

4. Ejecución del proyecto

4.1. Introducción

En este apartado se pretende analizar las condiciones de ejecución en cuanto a instalación y configuración de la red de telecomunicaciones objeto de este proyecto. Para ello habrá que hacer el estudio por fases de instalación: la infraestructura de red, los cables empleados, la electrónica de red necesaria, terminales y configuración específica de la centralita.

Se verán los tipos de cable, los dispositivos básicos necesarios y cómo afectan al sistema, los accesos mínimos para garantizar una calidad de señal óptima, y todo basado en una estructura sencilla de red, esto es, siempre será mejorable pero suficiente para conseguir que el total de la composición del proyecto funcione a la perfección. Si la inversión económica pudiera ser superior, se mejoraría en mucho los niveles de calidad del sistema completo. Aún así, lo expuesto en los siguientes apartados dotará al sistema de la calidad y fiabilidad necesarias.

Además se analiza el uso de los dispositivos utilizados, tanto para la electrónica de red como para los terminales. El análisis se hace en función de los modelos vistos en el estudio económico. En la mayoría de los dispositivos que necesiten ser configurados, se hará una breve explicación de cómo se debe realizar teniendo en cuenta la estructura de red del apartado [2.3.2](#).

Se empieza viendo la necesidad de los recursos materiales y humanos y la posibilidad de aprovechar recursos ya disponibles.

4.2. Análisis de requisitos

El análisis de requisitos dependerá de las condiciones que se pacten con el cliente, ya que éste puede exigir que toda la electrónica y componentes de red sean completamente nuevos, o por el contrario, pretenda hacer uso de material adquirido por él antes. Además puede llegarse al acuerdo, tras alguna reunión de reajustes del presupuesto, de hacer uso de recursos propios de la empresa cliente para abaratar costes o bajar la gama de los modelos incluidos o incluso reducir material.

4.2.1. Recursos aprovechables

Se entiende por recurso aprovechable el recurso para el que no es necesario hacer un gasto de adquisición igual al que habría que hacer para el mismo recurso de nueva compra.

Muchas veces el cliente es capaz de reducir costes aportando personal para la creación de la infraestructura de red, y es una posibilidad a la que Clever Tecnología debe adaptarse ya que podría ser un punto crítico si no se hace, complicándose la venta por un margen de beneficio pequeño.

Otra posibilidad es la de hacer uso de material sobrante de otros proyectos y reducir en parte su coste, pero se debe tener cuidado en este aspecto, ya que muy pocos clientes aceptan material no específico de su proyecto. Por tanto, debe ser una operación que debe hacerse al margen del cliente de manera que se pueda reducir el coste del material empleado dando el mismo servicio con total garantía. No es una práctica habitual, pero en ocasiones permite aumentar el margen de beneficio, reducir el presupuesto final y eliminar material del almacén que puede quedar obsoleto con el paso del tiempo.

Es útil hacer un estudio de los recursos necesarios antes de buscarlos en el mercado para no tener problemas de incompatibilidad o exceso de material que provoque una sustancial bajada de los márgenes de ganancia final del proyecto. Y para contribuir en gran medida a este estudio, la posibilidad de utilizar recursos aprovechables tiene gran importancia.

4.2.2. Recursos necesarios

Para hacer el estudio de los recursos necesarios que deben ser empleados en el proyecto, es fundamental la toma de requisitos con el cliente. Durante la conformación de la oferta, se estudia el tipo de estructura, tecnología de red y disposición de terminales necesarios. Es en este momento cuando se empieza a realizar el estudio. Empezando con los recursos humanos disponibles, Clever Tecnología siempre aportará dos personas de perfil técnico y un ingeniero, por lo que en la necesidad de más personal es donde comienza el estudio. Y esta necesidad llega tan solo en los trabajos de infraestructura de red. Se debe analizar si es más rentable la subcontratación del cableado de red o por el contrario, contratar una persona más que ayude en esta tarea exclusivamente.

En cuanto al material, en el estudio deben quedar claras las necesidades que pide la tecnología y el tipo de red que se emplee. Para ello se hace un inventario por dispositivo y se busca en función de éste, el o los proveedores que pueden suministrar los posibles pedidos.

