarcaba objetivos muy diferenciados entre sí, podemos entender que cada uno de ellos afecta a un grupo poblacional de forma distinta. En primer lugar, hablaremos del impacto que tendrá en el personal hospitalario la mejora de la infraestructura de red, así como el hecho de ir aproximándonos, en las diferentes fases del proyecto de Telemedicina, al objetivo de interconectar todos los departamentos del hospital mediante la LAN que TSF ha creado.

Inicialmente, cuando instalamos los equipos en los puestos de enfermería y medicina, hay un cierto recelo por parte del personal sanitario a utilizarlos. El mayor problema es el sistema operativo, un sistema desconocido para todos los usuarios. Esto les crea inseguridad y provoca que los equipos se queden un poco abandonados. Mediante las capacitaciones realizadas con el personal, han ido cogiendo un poco más de confianza en el nuevo sistema, pero aun así les cuesta verlo como una herramienta de trabajo. Para ellos, pensar en tener que digitalizar toda la información médica, con la dedicación que eso supone, y posteriormente tener que cambiar su metodología de trabajo, crea un muro infranqueable ante el uso de las máquinas. Es por ello que la implantación del sistema de Telemedicina se tiene que hacer, tal como se explicó en el CAPÍTULO 5, de forma progresiva.

Es muy importante comprender, por parte de TSF (y de todas las ONG que acuden a trabajar a la zona), que la forma de ser, de pensar y de trabajar de la gente aquí, no es la misma que en Europa y debemos ser nosotros, como “visitantes”, los que nos acostumbremos a ello. Por eso se debe adecuar el ritmo del proyecto al que a ellos les vaya a resultar más cómodo para aprender a utilizar los sistemas, cambiar su metodología de trabajo y, poco a poco, ir migrando a la era digital. Se debe tener en cuenta que, en el momento de hacer las capacitaciones, nos encontramos con personas que no habían entrado nunca en Internet, que no sabían lo que era Google.

En segundo lugar, se estudia el impacto que tendrá sobre el propio proyecto la posibilidad de gestionar y monitorizar en remoto toda la LAN del sistema STAS. Hasta ahora, sucedía muy a menudo que una de las antenas dejaba de funcionar, por falta de alimentación (se desconectaban las baterías que alimentan los equipos en La Aurora, por ejemplo), o por causas muy variadas.

El personal sanitario, al ver que no se podían comunicar con la comunidad, daban el sistema por muerto. Pero no era hasta que alguien de TSF se ponía en contacto con la contraparte del proyecto en el hospital, la subdirectora docente, que el cuerpo técnico se daba cuenta del problema. Esto podía suponer que estuvieran un mes, o varios, sin utilizar el sistema.

Ahora, al haber configurado la herramienta de monitorización para que envíe correos al personal técnico de TSF cuando haya incidencias graves, se podrá actuar de inmediato en caso de caída de un enlace. Al menos, gestionar de inmediato la resolución de la incidencia.

Finalmente, en lo referente a los objetivos generales del proyecto, se analizará el impacto que tendrá en la comunidad de Monkey Point el establecimiento del enlace. No cabe decir que el impacto, después de la reacción tan optimista y receptiva de la comunidad cuando se les presentó el proyecto, será mayoritariamente positivo. Tal como se comenta en el CAPÍTULO 4, actualmente la comunidad se encuentra prácticamente incomunicada. Tienen un obsoleto sistema de radio que, cuando funciona, sirve al ejército para comunicarse con la base central en Bluefields. No hay cobertura de telefonía móvil ni convencional, por lo que tampoco hay acceso a Internet. Además, la única persona que trabaja en el Centro de Salud, es una enfermera que, debido a su formación, no está capacitada para resolver problemas médicos graves.

El establecimiento de este enlace supondría una mejora en la calidad asistencial, así como en la calidad de vida de la comunidad, muy notoria. Se podrían gestionar traslados de pacientes, solicitar ayuda en caso necesario, pedir consejo a especialistas del hospital, o incluso podría servir a las familias para comunicarse con sus familiares o amigos internados en el hospital.

