

Proyecto Fin de Master

**Master Oficial de Software Libre
Universitat Oberta de Catalunya (UOC)**

PEC4

PROYECTO DE MIGRACION A UN SISTEMA DE TELEFONIA IP (VOIP) BASADO EN SOFTWARE LIBRE

David Guerrero

<[davidgue@uoc.edu](mailto: davidgue@uoc.edu)>

Diciembre 2007

Resumen

Una empresa de tamaño medio se embarca en un proyecto de migración de su sistema telefónico, basado en un modelo tradicional y con múltiples problemas, tanto a nivel de funcionalidad como de costes, y decide apostar para ello por una solución basada en software libre, con Linux y Asterisk como piezas angulares del diseño de un proyecto, que dará respuesta a todas y cada una de las expectativas generadas, a partir de un nuevo modelo y una nueva arquitectura orientada a los servicios que se demandan, abierta y libre de todo tipo de ataduras y costes por licencias.

Se trata, sin duda, de una apuesta innovadora tecnológicamente y a la vez, robusta y basada en piezas sobradamente maduras, que tendrá un impacto directo en la forma de trabajo de la empresa y significará una reducción inmediata de sus costes recurrentes.

Índice de contenido

1	Introducción.....	5
2	Estudio de Viabilidad.....	6
2.1	Motivación.....	6
2.2	Estado inicial del sistema.....	6
2.3	Requerimientos del nuevo sistema.....	7
2.4	Solución propuesta.....	8
2.4.1	Aproximación a la solución.....	8
2.4.2	Linux + Asterisk como plataforma.....	9
2.4.3	Arquitectura propuesta.....	12
2.4.4	Desarrollo del proyecto.....	14
2.4.5	Presupuesto inicial.....	16
2.4.6	Presentación de la propuesta al cliente.....	17
3	Análisis y Diseño.....	18
3.1	Nuevo modelo de servicio.....	18
3.2	Arquitectura de red.....	19
3.2.1	Situación de partida.....	19
3.2.2	Diseño de la red de voz.....	20
3.3	Plan de numeración y direccionamiento.....	22
3.4	Selección de protocolos y codecs.....	23
3.5	Arquitectura de servidores y comunicaciones.....	25
3.5.1	Plataforma hardware.....	25
3.5.2	Sistema operativo.....	26
3.5.3	Hardware de comunicaciones.....	27
3.5.4	Soluciones de tolerancia a fallos.....	29
3.6	Selección y homologación de terminales.....	30
3.7	Definición de servicios.....	34
4	Implantación.....	36
4.1	Planteamiento global del proceso de implantación.....	36
4.2	Despliegue de la red VoIP.....	37
4.3	Instalación de las centralitas.....	38
4.3.1	Instalación de los equipos en bastidores	38
4.3.2	Instalación del sistema operativo.....	38
4.3.3	Compilación e instalación de Asterisk.....	39
4.3.4	Configuración del cluster y la política de alta disponibilidad.....	40
4.3.5	Configuración de servicios básicos (NTP, DNS, DHCP, TFTP).....	41
4.3.6	Configuración de los enlaces primarios ISDN.....	44
4.4	Provisionamiento de los teléfonos.....	47
4.5	Desarrollo de servicios de telefonía.....	51
4.6	Implementación de funcionalidades avanzadas.....	60
4.6.1	Buzones de voz personalizables.....	60
4.6.2	Música en espera.....	62
4.6.3	Agenda corporativa.....	62
4.6.4	Servicio Click2Call.....	65

4.7 Implementación de un entorno de gestión.....	66
4.7.1 Sistema de consumo y estadísticas.....	67
4.7.2 Sistema de gestión de llamadas (panel de operadora).....	71
4.8 Plan de pruebas.....	72
5 Conclusión.....	74
6 Bibliografía.....	75
7 Anexo II - Enunciado.....	76
8 Anexo II - Presentación comercial del Estudio de Viabilidad.....	78
9 Anexo III - Dialplan completo (fichero extensions.conf).....	90
10 Anexo IV - Plantilla de configuración XML de los teléfonos Cisco.....	96

1 Introducción

El presente trabajo se enmarca dentro de la asignatura “**Proyecto Fin de Master**” del **Master Oficial de Software Libre** de la **Universitat Oberta de Catalunya (UOC)**, y a su vez en la especialidad de “**Administración de Sistemas Operativos**”.

El objetivo del mismo es la demostración de la capacidad para llevar a cabo la implantación de un sistema complejo basado en componentes libres, siguiendo los principios que deben guiar a cualquier organización a la hora de llevar a cabo este tipo de despliegues: **eficiencia, robustez, escalabilidad y contención del gasto**.

Para el desarrollo del mismo se ha elegido una solución de candente actualidad: la **telefonía IP**.

A pesar de que tradicionalmente la telefonía venía siendo gestionada por otros departamentos, se trata de una necesidad, que por sus especiales características, cada vez es más habitual tener que dar respuesta desde el departamento de Tecnologías de la Información de la organización. Este replanteamiento del servicio, suele llevar consigo la **convergencia con el resto de sistemas de información** de la empresa, así como la utilización de recursos comunes (redes de datos) y en algunos casos, el uso de las mismas tecnologías (sistemas operativos) con las que ya se venía trabajando desde hace tiempo y que, en general, se encuentran ampliamente consolidadas.

Hablar de telefonía en lo que llevamos de siglo es hacerlo de **Voz sobre IP (VoIP)**, y hacerlo de sistemas operativos libres es hablar de **Linux**, y es en este entorno donde se sitúa la solución propuesta en el presente proyecto: **Asterisk**.

A través de un **Estudio de Viabilidad** se analiza la situación de partida de una empresa ficticia, la cual se enfrenta al reto de migrar de un sistema tradicional a este nuevo entorno. A partir del análisis de las carencias del sistema inicial y de la recopilación de requisitos funcionales, se elabora una propuesta, que tras la posterior aceptación del cliente, se llevará a cabo siguiendo las habituales fases de **Análisis, Diseño e Implantación**.

En este caso, se aprovecha la predisposición de la empresa a utilizar **software libre**, dada su experiencia (de éxito) en el terreno, además de constituir una cuestión de imagen a la hora de implantar soluciones equivalentes en hipotéticos clientes.

2 Estudio de Viabilidad

2.1 Motivación

La empresa XXX, una compañía de tamaño medio dedicada a las tecnologías de la información, se encuentra en proceso de selección de una alternativa para **la sustitución de su sistema de telefonía actual**, debido a la obsolescencia tecnológica y a las carencias que presenta el mismo tanto en funcionalidades como en costes de mantenimiento, por un sistema **Voz sobre IP (VOIP)**.

Dentro de estas posibles alternativas, la empresa ha decidido contemplar, entre otras, una **solución basada en software libre y estándares abiertos**.

Lo que sigue es un estudio de viabilidad, basada en una entrevista con el eventual cliente en la que se analiza el estado actual del sistema, y que, a partir de unos requerimientos mínimos, presenta una propuesta de migración, esbozada en el último apartado de este documento, que representaría para esta compañía una mejora significativa en tanto en arquitectura, como en funcionalidad y costes.

2.2 Estado inicial del sistema

La empresa XXX dispone de dos edificios dentro del ámbito metropolitano. En ambos edificios existe una **centralita MD-110 de Ericsson**, contratada como parte del servicio **Ibercom** de Telefónica. Dichas centralitas gestionan un número determinado de extensiones (200 en cada edificio), así como 2 enlaces primarios ISDN (E1: 2 Mbps estructurados en 30 canales B). Por último, ambas centralitas están interconectadas a través de una línea del operador de 2 Mbps que sirve para canalizar las llamadas internas entre ambas centralitas.

El actual sistema presenta **problemas de costes**, al no estar los mismos alineados con el mercado, en lo que se refiere a **tarifas** de llamadas, **cuotas de mantenimiento por extensión**, y en especial, en términos de escalabilidad, dado que la inclusión de nuevas extensiones en el entorno, obliga en algunas ocasiones a ampliar con costosas tarjetas *hardware* la centralita actual (MD-110), además de incrementarse el mencionado número de cuotas a abonar mensualmente.

Otra partida importante del presupuesto actual dedicado a telefonía, la componen las **llamadas a móviles**, que al efectuarse a través de los enlaces estándar (también llamados accesos primarios fijos) del proveedor no obtienen ningún tipo de bonificación.

Por otra parte, los pocos usuarios que disponen de teléfono móvil, lo utilizan de forma totalmente independiente al sistema de telefonía de la empresa que

implica altos costes en las comunicaciones con la misma, y pérdida de las funcionalidades habituales dentro de un sistema de este tipo (marcación corta de extensiones, desvíos entre extensiones, etc...)

Una de las carencias de la instalación actual, no es solo la necesidad de realizar costosas actualizaciones del *hardware* existente, sino la **dependencia de terceras empresas** para llevar a cabo dichas operaciones, así como las más básicas (cambio de categoría de una extensión, reprogramación de un grupo de salto, etc...), con lo que esto representa tanto en costes como en falta de agilidad y control.

Una deficiencia manifiesta del sistema actual es el caos en el **plan de numeración**, en el que existen múltiples rangos con poca relación entre ellos, fruto de las ampliaciones progresivas que ha ido sufriendo el sistema en los últimos años.

Con objeto de estudiar las alternativas de arquitectura de red para la propuesta, se constata que las redes locales de la empresa están basadas en **equipamiento de routing y switching de alto rendimiento** y en la actualidad existe sobredimensionamiento en cuanto a ancho de banda (GigabitEth en todo el *backbone* y conmutación al puesto). Las redes de ambos edificios se encuentran integradas gracias a sendos enlaces (GigabitEth), tanto propios como alquilados a un operador (con recorridos geográficos distintos), de forma que, gracias a esta redundancia, se pueden considerar como una **única red segura, cohexionada y de alto rendimiento**.

Un último factor a destacar es que la mayor parte de los sistemas de la empresa utilizan ya **software libre** (diversas distribuciones de Linux, Apache, MySQL, etc...) y el personal técnico de la misma (se trata de una empresa del mundo de la tecnología) se encuentra bastante familiarizado con el mismo.

2.3 Requerimientos del nuevo sistema

Tras la puesta en común inicial con el cliente se detectan los siguientes requerimientos, a los que se habrá de dar solución a través de la propuesta:

- Se ha de proporcionar un **sistema distribuido de centralitas** (al menos una por centro)
 - que utilice **protocolos abiertos** y basados en estándares
 - preferiblemente **no sujeto a costes por licencia**, usuarios, extensiones, etc...
 - que permita un **grado de control elevado** al personal técnico de la compañía (a través de la consiguiente transferencia tecnológica a lo largo del proyecto), tanto en su **gestión habitual**, como a la hora de la extracción de **informes de uso**, ocupación de recursos, etc...
 - que proporcionen “de serie” **funcionalidades** tales como buzones de voz, salas de multiconferencias, música en espera, etc...

- que escalen de forma sencilla, en múltiples servidores (**clustering**) ante necesidades de alta disponibilidad, capacidad, etc...
- Se defina una **nueva estrategia de conexión al exterior**
 - que permita **reducir costes**
 - que mejore las cualidades de **alta disponibilidad** del sistema
 - que proporciones mayor **flexibilidad** para la **extensión** de la red de extensiones fijas a los teléfonos móviles de la compañía
 - con un plan **de numeración** coherente y sencillo
- Se defina una **arquitectura de red** para el nuevo sistema, que aproveche los puntos fuertes de la infraestructura actual, y a la vez, contemple nuevos escenarios de fallo, contingencia, y características especiales como pueden ser las de una red de telefonía IP.
- Se seleccione una gama de **dispositivos de usuario (teléfonos)** adecuada a la diversidad de la empresa (altos cargos, secretarías, empleados comunes, etc...)
- Se definan una serie de **servicios adicionales** que se integren con el resto de servicios de información de la empresa:
 - servicio clic-**to-call** en la Intranet
 - gestión de **agendas**
 - **directorio corporativo**
 - etc

2.4 Solución propuesta

2.4.1 Aproximación a la solución

Para entender el funcionamiento de los sistemas VoIP es importante entender el modelo de capas en que se basa:

- En primer lugar, se precisa de una **capa de nivel de red** que proporcione los servicios básicos de esta naturaleza, en general: **conectividad IP**.
- En segundo lugar se precisa de un **protocolo de señalización** de llamadas, es decir, un medio para que los dispositivos de un sistema VoIP (teléfonos y centralitas) tengan la capacidad de solicitar, procesar (contestar, cancelar, redirigir, etc...) y entablar llamadas.
- Un **protocolo de conversión (codificación) de audio a datos**, a través del cual lograr encapsular el sonido real de una conversación en un flujo (*o stream*) de datos que, con mayor o menor calidad, sea capaz

de ser representado en el otro extremo. Esta labor la desempeñan los **codecs**: entidades software o hardware de propósito exclusivo para la conversión de audio a formato digital y viceversa.

- Por último, también es necesario un **protocolo para el transporte de este flujo de datos binarios** entre dos entidades (teléfonos, centralitas, etc...), una vez establecida la comunicación (labor responsabilidad del protocolo de señalización).

A la hora de dar respuesta a la necesidad de unas nuevas centralitas basadas en Voz sobre IP (VoIP) no faltan las alternativas en el mercado, dado que todos los fabricantes prepararon hace ya algún tiempo el camino hacia este tipo de tecnología, mucho más escalable, ubicua y económica.

A pesar de existir cierto número de estándares abiertos en el ámbito de los protocolos mencionados anteriormente, también es una realidad que la aproximación que está realizando la industria a los mismos tiene como factor común el **enfoque propietario** al uso de los mismos, o incluso optando en algunos casos por el uso de **protocolos propietarios** directamente en alguna de las capas para evitar la influencia de la libre competencia a la hora de actualizar/ampliar una solución de un fabricante dado.

En cualquier caso, uno de los factores más limitantes a la hora de implementar cualquier solución VoIP de fabricantes tradicionales de centralitas (Nortel, Avaya, Siemens, Ericsson, etc..) es el **modelo de pago de licencia por extensión** ya sea implementando dicha licencia sobre el teléfono o sobre los propios canales disponibles en la centralita, en el caso de uso de teléfonos estándar (no propietarios).

2.4.2 Linux + Asterisk como plataforma

Ante los requisitos detallados previamente en el capítulo anterior y la situación real de mercado, se desarrolla una solución basada en **software libre**, que abarca el problema en su globalidad, con implicaciones en la infraestructura tecnológica corporativa, así como en el modelo de financiación del servicio.

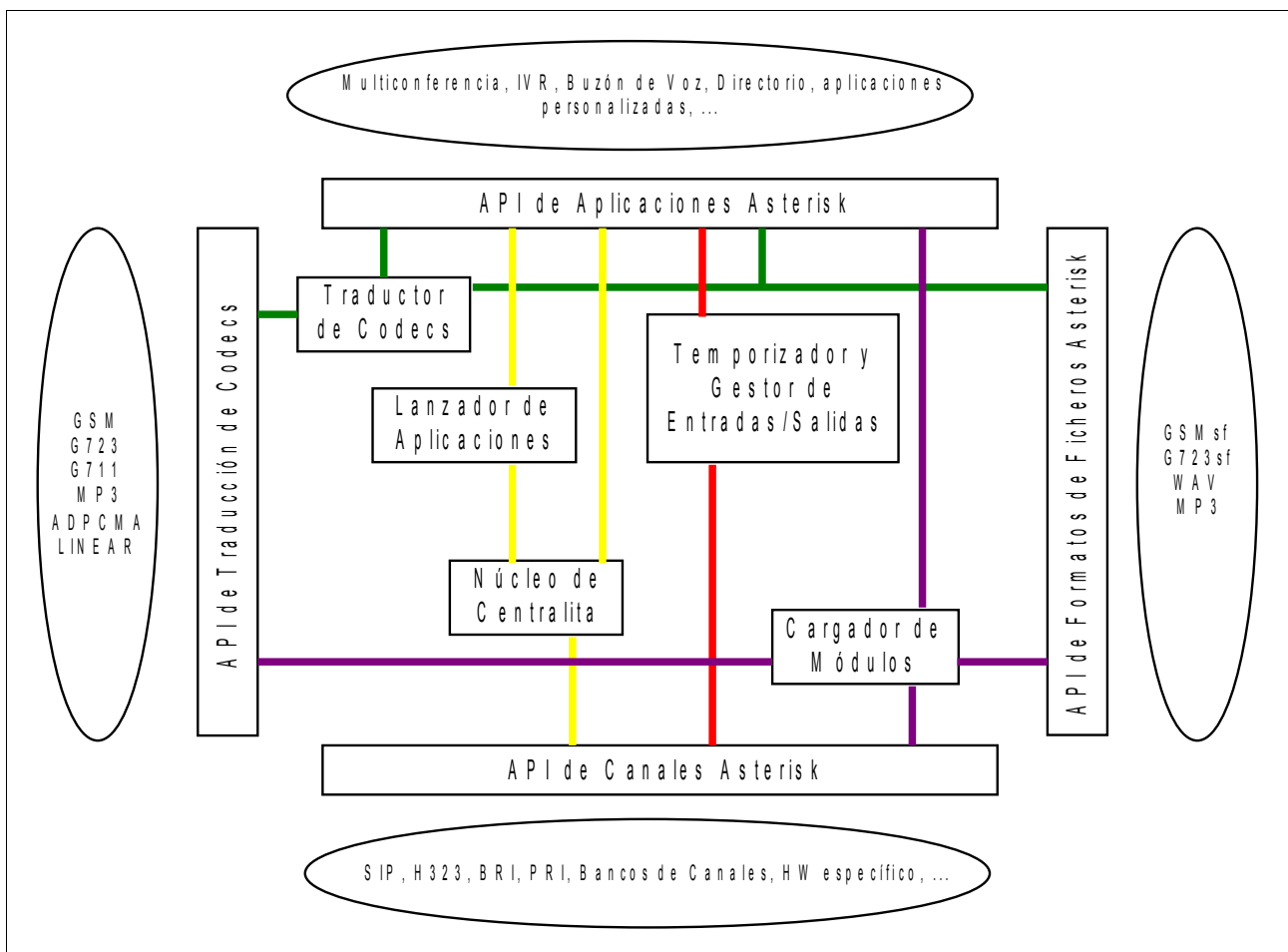
El punto central de la propuesta, además del nuevo modelo de contratación del servicio con el operador u operadores de red telefónica conmutada, lo constituye la elección de **Asterisk** como cerebro del sistema.

Asterisk es la **iniciativa libre** surgida del trabajo de una creciente comunidad de usuarios y empresas comprometidas con el movimiento y los principios del *software libre*.

Entre las principales ventajas de Asterisk como elección se puede destacar:

- **Asterisk funciona sobre Linux**, plataforma líder indiscutible en lo que a sistemas abiertos se refiere, y cuya estabilidad, extensibilidad y alto rendimiento la hacen ideal para proyectos como el que nos ocupa.
- **Asterisk se distribuye bajo GPL** (al igual que Linux), lo cuál garantiza una serie de libertades fundamentales sobre el código y uso de la solución que dotan al usuario de la misma de independencia y garantía de futuro, libre de toda especulación comercial que pueda producirse en el sector.
- **Asterisk tiene capacidad de integración tanto con telefonía IP (VoIP) como con telefonía tradicional (POTS)** de forma que encaja de forma ideal en sistemas puente entre los dos mundos como el que se perfila en esta propuesta.
- **Asterisk soporta protocolos de señalización estándares e interoperables**, lo que significa independencia del proveedor. Los protocolos más populares en este ámbito son H.323, SIP e IAX2, los cuales se analizarán en profundidad en una fase posterior del proyecto para fundamentar una elección alineada con el resto de requisitos del proyecto. Por otra parte, Asterisk ha desarrollado, a través de *ingeniería inversa*, soporte para protocolos de señalización propietarios como es el caso de SCCP (Skinny) de Cisco Systems, lo cuál redundará en su capacidad de integración en entornos pre-existentes.
- **Asterisk soporta e incluye la mayor parte de codecs estándar** como son G.711 (ulaw y alaw), GSM, G.726, G.729 (existe una versión de pago de mayor calidad que la incluida en la distribución estándar).
- **Asterisk es mucho más que una centralita software tradicional.** Su carácter modular hace que sea más adecuado considerarlo un *framework* o entorno de desarrollo para aplicaciones y servicios relacionados con la telefonía.

La arquitectura de Asterisk está basada en **subsistemas** que interaccionan entre ellos a distintos niveles, y los cuales dan acceso tanto a las funcionalidades que percibe el usuario (también llamadas **aplicaciones** en la terminología Asterisk, como a los dispositivos (también denominados **canales**) y las diferentes actividades de conversión de audio (también llamadas, de forma general, **transcoding**).



Dibujo 1: Esquema de subsistemas de Asterisk

Una de las ventajas fundamentales de Asterisk es la existencia de un **API abierto** para el desarrollo rápido de aplicaciones (servicios) en múltiples lenguajes, denominado **AGI** (Asterisk Gateway Interface), que permite integrarlo fácilmente con bases de datos y cualquier otro sistema de información de la organización. Así mismo existe un API para el acceso a las funciones de administración denominada **AMI** (Asterisk Manager Interface).

Una relación no exhaustiva de las “aplicaciones” incluidas *de serie* en Asterisk:

- Sistema de Menú en Pantalla
- Receptor de Alarmas
- Adición de Mensajes
- Autenticación
- Atención de llamada Automática
- Listas Negras
- Transferencia Ciega
- Transferencia con Consulta
- Registro de detalles de llamada
- Reenvío de llamada en ocupado
- Reenvío de llamada en No-disponible
- Reenvío de llamada variable
- Monitorización de llamadas
- Aparcamiento de llamada
- Sistemas de Colas
- Grabación de llamadas

- Recuperación de Llamadas
- Enrutamiento de Llamadas (DID & ANI)
- Escucha de Llamadas
- Transferencia de Llamadas
- Llamada en Espera
- Identificación de Llamada
- Bloqueo por identificación de llamada
- Tarjetas prepago
- Multiconferencia
- Almacenamiento / Recuperación en BBDD
- Integración con BBDD
- Llamada por Nombre
- Sistema de Acceso directo entrante
- Timbre personalizable
- No molestar
- Recepción y Envío de FAX
- Lógica de extensiones Flexible
- Listado de directorio Interactivo
- Respuesta de Voz Interactiva (IVR)
- Agentes de llamada Locales y Remotos
- Macros
- Música en Espera
- Música en Espera en transferencia
- Sistema de MP3 configurable
- Control de Volumen
- Marcador Predictivo
- Privacidad
- Protocolo de establecimiento abierto (OSP)
- Conversión de protocolo
- Captura de Llamadas
- Extensiones móviles
- Enrutamiento por Identificador de llamada (caller-id)
- Mensajería SMS
- Sistema TextToSpeech
- Emisión de Letras y Números
- Detección de Voz
- Llamada a tres
- Fecha y Hora
- Traducción de Codec
- Trunking
- Pasarelas VoZIP
- Sistema de Buzón de Voz
- Indicador visual de mensaje no escuchado
- Indicador sonoro de mensaje no escuchado
- Mensajes del Buzón de Voz a Email
- Grupos de Buzón de Voz
- Interfaz Web de acceso al Buzón de Voz
- Identificación de llamada en Llamada en Espera
- Soporte de oficina Remoto

Además de las aplicaciones incluidas en la versión *estándar*, al tratarse de una arquitectura completamente modular existe un gran repositorio de **plugins**

disponibles para un gran número de necesidades (vídeo-vigilancia, lectores de correo vía teléfono, etc...).