4.2.3. Obtención de recursos

Una vez finalizado el estudio de los recursos necesarios, es cuando se debe buscar el material o el personal. Clever Tecnología dispone de una cartera de proveedores que suelen tener más prioridad, pero no por ello se descarta la posibilidad de realizar pedidos a proveedores alternativos. En cuanto a tecnología de VoIP, y sobre todo en tarjetas de comunicaciones, no hay muchos distribuidores, y las relaciones con el proveedor más importante en España llevan al continuo intercambio de opiniones, posibles proyectos y sobre todo adquisición de tecnología entre ambas empresas. Algo parecido ocurre con el proveedor al que se le subcontrata la instalación de radioenlaces. La relación lleva al punto de trabajar en sus proyectos como servicio añadido a los radioenlaces de acceso a Internet que realizan en Andalucía.

En cambio, para materiales de electrónica de red, existen varios proveedores que compiten en precios y que son utilizados la mayoría de las veces en función de las ofertas que tengan en el momento en que se deba realizar un pedido.

Muchos de estos proveedores han sido mencionados en los costes económicos de los dispositivos analizados para darle el realismo que se ha querido otorgar al proyecto desde el principio.

4.3. Estudio del entorno de red

4.3.1. Conexiones necesarias

Evidentemente lo primero que se necesitaría para poder poner en funcionamiento el sistema es una conexión de banda ancha a Internet. Después sería bueno realizar un estudio del tráfico de llamadas medio que se puede llegar a tener, para saber si es necesario realizar una separación de redes para diferenciar tráficos de voz y datos. Esto, aunque no es necesario, sí es recomendable para garantizar una calidad de señal de voz buena.

Por último, se verá que en muchas ocasiones es necesario realizar configuraciones de cancelación de eco (sobre todo en conexiones RDSI) adicionales, pues es común que en situaciones concretas haya acoplamiento entre las señales de voz de los interlocutores que provoquen el molesto sonido de nuestra voz repetida unos milisegundos después.

4.3.1.1. Ancho de banda

La capacidad de los enlaces de bajada que hay actualmente no supone ningún problema para un tráfico medio de unas 1000 llamadas diarias. Puede que el enlace de subida sea más restrictivo. Para conocer el ancho que ocupan un número determinado de llamadas codificadas bajo un determinado códec y usando un protocolo concreto, se puede hacer uso de una calculadora de tantas que hay por Internet. Por ejemplo, usando la calculadora que hay disponible en este enlace:

<http://site.asteriskguide.com/bandcalc/bandcalc.php>

y teniendo en cuenta un tráfico de 1000 llamadas con el códec gsm de 13,3 Kbps (los hay que comprimen aún más) y el protocolo SIP, se obtiene el resultado mostrado en la **Figura 4.3.1**:

Bandwidth Calculator for VOIP	
SIMULTANEOUS CALLS: 1000	PAYLOAD: 33 BYTES SAMPLING: 20 MS
CODEC: gsm 13.3 Kbps	MOS: NA MIPS: ^5 DURATION: 20 MS
FRAMES PER PACKET: 1	L2 HEADER: 0 BYTES ATM CELLS: 2
L2 TECHNOLOGY: Layer2 (IP/UDP/RTP)	L3 HEADER: 40 BYTES
PROTOCOL: SIP	VPN HEADER: 0 TOTAL PAYLOAD: 73 BYTES
VPN: NONE	BANDWIDTH (ONE CALL): 29.2 Kbps
PROT. OVERHEAD: 5 %	BANDWIDTH (ALL CALLS): 29200 Kbps
<input type="checkbox"/> Compressed RTP	BANDWIDTH WITH OVERHEAD: 30660 Kbps

Figura 4.3.1: Calculadora de ancho de banda para VoIP

Esto es, para todas las llamadas simultáneas necesitaríamos un ancho de banda de 29200 Kbps. Por tanto, no es difícil conseguir un mínimo de calidad en la señal con los enlaces que hay disponibles hoy en día.