Impacto económico

Una vez se establezca el enlace con la comunidad de Monkey Point, puede suponer un impacto económico considerable, dado que se podrán ahorrar muchos viajes que hasta ahora se realizaban a menudo en vano. Esto supondría un gran ahorro de combustible. También influirá en el propio hospital, donde se podrán ahorrar visitas a pacientes que se podrán tratar desde la misma comunidad.

Ya en aspectos más generales, y considerando los efectos del proyecto a largo plazo, las comunicaciones en la comunidad de Monkey Point podrán lograr reducir el número de habitantes que, hoy en día, emigran a pueblos con mejores condiciones de vida, a nivel energético, de acceso a la información, sanitario o educativo. De hecho, este proyecto ha despertado el interés de otras organizaciones en la zona de llevar hasta las comunidades las nuevas tecnologías, siempre con la misión de tratar de reducir la llamada “Brecha digital”.

Finalmente, un último aspecto a analizar en la repercusión que pueda tener este proyecto en la economía de la zona es sobre el Ministerio de Salud. Al llegar a Nicaragua, una de las tareas que teníamos planificadas era reunirnos

con los responsables de telecomunicaciones del MINSA. Ellos tenían en marcha un proyecto de digitalización de la información para todos los hospitales del país, además de la planificación del cableado estructurado y el suministro de computadoras. Por falta de presupuesto, el MINSA prioriza únicamente el acceso a la información para los departamentos de administración y finanzas de los hospitales, quedando fuera el resto de áreas sanitarias. Mediante este proyecto, aparte de reducir el gasto del MINSA relacionado al hospital de Bluefields, se ofrece a los usuarios una mejor calidad de servicio, llegando a todas las áreas departamentales del hospital.

CONCLUSIONES

Al plantear un proyecto, lo primero que se suele hacer es marcar unos objetivos y un calendario para alcanzarlos. Pero es muy difícil hacer un planteamiento riguroso de éstos cuando se trata de un país, al menos, tan diferente del nuestro. Nada más llegar a Nicaragua nos dimos cuenta de que en cualquier momento es posible que surja un improvisto que nos obligue a replantear el orden e importancia de las tareas que queremos realizar.

Este factor ha sido decisivo en numerosas ocasiones para el desarrollo del proyecto. Si bien la mayoría de objetivos iniciales sí se han logrado alcanzar, nos ha quedado quizá el que pudiera tener un mayor impacto local: el enlace con la comunidad de Monkey Point. Y lo peor es que no se ha podido realizar por problemas burocráticos, existentes en todos los países, pero acentuados en zonas en las que el ritmo de vida es diferente, más “al suave”.

Aun así, la mayor parte del trabajo se ha realizado con éxito. Se logró resolver todas las incidencias que nos encontramos al llegar. Cabe mencionar que muchas de ellas no se habían resuelto antes por falta de capacidad o incluso de atención del personal sanitario.

En segundo lugar, se ha podido ampliar y mejorar la red, superando incluso las expectativas iniciales. Además de instalar nuevos PC y teléfonos VoIP, se han implementado las mejoras de Asterisk, “Skype for Asterisk” y la tarjeta OpenVox. Estas nuevas configuraciones permiten a la red de VoIP interactuar en local con la red analógica, además de permitir las llamadas externas desde cuentas de skype. De este modo, el soporte técnico de la ONG en Barcelona se podrá realizar llamando de forma gratuita a través de skype a los teléfonos del hospital. Con el paso del tiempo, cada vez hay más usuarios en el hospital de la red de Telemedicina con la instalación de nuevos equipos y teléfonos.

El mayor logro de este proyecto, sin embargo, ha sido la gestión y supervisión de red. Se inició con la intención de instalar la herramienta de monitorización de red. Posteriormente, al llegar a Bluefields, se hizo patente la necesidad de gestionar incidencias, para coordinar los esfuerzos de los cooperantes y al mismo tiempo poder dar soporte al personal técnico de la zona. Durante el desarrollo del proyecto, ha sido de gran utilidad para empezar a hacer un buen traspaso del proyecto a los próximos cooperantes, cosa que quizá a nosotros nos faltó al llegar aquí.