Asterisk es un proyecto **open source** patrocinado por la empresa **Digium Inc.** propiedad de **Mark Spencer**, creador de la primera versión y, en la actualidad, principal coordinador del trabajo que viene realizando la comunidad de desarrolladores, a imagen y semejanza de Linus Torvalds en el desarrollo de Linux.

El negocio principal de Digium Inc., además de una versión de pago (al estilo RedHat) de Asterisk (Asterisk Business Edition), es la fabricación de tarjetas de telefonía compatibles con Asterisk así como posee una división dedicada a la formación, a través de la cuál promueve y auspicia la certificación dCAP, que proporciona a la industria un estándar de cualificación de profesionales de experiencia contrastada.

En el caso de las tarjetas de telefonía (conexiones tipo FXS/FXO para líneas analógicas y digitales: ISDN BRI y PRI, en configuraciones múltiples), las especificaciones también son abiertas, de forma que existen bastantes empresas que comercializan **tarjetas compatibles con Asterisk**, en muchos casos compartiendo incluso los mismos *drivers*.

2.4.3 Arquitectura propuesta

Se propone una **arquitectura de servicio distribuida** (una centralita en cada edificio) y **redundada** (cada centralita configurada en *cluster activo-pasivo*). Las centralitas estarán basadas en Linux y se implementarán sobre **servidores multiprocesador de gama alta** basados en procesador Intel Xeon y sobredimensionamiento en cuanto a memoria RAM (8 Gb), de forma que se garantice la calidad de servicio en momentos de máxima afluencia de llamadas.

Para la provisión externa del servicio se propone un cambio de modelo de contratación, evolucionando desde el actual, basado en servicios, a uno nuevo basado únicamente en cuotas de conexión de enlaces y coste de llamadas. De esta forma se reducirá drásticamente la factura mensual al tarifarse únicamente las **llamadas cursadas**, sin producirse cargo alguno por el número de extensiones desplegadas (a excepción de la **cuota por línea y por DDIs** o números de teléfono asociados al servicio, que en función del volumen de llamadas es bastante posible negociar con el operador a **coste cero**).

Ante el problema del **plan de numeración** actual (excesivo fraccionamiento), y en virtud de un plan de migración que evite problemas y provea de un periodo de transición con funcionamiento en paralelo de ambos sistemas, nuevo y antiguo, se propone solicitar al proveedor de telefonía un **nuevo rango de 400 DDIs** (números de teléfono) consecutivos, repartiendo 200 a cada centro, siguiendo algún tipo de regla nemotécnica que permita identificar de forma rápida el centro al que pertenece cada extensión.

Para el caso de la **telefonía móvil**, se propone la negociación con el proveedor de telefonía habitual (u otro diferente en el caso de no disponer éste de oferta móvil, o en el caso de obtener mejores tarifas de un tercero) la configuración de todos los terminales móviles en forma de **red privada virtual móvil** con **numeración corta**, además de la instalación de un **enlace dedicado para tráfico fijo-móvil** integrado con las nuevas centralitas, con tarificación especial para este tipo de llamadas (tarifa móvil-móvil). En el caso del tráfico entre los móviles de la empresa y el tráfico desde y hacia las extensiones fijas de la red de la empresa, se solicitará la **tarificación** del mismo como **llamadas internas**, que en función del volumen de negocio, podrían llegar a concertarse a **coste cero** o muy reducido. La numeración corta de estos teléfonos móviles se integrará en el nuevo plan de numeración.

En función del volumen de llamadas previsto y del número de extensiones proyectado se propone la instalación de 2 enlaces primarios ISDN PRI (30 llamadas simultáneas en cada uno) para el tráfico fijo-fijo en cada edificio, así como de un enlace primario ISDN PRI para el tráfico fijo-móvil, así como para el tráfico interno móvil-fijo. Estos seis enlaces (3+3) se configurarán en **modo agrupado**, de forma que se pueda establecer un **plan de contingencia** que contemple el reencaminado total del tráfico en el caso de desconexión total de un edificio.

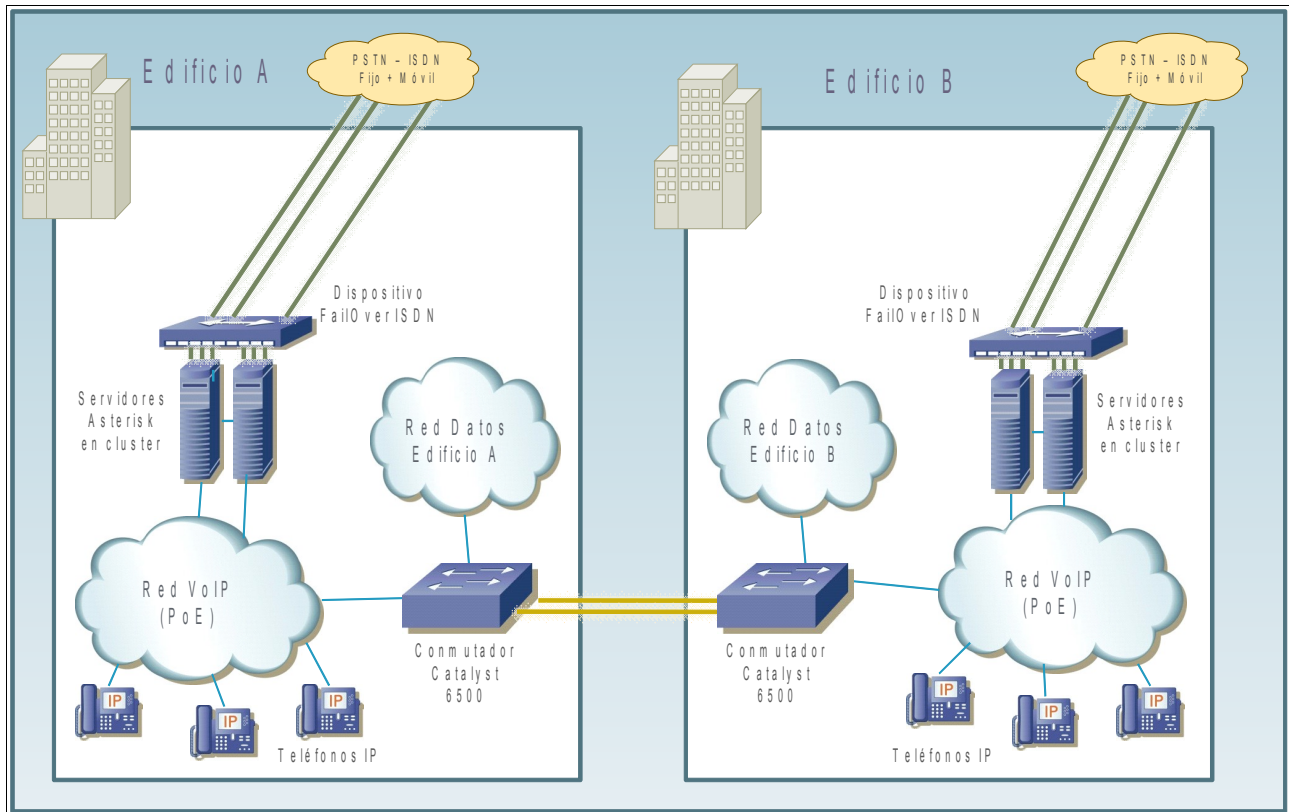
La implementación de estos 3 enlaces por centro será a través de **tarjetas Digium 4xPRI** de forma que aún quede libre un interfaz para el posible crecimiento futuro de los enlaces al exterior, y cada pareja de servidores (*cluster activo-pasivo*) empleará un **dispositivo de conmutación** de dichos enlaces primarios en caso de caída del servidor activo.

En el caso de los terminales, será necesario sustituir el parque actual por **terminales IP**. Para ello, y dado que Asterisk es compatible con la totalidad de equipos existentes en el mercado, se procederá a una fase de **evaluación y homologación de terminales** que cubran las necesidades de la empresa y se ubiquen en un rango de precio aceptable por la misma.

La elección de un modelo de teléfono determinará el **sistema de provisionamiento** de los teléfonos, dado que el interfaz de configuración varía mucho de unos fabricantes a otros.

Para el despliegue de la red que dará soporte a estos terminales y a las centralitas Asterisk se aprovechará la infraestructura **actual solo en el caso de la interconexión de centros**, que ya está perfectamente consolidada. Para el resto de tráfico, y con el fin de garantizar la seguridad y la mejor calidad de servicio posible se propone la instalación de sendas **redes independientes con soporte POE** (Power Over Ethernet) que permitirá la conexión de teléfonos IP sin necesidad de fuentes de alimentación, siendo estos alimentados desde los propios conmutadores (de bajo coste) que conforman las mencionadas redes VoIP independientes.

Un vista esquemática de la arquitectura propuesta, con el detalle de los dos edificios y su interconexión:



2.4.4 Desarrollo del proyecto

Se propone la ejecución del proyecto siguiendo el modelo tradicional de fases:

- Análisis y diseño
- Implantación y pruebas

En la **fase de análisis y diseño** se habrán de concretar tres tareas principales:

- Diseño del nuevo **plan de numeración telefónica y direccionamiento IP** del sistema
- Se procederá a un proceso de **selección y homologación de terminales IP** que ofrezcan el nivel de calidad de audio, ergonomía y amplitud de gama que la empresa precisa. Para ello se desplegará una pequeña maqueta de centralita y una batería de teléfonos de prueba sobre los cuales desarrollar las pruebas necesarias.
- Se **estudiará la topología y arquitectura** tanto de la **electrónica de red** como del **cableado estructurado** de la empresa con el objetivo de

plantear una **estrategia de despliegue** y migración (transición) a la nueva solución.

- Se diseñará la **arquitectura de sistemas** (servidores) tanto hardware como software, más adecuada en función de los requerimientos anteriormente expresados.
- En lo que se refiere a **implementación de funcionalidades** se elaborará un **catálogo de servicios** tanto **internos** (proporcionados por la centralita) como **externos** (proporcionado por un servidor de aplicaciones) y los mismos serán implementados tanto en la configuración de Asterisk (principalmente en el **Dialplan**) como en la intranet de la organización.

En la **fase de implantación** se habrán de concretar el resto de tareas:

- Despliegue de la **nueva red VoIP-POE**, teniendo en cuenta especialmente las cuestiones de transición y mínimo impacto en desarrollo del servicio actual.
- Instalación y configuración de los **servidores** y el *hardware* de comunicaciones.
- Diseño del sistema de **provisionamiento de teléfonos**.
- **Configuración** en función de la arquitectura y el plan de numeración **de las centralitas Asterisk**.
- **Interconexión** vía IP de las centralitas Asterisk.
- **Integración de las líneas de telefonía móvil** en las centralitas Asterisk.
- Desarrollo de **aplicativos** de Intranet.

Una **fase de pruebas** final incluirá:

- **Verificación de todas las funcionalidades** y todas posibilidades de tráfico de voz (llamadas, interna-interna, interna-externa, externa-interna, interna-móvil, etc...).
- Prueba exhaustiva del **plan de contingencia**, en caso de fallo de cualquier elemento.
- **Pruebas de carga y stress** a los servidores.

El **desarrollo** de todas estas fases se estima **en un periodo total de 7 semanas**, divididas en los siguientes periodos:

- **Análisis y diseño:** 2 semanas
- **Implantación:** 4 semanas
- **Pruebas:** 1 semana

Para llevar a cabo todas las labores descritas en el presente proyecto, se plantea destinar al mismo los **recursos humanos** necesarios, en base a los siguientes **perfiles**:

- **1 Jefe de Proyecto:** cuya responsabilidad será la de definición de objetivos, asignación de recursos y dirección en general del proyecto, así como de todo el personal destinado al mismo. Será también responsabilidad suya la interlocución continua con el cliente para garantizar la convergencia del trabajo desarrollado con los objetivos del mismo. Esta persona desarrollará la mencionada labor en régimen de dedicación parcial, pero a disposición continua por parte del cliente.
- **1 Analista de Sistemas:** su responsabilidad será la de definir procesos, configuraciones y aspectos relativos a los servicios de telefonía y arquitectura de red, así como servir de apoyo al proceso de despliegue de la solución. Dado el profundo conocimiento preciso de las cuestiones de telefonía y comunicaciones para el desarrollo de estas tareas, se plantea como perfil ideal para este puesto de una persona a dedicación plena con titulación de Ingeniero en Telecomunicaciones, con certificado de aptitud dCAP (certificación emitida por Digium Inc.).
- **1 Técnico de Sistemas:** su responsabilidad se centrará en las labores de configuración de servidores, servicios básicos (dns, dhcp, servidor web, etc...), electrónica de red, despliegue de teléfonos, etc, así como en apoyar al analista de sistemas en todas las tareas de desarrollo, implantación y pruebas. Para el desempeño de las mencionadas funciones se propone una persona con titulación de Ingeniero en Informática o equivalente.

2.4.5 Presupuesto inicial

Para el desarrollo del proyecto se establece un **presupuesto inicial de 116.300 €**, desglosado en las siguientes partidas:

1. Hardware

- Servidores:
 - 4 x 3.000 €
- Tarjetas telefonía ISDN 4 PRI:

- 4 x 2.000 €
 - Dispositivos failover ISDN:
 - 2 x 600 €
 - Red local LAN POE:
 - 22 x 450 € + 4 x 400 €
- 2. Teléfonos IP** , dependiendo de la elección del cliente (100-180 € / unidad)
- 400 x 130 € (estimación)
- 3. Consultoría y asistencia técnica**
- 1 jefe de proyecto (40 horas x 90 € / hora)
 - 1 analista de sistemas (280 horas x 60 € / hora)
 - 1 técnico de sistemas (280 horas x 40 € / hora)

En resumen:

Hardware:	32.700 €
Teléfonos IP:	52.000 € (est.)
Consultoría y asistencia técnica:	31.600 €
TOTAL:	116.300 €

Nota: el total de la partida de equipos terminales (Teléfonos IP) se basa en una estimación de precio medio de 130 € / unidad. El precio definitivo será concretado a partir del proceso de selección y homologación de terminales por parte del cliente en la fase de análisis y diseño.

2.4.6 Presentación de la propuesta al cliente

Como paso final de la elaboración de la solución propuesta se prepara una **presentación comercial** al cliente, apoyada con una proyección de diapositivas, que analiza de forma gráfica las consideraciones estratégicas adoptadas para la toma de la decisión, así como muestra la arquitectura propuesta y da idea del alcance, a nivel de recursos y presupuesto inicial, de la misma.

La mencionada presentación de diapositivas, de carácter comercial, se incluye en el **Anexo II**, al final de este trabajo.

3 Análisis y Diseño

A lo largo de esta fase se desarrollarán cada una de las tareas definidas en el estudio de viabilidad. Además de mostrar la solución elegida, en la mayor parte de los casos, se valorarán las alternativas posibles y sus implicaciones.

3.1 *Nuevo modelo de servicio*

Dado que uno de los principales problemas del servicio actual es la poca escalabilidad del servicio y a la vez los **altos costes recurrentes** del mismo al depender éstos del número de extensiones instaladas, se plantea un nuevo modelo basado en **costes fijos de implantación** del nuevo parque de equipos terminales (teléfonos IP), y por otra parte, la contratación con el operador telefónico de los enlaces y las llamadas cursadas exclusivamente.

Por cuestiones de evolución y marco de competencia en el mercado, gran parte del volumen de llamadas se está moviendo hacia el segmento de la telefonía móvil. Tradicionalmente, el servicio de conexión a la red telefónica venía siendo proporcionado por lo que hoy conocemos como operadores fijos, siendo tarifado el tráfico entre la red fija de la empresa, y cualquier teléfono móvil con un sobrecoste con respecto a los precios habituales entre el mismo o diferentes operadores móviles. Es por ello que resulta más que interesante establecer un doble acuerdo de conexión tanto con un proveedor de telefonía fija como con uno de telefonía móvil (que en la práctica puede ser la misma empresa, en el caso que opere en ambos mercados).

El medio de conexión a ambos proveedores es el mismo: **accesos primarios ISDN** dedicados (30 canales o llamadas simultaneas).

Por cuestiones de dimensionamiento de tráfico y tolerancia a fallos, se propone la contratación de **dos enlaces ISDN PRI por centro al operador de telefonía fija**, y **un enlace por centro al operador de telefonía móvil**, configurándolos en **modo agrupado**, de forma que los cuatro, o los dos, formen una unidad capaz de desbordar tráfico de un enlace al siguiente del grupo, así como comportarse de forma tolerante a fallos, en caso de fallo de alguno de ellos.

Al operador de telefonía fija seleccionado se le solicitará uno o varios **nuevos rangos de numeración consecutiva** para uniformar los números de teléfonos de ambas sedes, y de forma adicional, servir de medio para el periodo transitorio entre ambos sistemas.

Dentro del plan de integración de servicios con el operador móvil se encuentra la **red privada virtual móvil (RPVM)** que posibilitará que los teléfonos móviles de los empleados que se considere, se integren en el plan de numeración de la empresa, con **numeración corta**, y cuyo tráfico, cuando su destino sea otro móvil corporativo o una extensión fija de la empresa, sea

consideración de llamadas internas, con una política de precios diferenciado (que en función del acuerdo comercial con el operador móvil podría llegar a ser coste cero).

En el caso de la interconexión de las dos centralitas, ya no es necesario un enlace dedicado de la compañía telefónica, sino que se utilizará la propia infraestructura de datos de la empresa, que ya se encuentra completamente consolidada, y en principio, sobradamente dimensionada para transportar el tráfico de voz.

Es evidente que tanto la inclusión del operador móvil como la eliminación de la conexión dedicada entre centralitas supone una gran fuente de ahorro en lo que se refiere a costes recurrentes.

3.2 Arquitectura de red

3.2.1 Situación de partida

En la actualidad, la empresa dispone de una red local de altas prestaciones basada en conmutadores **Cisco Catalyst de las series 6500 y 4500**, configurada en sendas estrellas (una en cada centro), de forma que en los CPD se ubican 2 conmutadores Catalyst 6509, unidos redundantemente entre ellos, y en el repartidor de cada planta se ubica un conmutador Catalyst 4506, unido por fibra óptica a cada uno de los dos conmutadores centrales, de forma que siempre existe doble conectividad con el *core* de la red, en una configuración tolerante a fallos basada en el algoritmo de encaminamiento y eliminación de bucles *spanning-tree*.

Desde estos repartidores de planta, parten las conexiones a los usuarios a través del **cableado estructurado horizontal** de la empresa, que finaliza en rosetas estandarizadas con 3 salidas en cada puesto, etiquetadas, en su momento, como **V (voz), D (datos) e I (imagen)**.

El cableado estructurado que da servicio a estas tomas está centralizado en los mencionados repartidores de planta, desde donde parten cables de 8 hilos de cobre en par trenzado Cat. 5, y se ofrece un interfaz de conexión numerado e identificado para establecer los *parcheos* necesarios.

Desde el CPD, y hacia estos centros de reparto en plantas, parte el **cableado estructurado vertical** de la empresa, que consiste en:

- **4 enlaces de fibra óptica multimodo** para la interconexión de los Catalyst 4500 de planta con los Catalyst 6500 del CPD (2 enlaces se encuentran en modo reserva)
- **50 pares de cobre** independientes por planta para la centralita MD-110 y sus extensiones (que posteriormente se parchean en el centro de reparto de planta con su roseta V correspondiente)

- **10 enlaces de par trenzado** Cat. 5 de 8 hilos, que en la actualidad no se utilizan y se dejaron disponibles en caso de algún tipo de problema de la red de fibra óptica.

La conexión, a nivel 2, entre los conmutadores Catalyst es de **GigabitEth** (en el caso de los dos 6500 existen 4 enlaces GigabitEth agregados), y entre los conmutadores de planta y los puestos de usuario es **Fast Ethernet** (100 Mbps).

La unión de las redes de ambos centros se realiza por dos enlaces diferentes (uno propio y otro contratado a un operador) GigabitEth, que en la actualidad se encuentra por debajo del umbral del 10% de utilización.

3.2.2 Diseño de la red de voz

A la hora de plantear la conexión de los teléfonos IP a la red, existen varias posibilidades:

1. Conexión directa a la infraestructura actual de redundancia
2. Establecimiento de una nueva red separada

Es importante remarcar, llegados a este punto, las especiales características del tráfico IP que da soporte a los servicios de voz en un sistema VoIP:

- Las llamadas, aún usando un *codec* de alta calidad como G.711 (más adelante se analizarán los distintos *codecs* y protocolos de señalización), utilizan un **ancho de banda** equivalente a unos **100 Kbps** por conversación
- Las llamadas VoIP son muy sensibles a cualquier retardo o desorden de llegada de los paquetes RTP (los que transportan los datos de audio), el retraso máximo aceptable se sitúa en torno a los 100 ms. Estos retardos producen que el *codec* en cuestión descarte los paquetes afectados y se produzca una caída sensible en la calidad del audio de la conversación en un efecto denominado **jitter**.
- Cualquier problema en la red de datos (en el caso de ser compartida con la de voz) como una reconfiguración del *spanning-tree*, un uso masivo de recursos, como un *ftp*, o un programa P2P incontrolado, pueden tener un efecto directo en el *jitter* de las conversaciones de voz simultaneas.