Cabe destacar, que este tráfico de llamadas son las encaminadas por la red de Internet, que son las que consumen ancho de banda del enlace. Las llamadas que se encaminasen por las redes de telefonía como la RTB o la RDSI, no consumirían ancho de banda del acceso a Internet.

4.3.1.2. Separación de redes de voz y datos

En ocasiones, el tráfico de datos, puede llegar a ‘ahogar’ el ancho de banda dedicado al encaminamiento de la voz, ya que ésta se transmite sin reenvío de paquetes (no tendría sentido reenviarlo) y la pérdida de paquetes puede llegar a ser molesta durante la conversación telefónica. Una solución posible es la dedicación de dos líneas para tráficos distintos. En ese caso, la exposición al cliente depende de si ya tienen en uso una conexión o no. Si ya disponen de una conexión a Internet que usan para transferir datos tales como correo, servicios http o intercambios de datos ftp, lo mejor sería contratar otra línea dedicada para la telefonía, totalmente independiente de la actual. Pero si la carga de datos o llamadas no es tan alta, la telefonía puede ‘convivir’ con los datos sin problemas.

Según se aprecia en la **Figura 4.3.2**, la división de ambas redes no es más que duplicar la red de área local, estudiando en el caso de la VoIP, los terminales telefónicos como si fueran los PCs de la red de datos.

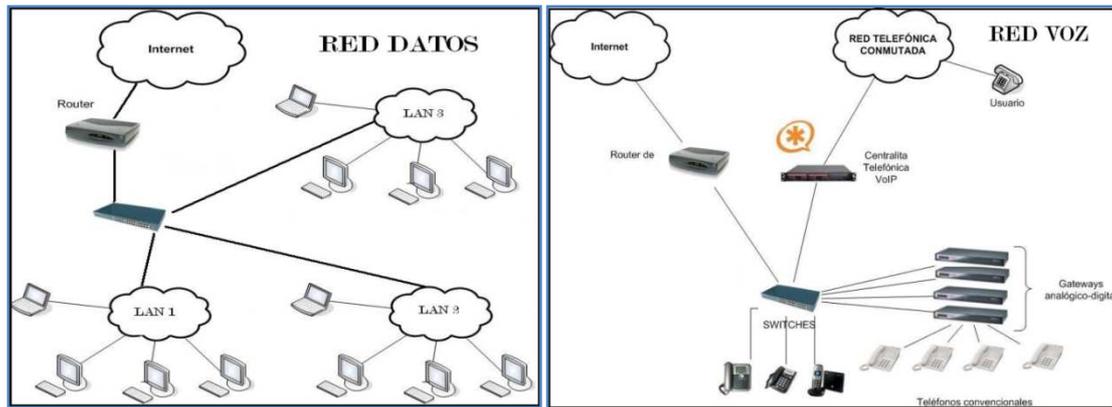


Figura 4.3.2: Separación de redes de voz y datos

El coste añadido que puede suponer esta separación, es la contratación por parte del cliente de una línea nueva con alguno de los proveedores de servicios de Internet que más le interese y el incremento en el presupuesto del coste asociado al cableado de la nueva red. Esto es así, puesto que la electrónica de red necesaria, va a ser utilizada en cualquier caso. Si en vez de separar las redes, se optase por tener una única línea, no habría más que superponer las dos imágenes, con lo que la única diferencia, en cuanto a equipamiento, es la de tener uno o dos routers.

4.3.1.3. Cancelación de eco

Existe la posibilidad de que en momentos o incluso durante toda la conversación, se produzcan pequeñas audiciones de nuestra voz repetida unos milisegundos más tarde. Esto, comúnmente llamado eco, se debe al acoplamiento de la voz en las centrales de telefonía, entre las dos señales de la conversación. En la señalización analógica esto es algo frecuente, ya que el propio material por el que pasa la voz (el par de hilos de cobre) genera su propio eco que, por cuestión de velocidad no suele notarse, aunque al utilizar tarjetas analógicas sin su propio cancelador de eco, puede llegar a ser una complicación cuando la tarjeta no es de buena calidad. En la señalización digital el eco es más difícil de generar por los componentes, ya que digitalmente es mucho más complicado que se duplique la señalización de unos y ceros en el que está codificada la señal de voz.