El último punto crítico del proyecto ha sido la formación del personal. Pese a que se ha trabajado a consciencia, buscando metodologías que hicieran la tarea más amena, hemos visto que nuestras capacitaciones no han tenido gran influencia en el personal. Al menos, por lo que se refiere a Ubuntu y Care2x. Y, así como de Ubuntu acabaran aprendiendo por necesidad, lo de Care2x es un problema. Mientras se muestren reacios a utilizar el sistema, va a ser muy complicado empezar la migración al formato digital.

Desde TSF somos muy conscientes de que será un trabajo largo, ya que implicará la colaboración y dedicación de todo el personal. Por eso hemos creído conveniente empezar poco a poco, únicamente con el personal de la subdirección docente y de estadísticas. Pero es una tarea a la que se debe dar especial importancia en futuras campañas de la ONG sobre el terreno, porque si no, difícilmente se le va a dar el uso requerido.

Una vez realizado el proyecto, después de haber pasado cinco meses aquí, más el tiempo que pasamos preparando el viaje y trabajo desde Barcelona, podemos decir que quizá sería el momento de analizar las necesidades reales de los beneficiarios del proyecto. Desde que se inició el plan STAS en el año 2006, donde se marcaron los objetivos generales y concretos en el plan director, la región ha cambiado mucho. No debemos dejar de escuchar y analizar los requerimientos de los usuarios, pues un sistema, por muy avanzado que sea, si no se adecúa a las necesidades de la zona, puede convertirse en un gasto de tiempo y dinero inútil.

Por poner un ejemplo, cuando se instalaron los primeros equipos, se decidió poner Ubuntu como sistema operativo, en gran parte porque al ser libre de licencia iba más acorde con la filosofía de una ONG. A ojos de alguien de Barcelona, es una decisión totalmente lógica. Pero lo que se ha hecho en Nicaragua es que, cada vez que hay un problema con un Ubuntu, como el técnico no lo sabe resolver, en algunas ocasiones se formatea para instalar Windows y, en otras, el equipo queda en desuso. Esto supone un gasto para el hospital, que tiene que pagar al técnico que les formatea los equipos. Y hace que el trabajo de TSF quede inutilizado. Este tipo de situaciones son las que, mediante una recogida adecuada de requerimientos, se tiene que intentar evitar.

Por eso, nosotros hemos intentado definir cuáles creemos que deberían ser los próximos pasos a seguir en el plan del sistema STAS:

- Considerar la creación de una VPN para interconectar los centros que ya disponen de acceso a Internet pero que no pertenecen a la LAN del HRESB. Serían un ejemplo la comunidad de Laguna de Perlas, el SILAIS de la RAAS, el Centro de Salud Cabecera de Bluefields, el municipio de Corn Island, entre otros.
- Estudiar la viabilidad de implementar un sistema de virtualización de escritorio, tipo N – Computing o Wyse. Se trata de sistemas más ligeros que un PC, centralizados (el sistema operativo se instala en el servidor con las aplicaciones base y los usuarios acceden a él por escritorio remoto mediante un cliente ligero). De este modo, se aumenta la seguridad, se disminuyen costos de mantenimiento y energéticos, espacio, etc.
- Montar el enlace con la comunidad de Monkey Point.
- Continuar la implantación del software de gestión hospitalaria, requiriendo, posiblemente, el soporte al usuario permanente durante el proceso de implantación.

Haciendo un análisis de la experiencia desde un punto de vista subjetivo, ha sido para los dos una experiencia totalmente satisfactoria. Nos ha supuesto un crecimiento técnico, profesional y, sobretodo, personal que hasta ahora no habíamos experimentado nunca. Esperamos que desde Nicaragua este proyecto contribuya a mejorar la calidad de vida de las personas que viven en las comunidades. Nosotros hemos aportado un pequeño grano de arena a este gran proyecto, y hemos podido aprender mucho de la convivencia personal y laboral con la gente que ha formado parte de nuestro día a día.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

[1] Telecos Sense Fronteres. http://www.telecossensefronteres.org/es/

[2] Treball de final de carrera: Santi Furtet Cordero. Telecos Sense Fronteres: Pla de telecomunicacions per a la regió del Kukra River. Fase V.