Para paliar esta última cuestión existen soluciones que pueden implementarse de forma independiente o simultaneamente:

- Utilizar VLANs diferentes para cada uno de los tráficos, de forma que problemas de reconfiguraciones (en el caso de usarse *per-vlan-spanning-tree*), etc, no afecten al tráfico de voz
- Utilizar las capacidades de *QOS (Quality of Service)* de la infraestructura común de red, de forma que se priorice el tráfico de la VLAN de voz sobre cualquier otro tráfico

Una funcionalidad bastante habitual en las redes VoIP es el uso de unas extensiones al protocolo Ethernet para el soporte de alimentación (*power*) a través del mismo cable de red, de forma que cualquier dispositivo, por el hecho de disponer de conexión de red, dispone simultáneamente de la alimentación necesaria para su funcionamiento, a través de un único cable. A esta funcionalidad se la denomina **Power Over Ethernet (POE)**, y es de especial utilidad en despliegues como el que nos ocupa, debido al ahorro que supone no tener que adquirir fuentes de alimentación para cada teléfono, y una innegable ventaja a nivel de espacio y complejidad en el escritorio del usuario.

En cualquier caso, y dada la red de partida, ampliar la capacidad de conexiones en los conmutadores Catalyst actuales es una opción de coste económico elevado, y en algunos casos, implicaría la ampliación física del chasis del conmutador, al ser necesario incluir nuevos módulos de puertos 10/100. La tarjetas Cisco con soporte POE son aun mucho más caras.

A la vista de la problemática anteriormente descrita, y en base a la infraestructura ya existente a nivel de cableado estructurado, se propone la instalación de una red paralela, en forma de estrella, a base de conmutadores con soporte POE y puertos de conexión Fast Ethernet (100 Mbps) de cara al usuario, y conexión GigabitEth de cara al punto central de la estrella (que no precisa tener soporte POE, dado que no se conectarán teléfonos IP al mismo).

Existen en el mercado conmutadores de bajo coste con estas características, como los comercializados por Linksys (una marca paralela de Cisco), que con densidades de 24 puertos POE se encuentran por debajo de los 500 € por unidad. Los conmutadores centrales, con doble densidad de puertos (48 10/100/1000 no POE) se encuentran en el mercado en torno a los 400 €.

En función de la distribución de extensiones por edificio (200) se decide instalar en cada centro:

- 10 conmutadores “Linksys SRW224P 24 Port 10/100 Switch with POE + (2) Gigabit”
- 1 conmutador “Linksys SRW2048 48-port 10/100/1000”



Conmutadores Linksys utilizados para el despliegue de la red VoIP

Por cuestiones de mantenimiento y *stock*, se decide adquirir una unidad más, por centro, de los anteriores modelos, para un reemplazo rápido en caso de rotura de algún elemento.

El conexionado desde el centro de la estrella (en el CPD) hasta los repartidores de planta se realizará a través de los enlaces de par trenzado Cat. 5 que actualmente se encuentra sin utilizar, y el de los teléfonos al centro de reparto de planta, se hará usando la toma I (imagen) de cada roseta.

La conexión entre edificios se hará utilizando la infraestructura actual interconectando ambas estrellas VoIP a los conmutadores Catalyst 6509 de cada sede, creando para la ocasión una VLAN específica para la nueva red, de forma que la conexión en ambos centros de las nuevas redes a un puerto del mencionado conmutador Catalyst configurado con dicha VLAN constituye una unión a nivel 2 de las mismas. De esta forma se logra, utilizando la red actual de la empresa como transporte, la unión de las dos redes de voz en una sola.

La definición de la red VoIP como VLAN específica en los conmutadores Catalyst corporativos, permite la conexión eventual a la misma (configurando el puerto correspondiente con la mencionada VLAN) de dispositivos (teléfonos, sistemas de monitorización, etc...) en el caso de ser necesario y no disponer de una conexión más directa a dicha red.

Para su interconexión (la red de voz es una red separada pero no aislada), se definirá una dirección de *routing* en los conmutadores Catalyst 6500 perteneciente a la mencionada VLAN, de forma que pueda servir como salida hacia el exterior (y el resto de los servicios de la empresa) a los teléfonos, y a su vez, sirva para hacer alcanzables a los teléfonos desde la red de datos (por ejemplo, para que la Intranet pueda desencadenar llamadas contactando directamente con los terminales).

3.3 Plan de numeración y direccionamiento

La estimación de 200 extensiones por centro permite diseñar un plan de direccionamiento IP para la nueva red que comprenda el equivalente a 2 clases C (2 x 255 direcciones IP posibles). Para facilitar la configuración del sistema y el tráfico directo entre teléfonos sin necesidad de atravesar ningún elemento de red de nivel 3 (*routing*), con lo que se evita un punto de fallo adicional, se decide configurar una red IP consistente en la agregación de dos clases C con una máscara de red 255.255.254.0 (o lo que es lo mismo, una red con prefijo /23).

También en función del número de extensiones necesarias y el reparto de estas en los dos centros (200 por sede), se decide, para facilitar la gestión de las direcciones y la numeración telefónica, utilizar los 4 últimos dígitos de la dirección IP como extensión, solicitando para ello al operador de telefonía fija dos rangos consecutivos de 300 DDI's (números de teléfono) empezando cada uno de ellos por un número finalizado en 000.

Rangos asignados por el operador fijo:

9X XXX 40 00 a 9X XXX 42 99	extensiones 4000 a 4299
9X XXX 50 00 a 9X XXX 52 99	extensiones 5000 a 5299

Lo que permite establecer, usando direcciones privadas, un plan de direccionamiento IP coincidente con DDI del tipo:

192.168.4.000 a 192.168.4.199	extensiones 4000 a 4199
192.168.5.000 a 192.168.5.199	extensiones 5000 a 5199

Plan de Direccionamiento

Quedando todas la direcciones bajo la red 192.168.4.0/23 (255.255.254.0), y dejando reservadas las direcciones IP superiores a la .199 para servidores, conmutadores, otros dispositivos, etc...

Las extensiones superiores a la mencionadas 4199 y 5199 (200 extensiones) quedarán libres para servicios que no precisen dirección IP asociada, como colas de espera, sistemas de buzón de voz, salas de multiconferencia, extensiones de teléfonos móviles, etc.

A partir de los rangos anteriores, y teniendo en cuenta cuestiones mnemotécnicas, se define el siguiente plan de numeración

Ext. 4000 a 4199	Extensiones fijas sede A
Ext. 4200 a 4299	Servicios varios (colas, salas, etc..)
Ext. 5000 a 5199	Extensiones fijas sede B
Ext. 5200 a 5299	Extensiones móviles

Plan de Numeración

3.4 Selección de protocolos y codecs

A la hora de implementar físicamente los dispositivos de voz en la red es necesario definir que protocolos se utilizarán en el despliegue de la solución.

La pila de protocolos necesarios para implementar un servicio VoIP comprende las siguientes capas:

1. Nivel físico:

- En este caso la elección es clara: **Ethernet** (Fast Ethernet en el caso de los teléfonos, GigabitEth en el caso de la red core y las centralitas).

2. Nivel de red:

- En este caso también la elección es clara: **IP**

3. Señalización

- Es en este ámbito donde existe real competencia en el mercado. Si hablamos de estándares abiertos (uno de los requerimientos del proyecto) es necesario descartar opciones propietarias como MGCP y SCCP, de Cisco. En el mundo de los protocolos de señalización abiertos los principales competidores son actualmente:
 - **H.323**: es el protocolo más veterano y probablemente más completo. Está completamente definido pero adolece de algo de

flexibilidad. En un principio se orientó a servicios de videoconferencia, y de ahí su excelente soporte de video.

- **SIP**: es el más extendido con diferencia, y aunque no está completamente definido, goza de suficiente flexibilidad para funcionar en multitud de escenarios. En su ventaja, existen una gran variedad de terminales compatibles SIP.
- **IAX**: desarrollado como parte del proyecto Asterisk, soluciona mucho de los problemas cotidianos de los dos anteriores, y sirve de base para una interconexión sólida entre centralitas Asterisk, de forma que cubre todas las necesidades de este entorno, eliminando toda la complejidad extra, así como proporciona un sistema muy sencillo de puertos, que en la práctica permite usar los sistemas VoIP a través de de todo tipo de configuraciones NAT, algo impensable con H.323 y SIP. Aun no existen en el mercado una gama representativa de terminales que implementen IAX.
- En general, Asterisk soporta los tres protocolos de señalización mencionados, con especial madurez en la implementación de SIP e IAX. Es por ello, que se opta por **SIP como protocolo de señalización a utilizar entre los terminales y la centralita Asterisk, e IAX como protocolo de señalización para el traspaso de llamadas entre las centralitas** de ambas sedes. El uso de IAX para este tipo de tráfico permite reducir el ancho de banda necesario gracias a la funcionalidad de *trunking IAX*, que encapsula la señalización de múltiples conversaciones bajo un único grupo de cabeceras, reduciendo sensiblemente el ancho de banda necesario para la interconexión de centralitas.

4. Codificación (*codec*)

- En el mundo de los *codecs* la cuestión es qué relación ancho de banda / calidad se desea obtener. Los *codecs* G.711 (tanto en versión *alaw* como *ulaw*) permiten una calidad similar a la producida por los sistemas analógicos, pero con la contraprestación de un consumo de ancho de banda relativamente alto. *Codecs* como GSM (ampliamente utilizado en las redes de telefonía móvil), G.726 y G.729 (teniendo este último algún problema de patentes) permiten reducir el ancho de banda necesario, siempre a costa de reducir la calidad. El ancho de banda necesario estimado usando dichos *codecs* se resume en la siguiente tabla:

Codec	Ancho de Banda teórico	Ancho de Banda real sobre Ethernet
G.711	64 Kbps	87.2 Kbps
GSM	13 Kbps	22 Kbps

G.726	32 Kbps	55.2 Kbps
G.729	8 Kbps	31.2 Kbps

Tabla de codecs y consumo de ancho de banda

- Hay que tener en cuenta que estas cifras han de interpretarse en cada sentido de la comunicación, si bien es cierto que durante las mismas, es poco habitual que ambos interlocutores hablen simultáneamente, y que durante una conversación habitual se producen múltiples silencios que todos estos *codecs* detectan convenientemente y no se transmite nada durante ellos.
- Parece razonable utilizar **G.711 alaw** (la versión europea de G.711) debido a su mayor calidad de audio, a pesar del alto consumo de ancho de banda de este *codec*, dado que la red diseñada soportaría, aun con estas cifras, centenares de llamadas simultaneas sin problemas de congestión.

3.5 Arquitectura de servidores y comunicaciones

Para el desarrollo de los sistemas que darán soporte a las centralitas se tendrán en cuenta los criterios habituales: **eficiencia, escalabilidad, seguridad y tolerancia a fallos**. Siguiendo dichos principios se habrán de definir los siguientes elementos:

- Plataforma *hardware* de los sistemas
- Sistema operativo base para el desarrollo de los mismos
- *Hardware* específico de comunicaciones (interfaces ISDN PRI)
- Soluciones de tolerancia a fallos

3.5.1 Plataforma *hardware*

En el caso de la plataforma *hardware*, la empresa tiene un acuerdo comercial con el fabricante de PCs y servidores DELL, de forma que parece razonable

proponer una configuración dentro de las ofrecidas por el mencionado proveedor.

Las características que ha de cumplir el sistema elegido son:

- Alta fiabilidad y construcción robusta
- Buena capacidad de I/O tanto a disco como a red
- CPU o CPUs de alto rendimiento (las labores de *transcoding* realizan un trabajo de CPU intensivo)
- Alta capacidad de RAM (cada llamada simultánea o invocación de servicio precisa la reserva de un espacio propio de memoria)

Con estos requisitos se propone utilizar para el proyecto el sistema **PowerEdge 2950** con las siguientes características:

- 2 procesadores Quad Core Intel® Xeon® L5320, 2x4MB Cache, 1.86GHz, 1066MHZ FSB
- RAM 4GB, 677MHz
- Controladora RAID integrada PERC 6/i
- 4 discos SAS 146 GB 2.5-inch, 10.000 rpm (450 Gb en Raid5)

3.5.2 Sistema operativo

En cuanto al sistema operativo a utilizar, se debe tener en cuenta que la empresa utiliza de forma corporativa y muestran preferencia por sistemas Linux basadas en las variantes de RedHat. Concretamente utilizan Fedora Core (versiones 3 a 7) para la mayor parte de sus servidores de aplicaciones, servicios Internet, etc... y RedHat Enterprise Linux (la versión comercial de RedHat) para servicios que precisan algún tipo de certificación por parte de fabricantes, como son las bases de datos Oracle.

Para la toma de decisión de la distribución Linux a utilizar, conviene repasar los pros y los contras de ambos productos de RedHat:

- **Fedora Core:** proyecto libre y gratuito auspiciado por RedHat, pero dirigido por la comunidad, con releases rápidas (cada 6 meses) y corto soporte de actualizaciones (1 año y medio)
- **RedHat Enterprise Linux:** producto comercial de RedHat que se nutre de los resultados del proyecto Fedora Core, y va incorporando los componentes más maduros de dicha distribución. Tiene un ciclo de release más largo (cada 2 años), y soporte para actualizaciones de hasta

10 años. En general se considera una versión más estable y duradera que Fedora Core.

En el caso que nos ocupa, la estabilidad y duración del periodo de actualizaciones se presenta como un aspecto crítico dado que por su específica naturaleza, las centralitas deben ser una plataforma robusta y duradera, que permite largos tiempos de funcionamiento ininterrumpido.

En cualquier caso, se propone utilizar una nueva distribución denominada **CentOS**, que en la práctica viene a ser una versión libre de licencias de uso derivada de RedHat Enterprise, gracias a las premisas que establece la propia licencia GNU, que obliga a RedHat a revelar y distribuir los fuentes de todos los paquetes que integra, de forma que un equipo de voluntarios en la red los recompila y vuelve a empaquetar de forma que se obtienen todas las ventajas de la versión corporativa de RedHat pero sin los costes de licencia de uso asociados. Este mismo equipo de voluntarios también se encarga de portar cualquier actualización de funcionalidad o seguridad, y que habitualmente están disponibles en los repositorios de CentOS en menos de dos horas desde su lanzamiento oficial.

En concreto, se propone el uso de **CentOS 5**, equivalente 100% a RedHat Enterprise Linux 5.



3.5.3 Hardware de comunicaciones

Dado que el nuevo modelo de servicio marca como línea maestra la definición de las comunicaciones con el exterior haciendo uso de enlaces digitales tipo ISDN PRI, será preciso equipar las centralitas con tarjetas que soporten el mencionado tipo de conexión.

Equipar las centralitas con *hardware* tipo Intel y Asterisk como software de centralita posibilita la integración de tarjetas de comunicaciones de múltiples fabricantes, habida cuenta de las especificaciones abiertas de la solución.

Independientemente, una apuesta segura de compatibilidad y reducción de riesgos en el presente y en el futuro es elegir productos desarrollados por Digium Inc., la empresa que patrocina el proyecto Asterisk y bajo la cuál se gestó desde sus primeras versiones. Adicionalmente, y debido a la falta de barreras de entrada para la producción de este tipo de dispositivos, los precios entre los diferentes fabricantes que ofrecen soluciones para Asterisk (Eicon, Junghans, Sangoma...) están bastante equilibrados.

Dado que, por diseño, en cada centro se recibirán conexiones de dos proveedores (fijo y móvil), y que en alguno de los casos, el mismo proveedor se conectará con más de una línea, es interesante seleccionar una tarjeta de comunicaciones que integre más de un interfaz de telefonía en la misma, de forma que se evite el instalar en un mismo sistema más de una tarjeta, con el correspondiente ahorro de IRQs (líneas de interrupciones que utilizan las tarjetas de comunicaciones para comunicarse con la CPU del sistema), lo cuál mejora sensiblemente el rendimiento de dichas tarjetas en el sistema.

Un factor importante a considerar a la hora de seleccionar *hardware* para servidores de nueva generación es el voltaje de los slots del BUS PCI, dado que los recientes, basados en 64 bits, ofrecen un voltaje de 3.3 voltios, mientras que los anteriores, basados en 32 bits, utilizan 5 voltios.

Por otra parte, a la hora de implementar servicios de voz, es bastante frecuente encontrar problemas con el **efecto eco**, una molesta realimentación del audio de la conversación debido a múltiples posibles causas, en general mala calidad de alguno o varios elementos de transmisión en el recorrido analógico de la llamada. La forma más eficiente de luchar contra este efecto es haciendo uso de los denominados **canceladores de eco** que tanto por *software* (en la propia centralita Asterisk) o por *hardware* (integrado en la tarjeta de comunicaciones) existen en el mercado.

Digium posee dentro de su gama tarjetas con 1, 2 y 4 puertos, con versiones de 3.3v y 5v, así como la posibilidad de integrar en las mismas un potente **cancelador de eco por hardware** fabricado por Octasic.

La tarjeta seleccionada para el despliegue de los servidores es el **modelo Digium TE412P**, que entre otras características, ofrece:

- Compatibilidad E1 (sistema europeo para enlaces ISDN PRI) y T1 (sistema USA para enlaces ISDN PRI)
- Capacidad de fuente de sincronización tanto para enlaces como para procesos del sistema
- Incluye el módulo de cancelación de eco basado en DSP Octasic VPMOCT128, con capacidad de eliminación de tramas de eco de hasta 128 ms



Tarjeta de telefonía Digium TE412P con cancelador de eco hardware Octasic incorporado

3.5.4 Soluciones de tolerancia a fallos

Uno de los requisitos de diseño del presente proyecto es la necesidad de considerar la tolerancia a fallos de la solución en cuantos niveles sea posible.

- **Nivel de conexión física con el exterior:**

No es atrevido pensar que cualquiera de los enlaces ISDN PRI que comunican las centralitas con el exterior pueden fallar en cualquier momento por diversos motivos: obras en la calle que producen daños en los tendidos de fibra óptica del operador, caídas eléctricas en la central de conmutación del operador, etc.

Ante esta posibilidad, la solución planteada es distribuir los enlaces de conexión al exterior de forma simétrica entre las dos sedes, exigiéndole al proveedor del servicio que evite el recorrido común de ambas conexiones. Estos enlaces distribuidos geográficamente (cuatro en el caso de telefonía fija y dos en el caso de telefonía móvil) han de ser configurados por parte del proveedor como **agrupados**.

Esta configuración traerá como consecuencia lateral que el grueso de llamadas recibidas desde el exterior entrarán a través de una de las sedes (en nuestro caso la sede A), y sólo en el caso de que la ocupación del enlace lo fuerce, no se producirá entrada de llamadas por el siguiente enlace PRI del grupo.

En principio, esta situación no traerá ningún tipo de consecuencia, dado que cualquiera de las dos centralitas está perfectamente dimensionada para asumir el 100% de la carga de llamadas de la empresa.

La salida de llamadas originadas desde el interior de la empresa, siempre será, independientemente de lo mencionado, encauzada por los enlaces PRI situados en la centralita más cercana.

- **Redundancia de centralitas:**

Independientemente de la redundancia geográfica de las líneas de conexión al exterior es preciso definir un nivel de protección en el caso del fallo de una de las centralitas, dado que este evento podría no ser detectado por el proveedor de servicios, y con toda seguridad, provocaría simultáneamente problemas de accesibilidad a los usuarios dependientes de la misma.

La solución estandar para este tipo de casos es la de redundar los sistemas que configuran una centralita, formando un **cluster de sistemas idénticos** que se sincronicen y mantengan un estado de “activo-pasivo”.

Para ello se utilizará la solución **heartbeat + DRDB** del proyecto **Linux-HA**, entre cada pareja de servidores Dell PowerEdge 2950, de forma que ofrezcan a los usuarios de los teléfonos una dirección IP “flotante”, compartida entre ambos.

Esta solución de cluster se complementa con un dispositivo de contingencia o *failover*, que redirigirá la entrada de las líneas de conexión externas (los tres enlaces ISDN PRI) hacia el servidor que en ese momento se encuentre en estado “activo”.

El dispositivo seleccionado para esta misión es el **ISDNGuard** del fabricante Junghanns, un conmutador de nivel 1 (conmutación de circuitos a nivel eléctrico), que gobernado por la señal que continuamente le proporciona el sistema encargado de la centralita principal, a través de un cable serie y un proceso *watchdog* integrado en el propio Asterisk, mantiene el encaminamiento de entrada preestablecido. Ante la falta de señal de vida del sistema principal (por la caída del propio sistema o por la caída del servicio Asterisk) conmuta de forma inmediata los enlaces de entrada hacia el segundo sistema.



El dispositivo de failover de enlaces ISDNguard

Una funcionalidad interesante de este dispositivo es que ante la falta de alimentación eléctrica continua proporcionando interconexión entre los enlaces de entrada y la centralita, eso sí, sin la inteligencia necesaria para la monitorización del puerto serie.

3.6 Selección y homologación de terminales

Una de las decisiones más importantes a la hora de afrontar este proyecto, y de las que más impacto tendrán en el presupuesto final, así como en la percepción del mismo por parte de los usuarios es la selección de los terminales.

Para determinar una elección lo más alineada posible con los objetivos del proyecto, se realiza un *workshop* conjuntamente con el cliente. Se analizan los productos de algunos de los fabricantes más populares de teléfonos IP: **Grandstream, Snom y Cisco Systems**.

Se pretende elegir el fabricante más equilibrado en los siguientes criterios:

- **Calidad:** a pesar de ser un parámetro de difícil medida, se deben valorar aspectos como la calidad de la construcción y materiales del equipo, funcionalidades, calidad del audio, ergonomía.
- **Gama:** es importante que disponga de terminales homogéneos tanto en gama media (grueso de la plantilla), como de gama alta (directivos de la empresa, secretarías, operadoras).
- **Provisionamiento:** facilidades para replicar de forma sencilla configuraciones y proveer atajos a la hora de un despliegue masivo.

Tras el proceso de selección y homologación se obtienen las siguientes conclusiones:

- **Grandstream:**
 - Teléfonos de construcción y materiales bastante modestos
 - Bajo precio (80-100€/unidad)
 - Calidad de audio media
 - Los equipos de gama alta comparativamente bastante pobres
- **Snom:**
 - Calidad de construcción buena pero poco ergonómicos
 - Precio medio (100-130€/unidad)
 - Los equipos de gama baja (Snom-300) no soportan POE
 - Calidad de audio buena

- **Cisco:**

- Calidad de construcción excelente
- Precio medio-alto (120-180€/unidad) si se adquieren sin licencia de Call Manager
- Equipos de gama media, alta y una versión especial para secretarías
- Calidad de audio excelente
- Provisionamiento a través de DHCP/TFTP/XML

Finalmente **la decisión se decanta hacia los equipos Cisco**, que aunque diseñados para la solución propietaria de centralita Call Manager (se distribuyen pre-configurados con una imagen de *software* para el protocolo SCCP), es posible utilizar a mitad de precio si se adquieren sin licencia y se utiliza el *firmware* SIP que el propio Cisco distribuye para escenarios donde sus teléfonos deban integrarse con centralitas de terceros.