Sin embargo, suele producirse eco, bien por la calidad de la tarjeta (fabricadas con materiales de pésima calidad, con lo que genera acoples difícilmente evitables), o bien por el 'efecto acople' que se genera en el envío de la señal desde la PBX Asterisk hasta la central digital.

Es por este motivo por el que muchas tarjetas incluyen un cancelador de eco hardware para eliminar en tiempo real esos acoples, lo cual encarece el precio final, pero da unos resultados en la calidad de sonido inigualables por aquellas que no lo tienen.

El motivo más frecuente de que exista eco es el volumen. Se muestra un ejemplo muy sencillo de entender, que se refleja gráficamente en la 'Figura 4.3.3':

- No debe haber eco entre terminales SIP, si lo hay es que son de mala calidad.
- A la PBX Asterisk le llega la voz con un determinado volumen.
- Asterisk tiene los parámetros **rxgain** y **txgain** (que se puede encontrar en el archivo de configuración **/etc/asterisk/zapata.conf**) a cero, por lo que no modificaría el volumen. El problema es que la PBX está conectada a un aparato denominado TR que puede aumentar el volumen, por lo que la señal pasa a ser amplificada y emitida así hasta la central del proveedor.
- La central del proveedor, para que todo el mundo hable al mismo volumen, regulariza dicho volumen por lo que bajaría la ganancia que subió el TR.

- La persona con la que se esté hablando escuchará normalmente y sin eco.
- Ese aumento de volumen, al llegar a la central, genera un acople en el audio de la persona con la que estamos hablando, por lo que el sonido restante cambia de dirección y esta vez se dirige hacia nosotros.
- Asterisk recibe el audio con normalidad procedente de nuestro interlocutor con el audio, enviado previamente, mezclado.

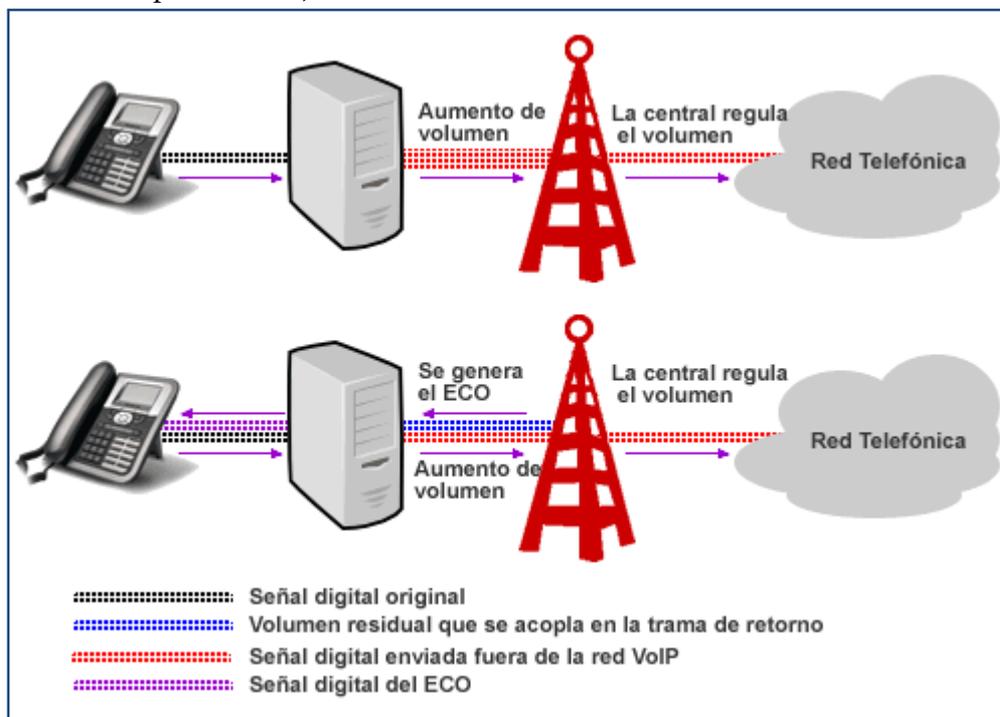


Figura 4.3.3: Eco en Asterisk

El resultado es escuchar al interlocutor, con lo que se ha dicho varios milisegundos antes.