[3] Cardama Aznar, A., Jofre Roca, L., Rius Casals, J. M., Romeu Robert, J., Blanch Boris, S., Ferrando Bataller, M., *Antenas* Edicions UPC, Barcelona 1998.

[4] Olups, R., *Zabbix 1.8 Network Monitoring*, Packt Publishing, Birmingham 2010.

[5] Plan director del sistema de Telemedicina del Atlántico Sur. Telecos Sense Fronteres.

[6] Feilner, M., Graf, N., *Beginning OpenVPN 2.0.9*, Packt Publishing, Birmingham 2009.

[7] Treball de final de carrera: Carlos García Poy. Disseny d'un sistema punt a punt via radioenllaç en entorns rurals orientat a aplicacions en Telemedicina.

[8] Trabajo final de carrera: Carlos Navarrete Chávez. Evaluación de la tecnología IEEE 802.11n con la plataforma OPNET.

Nicaragua

[9] http://es.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%B3n_Aut%C3%B3noma_del_Atl%C3%A1ntico_Sur

[10] http://es.wikipedia.org/wiki/Nicaragua

[11] http://www.eclac.org/mexico/.../Taller%20CR-Caso%20Nicaragua.ppt

Ubuntu y Debian

Páginas web oficiales.

[12] https://help.ubuntu.com/

[13] http://ubuntuforums.org/

[14] http://www.ubuntu.com/

[15] http://www.esdebian.org/

Zabbix

[16] Página web oficial. http://www.zabbix.com/

[17] http://www.cdbarra.com/monitorizacion/zabbix-18-en-debian-503-lenny-instalacion.html

[18] http://pierky.wordpress.com/2009/01/29/installing-zabbix-agent-on-debian-etch/

[19] http://revistalinux.net/articulos/duerme-mejor-con-zabbix/

[20] http://www.marblestation.com/?p=642

[21] Configuración del correo. http://dev.aperto.fr/projects/zabbixextensions/wiki/Advanced_email_notifications

Mantis

[22] Página web oficial. http://www.mantisbt.org/

[23] Configuración correo. http://james-lloyd.com/getting-sendmail-use-gmail-as-a-relay-2/

OCSInventory

Páginas web oficiales:

[24] http://www.ocsinventory-ng.org/en/

[25] Centro de conocimiento. http://wiki.ocsinventory-ng.org/

[26] Foro. http://forums.ocsinventory-ng.org/

Radioenlace

[27] Regulación telecomunicaciones en Nicaragua. http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/%28$All%29/A1AA6D055515B74B0625712D00576F30?OpenDocument

[28] Zona de Fresnel. http://facusdelacruz.wordpress.com/2008/06/11/zona-de-fresnel/

[29] Blog divulgativo acerca de la comunidad de Monkey Point, creado por un cooperante en la zona. http://montenegrobaena.blogspot.com/2010/07/monkey-point-una-amenaza-colonial-y-una.html

[30] Estudio de los atenuantes en un radioenlace. http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6989/25/R-REC-P.525-2-199408-I!!MSW-S.pdf

[31] Descarga de mapas srtm. http://www.osmanoglu.org/index.php/sar/6-sarprocessing/40-srtmftpsitechanged

Otros

[32] Información sobre el concepto de “Brecha Digital”. http://www.labrechadigital.org/labrecha/index.php?option=content&task=view&id=20

[33] Características de la tecnología 802.11. http://www.jeuazarru.com/docs/802.11n.pdf

[34] Instalación backup – manager. http://joysofprogramming.com/install-backup-manager-ubuntu/

[35] Configuración logrotate. http://www.alejandroarco.es/administracion-de-sistemas/linux/rotar-logs-de-apache-con-logrotate-en-linux/