La calidad del audio de estos teléfonos es sensiblemente superior a la de sus rivales, y la calidad y usabilidad de los mismos también destaca sobre los del resto de fabricantes.

Una de las principales diferencias de la telefonía IP con respecto a la telefonía tradicional es que en esta última se produce un efecto natural de realimentación del audio del micrófono al auricular del usuario, así como se mantiene cierto “ruido blanco” natural durante los silencios y pausas de una conversación.

A la simulación de este “ruido blanco” se le denomina **comfort noise** (ruido reconfortante) y su generación depende de factores adaptativos a cada situación (llamadas diferentes precisan un *comfort noise* diferente). En este campo también los equipos de Cisco han demostrado su alta calidad.

Los terminales seleccionados para el despliegue son:

- **Cisco 7911G:**

- Equipo estándar de empleado
- Una línea
- Manos libres
- Compatible POE
- Coste: 120 € / unidad



Teléfono IP Cisco 7911G

● **Cisco 7941G:**

- Equipo estándar de director / mando intermedio
- Dos líneas
- Manos libres
- Compatible POE
- Posibilidad de despliegue aplicaciones XML



- Coste: 160 € / unidad

Teléfono IP Cisco 7941G

● **Cisco 7961G:**

- Equipo estándar de secretaria / operadora / usuario avanzado
- Seis líneas
- Manos libres
- Compatible POE
- Posibilidad de despliegue aplicaciones XML
- Coste: 180 € / unidad



Teléfono IP Cisco 7961G

En el caso de este último modelo, es posible añadirle un panel de extensión de forma que con el mismo equipo se puedan monitorizar 16 extensiones extra (función muy útil para las operadoras).



Teléfono IP Cisco 7961G + panel de extensión

Una vez determinado el número de equipos de cada tipo de la gama elegida es posible cerrar el presupuesto con datos *reales* en la **partida de terminales**, que debido a este ajuste se incrementa en 400 €.

Modelo	Cantidad	Precio
Cisco 7911G	300	36.000 €
Cisco 7941G	80	12.800 €
Cisco 7961G	20	3.600 €

TOTAL : 52.400 €

3.7 Definición de servicios

Puestos al habla con la recepcionista de la empresa, entre cuyas labores se encuentra la de gestionar la posición de operadora, y atender las llamadas entrantes que no conocen la extensión destino, y gracias a su experiencia con

el sistema actual se enumeran las funcionalidades actuales del sistema que de forma habitual vienen utilizando los usuarios:

- **Llamadas internas** entre extensiones locales
- **Llamadas externas**, desde extensión interna, marcando el 0 como dígito de salida, con categorización de las extensiones internas, de forma que cada grupo de usuarios tiene permiso para llamar a determinados destinos (fijos locales, provinciales, nacionales, móviles, extranjero, números especiales 90x, etc...)
- **Llamadas a la operadora** (repcionista) marcando el 9
- **Desvío incondicional** de una extensión interna a otra, marcando el código *21*ext_destino#
- **Anulación de desvío incondicional** marcando *21#
- **Desvío si no contesta** de una extensión interna a otra, marcando el código *22*ext_destino#
- **Anulación de desvío si no contesta** marcando *22#
- **Anulación de todos los desvíos**, marcando *23#
- **Captura de llamada**, llamando a una extensión interna, pulsando 8 mientras suena el tono de ocupado
- **Desvío jefe-secretaria**, propio de Ibercom, por el cual las llamadas a la extensión real del jefe, son interceptadas por la extensión de su secretaria
- **Ring distintivo**, de forma que suena un tono diferente de llamada en el caso de que el origen de la llamada sea interno o externo

A estos servicios se desea añadir los siguientes:

- **Buzones de voz personalizables**: con la posibilidad de escuchar los mensajes a través del teléfono o recibir los mismos a través del correo electrónico
- **Música en espera**: cuando una llamada se deje en espera (*hold*) debe reproducirse un fichero MP3 al azar de entre los ubicados en un repositorio
- **Agenda corporativa integrada en el teléfono**: se debe poder acceder al listado completo y actualizado de la totalidad de las extensiones desde el propio teléfono
- **Click2Call**: se implemente un programa que a partir de un número de teléfono origen y un número de teléfono destino, sea capaz de

conectarse a un teléfono y establecer la mencionada llamada sin intervención del usuario (a excepción de hacer *click* en una página web)

4 Implantación

4.1 Planteamiento global del proceso de implantación

Una vez realizado el análisis y diseño de la solución, es momento de acometer su despliegue. El plazo marcado para el mismo es de **cuatro semanas**, y culminará con la puesta en marcha de ambas centralitas, configuradas en *cluster* y conectadas a ambos proveedores de servicios (fijo + móvil), así como con el despliegue completo de la nueva red y los terminales de usuario, autoconfigurados conforme al nuevo plan de numeración de extensiones.

El objetivo, al finalizar estas cuatro semanas, es tener listo el nuevo sistema de forma que pueda convivir con el antiguo un periodo de uno o dos meses. En dicho **periodo de transición** de un sistema al otro, los usuarios dispondrán sobre sus escritorios de ambos teléfonos (el antiguo analógico y el nuevo IP) de forma que puedan habituarse al nuevo sistema, mientras se corrigen los eventuales problemas que puedan surgir en la fase de pruebas sin perjuicio de la comunicación con el exterior (garantizada a través del sistema antiguo). Este periodo de transición debe ser utilizado por los usuarios para ir transmitiendo a sus contactos su nuevo número de teléfono, así como por la empresa para comenzar la difusión de forma corporativa de los mismos (cambio de los números de teléfono en el material de papelería, tarjetas de visita, página web, etc...).

Independientemente de estas medidas, posterior a este periodo de transición, se habilitará por parte del antiguo operador una **locución automática** que responderá a las llamadas realizadas sobre los números antiguos, instruyendo a obtener el nuevo número a partir de una llamada a la operadora, con su nuevo número.

Durante estas cuatro semanas habrán de realizarse las siguientes tareas:

- **Despliegue de la red VoIP**, tanto a través del cableado vertical (tramo CPD - repartidor de planta), como a través del cableado horizontal (tramo repartidor de planta - roseta I de cada usuario)
- **Instalación de las centralitas:**
 - Instalación de los equipos en bastidores
 - Instalación del sistema operativo
 - Compilación e instalación de Asterisk
 - Configuración del *cluster* y la política de alta disponibilidad
 - Configuración de servicios básicos (DNS, DHCP, TFTP)
 - Configuración de los enlaces primarios ISDN sobre las tarjetas de comunicaciones

- **Provisionamiento de teléfonos**, utilizando herramientas de automatización tales como *scripts*, bases de datos, etc
- **Desarrollo de los servicios de telefonía requeridos** sobre el **Dialplan** de Asterisk
 - Acceso básico al plan de numeración vía SIP
 - Interconexión de centralitas vía IAX
 - Contextos y categorías
 - *Routing* de salida de llamadas a través del proveedor más económico
 - Funcionalidades : desvíos, captura, etc
- **Implementación de un entorno de gestión** del sistema utilizando herramientas *opensource*
- **Implementación de funcionalidades avanzadas:**
 - Directorios XML
 - Click2Call

4.2 Despliegue de la red VoIP

Como ya se ha mencionado anteriormente, la base sobre la que se operará el nuevo modelo de servicio de telefonía corporativa, será una red de altas prestaciones, sencilla en su implementación, sin bucles, y con soporte de la tecnología POE (*Power Over Ethernet*), de forma que los teléfonos que se conecten a ella no precisen fuentes de alimentación.

Para su implementación se utiliza la infraestructura actual de cableado estructurado de la empresa, de forma que en el tramo vertical (desde el CPD a los repartidores de planta) se establece a través de diferentes cables de par trenzado que se encuentran disponibles, y en la parte horizontal (desde los conmutadores POE hasta los teléfonos de los usuarios) se utiliza el cableado estructurado que finaliza en las rosetas I (imagen) de cada puesto, sin uso hasta el momento.

Una vez finalizado el despliegue, y consolidada la nueva solución, será posible dismantelar la antigua centralita y volver a aprovechar (reciclar) el cableado existente entre los repartidores de planta y las tomas V (voz).

El punto central de ambas estrellas (una en cada edificio) lo ocupan los conmutadores no POE, que dan servicio a los conmutadores de planta a velocidad de GigabitEth. Sobre estos conmutadores centrales se realiza la conexión de las centralitas.

El enlace entre edificios se realiza conectando los conmutadores centrales de la red VoIP a los conmutadores Catalyst 6509 de la red de datos, que gracias a una VLAN dedicada, establecen un puente entre ambas redes. Estos

conmutadores de la red de datos, también se configuran con una IP de la nueva red de forma que sirvan de puente con la infraestructura actual a nivel IP, y de esta forma se puedan explotar desde y hacia la red VoIP recursos tan importantes como los servidores de base de datos corporativos y el servidor web de la Intranet.

4.3 Instalación de las centralitas

4.3.1 Instalación de los equipos en bastidores

El procedimiento de instalación de las centralitas comienza con la colocación, en cada centro, de la pareja de servidores que compondrán el *cluster* que comprende cada centralita. Los servidores serán denominados a partir de este momento con la siguiente nomenclatura:

- **Sede A:**
 - Servidor “activo” o principal: **pbxA1**
 - Servidor “pasivo” o secundario: **pbxA2**
- **Sede B:**
 - Servidor “activo” o principal: **pbxB1**
 - Servidor “pasivo” o secundario: **pbxB2**

Junto a ambos servidores se instala el dispositivo de *failover* (*ISDNguard*), dado que habrá de conectarse vía cable serie RS-232 al servidor que actúe, de forma general, como “activo” en el *cluster*.

Las 3 conexiones de los enlaces primarios de los proveedores habrán de llegar a dicho dispositivo donde se conectarán a los puertos denominados "ISDN NET". Desde el *ISDNguard*, se replicará esta triple conexión por duplicado, en primer lugar desde los puertos etiquetados como "Asterisk CPE" hasta la tarjeta TE412P del servidor que actuará como “activo” (pbxA1/pbxB1), y en segundo lugar, desde los puertos etiquetados como "ISDN CPE/PBX" hasta la tarjeta TE412P del servidor que actuará como “pasivo” (pbxA2/pbxB2).

La parte *software* del dispositivo se configurará más adelante.

4.3.2 Instalación del sistema operativo

Sobre los servidores ya instalados en el bastidor (*rack*) se procede a instalar la versión 5 de Centos.

Una de las características más interesantes de esta distribución es su capacidad de actualización automática a través de la herramienta **yum** desde los repositorios del proyecto. Estas actualizaciones, en base a la naturaleza del proyecto, se ofrecen durante años, lo cual resultará una ventaja a la hora de mantener los servidores actualizados frente a problemas de seguridad, pero a la vez, se ha de tener la precaución de desactivar la actualización automática del *kernel*, dado que Asterisk compila durante su instalación una serie de módulos (los *drivers* de las tarjetas de comunicaciones) dependientes directamente del *kernel* actual.

Para desactivar dicha actualización, se ha de añadir al fichero **/etc/yum.conf** la siguiente línea:

```
exclude=kernel*
```

Los sistemas se configurarán con las siguientes direcciones de red:

- **pbxA1:** 192.168.4.241
- **pbxA2:** 192.168.4.242
- **pbxB1:** 192.168.4.251
- **pbxB2:** 192.168.4.252

de forma que si en un futuro se desea añadir sistemas adicionales al *cluster* de cada sede, existan direcciones libres consecutiva para ello.

4.3.3 Compilación e instalación de Asterisk

La descarga del software que compone el sistema Asterisk se realiza directamente desde los servidores del proyecto <http://downloads.digium.com/pub/asterisk/>. Concretamente se descargan los paquetes:

- **asterisk-1.4.15.tar.gz** (el paquete principal que implementa la mayor parte de las funcionalidades de Asterisk)
- **libpri-1.4.2.tar.gz** (las librerías para el manejo de enlaces digitales ISDN)
- **zaptel-1.4.7.tar.gz** (los controladores de las tarjetas de comunicaciones)

- **asterisk-addons-1.4.5.tar.gz** (programas adicionales para el manejo de CDR vía MySQL, reproducción de MP3 en espera, etc..)
- **asterisk-core-sounds-en-alaw-current.tar.gz** (colección de sonidos estándar en inglés para el funcionamiento del IVR: contestadores, buzones de voz, etc, ya codificados bajo el sistema *alaw*)

Adicionalmente descargamos de <http://www.voipnovatos.es/voces/> dos colecciones de sonidos ya traducida al castellano gracias a Alberto Sagredo, de la comunidad **VoipNovatos**.

- **voipnovatos-core-sounds-es-alaw-1.4.tar.gz**
- **voipnovatos-extra-sounds-es-alaw-1.4.tar.gz**

El proceso de compilación e instalación de los paquetes anteriores es estándar y relativamente sencillo, basta simplemente con:

- descomprimir cada uno de ellos
- ejecutar “./configure” para configurar los ficheros de control de compilación
- ejecutar “make” para compilar
- ejecutar “make install” para instalar el *software* en los directorios correspondientes
- ejecutar “make config” para instalar los *scripts* de arranque en los directorios correspondientes
- ejecutar “make samples” para generar los ficheros de configuración por defecto, que posteriormente se adaptaran a la instalación local
- en el caso de los sonidos tan solo hay que extraerlos en el directorio `/var/lib/asterisk/sounds`

4.3.4 Configuración del *cluster* y la política de alta disponibilidad

Para configurar el servicio de *cluster* entre los dos servidores que conforman una centralita, se instala el paquete **heartbeat** a través del gestor de paquetes **yum**.

```
yum install heartbeat
```

```

yum install heartbeat-pils
yum install heartbeat-stonith
yum install heartbeat-gui
[....]

```

A través de la configuración de *heartbeat* se comparte una dirección única por *cluster*, que serán las que usaran los teléfonos para acceder a los servicios de los mismos:

- **Cluster sede A** (pbxA1/pbxA2): 192.168.4.240 (pbxA)
- **Cluster sede B** (pbxB1/pbxB2): 192.168.4.250 (pbxB)

En el caso del dispositivo de *failover* de los enlaces ISDN (ISDNguard), la configuración del mismo implica la instalación de un módulo extra, de forma que es preciso recompilar las fuentes de Asterisk para su funcionamiento, así como la creación del fichero **/etc/asterisk/watchdog.cfg** con el siguiente contenido:

```

[ISDNguard-direct]
type = isdnguard
device = /dev/ttyS0 ; serial heartbeat device
interval = 200 ; interval in milliseconds

```

De esta forma, será el propio Asterisk quién generará el *heartbeat* necesario para indicar al ISDNguard que la máquina principal está viva. Si Asterisk se detiene o finaliza su ejecución por cualquier causa, se dejará de enviar esta señal por el cable serie y el ISDNguard conmutará los circuitos automáticamente al servidor secundario del *cluster*.

4.3.5 Configuración de servicios básicos (NTP, DNS, DHCP, TFTP)

Junto a los servicios de telefonía (implementados por Asterisk) es necesario proporcionar una serie de **servicios básicos**, típicos en cualquier red IP, y que entre otras funciones, mantienen al resto de dispositivos sincronizados a nivel

horario, les asignan direcciones IP durante la fase de arranque de los mismos, y en algunos casos, les proporcionan su configuración e incluso el *software* que deben ejecutar como sistema operativo.

Se opta por que cada servidor de los *clusters* de centralitas implemente todos estos servicios, de forma que sea cual sea el criterio de redundancia que se esté empleando en cada momento, siempre estén disponibles estos servicios básicos:

- **NTP:**

Los servidores realizarán una doble función en cuestión de sincronización horaria: serán clientes, y por ende sincronizados externamente, de otros servidores de tiempo de la empresa (10.1.1.202 y 10.1.1.203). A su vez, se comportarán como servidores, publicando dicha información de tiempo al resto de equipos de su red (básicamente a los teléfonos IP).

El fichero de configuración para este servicio, */etc/ntp.conf*, se podrían simplificar hasta el siguiente contenido mínimo:

```
server 10.1.1.202
server 10.1.1.203
restrict 10.1.1.202 mask 255.255.255.255 nomodify notrap noquery
restrict 10.1.1.203 mask 255.255.255.255 nomodify notrap noquery
```

- **DNS:**

Los servidores actuarán como *dns caching-only servers*, es decir, reenviarán cualquier petición relativa a resolución de nombres o direcciones que se les solicite a servidores externos (servidores corporativos de DNS), pero mantendrán en la *caché* las respuestas a las mismas, de forma que posteriores consultas puedan ser resueltas sin necesidad de acudir al exterior.

La configuración para este tipo de servicio se realiza en el fichero ***/etc/named.conf*** :

```
options {
    directory          "/var/named";
    query-source       port 53;
    allow-query { 10.0.0.0/8; localhost; };
```

```
allow-recursion { 10.0.0.0/8; localhost; };
forward first;
forwarders { 10.1.1.225; };
};
```

• DHCP:

Este servicio proporciona información básica de direccionamiento e instrucciones de configuración a los equipos que arrancan sin dicha información definida de manera estática. De forma general, se proporcionan los siguientes datos:

- **Dirección IP y máscara de red:** es el elemento básico que precisa un dispositivo para comenzar a comunicarse de forma efectiva en una red IP. Se asigna en función de la dirección MAC del dispositivo (la única que conoce durante su fase de arranque)
- **Router por defecto:** dirección IP del dispositivo que proporciona un puente hacia el exterior de la red a la que pertenece el dispositivo
- **Dominio DNS:** sufijo estándar que utilizará el dispositivo a la hora de manejar nombres de sistemas
- **Servidor DNS:** la dirección IP del servidor que le servirá para traducir nombres a direcciones IP y viceversa
- **Dirección del servidor NTP:** desde donde sincronizar el reloj interno del dispositivo
- **Servidor TFTP:** en caso de precisar la descarga de algún fichero de configuración o *software* de sistema operativo, la dirección del repositorio

En el caso de la red que nos ocupa, y debido al sistema de provisionamiento que se analizará más adelante, la información del servicio está dividida en dos ficheros. En el principal, ***/etc/dhcpd.conf***, está toda la información general y común a todos los dispositivos, y éste a su vez, incluye un segundo fichero, ***/etc/empresa_dhcp.conf***, que se genera de forma automática, con la información exclusiva de cada teléfono:

***/etc/dhcpd.conf* :**

```
ddns-update-style none;
ignore client-updates;
```



```
authoritative;
log-facility local7;
default-lease-time 21600;
max-lease-time 43200;

subnet 192.168.4.0 netmask 255.255.254.0 {
    option subnet-mask            255.255.254.0;
    option broadcast-address      192.168.5.255;
    option routers                192.168.5.254;
    option domain-name            "empresa.es";
    option domain-name-servers   192.168.4.240;
    option time-offset            1;
    option ntp-servers            192.168.4.240;
    option tftp-server-name       "192.168.4.240";
include "/etc/empresa_dhcpd.conf";
}
```

/etc/empresa_dhcp.conf:

```
host ext-4001 {
    hardware ethernet 00:1b:d5:84:f2:ff;
    fixed-address 192.168.4.1;
}

host ext-4002 {
    hardware ethernet 00:1b:54:14:3d:7f;
    fixed-address 192.168.4.2;
}

[...]
```

- **TFTP:**

A través de este servicio (activado a través de los *scripts* de arranque) se proporciona un repositorio, bajo el directorio **/tftpboot**, de archivos de configuración y *software* a los teléfonos, así como otros ficheros auxiliares (*ringtones*, etc). El formato y nombre de los archivos más reseñables se especificará en el apartado de **provisionamiento de teléfonos**.

4.3.6 Configuración de los enlaces primarios ISDN

La configuración de las conexiones externas (enlaces ISDN) se realiza a dos niveles:

- A nivel de dispositivo del sistema operativo:

Esta función la realizan los *drivers* **zaptel**, que se configuran a través del fichero **/etc/zaptel.conf**:

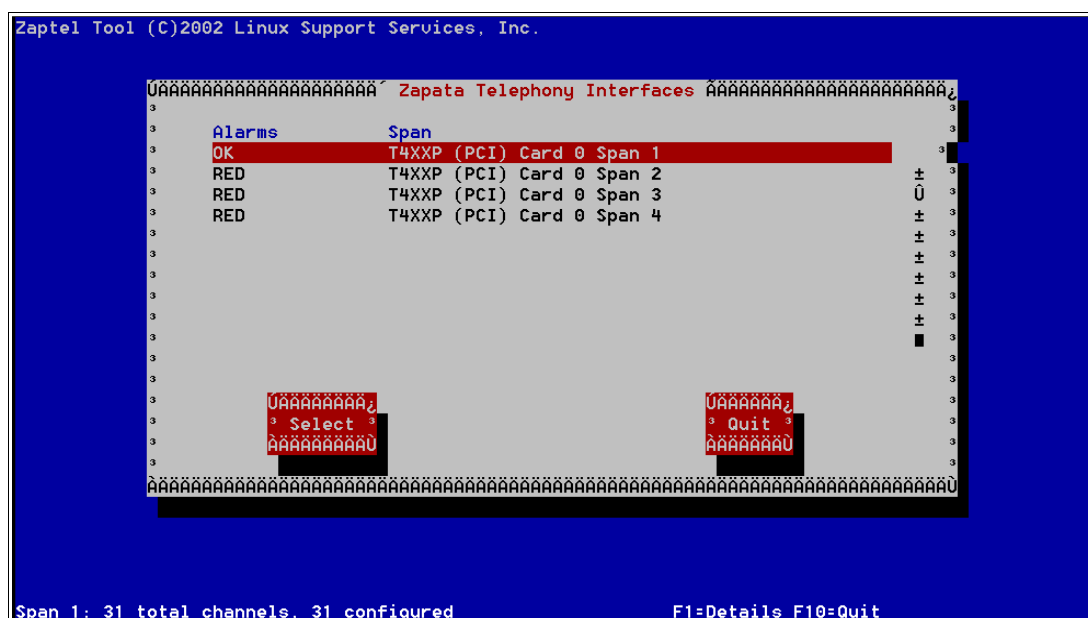
```
span=1,1,0,ccs,hdb3,crc4
span=2,0,0,ccs,hdb3,crc4
span=3,0,0,ccs,hdb3,crc4

bchan=1-15
dchan=16
bchan=17-31
bchan=32-46
dchan=47
bchan=48-62
bchan=63-77
dchan=78
bchan=79-93

# Configuración Regional
loadzone=es
defaultzone=es
```

A través del contenido de este fichero, y la posterior ejecución del comando **ztcfg** (ejecutado de forma automática en el arranque), se declara el *hardware* instalado en el sistema y sus parámetros de conexión física con el operador. En este caso, se especifica que de los cuatro enlaces, será el primero de ellos el que mantendrá el reloj (sincronismo) del sistema, que se utilizará la codificación **hdb3** (High Density Bipolar of Order 3), habitual en las conexiones de los operadores españoles, y que las tramas estarán protegidas por un CRC (Código de Redundancia Cíclica) de tipo 4.