Para solucionar este problema, se llegó a lo siguiente:

En principio, el cancelador de eco software de Asterisk no puede ayudar, ya que el eco no se ha generado dentro de la PBX, si no en la central del proveedor. En cambio, sí se podrá cancelar el eco ajustando los valores del volumen **rxgain** y **txgain** de la tarjeta, para que envíe el volumen adecuado para que el **TR** lo amplifique y tenga un valor normal que no se acople a la señal de nuestro interlocutor.

Además, para mejorar la cancelación de eco, existe un algoritmo que permite eliminar cualquier resquicio de eco que pudiera existir, llegando a cancelar eco de hasta 128ms (1024 taps: **telephone application processing system** - Sistema de Procesamiento de Solicitudes por vía Telefónica), cuando lo más normal es tener un eco de 20ms. Para solucionar este eco, con poner un valor de **'echocancel=512'** (elimina cualquier eco por debajo de 64ms.) es suficiente. El valor del parámetro **echocancel** que viene por defecto es **'echocancel=yes'**, lo que equivale a tener el cancelador de eco activado a 128 taps.

4.3.2. Cableado de red

Una vez que está decidida la estructura de red, hay que examinar la instalación que tiene el cliente para poder aprovechar el máximo de recursos que ya disponga. En cualquier caso se va a proceder

con el montaje de una red exclusiva para telefonía, en la que se van a emplear cables de red tipo UTP de categoría 5, con los que se intercambian datos a unos 100Mbps, más que suficiente dentro de la LAN.

4.3.2.1. Análisis del entorno

Lo primero es desplazarse al lugar dónde se ubicará el sistema para ver la disposición del local, las posibles instalaciones que ya tenga hechas, recursos de red aprovechables, etc. Todo esto es necesario para hacer una buena planificación de la futura red de telefonía que se pretende instalar.

Normalmente se parte del lugar donde la compañía de servicios de Internet instala la roseta de comunicación. En ocasiones la pueden instalar donde se les diga, pero en cualquier caso, el comienzo de la instalación de red parte de este lugar. Si puede estar en una habitación aislada mejor, pero si no, se intenta disimular lo máximo para no estar a la vista de extraños. Todo irá enracado en un armario, que será el armario de comunicaciones, y del que partirán todos los cables de red que formarán la LAN de voz. Es por esto que la ubicación del armario debe elegirse adecuadamente. Si el edificio dispone de alguna canaleta o instalación que permita comunicar las distintas estancias del mismo, sería lógico que se colocara el armario de comunicaciones cerca del acceso a esas canaletas.

4.3.2.2. Ubicación de los sistemas

Como ya se ha comentado, la mayoría de los equipos irán enracados en un armario de comunicaciones. La altura del armario será función de las necesidades de red (número de Switches, Gateways, Router, firewall, etc.). Es por eso que la colocación del armario debe estar estratégicamente pensada. Si existe la necesidad de separar equipos, se plantea la posibilidad de colocar dos armarios, pero es cuestión del presupuesto económico que se pueda permitir el cliente. El que todos los equipos estén juntos en un mismo lugar, suele ser para dar algo de orden a la instalación, además de que normalmente el espacio para colocar equipos es reducido. Un armario rack (como el de la '**Figura 4.3.4**') es un armario o estantería metálica destinada a alojar equipamiento electrónico, informático y de comunicaciones y queden resguardados y refrigerados (en caso de que el rack lleve refrigeración). Sus medidas están normalizadas (un ancho de 19 pulgadas) para que sea compatible con el equipamiento de cualquier fabricante.