Una vez la tarjeta de comunicaciones está debidamente configurada en el sistema, es posible comprobar el estado, a nivel físico, de cada uno de los enlaces, gracias a la herramienta **ztool**:



La anterior captura de pantalla muestra el estado de la tarjeta TE412P (4 enlaces primarios) cuando solo uno de ellos, está activo (estado OK) y el resto en alarma (estado RED, alarma roja).

Una vez son visibles los dispositivos de telefonía en el sistema, y muestran estado activo, es necesario configurar los mismos con los parámetros específicos de la centralita Asterisk. Esta tarea se realiza en el fichero **/etc/asterisk/zapata.conf**:

```
[channels]
language=es
transfer=yes
```

```
cancallforward=yes
echocancel=yes
echocancelwhenbridged=yes
echotraining=10
usecallerid = yes
callerid=asreceived
threewaycalling=yes
busydetect=no
callprogress=no
pridialplan=unknown

group = 1
switchtype = euroisdn
signalling = pri_cpe
context = from_pstn_fijo

channel => 1-15
channel => 17-31

channel => 32-46
channel => 48-62

group = 2
switchtype = euroisdn
signalling = pri_cpe
context = from_pstn_movil
channel => 63-77
channel => 79-93
```

En este fichero se especifican parámetros típicos de un canal telefónico, como son las cuestiones de identificación de llamada, cancelación de eco, capacidades de transferencia, etc, así como se produce un agrupado lógico de lo de los canales disponibles. En el caso que nos ocupa, se crean dos grupos:

- **Grupo 1:** los 60 canales pertenecientes a los dos accesos primarios de fijo
- **Grupo 2:** los 30 canales pertenecientes al acceso primario de móviles

a los cuales se les asignan una serie de características:

- El tipo de **switch** al que están conectados: en España, todos los operadores utilizan la modalidad **euro_isdn**.
- **La señalización a utilizar**: dado que lo que hay al otro lado es un conmutador ISDN de operador, el tipo es **pri_cpe**. Podría ser diferente si la centralita Asterisk se tuviera que comportar como si fuese la operadora ante una segunda centralita (un caso bastante habitual en algunas migraciones, en las cuales se interpone la centralita Asterisk entre la antigua centralita y las líneas ISDN).
- **Los canales ISDN disponibles** para llamadas (se excluyen los canales D de señalización) en cada grupo.
- El **contexto** donde ubicar, dentro del **dialplan**, las llamadas entrantes a través de estos grupos.

Aunque se analizarán más adelante, Asterisk organiza su plan de llamadas (**dialplan**) en base a la ejecución de una serie de reglas contenidas en el fichero **extensions.conf**. Dicho fichero está organizado en **contextos**, que pueden incluirse unos a otros para elaborar complejas definiciones de flujos de llamadas sin necesidad de replicar gran cantidad de código.

4.4 Provisionamiento de los teléfonos

Definimos el provisionamiento de teléfonos como el **procedimiento técnico y logístico** que se ha de seguir para configurar e instalar un terminal en el escritorio de un usuario.

Dado que los teléfonos Cisco seleccionados han de configurarse a través de ficheros XML residentes en un servidor TFTP, se decide implementar un sistema automático, basado en base de datos que genere dichos ficheros y realice el resto de tareas asociadas a la mencionada provisión:

- Creación del fichero XML de configuración específico de cada teléfono
- Asignación de dirección IP en base a la dirección MAC del teléfono en el sistema DHCP
- Configuración de la extensión en Asterisk, a través de la creación de una cuenta SIP asociada a cada terminal

Para la gestión de toda la información relativa al provisionamiento se crea una base de datos en MySQL, gestionada en uno de los servidores corporativos, **mysql-serv**, con el siguiente formato:

```
CREATE TABLE TELEFONOS (  
    EXT      INTEGER,  
    MAC      VARCHAR(18),  
    SEDE     VARCHAR(1),  
    IP       VARCHAR(15),  
    MODELO   INTEGER,  
    USUARIO  VARCHAR(70),  
    CAT      INTEGER,  
    ESPECIAL VARCHAR(1)  
);
```

En el caso del campo SEDE los valores posibles son A ó B, y en función del mismo se autoconfiguran parámetros como la dirección del servidor TFTP, la centralita Asterisk sobre la que registrarse, el prefijo de red para componer la dirección IP, etc.. en través de la sustitución de una serie de etiquetas en la plantilla principal, **/tftpboot/SEPmac.xml**, cuyo contenido se incorpora en este trabajo en forma de Anexo IV. El fichero final de configuración de cada teléfono acaba siendo generado en este directorio, con un nombre de archivo donde se sustituye la cadena "**mac**" por la MAC real del teléfono.

Si bien existen 3 modelos de teléfono (7911, 7941 y 7961) cuya principal diferencia se encuentra en el número de líneas (extensiones) o botones de marcado rápido (*speed-dial*) que soportan (1, 2 y 6 respectivamente), la configuración general se realiza con dos extensiones idénticas sobre el mismo teléfono (lo cuál no genera problemas en el modelo inferior). En el caso de los 7961, y de algún equipo más, es posible configurar automáticamente su configuración de partida, para posteriormente realizar todas las modificaciones manuales de la misma que sean precisas, dejando marcado en la base de datos la especial condición de los mismos para que no sea regenerada su configuración (y machacada la antigua) cada vez que se ejecute el programa. Esto se consigue a través del uso del campo ESPECIAL.

En el caso de las cuentas SIP configuradas en Asterisk se utiliza la misma estrategia que con la información DHCP: un fichero estático con la configuración común de todas las cuentas, y un fichero que se regenera cada vez que se ejecuta el programa de provisionamiento, que incluye una entrada con la mínima información por cada extensión declarada en la base de datos.

Como ya se ha comentado anteriormente, en Asterisk, el flujo que sigue una llamada viene determinado por la definición de reglas que se ejecutan en determinados contextos. El **contexto de entrada** de una llamada en dicho flujo queda definido en la configuración del propio teléfono, de forma que se utilizará dicho contexto de entrada como punto de definición de categorías de llamadas (fijos locales, móviles, etc...), y dicho contexto de entrada o **categoría** se define en el mencionado fichero de cuentas SIP a través del campo CAT de la base de datos, en el que se encuentra la mencionada categoría codificada con valores numéricos del 0 a 5, siendo la inferior de ellas la que menos privilegios de llamadas posee, y siendo las superiores, acumulativas a nivel de destinos permitidos a los que es posible llamar.

Dado que el sistema comprende cuatro servidores con directorios de configuración independientes, es precisa la ejecución del programa en cada uno de ellos, de forma que se generen todos los ficheros de configuración, en todos los servidores de forma que estos mantengan coherente y de forma automática la información de provisionamiento de todos los teléfonos de la empresa.

El *script* **genera_telefonos.php**, usado para provisionar los teléfonos a partir de la información de la base datos:

```
<?
$dbhost = "mysql-serv";
$dbname = "voip";
$dbuser = "voip";
$dbpass = "secreto";
$conn = mysql_connect($dbhost, $dbuser, $dbpass) or die(mysql_error());
mysql_select_db($dbname, $conn);

$dhcp=fopen("/etc/empresa_dhcp.conf", 'w');
$sip=fopen("/etc/asterisk/empresa_sip.conf", 'w');

$result=mysql_query("select * from telefonos");

while ($row = mysql_fetch_array($result, MYSQL_ASSOC))

    $ext=$row['EXT'];
    $mac=$row['MAC'];
    $sede=$row['SEDE'];
    $ip=$row['IP'];
    $modelo=$row['MODELO'];
```

```

    $usuario=$row['USUARIO'];
    $categoria=$row['CAT'];
    $especial=$row['ESPECIAL'];

if ($sede=='A') { $prefijo_red='4'; }
if ($sede=='B') { $prefijo_red='5'; }

if ($categoria == 0) { $cat='internas'; }
if ($categoria == 1) { $cat='provinciales'; }
if ($categoria == 2) { $cat='nacionales'; }
if ($categoria == 3) { $cat='moviles'; }
if ($categoria == 4) { $cat='internacionales'; }
if ($categoria == 5) { $cat='todos-destinos'; }

$mac_lc=strtolower($mac);
$mac_uc_compact=str_replace(':', '', strtoupper($mac));

# Generacion del fichero de configuracion XML de cada telefono
# a partir de la plantilla SEPmac.cnf.xml de /tftpboot

if (($centro == 'A') && ( $especial != 'S')) {
    system("sed -e 's/__SERV__/192.168.4.240/g' -e 's/__EXT__/$ext/g' -e
's/__USUARIO__/$usuario/g' /tftpboot/SEPmac.cnf.xml > /tftpboot/SEP
$mac_uc_compact.cnf.xml");
} else {
    system("sed -e 's/__SERV__/192.168.4.250/g' -e 's/__EXT__/$ext/g' -e
's/__USUARIO__/$usuario/g' /tftpboot/SEPmac.cnf.xml > /tftpboot/SEP
$mac_uc_compact.cnf.xml");
}

# Inclusion del telefono en el fichero DHCP

fwrite ($dhcp,"
    host ext-$ext {
        hardware ethernet $mac;
        fixed-address 192.168.$prefijo_red.$ip;
    }
");

```



```
# Inclusion del telefono en el fichero SIP

fwrite ($sip,"
[$ext](sip_local)
context = $cat
username = $ext

");
}

fclose ($dhcp);
fclose ($sip);

system ("/etc/init.d/dhcpd restart");
system ("asterisk -r -x 'sip reload'");
?>
```

4.5 Desarrollo de servicios de telefonía

El corazón del sistema en una centralita Asterisk es el denominado **dialplan** (normalmente implementado sobre el fichero **extensions.conf**). A modo de programa, con funciones, variables, expresiones regulares, aplicaciones, etc, es capaz de definir cada aspecto del flujo que una llamada puede seguir desde que ingresa en el sistema hasta que finaliza.

Uno de los objetivos del diseño del nuevo sistema es la sencillez a la hora de su mantenimiento, por lo que se establece como principio de diseño que, a pesar de estar distribuida la arquitectura en varios nodos, la configuración de los mismos ha de ser homogénea, y en la medida de lo posible, los ficheros de configuración idénticos entre ellos.

Dado que en el *dialplan* se precisa disponer de información relativa a las extensiones o patrón de extensiones locales y remotas, para en función de la misma realizar labores de entrega local o a través de interconexión de centralitas, se decide utilizar la potencia de las variables de Asterisk, así como la capacidad de incluir unos ficheros en otros, y de esta forma, dejar en un fichero aislado y muy pequeño la información específica de cada servidor, de forma que pueda ser recreada fácilmente en el arranque del mismo o a través de un sencillo *script*.

En el caso de pbxA1 y pbxA2, el fichero **/etc/asterisk/variables_locales** contiene las líneas siguientes :

```
OF_REMOTA=pbxB
EXT_LOCAL=_4[0-2]XX
EXT_REMOTA=_5[01]XX
EXT_MOVILES=_52XX
```

que especifica que para dicho servidor (pbxA1), el patrón de extensiones a considerar como local será aquel que comience por 4 y le siga un número del 0 al 2, seguido por otros dos dígitos.

Las extensiones a considerar como remotas quedan enmarcadas con el patrón que comienza por 5 y número del 0 al 1, y cualquier otros dos dígitos.

El caso de los móviles queda considerado a través del patrón que comienza por 52 y continua con cualquier pareja de dígitos.

En el caso de reconocer como destino de una llamada una extensión remota (u observar congestión en los enlaces de salida) se ha redirigir la misma a través de la centralita remota, en este caso **pbxB**.

En el caso de pbxB1 y pbxB2, y de forma complementaria, el fichero **/etc/asterisk/variables_locales** contiene:

```
OF_REMOTA=pbxA
EXT_LOCAL=_5[01]XX
EXT_REMOTA=_4[0-2]XX
EXT_MOVILES=_52XX
```

Como ya se ha comentado anteriormente, cada dispositivo conectado a Asterisk ha de ubicarse en un contexto de entrada. En el caso de los teléfonos, estos contextos de entrada vienen marcados por la categoría a la que pertenecen (o lo que es lo mismo el nivel de privilegio a la hora de realizar llamadas). En el *dialplan* se implementan estas categorías de forma incremental, de forma que las de más alto privilegio incluyen las anteriores.

A nivel de punto de entrada de llamadas se definen los siguientes contextos de entrada (categorías):

- **internas**
- **provinciales**
- **nacionales**
- **móviles**
- **internacionales**
- **todos_destinos**

Por otra parte se definen los diferentes contextos por tipos de llamadas a soportar en base a los patrones numéricos correspondientes (las llamadas externas, además de por su número de destino vienen caracterizadas por comenzar por el **dígito de escape 0**):

- **extensiones_locales**
- **extensiones_remotas**
- **llamadas_provinciales**
- **llamadas_nacionales**
- **llamadas_moviles**
- **llamadas_internacionales**
- **llamadas_especiales**

Por ejemplo, el contexto **llamadas_moviles** se configura como:

```
[llamadas_moviles]

exten => _06.,1,Macro(outbound_ISDN,${EXTEN:1},${CALLERID(number)})
```

Es aquí donde se elimina, gracias a las funciones *de subcadena* de Asterisk (`${EXTEN:1}`), el dígito de escape para el posterior proceso de la llamada.

También se definen unos contextos donde ubicar las extensiones de servicios especiales a los que todas las extensiones tienen acceso, tales como buzones, aplicaciones, llamadas a números de emergencia, etc...:

- **buzones**

- **llamadas_emergencia**
- **aplicaciones**

```
[llamadas_emergencia]

exten => 112,1,Macro(outbound_ISDN,${EXTEN},${CALLERID(number)})
exten => 0112,1,Macro(outbound_ISDN,${EXTEN:1},${CALLERID(number)})

exten => 091,1,Macro(outbound_ISDN,${EXTEN},${CALLERID(number)})
exten => 0091,1,Macro(outbound_ISDN,${EXTEN:1},${CALLERID(number)})
```

En este caso, extensiones como **112** ó **091**, y dada su importancia y criticidad, permiten ser marcadas con dígito de escape o sin él.

Por ejemplo, el contexto de entrada **moviles** (que especifica que se pueden realizar llamadas internas, provinciales, nacionales y a móviles) se configura como:

```
[moviles]

include => extensiones_locales
include => extensiones_remotas
include => llamadas_provinciales
include => llamadas_nacionales
include => llamadas_moviles
include => buzones
include => llamadas_emergencia
include => aplicaciones
```

Existen otros dos contextos de entrada, donde se sitúan las llamadas entrantes por los enlaces externos (**from_pstn**) y las entrantes a través del enlace con la otra centralita (**from_iax**).

En el caso de las llamadas que entran desde la otra centralita, y dado que lógicamente vienen filtradas por contexto de entrada (control de destino) en la misma, se da acceso a la totalidad de contextos de salida (por ejemplo, en el

caso de caída o saturación de los enlaces de salida de una centralita, o tratarse de llamadas internas entre edificios).

```
[from_iax]

include => extensiones_locales
include => extensiones_remotas
include => llamadas_provinciales
include => llamadas_nacionales
include => llamadas_moviles
include => llamadas_internacionales
include => llamadas_especiales
include => buzones
include => llamadas_emergencia
```

En el caso de las llamadas que entran por los enlaces externos, y dado que se trata de llamadas dirigidas a extensiones internas, todas serán autorizadas, y se aprovechará para etiquetarlas vía una cabecera SIP de tipo “Alert-Info” para que generen un **tono distintivo** en el teléfono de destino:

```
[from_pstn]

exten => _X.,1,SIPAddHeader(${SONIDO_EXTERNAS})
exten => _X.,n,Set(DESTINO=${EXTEN:5})
exten => s,1,Goto(extensiones_locales,${DESTINO},1)
```

En el caso de las llamadas al exterior (provinciales, nacionales, móviles, internacionales...) y como ya se ha mostrado se utiliza un macro denominada **outbound_ISDN**:

```
[macro-outbound_ISDN]
```

```

exten => s,1,NoOp(** macro-outbound_ISDN: ${ARG1} **)
exten => s,n,GotoIf(${ARG1:0:1} = 6)?movil:fijo)

exten => s,n(movil),Set(CALLERID(number)=91XXX${ARG2})
exten => s,n,Dial(${CANAL_MOVIL}/${ARG1},50,Ttr)
exten => s,n,Goto(s-${DIALSTATUS},1)

exten => s,n(fijo),Set(CALLERID(num)=91XXX${ARG2})
exten => s,n,Dial(${CANAL_FIJO}/${ARG1},50,Ttr)
exten => s,n,Goto(s-${DIALSTATUS},1)

exten => s-BUSY,1,Busy()
exten => s-BUSY,n,Hangup()

exten => _s-. ,1,Dial(IAX2/${OF_REMOTA}/${ARG1},60,Ttr)
exten => _s-. ,n,Hangup()

```

Esta macro, determina si el número de destino comienza por 6 (número de teléfono móvil) y en función de ello, salta al bloque “movil” o “fijo”, que utilizan como dispositivo de salida **CANAL_MOVIL** (Zap/g2) o **CANAL_FIJO** (Zap/g1), y también, si el *status de error* que devuelve la llamada es diferente a “ocupado” (generalmente la otra opción será **congestión**) se reintenta la llamada a través de la centralita de la otra sede (vía interconexión por IAX).

En ambos casos, fija el **CALLERID** que será entregado al operador correspondiente, anexando el número de extensión (ARG2 en el *dialplan*) al prefijo otorgado por el operador fijo (91 XXX).

Las llamadas que han de ser encaminadas hacia la centralita de la otra sede, ya sea por tratarse de llamadas dirigidas a extensiones remotas, o por ser derivada a causa de caída o congestión de enlaces hacen uso de una macro denominada **extension_remota**, que encamina la llamada por IAX:

```

[macro-extension_remota]

exten => s,1,Dial(IAX2/${ARG1}/${MACRO_EXTEN},60,Ttr)

[extensiones_remotas]

exten => ${EXT_REMOTA},1,Macro(extension_remota,${OF_REMOTA})

```

Pero el caso de mayor complejidad es el del tratamiento de las llamadas internas, dado que es aquí donde se deberá realizar toda la gestión de los diferentes desvíos. Para ello se hace uso del sistema de base de datos nativo de Asterisk.

```
[extensiones_locales]

exten => ${EXT_LOCAL},1,Set (DESVIADO=${DB (DESVIO_IMM/${EXTEN})})
exten => ${EXT_LOCAL},n,GotoIF ($[${LEN}(${DESVIADO})>0]?desviado)
exten => ${EXT_LOCAL},n,Dial (SIP/${EXTEN},15,Tt)
exten => ${EXT_LOCAL},n(continue),GotoIf ($[${DIALSTATUS} = BUSY]?busy)
exten => ${EXT_LOCAL},n,GotoIf ($[${DIALSTATUS} = NOANSWER]?noanswer)
```

En primer lugar, se verifica si la extensión que recibe la llamada tiene configurado un **desvío inmediato**. Si es el caso, se salta al bloque **desviado**. En caso contrario se produce la llamada a la extensión. Si el resultado de esta llamada es **BUSY** (comunicando) o **NOANSWER** (no contesta tras un periodo definido de tiempo), también se salta a sendos bloques llamados **busy** y **noanswer**, que tratan estas situaciones.

```
exten => ${EXT_LOCAL},n(busy),Goto(voicemail)

exten => ${EXT_LOCAL},n(noanswer),Set (DESVIADO=${DB (DESVIO_NOANSWER/${EXTEN})})
exten => ${EXT_LOCAL},n,GotoIF ($[${LEN}(${DESVIADO})>0]?desviado)
exten => ${EXT_LOCAL},n,Goto(voicemail)
```

En el caso de **BUSY** el tratamiento por defecto es pasar la llamada al buzón de voz del usuario (en el caso de disponer de él).

En el caso de **NOANSWER**, se chequea si el usuario ha definido un desvío en caso de no contestar. Si es así se salta al mencionado bloque **desviado**, y si no, se transfiere la llamada al buzón de voz del usuario (en el caso de disponer de él).

```
exten => ${EXT_LOCAL},n(desviado),Set (CALLERID(number)=91XXX${EXTEN})
```

```

exten => ${EXT_LOCAL},n,GotoIF(${LEN(${DESVIADO})}>4)?desviado_externa)
exten => ${EXT_LOCAL},n,Goto(desviado_interna)

exten => ${EXT_LOCAL},n(desviado_externa),Macro(outbound_ISDN,${DESVIADO},${
{CALLERID(number)})
exten => ${EXT_LOCAL},n,Goto(voicemail)

exten => ${EXT_LOCAL},n(desviado_interna),Dial(SIP/${DESVIADO},15,tTr)
exten => ${EXT_LOCAL},n,Goto(voicemail)

exten => ${EXT_LOCAL},n(voicemail),VoiceMail(su${EXTEN})

```

En el caso de que la llamada se haya determinado como “desviada”, es preciso decidir si el desvío es interno (número de 4 cifras) o externo (mayor de 4 cifras). En ambos casos, si la llamada falla por cualquier motivo, la llamada se redirige al buzón de voz del usuario (en el caso de disponer de él).

Un caso bastante especial de desvío es el de **jefe-secretaria**. En este caso, el jefe dispone de una extensión, por ejemplo 4001, y su secretaria la 4002. Lo más habitual es que el jefe, al menos en horario de trabajo de su secretaria, desee que no le llegue ninguna llamada directamente, sino que sea su secretaria la que las filtre, y le consulte eventualmente si desea que le sea transferida una llamada determinada. El jefe publicita su extensión (en este caso, la 4001), y establece el desvío hacia la extensión de su secretaria (4002).

Si se implementa al estilo tradicional, el problema surge cuando la secretaria intenta contactar con la extensión del jefe para pasarle una llamada, o simplemente hacerle cualquier consulta: dado que éste tiene su extensión redirigida a ella, la llamada “rebota” y es imposible la comunicación.

La solución pasa por crear una segunda extensión al jefe que nunca se desvíe. Dado que se pretende que el jefe no pueda ser molestado, “saltándose” a la secretaria, se opta por utilizar una extensión secreta y que incorpore caracteres además de dígitos, lo que la hace, en la práctica, casi imposible de marcar por cualquiera con un simple teclado de teléfono. A la secretaria, para facilitarle su labor, se le programa una tecla de marcado rápido (en uno de los botones libres) que marque dicha extensión secreta. El patrón elegido para estas extensiones es **jefe_[ext_habitual]**, y su implementación en el *dialplan* es tan sencilla como:

```

; desvio jefe_secretaria
exten => _jefe${EXT_LOCAL},1,Dial(SIP/${EXTEN},15,Tt)

```


Como último tipo de llamadas internas se sitúan las realizadas sobre números de la red móvil privada, y que han de salir como llamadas externas, manteniendo la numeración corta, hacia el enlace con el operador móvil:

```
;extensiones móviles
exten => ${EXT_MOVILES},n,Dial(${CANAL_MOVIL}/${EXTEN},50,Ttr)
exten => ${EXT_MOVILES},n,Goto(voicemail)
```

Dentro del contexto de **aplicaciones**, que se incluye en todos las categorías, se implementan los códigos de escape que permitirán a los usuarios programar sus desvíos. En la práctica, estos desvíos se articularán en base a distintas claves de la base de datos de Asterisk:

- DESVIO_INM : para los desvíos inmediato o incondicionales
- DESVIO_NOANSWER : para los desvíos en caso de “no contesta” en el periodo especificado

Los códigos que se utilizarán para este servicio son:

- **Desvío inmediato: *21*NUM_DESVIO**

```
exten => _*21*XX.,n,Set(DB(DESVIO_IMM/${CALLERID(number)})=${EXTEN:4})
exten => _*21*XX.,n,Answer()
exten => _*21*XX.,n,Playback(beep)
exten => _*21*XX.,n,Hangup()
```

- **Desvío si no contesta: *22*NUM_DESVIO**

```
exten => _*22*XX.,n,Set(DB(DESVIO_NOANSWER/${CALLERID(number)})=${EXTEN:3})
exten => _*22*XX.,n,Answer()
exten => _*22*XX.,n,Playback(beep)
exten => _*22*XX.,n,Hangup()
```

- **Cancelación de desvío inmediato: *21#**

```
exten => _*21#,n,DBDel (DESVIO_IMM/${CALLERID(number)})
exten => _*21#,n,Hangup()
```

- **Cancelación de desvío si no contesta: *22#**

```
exten => _*22#,n,DBDel (DESVIO_NOANSWER/${CALLERID(number)})
exten => _*22#,n,Hangup()
```

- **Cancelación de todos los desvíos: *23#**

```
exten => _*23#,n,DBDel (DESVIO_NOANSWER/${CALLERID(number)})
exten => _*23#,n,DBDel (DESVIO_IMM/${CALLERID(number)})
exten => _*23#,n,Hangup()
```

Otro servicios típico de centralita que se implementa es el de **captura de llamada**. Cuando una extensión esté sonando, es posible capturar dicha llamada desde otro teléfono marcando **# + número de extensión**.

```
exten => _#. ,n, Pickup (${EXTEN:1}@internas&${EXTEN:1}@provinciales&${EXTEN:1}@nacionales&${EXTEN:1}@moviles&${EXTEN:1}@internacionales&${EXTEN:1}@todos_destinos)
```

En este caso, la implementación es menos elegante, dado que se realiza con la aplicación nativa *Pickup*, y es preciso buscar la llamada entrante en todos los contextos posibles.

4.6 Implementación de funcionalidades avanzadas

Asterisk proporciona “de serie” una serie de aplicaciones que permiten, de forma casi inmediata, proporcionar servicios que en otros sistemas propietarios se consideran de valor añadido y resultan muy costosos de licenciar.

En sintonía con lo expresado en la especificación de requisitos de implementan los siguientes servicios:

4.6.1 Buzones de voz personalizables

Para proporcionar el servicio de buzones de voz se necesitan tres componentes:

- Soporte en el *dialplan* de forma que las llamadas, al encontrar una situación de ocupado o no respuesta en un plazo de tiempo, sean transferidas al módulo de correo de voz o *voicemail*

```
exten => ${EXT_LOCAL},n(voicemail),VoiceMail(su${EXTEN})
```

- Activación del módulo correspondiente y configuración de cuentas de correo el sistema de *voicemail*, fichero **/etc/asterisk/voicemail.conf**

```
[general]
format = wav
serveremail = correo.empresa.es
attach = yes
maxsilence = 10
silencethreshold = 128
maxlogins = 3
emaildateformat = %A, %B %d, %Y at %r
sendvoicemail = yes
language = es
emailsubject = [Centralita XXX] Nuevo mensaje de voz (#${VM_MSGNUM}) para la
extension ${VM_MAILBOX}
emailbody = \nHola${VM_NAME},\n\ntienes un nuevo mensaje (número ${VM_MSGNUM})
en tu buzón de voz ${VM_MAILBOX}, enviado por ${VM_CIDNAME} ($
```

```
{VM_CIDNUM}}.\n\nPuede acceder al mismo llamando a la extensión 123, usando su
contraseña como identificación.\n\nPara su comodidad, le anexamos el mensaje en
formato WAV.\n\nUn saludo,\nla centralita de XXX.
```

```
[default]
```

```
4001 => 1234, Nombre del Usuario 1, usuario1@empresa.es
```

```
4005 => 1234, Nombre del Usuario 5
```

```
4010 => 1234, Nombre del Usuario 10, usuario10@empresa.es
```

Con la anterior configuración se logra que el sistema mantenga los buzones de tres extensiones (4001, 4005, 4010) y que a dos de los usuarios, además, se le reenvíe por correo electrónico cada mensaje recibido, en forma de *attach*. La cadena de números que aparece tras la extensión es el PIN o la password inicial (posteriormente puede ser cambiada por el usuario a través del interfaz vocal del servicio).

- Acceso por parte del usuario al portal del correo de voz a través de una extensión o extensiones definidas, de forma que pueda escuchar sus mensajes, borrarlos, personalizar su locución automática, etc.. En el caso que nos ocupa se ha implementado dentro del contexto **buzones**:

```
[buzones]
```

```
exten => 123,1,VoicemailMain()
```

```
exten => 123,n,Hangup
```

```
exten => 124,n,VoicemailMain(s${CALLERID(number)})
```

```
exten => 124,n,Hangup
```

En este caso, hay dos extensiones disponibles para el acceso a los buzones. La 123 permite un acceso a través de usuario y contraseña (extensión + PIN) desde cualquier teléfono de la empresa. La extensión 124 no requiere teclear el PIN dado que conecta directamente y de forma no autenticada con el motor de voicemail utilizando como usuario el número de extensión que llama. Esta última es la forma de acceso más cómoda y habitual para el usuario, dado que en los teléfonos se ha personalizado la tecla “mensajes” para automáticamente marque dicha extensión.

4.6.2 Música en espera

El sistema de música en espera (*music-on-hold*) se basa en la capacidad de Asterisk de reproducir de una forma ordenada o aleatoria una serie de archivos de audio, ya sea en formato WAV o MP3.

La configuración de este servicio se realiza sobre el fichero **/etc/asterisk/musiconhold.conf**

```
[default]
mode=files
directory=/var/lib/asterisk/moh
random=yes      ; Play the files in a random order
```

De esta forma, Asterisk reproduce de forma aleatoria, cuando sea preciso, cualquier fichero del repositorio de música existente en el directorio **/var/lib/asterisk/moh**.

4.6.3 Agenda corporativa

Los teléfonos Cisco seleccionados tienen la capacidad de acceder a información externa en formato XML, a través del protocolo HTTP. Las especificaciones muestran las capacidades para reconocer e interpretar determinados objetos XML que permiten implementar listados de valores, renús de opciones, etc.

En concreto para el desarrollo de un directorio corporativo accesible desde el teléfono es útil la siguiente construcción XML:

```
<CiscoIPPhoneDirectory>
  <Title>Name Of Directory</Title>
  <Prompt>Prompt text.</Prompt>
  <DirectoryEntry>
    <Name>Name of Person or Company</Name>
    <Telephone>TelephoneNumber</Telephone>
  </DirectoryEntry>
  <DirectoryEntry>
    <Name>Name of Person or Company</Name>
    <Telephone>TelephoneNumber</Telephone>
  </DirectoryEntry>
</CiscoIPPhoneDirectory>
```

En el caso que nos ocupa se instala una página PHP en el servidor web corporativo, que a su vez es accedida desde los teléfonos IP gracias a la directiva de configuración del fichero SEP[mac].xml:

```
<directoryURL>http://intranet.empresa.es/voip/directorio.php</directoryURL>
```

Contenido de la página web **directorio.php**, que consulta el directorio de la empresa y lo sirve a los teléfonos en el formato XML de Cisco:

```
<?
header("Content-type: text/xml");
header("Connection: close");
header("Expires: -1");
header("Cache-Control: private");
echo "<" . "?xml version=\"1.0\" ?\".\">\n";

?>
<CiscoIPPhoneDirectory>
  <Title>Directorio Telefonico</Title>
  <Prompt>Empresa XXX</Prompt>
<?

$database = 'directorio';

$db_server = 'dbhost.empresa.es';
$db_user = 'voip';
$db_pass = 'voip';

$link = mysql_connect($db_server, $db_user, $db_pass);
if (!$link) {
    die('Could not connect: ' . mysql_error());
}
$db_selected = mysql_select_db($database, $link);
```

```

if (!$db_selected) {
    die('Can\'t use database $database : ' . mysql_error());
}

$result = mysql_db_query ($database, "select * from directorio ORDER BY
`nombre`");

while ($row = mysql_fetch_array ($result)) {

    printf("\t\t<DirectoryEntry>\n");
    printf("\t\t\t<Name>%s</Name>\n", $row["nombre"]);
    printf("\t\t\t<Telephone>9%s</Telephone>\n", $row["telefono"]);
    printf("\t\t</DirectoryEntry>\n");
}

mysql_free_result ($result);
mysql_close($link);

?>
</CiscoIPPhoneDirectory>

```

4.6.4 Servicio Click2Call

Una de las funcionalidades requeridas para la integración de la nueva red con los servicios ya implementados en la Intranet de la empresa es la posibilidad de realizar (o al menos desencadenar) llamadas desde una página web. Esto posibilita la conversión de prácticamente cualquier número de teléfono mostrado en pantalla en un enlace pinchable, siempre que se disponga de la extensión del usuario que utiliza la página web en cuestión, algo bastante sencillo si el servicio de Intranet es autenticado y soporta sesiones (los datos del usuario, incluyendo su extensión, suelen pre-cargarse en la sesión al hacer *login*).

Para la implementación de esta funcionalidad se han utilizado las capacidades de XML-Push presentes en los teléfonos Cisco, y que como medida de seguridad, requieren un modelo de seguridad basado en un servicio de autenticación on-line de usuarios, cuyo URL se configura en el fichero de configuración **SEP[mac].xml** :

```
<authenticationURL>http://intranet.empresa.es/voip/auth.php</authenticationURL>
```

Dado que en el entorno al que se circunscribe este proyecto no es preciso mantener un esquema de usuarios y contraseñas autorizadas para utilizar el servicio **Click2Call**, se implementa un servicio de autenticación no-seguro, que a toda petición responde, sin ningún tipo de criterio, con la cadena **AUTHORIZED**.

```
<?php echo "AUTHORIZED"; ?>
```

En el caso del servicio que nos interesa: la llamada “forzada desde el exterior”, se implementa una **prueba de concepto**, con la que se demuestra la capacidad de desencadenar una llamada desde un servidor web, que en este caso, instruye al teléfono cuya IP es 192.168.4.2 a llamar a la extensión 4001:

```
<?
function push2phone($ip, $uri, $uid, $pwd)
{
    $auth = base64_encode($uid.":".$pwd);
    $xml = "<CiscoIPPhoneExecute><ExecuteItem Priority=\"0\"URL=\"".
    $uri.\"\"/></CiscoIPPhoneExecute>";
    $xml = "XML=".urlencode($xml);

    $post = "POST /CGI/Execute HTTP/1.0\r\n";
    $post .= "Host: $ip\r\n";
    $post .= "Authorization: Basic $auth\r\n";
    $post .= "Connection: close\r\n";
    $post .= "Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\r\n";
    $post .= "Content-Length: ".strlen($xml)."\r\n\r\n";

    $fp = fsockopen ( $ip, 80, $errno, $errstr, 30);
    if (!$fp){ echo "$errstr ($errno)<br>\n"; }
    else
    {
```



```

fputs($fp, $post.$xml);
flush();
while (!feof($fp))
{
    $response .= fgets($fp, 128);
    flush();
}
}

return $response;
}

#####

$ip = "192.168.4.2";
$uri = "Dial:4001";
$uid = "test";
$pwd = "test";
echo push2phone($ip, $uri, $uid, $pwd);
?>

```

4.7 Implementación de un entorno de gestión

Una pieza fundamental a la hora de llevar a cabo con éxito el proyecto, y más aún, la explotación del mismo, es el **entorno de gestión** que permita **monitorizar** y conocer el estado del mismo en cualquier momento, así como obtener **estadísticas**, tendencias, carencias, etc, a lo largo del tiempo.

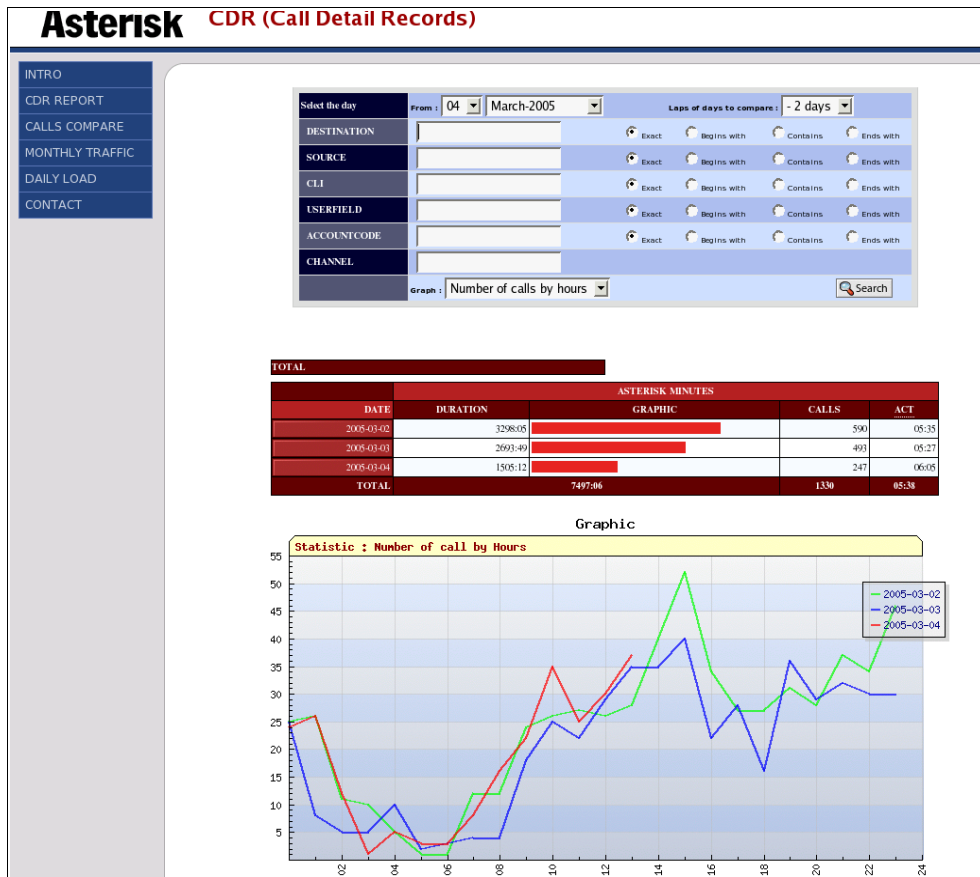
Por otra parte, y no menos importante, es preciso instalar algún tipo de sistema de monitorización del estado de los servidores que comprenden el sistema, de forma que se pueda actuar de forma inmediata en el caso de la caída de un servidor o servicio. Una de las alternativas más populares para esta misión es **Nagios**, que en base a un sistema de *plugins* es capaz de vigilar periódicamente el estado de un servidor Asterisk, llegando a comprobar, de forma externa, el estado no solo del servidor, el proceso Asterisk y los servicios básicos (ntp, dhcp, etc.), sino incluso el estado de los enlaces ISDN.

4.7.1 Sistema de consumo y estadísticas

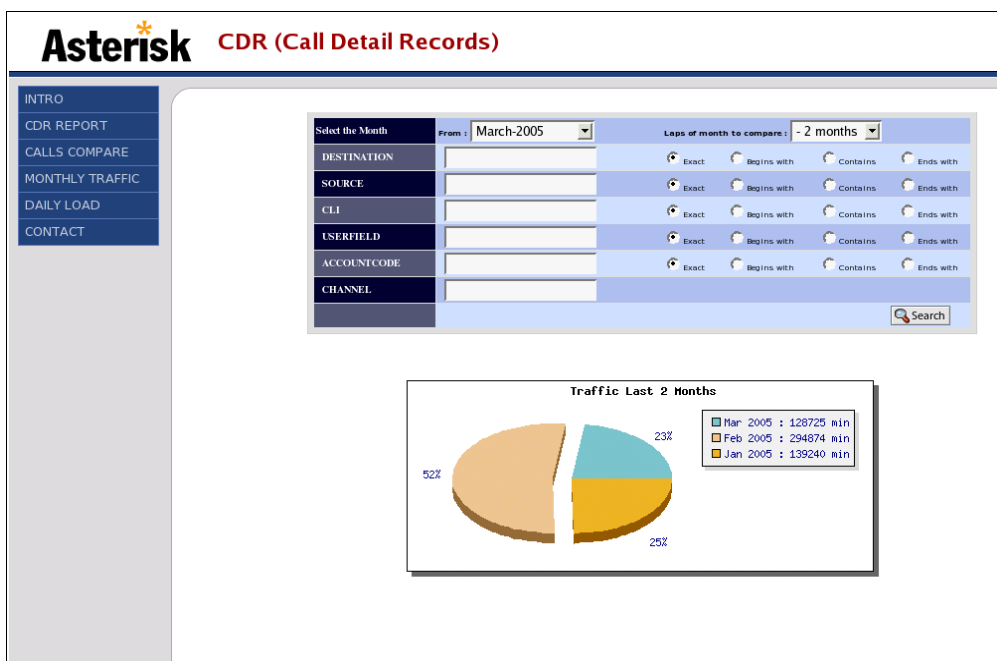
Asterisk genera un registro de cada llamada efectuada llamado **CDR (Call Detail Records)**. De forma general, este *log* se genera en un fichero plano tipo CSV (Comma Separated Values), aunque es fácil configurar la centralita para que dicho registro se realice de forma activa sobre un gestor de bases de datos local o remoto. En el caso que nos ocupa es importante que la arquitectura de generación de estadísticas se pueda centralizar en un servidor de la empresa, independientemente de la centralita que genere los eventos. Para ellos se configuran todos los Asterisk para que registren de forma centralizada toda su actividad en un servidor MySQL corporativo (el mismo que se utiliza para el provisionamiento de los equipos).

Una vez centralizado el almacenamiento de *logs* es posible instalar en uno de los servidores web de la compañía una herramienta de explotación de los mismos, como puede ser **Areski-Stats**, que de forma gráfica muestran, en tiempo real, las estadísticas de una centralita, con información detallada de duración y número de llamadas, agrupadas por múltiples criterios, simultaneidad de las mismas, etc...

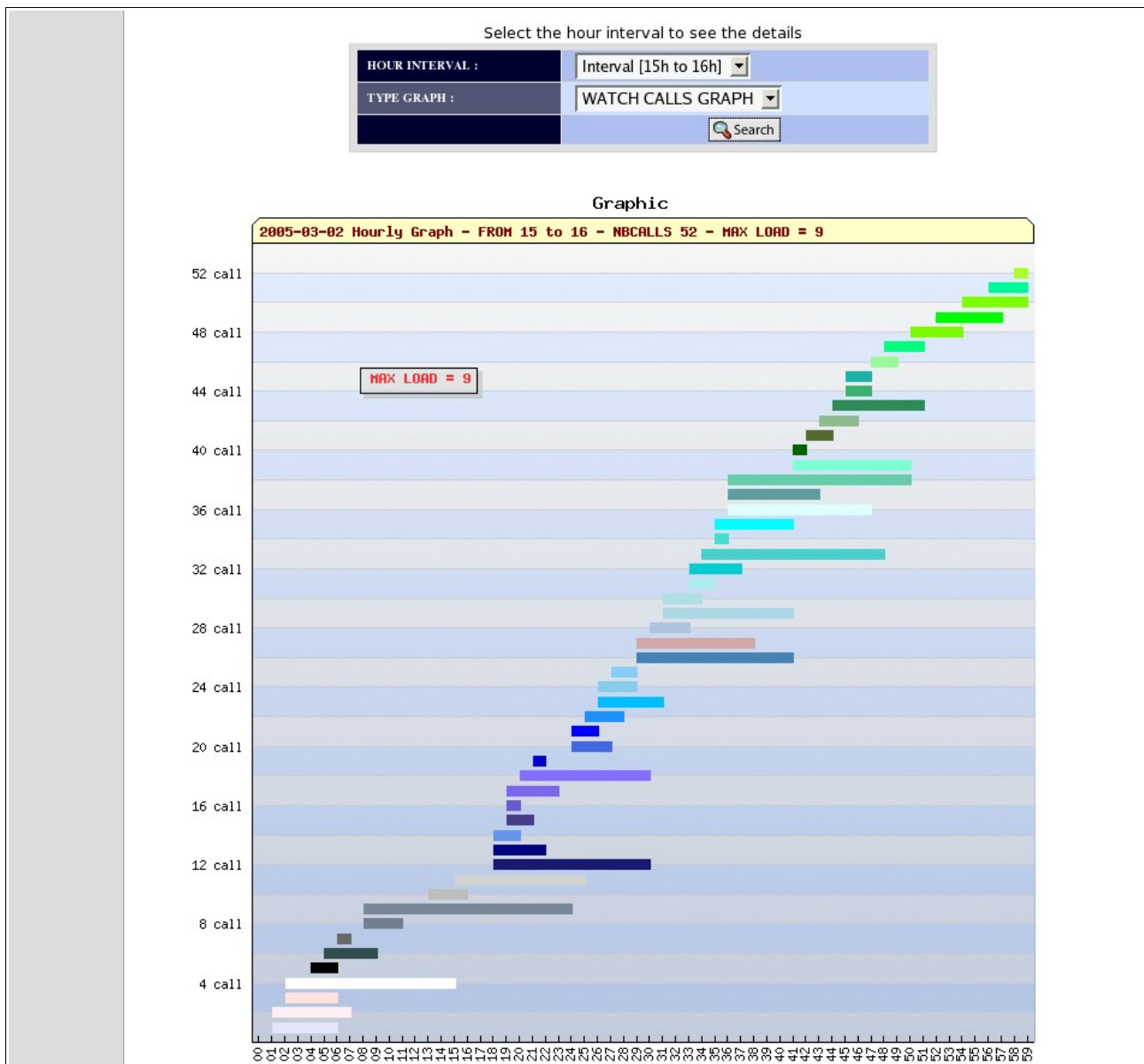
Número de llamadas por horas:



Análisis del tráfico mensual:



Distribución de llamadas a lo largo de una hora, con determinación del nivel máximo de concurrencia :



4.7.2 Sistema de gestión de llamadas (panel de operadora)

A pesar de que Asterisk dispone de un potente interfaz en modo texto (consola) que muestra todo tipo de información de actividad con el nivel de detalle que se desee, y con capacidad directa para la ejecución de comandos en tiempo real sobre el sistema, a veces es interesante disponer de algún entorno gráfico que simplifique la labor de la operadora principal (en este caso, la recepcionista de la empresa) y que permita, de un vistazo rápido, observar el estado de algunas extensiones especiales y de los enlaces de salida.