Figura 4.3.4: Armario Rack

4.3.2.3. Tipos de cables y conexiones

El tipo de cables que se va a utilizar, es el típico para una LAN. El cable UTP de pares trenzados de categoría 5:

- **Categoría 5:** Es un estándar dentro de las comunicaciones en redes LAN. Es capaz de soportar comunicaciones de hasta 100 Mbps. con un ancho de banda de hasta 100 Mhz. Este tipo de cable es de 8 hilos, es decir cuatro pares trenzados. La atenuación del cable de esta categoría viene dado por la tabla de la '**Figura 4.3.5**' referida a una distancia estándar de 100 metros. Además en la tabla de la '**Figura 4.3.6**' se ve, para las diferentes categorías y teniendo en cuenta su ancho de banda, cuál sería la distancia máxima recomendada sin sufrir atenuaciones que hagan variar la señal.

Velocidad de transmisión de datos	Nivel de atenuación
4 Mbps	13 dB
10 Mbps	20 dB
16 Mbps	25 dB
100 Mbps	67 dB

Figura 4.3.5: Atenuación cable Cat5

Ancho de banda	100 kHz	1 MHz	20 MHz	100 MHz
En categoría 3	2 km	500 m	100 m	no existe
En categoría 4	3 km	600 m	150 m	no existe
En categoría 5	3 km	700 m	160 m	100 m

Figura 4.3.6: Distancia máxima

Las conexiones son las de siempre en cables de red (**Figura 4.3.7**). El conector RJ-45 y su conector hembra para ubicar las rosetas de los distintos dispositivos, ya sean teléfonos IP o cualquier otro dispositivo.



Figura 4.3.7: Conectores de cable de red

En el presupuesto ofertado entra, por supuesto, el montaje de la red con todas sus consecuencias. Por tanto, llevar los cables de un extremo a otro y crimpar sus terminaciones, con conectores hembra y macho, también son tarea de acción en la ejecución del proyecto. Este es uno de los cometidos más tediosos y pesados, debido a que en la mayoría de los casos se debe hacer uso de canaletas fijas a la pared y constituye, junto con el crimpado, una tarea pesada que puede llevar bastante tiempo (aunque depende mucho del área que se vaya a cubrir). Además, una vez que los cables están en su sitio, y con los conectores adecuados, se procede a realizar un test del estado de los cables. Hay muchas formas de averiguar si el cable funciona correctamente, pero la que se ha venido empleando es tan simple como conectar un extremo al switch (con el router ya conectado) y al otro un portátil o cualquier dispositivo con tarjeta de red. De manera que si el cable y sus conectores están en perfecto estado, se encenderá el led indicativo del puerto del switch al que

está conectado el cable en pruebas. Haciendo esto para todos los cables, se asegura el funcionamiento en el futuro para que no haya problemas de conectividad.

4.3.2.4. Configuración IP (DHCP ó IP fija)

Cuando se contrata un servicio de conexión a internet (una línea nueva), si no se especifica lo contrario, el proveedor no nos dará una IP fija de cara al exterior, por tanto, cada vez que se reiniciase el router o cada vez que el proveedor lo creyera necesario, la IP externa cambiaría de valor. El problema en estos casos es, sobre todo, para el mantenimiento remoto (en caso de que fuera necesario), ya que para poder acceder a la LAN del cliente necesitaríamos la IP externa que la identifica. Además, si existe la necesidad de registrar teléfonos desde el exterior de la LAN (en otra ciudad o país por ejemplo), se necesita poder identificar la PBX en Internet de alguna manera. Eso se consigue dotando de una IP fija a la red, y redireccionando los puertos adecuados del router hacia la PBX. Este servicio suele ser suplementario al servicio de Internet que se contrata y, por tanto, hay que pagarlo. Esto es una recomendación que se le hace al cliente y no entra en ningún caso dentro de los presupuestos del proyecto.

4.3.2.5. Creación del camino de voz (NAT, RTP, SIP, IAX)

Una vez está terminada la física de la LAN de voz (ya están conectados todos los dispositivos mediante los cables de red), y dispuestos todos los equipos electrónicos, éstos se deben configurar con el fin de facilitar el paso de los paquetes de voz, y evitar al máximo posibles microcortes en la señal que resten calidad de servicio al sistema. Para ello se analiza en la parte más teórica el funcionamiento de los protocolos más usados en el intercambio de información cuando se inicia una conversación. En este caso se va a usar el protocolo SIP, que es el más usado para trabajar con Asterisk y VoIP. No se usa IAX2 porque, al no estar estandarizado, existen pocos dispositivos que lo implementen. En cambio con SIP ocurre todo lo contrario, prácticamente la totalidad de los dispositivos dedicados a la VoIP ‘hablan’ SIP. Siendo así, habrá que adecuar la LAN para su uso.