Existen múltiples aplicaciones para monitorizar Asterisk de forma remota haciendo uso del interfaz AMI (Asterisk Management Interface), pero quizás el más popular es **FOP (Flash Operator Panel)**, que a través de un componente escrito en Flash (también existe una versión experimental DHTML) permite monitorizar un número definido de extensiones a través de una página web, así como algunas operaciones básicas sobre las mismas (efectuar, colgar, transferir llamadas).



Aspecto del panel de control principal de FOP (Flash Operator Panel)

4.8 Plan de pruebas

Una vez implantada la solución llega una de las fases más importantes de todo proyecto: la fase de pruebas y de aseguramiento de la calidad y la concordancia con los objetivos planteados al principio del mismo.

En el caso que nos ocupa, se realizan tres tipos de pruebas exhaustivas:

- **Prueba de funcionalidad:**

Junto con el personal involucrado de la empresa (técnicos, usuarios avanzados y muestra representativa de usuarios medios) , se han de probar los casos más típicos de llamadas (interna-interna, interna-remota, interna-provincial, externa-interna, externa-remota, etc...) así como todas y cada una de las funcionalidades previstas (desvíos, capturas, llamadas a todo tipo de destinos desde terminales de distinta categoría, etc...)

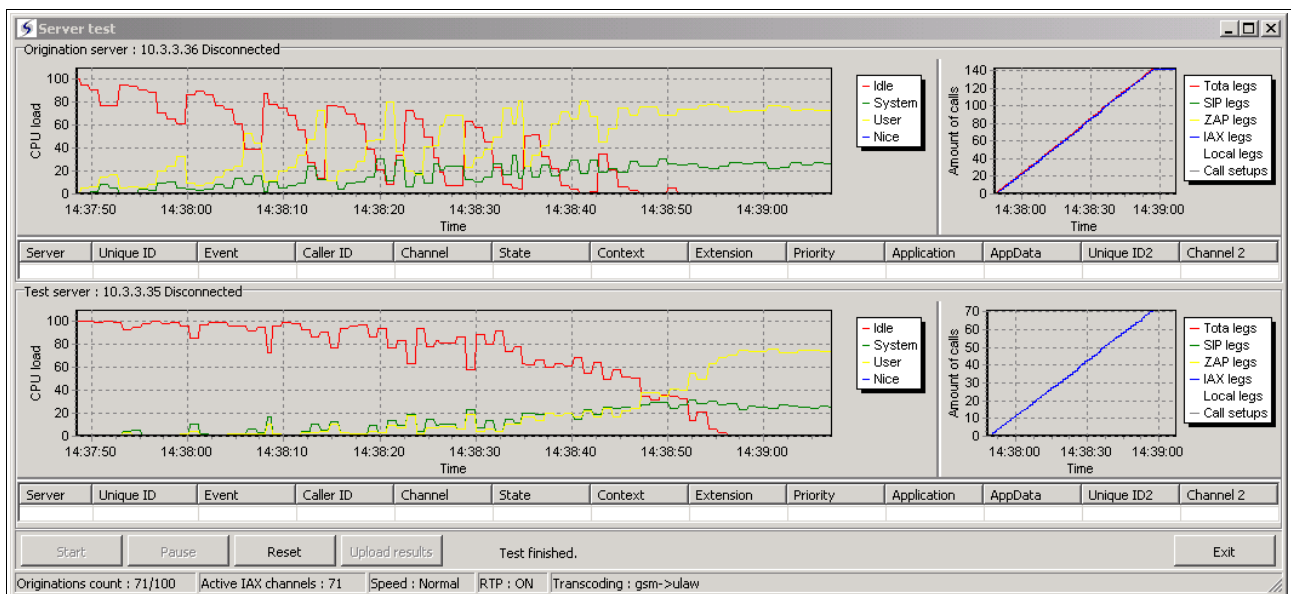
- **Prueba de tolerancia a fallos:**

Se han de comprobar todas las hipótesis de fallo contempladas en el plan de contingencia:

- Caída de enlaces externos (se deben recibir las llamadas a través de los enlaces del otro centro)
- Caída de un servidor dentro de uno de los *clusters* (el superviviente ha de tomar todas las funciones)

- **Prueba de carga:**

Se ha de valorar la capacidad de respuesta del sistema ante volúmenes de llamadas imprevistos, para conocer los límites reales del sistema. En concreto se simularán una carga significativa de llamadas con la herramienta **Astertest**:



5 Conclusión

La penetración de uso del **software libre** en todos los ámbitos del mundo moderno es un hecho contrastado, y la telefonía no podía quedarse atrás. El mercado de las centralitas empresariales vive tiempos de cambios, de replanteamiento del servicio, de abandono de tecnologías obsoletas y poco escalables. Es en este escenario donde surge un novedoso e imaginativo proyecto de la comunidad del *software libre* que revolucionará la forma de entender este tipo de servicios de igual forma que los sistemas pequeños acabaron con los *mainframes* a finales de los 80.

Asterisk representa lo mejor de una generación de brillantes programadores y entusiastas usuarios que han logrado cambiar la forma de hacer las cosas en un terreno tan difícil y poco accesible al usuario medio como es el de la telefonía, y que le ha dotado de herramientas y técnicas, al alcance de cualquiera, para reconvertir parte de los procesos de negocio de empresas de todos los tamaños, así como de las limitadas, hasta ahora, funcionalidades que con respecto a la telefonía podía disponer el usuario doméstico.

En el caso de Asterisk, no sólo se trata de un producto de calidad adaptado perfectamente a unas necesidades definidas, sino que representa una punta de lanza para la penetración de las ideas y modelos del *software libre* en territorios donde, por unos u otros motivos, aún no lo había hecho.

Es posible vaticinar que en los próximos años, un sistema de telefonía basado en Asterisk y Linux será probablemente el primer sistema libre en entrar en pequeña y medianas empresas donde, hasta ahora, solo el *software* propietario había encontrado su sitio. Seguro que no será el último.

En el caso que resume este proyecto, los resultados son palpables desde el primer momento:

- Reducción de los costes de adquisición (inversión) del sistema inicial
- Reducción de costes recurrentes
- Mejor adaptación del servicio a la idiosincrasia de la empresa

Ante una eventual migración del sistema telefónico corporativo a un escenario 100% VoIP, con las conexiones al exterior basadas en los mismos estándares implementados en el interior de la empresa, algo que según los analistas sucederá de forma global en algún momento antes del año 2015, la solución implantada ofrece un camino de migración libre de obstáculos y con garantía total de éxito.

6 Bibliografía

Asterisk: The Future of Telephony, Second Edition

By Jim Van Meggelen, Jared Smith, Leif Madsen

O'Reilly Media

August 2007

Switching to VoIP

By Theodore Wallingford

O'Reilly Media

June 2005

VoIP Hacks: Tips & Tools for Internet Telephony

By Theodore Wallingford

O'Reilly Media

December 2005

7 Anexo II - Enunciado

La empresa XXX ha decidido, tras largos años de problemas y altos costes de mantenimiento, reemplazar el sistema de telefonía que soporta e interconecta sus dos edificios principales, basado en centralitas Ibercom (MD-110) por un sistema libre y abierto, que permita una rápida reducción de costes, así como una mejora en la agilidad y control del sistema de telefonía.

Como se ha mencionado, la empresa dispone de dos edificios conectados a nivel IP a través de sendas líneas Gigabit Ethernet (una principal y una de respaldo), utilizadas para el trasiego de datos entre los dos centros, y que en la actualidad mantiene un promedio de utilización inferior al 10%.

La situación de partida del sistema de telefonía a migrar es la siguiente:

- 2 centralitas PBX MD-110 (una en cada centro)
- 400 extensiones analógicas (200 en cada edificio)
- 1 enlace primario ISDN en cada centro (30 llamadas simultaneas en cada uno)
- 1 enlace dedicado 2 Mbps para la interconexión de las dos PBX

Los problemas y carencias que más preocupan a la dirección de la empresa son las siguientes:

- **Alto coste y poca flexibilidad en el mantenimiento de las centralitas actuales** : Cualquier pequeña modificación, como el cambio de categoría de una extensión, se depende del servicio externo de una empresa especializada)
- **Alto coste de las llamadas** :
Al no proveer el servicio Ibercom un sistema de adecuación de tráfico para las llamadas a móviles (una parte significativa de la factura)
- **Modelo de facturación basado en el número de extensiones instaladas** :
Cualquier incremento de las mismas, y en estos momentos ya existen usuarios compartiendo extensión debido a su escasez, exige la ampliación hardware de la centralita y el consiguiente aumento de la cuota mensual
- **Plan de numeración caótico** :
Situación derivada del crecimiento progresivo y el goteo de solicitudes de rangos de numeración (ampliaciones)

- **Ausencia de funcionalidad avanzada:**
Se desea hacer uso de funcionalidades como buzones de voz y operadora automática sin pagar las costosas licencias que supondría hacerlo en el sistema actual
- **Carencia de informes :**
Se desea obtener informes detallados y en tiempo real del uso que se hace del servicio por parte de los usuarios, para hacerlos públicos en la Intranet como medida adicional de contención del gasto.
- **Falta de integración :**
Se desea integrar el uso del teléfono con la actual Intranet, en especial con el directorio telefónico y las agendas personales

Por todo ello se propone la realización de un proyecto de migración del sistema actual a un sistema basado en VoIP, utilizando, en la medida de lo posible, soluciones libres y abiertas, que doten a la empresa de las funcionalidades requeridas y reduzcan drásticamente los costes del servicio actual, teniendo siempre en cuenta la no degradación del nivel de servicio actual, planificando cuidadosamente el periodo de transición entre ambos sistemas.

El proyecto incluirá un análisis de las diversas opciones tecnológicas tanto a nivel de hardware, comunicaciones, protocolos, codecs, etc... que existan para cada elemento del sistema y la justificación de la alternativa o alternativas elegidas en cada caso.

Se hará especial hincapié en la previsión y planificación de cualquier contingencia posible, de forma que el sistema goce de la mayor resistencia a fallos (por diseño) posible.

8 Anexo II - Presentación comercial del Estudio de Viabilidad

PFM Software Libre UOC
Noviembre 2007
davidgue@uoc.edu

**PROYECTO DE MIGRACION A
TELEFONIA IP (VOIP) PARA LA
EMPRESA XXX**

Agenda

- Motivación
- Situación de partida
- Requerimientos
- Propuesta
 - Opciones
 - Arquitectura propuesta
 - Ventajas diferenciadoras
- Desarrollo del proyecto
- Presupuesto
- Coste recurrente del servicio
- Conclusiones

2

Motivación

- La empresa XXX, perteneciente al sector de las tecnologías de la información (TIC) se plantea **sustituir el sistema telefónico** actual de sus dos edificios
- Tanto el carácter técnico de su personal, como su imagen externa, motivan a la empresa a optar por un **sistema abierto, potente, tecnológicamente avanzado y auto-gestionable**
- Apuesta por **Voz sobre IP (VoIP)** con la vista puesta en el futuro

3

Situación de partida

- **Sistema telefónico actual:**
 - **obsoleto** (falta de funcionalidad)
 - **pobre escalabilidad** (costosas actualizaciones de hardware para añadir extensiones)
 - **falta de control** (se ha de subcontratar a un tercero)
 - **no integrado** con el parque de teléfonos **móviles** de la empresa
 - **caro** (sujeto al pago de cuotas por extensión + coste de llamadas)

4

Situación de partida

- Centralitas basadas en servicio Ibercom de Telefónica (PBX's Ericcson MD-110)
- 200 extensiones por PBX
- 2 accesos primarios E1 (ISDN PRI) por PBX
- Llamadas a móviles no segregadas
- Plan de numeración desestructurado
- Buena infraestructura de comunicaciones entre edificios (Gigabit Eth redundada)
- Antecedente de éxito en la implantación de sistemas basados en soluciones libres:
 - Linux + Apache + PHP + MySQL
- Relativa formación del personal en dichos entornos

5

Requerimientos

- Sistema distribuido (una centralita por centro)
- Uso de estándares (abiertos)
- No sujeto a costes por licencias, en especial en lo relativo a la escalabilidad
- Gestionable (configuración, operación, informes...)
- Soporte de servicios "premium": buzones de voz, multiconferencia, música en espera, videollamadas, etc..

6

Requisitos

- Establecimiento de un modelo de conexión al exterior
 - reducción de costes
 - racionalización del plan de numeración
 - integración de la telefonía móvil
- Arquitectura
 - resistente a fallos
 - provechamiento de la infraestructura actual

7

Requisitos

- Selección de **dispositivos de usuario**
 - estudio y recomendación de modelos específicos
 - soporte de distintas gamas
- Desarrollo de **aplicativos de integración** con el resto de sistemas de información de la empresa (Apache + PHP + Mysql)
 - Click2Call
 - Directorios
 - WebCall
 - ...

8

Propuesta - Opciones

- ⦿ Prácticamente todos los fabricantes de PBX se mueven hacia VoIP, pero con **enfoques propietarios**:
 - Uso de señalización no-estándar (no interoperable)
 - Cobro por licencia por cada extensión configurada
- ⦿ Existe una **alternativa libre**: la comunidad del software libre se vuelca en el proyecto **Asterisk**

9

Propuesta - Opciones

- ⦿ Asterisk usa protocolos de **señalización estándar** e interoperables:
 - SIP, IAX, H.323
 - Soporta sistemas de señalización propietarios (ingeniería inversa) para mayor capacidad de integración
- ⦿ Asterisk se distribuye bajo **GPL**
- ⦿ Asterisk funciona sobre **Linux**
- ⦿ Asterisk se integra tanto en telefonía tradicional (**POTS-PSTN**) como en telefonía IP (**VoIP**)

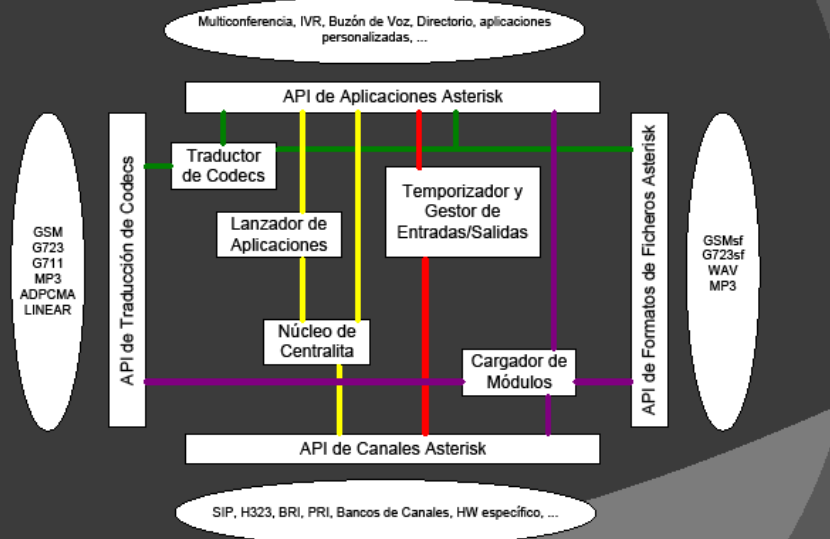
10

Propuesta - Opciones

- Asterisk es algo más que una centralita SW (softswitch)
- Es un **framework** completo para el despliegue de servicios relacionados con la telefonía:
 - Enrutador de llamadas
 - Gestión de buzones de voz
 - IVR (sistemas de menús por voz)
 - API de programación integrada (AGI)

11

Propuesta - Opciones



12

Propuesta - Opciones

- Asterisk, aun siendo patrocinado por un fabricante de tarjetas de telefonía (Digium), soporta HW de distintos fabricantes → abierto
- Asterisk soporta de forma nativa los **codecs**
 - G.711 (el de mayor calidad, mayor ancho de banda) de forma gratuita
 - GSM, G.726, etc, de forma gratuita
 - G.729 (de buena calidad, mínimo ancho de banda) bajo licencia
- Existe una gran **comunidad de expertos** en Asterisk (y en particular, en el mundo hispano), avalada, en determinados casos, por un sistema de **certificación** (dCAP), promovido y auspiciado por Digium

13

Propuesta - Opciones

Funcionalidades integradas en Asterisk (entre otras muchas):

- | | | |
|--|---|---|
| •Sistema de Menú en Pantalla | •Tarjetas prepago | •Extensiones móviles |
| •Receptor de Alarmas | •Multiconferencia | •Enrutamiento por Indetificador de llamada |
| •Adición de Mensajes | •Almacenamiento / Recuperación en BBDD | •Mensajería SMS |
| •Autenticación | •Integración con BBDD | •Sistema TextToSpeech |
| •Atención de llamada Automática | •Llamada por Nombre | •Emitir Letras y Números |
| •Listas Negras | •Sistema de Acceso directo entrante | •Detección de Voz |
| •Transferencia Ciega | •Timbre personalizable | •Llamada a tres |
| •Transferencia con Consulta | •No molestar | •Fecha y Hora |
| •Registro de detalles de Llamada | •E911 | •Traducción de Codec |
| •Reenvío de llamada en ocupado | •ENUM | •Trunking |
| •Reenvío de llamada en No-disponible | •Recepción y Envío de FAX | •Pasarelas VoziP |
| •Reenvío de llamada variable | •Lógica de extensiones Flexible | •Sistema de Buzón de Voz |
| •Monitorización de Llamadas | •Listado de directorio Interactivo | •Indicador visual de mensaje no escuchado |
| •Aparcamiento de Llamada | •Respuesta de Voz Interactiva(IVR) | •Indicador sonoro de mensaje no escuchado |
| •Sistemas de Colas | •Agentes de llamada Locales y Remotos | •Mensajes del Buzón de Voz a Email |
| •Grabación de llamadas | •Macros | •Grupos de Buzón de Voz |
| •Recuperación de Llamadas | •Música en Espera | •Interfaz Web de acceso al Buzón de Voz |
| •Enrutamiento de llamadas (DID & ANI) | •Música en Espera en transferencia | •Identificación de llamada en Llamada en Espera |
| •Escucha de Llamadas | •Sistema de MP3 configurable | •Soporte de oficina Remoto |
| •Transferencia de Llamadas | •Control de Volumen | |
| •Llamada en Espera | •Marcador Predictivo | |
| •Identificación de Llamada | •Privacidad | |
| •Bloqueo por identificación de llamada | •Protocolo de establecimiento abierto (OSP) | |
| | •Conversión de protocolo | |
| | •Captura de Llamadas | |

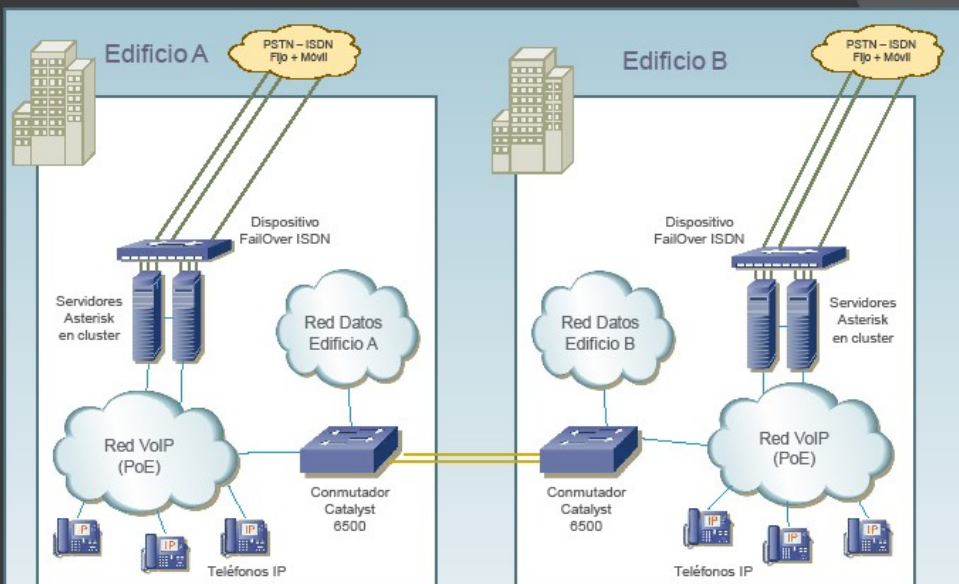
14

Propuesta - Arquitectura

- Centralitas:
 - una **centralita Asterisk** (en cluster) en cada centro
 - con una **tarjeta de 4 accesos PRI** cada una
 - y una solución de alta disponibilidad en caso de contingencia
 - **Trunking IP** entre ambos centros, aprovechando la actual infraestructura Gigabit Eth
 - Basadas en **plataforma Intel**, con RAM y CPU suficientes (servidores gama media-alta)
 - Uso de señalización **SIP** y/o **IAX**

15

Propuesta - Arquitectura



16

Propuesta - Ventajas

- Todas las ventajas del mundo **Linux**: no es eso suficiente ?
- Al igual que Linux, Asterisk proporciona al usuario **control completo** del sistema de telefonía
- **Independencia** real de fabricantes
- **Reducción de costes**:
 - Solo pago por hardware no propietario
 - No existe licencia por puesto o extensión
- **Integración** con todo tipo de sistemas, incluidos los propietarios (Cisco, Nortel, Ericsson, etc...)

Asterisk es al mundo de las telecomunicaciones lo que Apache al mundo de los servidores web

17

Desarrollo del proyecto

- Fases / Tareas:
 - **Análisis y diseño**
 - Análisis y catalogación detallada de funcionalidades actuales y futuras
 - Selección de teléfonos por parte del cliente sobre un entorno de pruebas
 - Estudio detallado de la red actual del cliente
 - **Implantación**
 - Despliegue y configuración de la electrónica de red necesaria (reVoIP-POE)
 - Instalación y configuración de servidores Linux y hardware de protección de circuitos
 - Desarrollo de un sistema deprovisionamiento rápido de los modelos de teléfonos seleccionados
 - Validación de circuitos ISDN del operador u operadores
 - Configuración de PBX local con pruebas de tolerancia a fallos(cluster)
 - Interconexión de centralitas
 - Integración telefonía móvil (Red Privada Virtual Móvil) con PBX interconectadas
 - Desarrollo de aplicativos de Intranet para la gestión de informesclick-to-call, etc...
 - **Pruebas**
 - De funcionalidades
 - De carga

18

Desarrollo del proyecto

○ Cronograma / Fases:

Análisis y diseño
2 semanas

Implantación
4 semanas

Pruebas
1 semana

Total del proyecto: 7 semanas

19

Desarrollo del proyecto

○ Recursos Humanos / **Perfiles:**

- **Jefe de proyecto:** responsable de la definición de objetivos y estrategias, asignación de recursos, así como la dirección del resto de personal destinado al proyecto (dedicación parcial)
- **Analista de sistemas:** definición de procesos y principal referencia en los aspectos relacionados con Asterisk y la telefonía IP, así como apoyo al despliegue de la solución técnica. Con titulación dCAP preferentemente (dedicación completa)
- **Técnico de sistemas:** responsable de las tareas de configuración de servidores, servicios básicos (dns, dhcp, apache, etc...), despliegue de teléfonos, y apoyo al analista de sistemas en las tareas de desarrollo, implantación y pruebas (dedicación completa)

20

Presupuesto

Hardware

- Servidores:
 - 4 x 3.000 €
- Tarjetas telefonía ISDN 4 PRI:
 - 4 x 2.000 €
- Dispositivos failover ISDN:
 - 2 x 600 €
- Red local LAN POE:
 - 22 x 450 € + 4 x 400 €

Teléfonos ← depende de la elección del cliente (100-180 € / unidad)

- 400 x 130 € (estimación)

Consultoría y asistencia técnica

- 1 jefe de proyecto (40 horas x 90 € / hora)
- 1 analista de sistemas (280 horas x 60 € / hora)
- 1 técnico de sistemas (280 horas x 40 € / hora)

Hardware:	32.700 €
Teléfonos:	52.000 € (est.)
Consultoría y asist. técnica:	31.600 €

TOTAL: 116.300 €

21

Coste recurrente del servicio

- **Reducción** drástica de la **factura mensual** debido a:
 - Facturación únicamente por las **llamadas efectuadas**, sin cuotas por extensión
 - **Segregación** del tráfico por destinos, convirtiendo el tráfico fijo-móvil en móvil-móvil, utilizando un circuito dedicado proporcionado por el operador móvil
 - **Integración de los teléfonos móviles** en lo que se refiere a llamadas internas en lo referente a numeración y tarificación (tarifa especial para llamadas "internas" en movilidad: móvil-móvil y móvil-fijo)

22

Conclusiones

- Se trata de una propuesta ambiciosa tanto tecnológica como económicamente, con un coste sensiblemente inferior a cualquier alternativa propietaria
- Con garantía de evolución tecnológica y crecimiento, libre de pago por licencias de uso
- En un modelo de anunciada convergencia hacia ToIP (Telefonía IP hasta el operador) → estamos listos !!!

23

Muchas gracias

24

9 Anexo III - Dialplan completo (fichero *extensions.conf*)

```
[general]
static=yes
writeprotect=yes
priorityjumping=no

[globals]

CANAL_FIJO=Zap/g1
CANAL_MOVIL=Zap/g2

SONIDO_INTERNAS ="Alert-Info: <Bellcore-dr1>"
SONIDO_EXTERNAS ="Alert-Info: <Bellcore-dr2>"

#include variables_locales
;-----;
; Puntos de Entrada --;
;-----;

[default]

exten => s,1,Congestion()

[internas]

include => extensiones_locales
include => extensiones_remotas
include => buzones
include => llamadas_emergencia
include => aplicaciones

[provinciales]

include => extensiones_locales
include => extensiones_remotas
```

Anexo III - Dialplan completo (fichero extensions.conf)

```
include => llamadas_provinciales
include => buzones
include => llamadas_emergencia
include => aplicaciones

[nacionales]

include => extensiones_locales
include => extensiones_remotas
include => llamadas_provinciales
include => llamadas_nacionales
include => buzones
include => llamadas_emergencia
include => aplicaciones

[moviles]

include => extensiones_locales
include => extensiones_remotas
include => llamadas_provinciales
include => llamadas_nacionales
include => llamadas_moviles
include => buzones
include => llamadas_emergencia
include => aplicaciones

[internacionales]

include => extensiones_locales
include => extensiones_remotas
include => llamadas_provinciales
include => llamadas_nacionales
include => llamadas_moviles
include => llamadas_internacionales
include => buzones
include => llamadas_emergencia
include => aplicaciones

[todos_destinos]
```

Anexo III - Dialplan completo (fichero extensions.conf)

```
include => extensiones_locales
include => extensiones_remotas
include => llamadas_provinciales
include => llamadas_nacionales
include => llamadas_moviles
include => llamadas_internacionales
include => llamadas_especiales
include => buzones
include => llamadas_emergencia
include => aplicaciones

[from_iax]

include => extensiones_locales
include => extensiones_remotas
include => llamadas_provinciales
include => llamadas_nacionales
include => llamadas_moviles
include => llamadas_internacionales
include => llamadas_especiales
include => buzones
include => llamadas_emergencia

[from_pstn]

exten => _X.,1,SIPAddHeader(${SONIDO_EXTERNAS})
exten => _X.,n,Set(DESTINO=${EXTEN:5})
exten => s,1,Goto(extensiones_locales,${DESTINO},1)

exten => t,1,Hangup
exten => h,1,Hangup

;-----;
;-- Llamadas Salientes --;
;--   por categorias   --;
;-----;

[macro-outbound_ISDN]
```

Anexo III - Dialplan completo (fichero extensions.conf)

```
exten => s,1,NoOp(** macro-outbound_ISDN: ${ARG1} **)
exten => s,n,GotoIf($[${ARG1:0:1} = 6]?movil:fijo)

exten => s,n(movil),Set(CALLERID(number)=91XXX${ARG2})
exten => s,n,Dial(${CANAL_MOVIL}/${ARG1},50,Ttr)
exten => s,n,Goto(s-${DIALSTATUS},1)

exten => s,n(fijo),Set(CALLERID(num)=91XXX${ARG2})
exten => s,n,Dial(${CANAL_FIJO}/${ARG1},50,Ttr)
exten => s,n,Goto(s-${DIALSTATUS},1)

exten => s-BUSY,1,Busy()
exten => s-BUSY,n,Hangup()

exten => _s-. ,1,Dial(IAX2/${OF_REMOTA}/${ARG1},60,Ttr)
exten => _s-. ,n,Hangup()

[llamadas_locales]
exten => _091. ,1,Macro(outbound_ISDN,${EXTEN:1},${CALLERID(number)})

[llamadas_nacionales]

exten => _09Z. ,1,Macro(outbound_ISDN,${EXTEN:1},${CALLERID(number)})
exten => _08Z. ,1,Macro(outbound_ISDN,${EXTEN:1},${CALLERID(number)})

[llamadas_moviles]

exten => _06. ,1,Macro(outbound_ISDN,${EXTEN:1},${CALLERID(number)})

[llamadas_internacionales]

exten => _000. ,1,Macro(outbound_ISDN,${EXTEN:1},${CALLERID(number)})

[llamadas_emergencia]

exten => 112,1,Macro(outbound_ISDN,${EXTEN},${CALLERID(number)})
exten => 0112,1,Macro(outbound_ISDN,${EXTEN},${CALLERID(number)})
```

Anexo III - Dialplan completo (archivo extensions.conf)

```
exten => 091,1,Macro(outbound_ISDN,${EXTEN},${CALLERID(number)})
exten => 0091,1,Macro(outbound_ISDN,${EXTEN},${CALLERID(number)})

[llamadas_especiales]

exten => _01.,1,Macro(outbound_ISDN,${EXTEN:1},${CALLERID(number)})
exten => _090.,1,Macro(outbound_ISDN,${EXTEN:1},${CALLERID(number)})
exten => _00XX,1,Macro(outbound_ISDN,${EXTEN:1},${CALLERID(number)})

;-----;
;-- Extensiones --;
;-----;

[macro-extension_remota]

exten => s,1,Dial(IAX2/${ARG1}/${MACRO_EXTEN},60,Ttr)

[extensiones_remotas]

exten => ${EXT_REMOTA},1,Macro(extension_remota,${OF_REMOTA})

[extensiones_locales]

exten => ${EXT_LOCAL},1,Set(DESVIADO=${DB(DESVIO_IMM/${EXTEN})})
exten => ${EXT_LOCAL},n,GotoIF(${LEN(${DESVIADO})>0}?desviado)
exten => ${EXT_LOCAL},n,Dial(SIP/${EXTEN},15,Tt)
exten => ${EXT_LOCAL},n(continue),GotoIf(${DIALSTATUS} = BUSY?busy)
exten => ${EXT_LOCAL},n,GotoIf(${DIALSTATUS} = NOANSWER?noanswer)

exten => ${EXT_LOCAL},n(busy),Goto(voicemail)

exten => ${EXT_LOCAL},n(noanswer),Set(DESVIADO=${DB(DESVIO_NOANSWER/${EXTEN})})
exten => ${EXT_LOCAL},n,GotoIF(${LEN(${DESVIADO})>0}?desviado)
exten => ${EXT_LOCAL},n,Goto(voicemail)

exten => ${EXT_LOCAL},n(desviado),Set(CALLERID(number)=91XXX${EXTEN})
exten => ${EXT_LOCAL},n,GotoIF(${LEN(${DESVIADO})}>4?desviado_externa)
exten => ${EXT_LOCAL},n,Goto(desviado_interna)
```

Anexo III - Dialplan completo (archivo extensions.conf)

```
exten => ${EXT_LOCAL},n(desviado_externa),Macro(outbound_ISDN,${DESVIADO},${CALLERID(number)})
exten => ${EXT_LOCAL},n,Goto(voicemail)

exten => ${EXT_LOCAL},n(desviado_interna),Dial(SIP/${DESVIADO},15,tTr)
exten => ${EXT_LOCAL},n,Goto(voicemail)

exten => ${EXT_LOCAL},n(voicemail),VoiceMail(su${EXTEN})

; desvio jefe_secretaria
exten => _jefe${EXT_LOCAL},1,Dial(SIP/${EXTEN},15,Tt)

;extensiones móviles
exten => ${EXT_MOVILES},n,Dial(${CANAL_MOVIL}/${EXTEN},50,Ttr)
exten => ${EXT_MOVILES},n,Goto(voicemail)

exten => h,1,Hangup
exten => t,1,Hangup

[buzones]

exten => 123,1,VoiceMailMain()
exten => 123,n,Hangup
exten => 124,n,VoiceMailMain(s${CALLERID(number)})
exten => 124,n,Hangup

;-----;
;-- Aplicaciones--;
;-----;

[aplicaciones]

;***** Desvio inmediato *****
exten => *_21*XX.,n,Set(DB(DESVIO_IMM/${CALLERID(number)})=${EXTEN:4})
exten => *_21*XX.,n,Answer()
exten => *_21*XX.,n,Playback(beep)
exten => *_21*XX.,n,Hangup()

;***** Desvio si no contesta *****
```

Anexo III - Dialplan completo (archivo extensions.conf)

```
exten => _*22*XX.,n,Set(DB(DESUDIO_NOANSWER/${CALLERID(number)})=${EXTEN:3})
exten => _*22*XX.,n,Answer()
exten => _*22*XX.,n,Playback(beep)
exten => _*22*XX.,n,Hangup()

;***** Cancelacion desvio inmediato *****
exten => _*21#,n,DBDel(DESUDIO_IMM/${CALLERID(number)})
exten => _*21#,n,Hangup()

;***** Cancelacion desvio si no contesta *****
exten => _*22#,n,DBDel(DESUDIO_NOANSWER/${CALLERID(number)})
exten => _*22#,n,Hangup()

;***** Cancelacion de todos los desvios *****
exten => _*23#,n,DBDel(DESUDIO_NOANSWER/${CALLERID(number)})
exten => _*23#,n,DBDel(DESUDIO_IMM/${CALLERID(number)})
exten => _*23#,n,Hangup()

;***** Captura de llamada (call pickup) *****
exten => _#. ,n,Pickup(${EXTEN:1}@internas&${EXTEN:1}@provinciales&${EXTEN:
1}@nacionales&${EXTEN:1}@moviles&${EXTEN:1}@internacionales&${EXTEN:
1}@todos_destinos)
```

10 Anexo IV – Plantilla de configuración XML de los teléfonos Cisco

```
<device>
  <deviceProtocol>SIP</deviceProtocol>
  <sshUserId>cisco</sshUserId>
  <sshPassword>cisco</sshPassword>
  <devicePool>
    <dateTimeSetting>
      <dateTemplate>D/M/Ya</dateTemplate>
      <timeZone>Central Europe Standard/Daylight Time</timeZone>
    </dateTimeSetting>
    <ntp>
      <ntp>
        <name>__SERV__</name>
        <ntpMode>Unicast</ntpMode>
      </ntp>
    </ntp>
  </devicePool>
</device>
```

Anexo IV – Plantilla de configuración XML de los teléfonos Cisco

```
        </ntp>
    </ntp>
</dateTimeSetting>
<callManagerGroup>
    <members>
        <member priority="0">
            <callManager>
                <ports>
                    <ethernetPhonePort>2000</ethernetPhonePort>
                    <sipPort>5060</sipPort>
                    <securedSipPort>5061</securedSipPort>
                </ports>
                <processNodeName>__SERV__</processNodeName>
            </callManager>
        </member>
    </members>
</callManagerGroup>
</devicePool>
<commonProfile>
    <phonePassword>cisco</phonePassword>
    <backgroundImageAccess>>true</backgroundImageAccess>
    <callLogBlfEnabled>2</callLogBlfEnabled>
</commonProfile>
<loadInformation>
</loadInformation>
<vendorConfig>
    <disableSpeaker>>false</disableSpeaker>
    <disableSpeakerAndHeadset>>false</disableSpeakerAndHeadset>
    <pcPort>0</pcPort>
    <settingsAccess>1</settingsAccess>
    <garp>1</garp>
    <voiceVlanAccess>0</voiceVlanAccess>
    <videoCapability>0</videoCapability>
    <autoSelectLineEnable>0</autoSelectLineEnable>
    <webAccess>0</webAccess>
    <spanToPCPort>1</spanToPCPort>
    <loggingDisplay>1</loggingDisplay>
    <loadServer>
</loadServer>
```


Anexo IV – Plantilla de configuración XML de los teléfonos Cisco

```
</vendorConfig>
<userLocale>
  <name>Spanish_Spain</name>
  <uid>1</uid>
  <langCode>es</langCode>
  <version>4.1(3)</version>
  <winCharSet>iso-8859-1</winCharSet>
</userLocale>
<networkLocale>Spain</networkLocale>
<networkLocaleInfo>
  <name>Spain</name>
  <uid>64</uid>
  <version>4.1(3)</version>
</networkLocaleInfo>
<deviceSecurityMode>1</deviceSecurityMode>
<authenticationURL>http://intranet.empresa.es/voip/auth.php</authenticationU
RL>
<directoryURL>http://intranet.empresa.es/voip/directorio.php</directoryURL>
<idleURL>http://intranet.empresa.es/voip/Asterisk.bmp</idleURL>
<informationURL>http://intranet.empresa.es/voip/cisco_help.php</informationU
RL>
<messagesURL>
</messagesURL>
<proxyServerURL>http://proxy.empresa.es:3128/</proxyServerURL>
<servicesURL>http://intranet.empresa.es/voip/services.php</servicesURL>
<dscpForSCCPPhoneConfig>96</dscpForSCCPPhoneConfig>
<dscpForSCCPPhoneServices>0</dscpForSCCPPhoneServices>
<dscpForCm2Dvce>96</dscpForCm2Dvce>
<transportLayerProtocol>4</transportLayerProtocol>
<capfAuthMode>0</capfAuthMode>
<capfList>
  <capf>
    <phonePort>3804</phonePort>
  </capf>
</capfList>
<certHash>
</certHash>
<encrConfig>>false</encrConfig>
<sipProfile>
```

Anexo IV – Plantilla de configuración XML de los teléfonos Cisco

```
<sipProxies>
  <backupProxy>
  </backupProxy>
  <backupProxyPort>
  </backupProxyPort>
  <emergencyProxy>
  </emergencyProxy>
  <emergencyProxyPort>
  </emergencyProxyPort>
  <outboundProxy>
  </outboundProxy>
  <outboundProxyPort>
  </outboundProxyPort>
  <registerWithProxy>true</registerWithProxy>
</sipProxies>
<sipCallFeatures>
  <cnfJoinEnabled>true</cnfJoinEnabled>
  <callForwardURI>x--serviceuri-cfwdall</callForwardURI>
  <callPickupURI>x-cisco-serviceuri-pickup</callPickupURI>
  <callPickupListURI>x-cisco-serviceuri-opickup</callPickupListURI>
  <callPickupGroupURI>x-cisco-serviceuri-gpickup</callPickupGroupURI>
  <meetMeServiceURI>x-cisco-serviceuri-meetme</meetMeServiceURI>
  <abbreviatedDialURI>x-cisco-serviceuri-abbrdial</abbreviatedDialURI>
  <rfc2543Hold>>false</rfc2543Hold>
  <callHoldRingback>2</callHoldRingback>
  <localCfwdEnable>true</localCfwdEnable>
  <semiAttendedTransfer>true</semiAttendedTransfer>
  <anonymousCallBlock>2</anonymousCallBlock>
  <callerIdBlocking>2</callerIdBlocking>
  <dndControl>0</dndControl>
  <remoteCcEnable>true</remoteCcEnable>
</sipCallFeatures>
<sipStack>
  <sipInviteRetx>6</sipInviteRetx>
  <sipRetx>10</sipRetx>
  <timerInviteExpires>180</timerInviteExpires>
  <timerRegisterExpires>3600</timerRegisterExpires>
  <timerRegisterDelta>5</timerRegisterDelta>
  <timerKeepAliveExpires>120</timerKeepAliveExpires>
```

Anexo IV – Plantilla de configuración XML de los teléfonos Cisco

```
<timerSubscribeExpires>120</timerSubscribeExpires>
<timerSubscribeDelta>5</timerSubscribeDelta>
<timerT1>500</timerT1>
<timerT2>4000</timerT2>
<maxRedirects>70</maxRedirects>
<remotePartyID>>false</remotePartyID>
<userInfo>None</userInfo>
</sipStack>
<autoAnswerTimer>1</autoAnswerTimer>
<autoAnswerAltBehavior>>false</autoAnswerAltBehavior>
<autoAnswerOverride>>true</autoAnswerOverride>
<transferOnhookEnabled>>false</transferOnhookEnabled>
<enableVad>>false</enableVad>
<preferredCodec>G711alaw</preferredCodec>
<dtmfAvtPayload>101</dtmfAvtPayload>
<dtmfDbLevel>3</dtmfDbLevel>
<dtmfOutOfBand>avt</dtmfOutOfBand>
<alwaysUsePrimeLine>>false</alwaysUsePrimeLine>
<alwaysUsePrimeLineVoiceMail>>false</alwaysUsePrimeLineVoiceMail>
<kpml>3</kpml>
<natEnabled>0</natEnabled>
<natAddress>
</natAddress>
<stutterMsgWaiting>0</stutterMsgWaiting>
<callStats>>false</callStats>
<silentPeriodBetweenCallWaitingBursts>10</silentPeriodBetweenCallWaiting
Bursts>
<disableLocalSpeedDialConfig>>false</disableLocalSpeedDialConfig>
<startMediaPort>16384</startMediaPort>
<stopMediaPort>32766</stopMediaPort>
<voipControlPort>5060</voipControlPort>
<dscpForAudio>184</dscpForAudio>
<ringSettingBusyStationPolicy>0</ringSettingBusyStationPolicy>
<dialTemplate>dialplan.xml</dialTemplate>
<phoneLabel>__EXT__</phoneLabel>
<sipLines>
  <line button="1">
    <featureID>9</featureID>
    <featureLabel>Linea 1</featureLabel>
```

Anexo IV – Plantilla de configuración XML de los teléfonos Cisco

```
<name>__EXT__</name>
<displayName>__USUARIO__</displayName>
<contact>__EXT__</contact>
<proxy>__SERV__</proxy>
<port>5060</port>
<autoAnswer>
  <autoAnswerEnabled>2</autoAnswerEnabled>
</autoAnswer>
<callWaiting>3</callWaiting>
<authName>__EXT__</authName>
<authPassword>secreto</authPassword>
<sharedLine>>false</sharedLine>
<messageWaitingLampPolicy>1</messageWaitingLampPolicy>
<messagesNumber>124</messagesNumber>
<ringSettingIdle>4</ringSettingIdle>
<ringSettingActive>5</ringSettingActive>
<forwardCallInfoDisplay>
  <callerName>>true</callerName>
  <callerNumber>>false</callerNumber>
  <redirectedNumber>>false</redirectedNumber>
  <dialedNumber>>true</dialedNumber>
</forwardCallInfoDisplay>
</line>
<line button="2">
  <featureID>9</featureID>
  <featureLabel>Linea 2</featureLabel>
  <name>__EXT__</name>
  <displayName>__USUARIO__</displayName>
  <contact>__EXT__</contact>
  <proxy>__SERV__</proxy>
  <port>5060</port>
  <autoAnswer>
    <autoAnswerEnabled>2</autoAnswerEnabled>
  </autoAnswer>
  <callWaiting>3</callWaiting>
  <authName>__EXT__</authName>
  <authPassword>secreto</authPassword>
  <sharedLine>>false</sharedLine>
  <messageWaitingLampPolicy>1</messageWaitingLampPolicy>
```

Anexo IV - Plantilla de configuración XML de los teléfonos Cisco

```
<messagesNumber>124</messagesNumber>
<ringSettingIdle>4</ringSettingIdle>
<ringSettingActive>5</ringSettingActive>
<forwardCallInfoDisplay>
  <callerName>true</callerName>
  <callerNumber>false</callerNumber>
  <redirectedNumber>false</redirectedNumber>
  <dialedNumber>true</dialedNumber>
</forwardCallInfoDisplay>
</line>
</sipLines>
</sipProfile>
</device>
```