- **Los problemas del NAT y la VoIP**

Las siglas NAT significan Network Address Translation (Traducción de Direcciones de Red). Básicamente consiste en cambiar las direcciones IP y puertos cuando la conexión atraviesa un router o un firewall. Al estar tras un router con NAT, da igual que la red tenga 1000 hosts, ya que lo único visible desde Internet será el router. Entonces, si se quiere ofrecer algún servicio, como es el caso, se deberá añadir una nueva entrada en la tabla NAT del router, indicando la dirección IP destino y el puerto. Por ejemplo, si se ‘abre’ el puerto 80 del router y lo se dirige a la máquina 192.168.1.100, cuando alguien haga una petición al puerto 80 desde el exterior (es decir, a la dirección externa), la petición será modificada, cambiando el destino e indicando que es la máquina 192.168.1.100 la que recibe la petición. El protocolo SIP solo lleva la señalización de la llamada, mientras que el tráfico de audio (RTP) se intenta llevar a cabo de extremo a extremo. El problema viene porque el puerto al que se manda el audio es aleatorio. El router es capaz de dirigir correctamente la señalización, pero es incapaz de saber si el tráfico RTP es de esa llamada, y no sabe a dónde mandarlo (debería mandárselo al mismo que la señalización como hace IAX). Como consecuencia, el audio no fluye correctamente entre los 2 interlocutores. En un principio, todo parece ir bien, se inicia la llamada, se escucha el tono, y suena el teléfono de destino. El problema viene al descolgar, es decir, cuando el audio se establece entre los participantes de la conversación. En este punto, pueden pasar 2 cosas: que el llamante no escuche a su interlocutor o que no haya audio en absoluto. La solución a este tipo de problemas no suele ser fácil, ya que depende de varios factores: quién sufre NAT, Asterisk o el usuario, ambos...

SIP utiliza un puerto (el 5060) para señalización y 2 puertos RTP por cada conexión de audio (por lo tanto como mínimo 3 puertos). Por ejemplo, para 100 llamadas simultáneas con SIP se usarían 200 puertos RTP más el puerto 5060 de señalización. A la vista de las necesidades de SIP, queda claro que es necesario ‘abrir’ determinados puertos en el router de la LAN para que no haya

Configuración

Lo primero es conectar el router a la red eléctrica y al par de cobre que proporciona el operador mediante el conector RJ-11. En este momento el router está en funcionamiento y actúa como puerta de enlace entre Internet y la red local que este dispositivo proporciona. Además este dispositivo incorpora una antena wifi (conexión sin cables). Conectando un ordenador a cualquiera de los cuatro puertos del router se dispondrá de conexión a Internet. Si esto no fuera así se deberá a motivos de asignación de IP por parte del router al PC. Por defecto, el dispositivo viene configurado para asignar dinámicamente las IP, por eso, si el PC no tiene la obtención de IP de forma dinámica (esto es automática), intentará registrarse en la red con la IP que tiene fijada y no corresponde con las que es capaz de asignar el router. Por este motivo el PC no se identifica en la red y por tanto no es capaz de acceder a Internet a través de la puerta de enlace que se acaba de instalar. Para solucionarlo no hay más que configurar el PC para que obtenga la IP dinámicamente. Si así no funcionase habría que configurar en el PC en 'Conexiones de Red', la conexión de red. Hay que entrar en 'Propiedades de Protocolo de Internet TCP/IP', y marcar 'Establecer IP' y escribir:

- Dirección IP: 192.168.1.2
- Mascara de Subred: 255.255.255.0
- Puerta de Enlace: 192.168.1.1

Según se muestra en la 'Figura 4.3.9'.

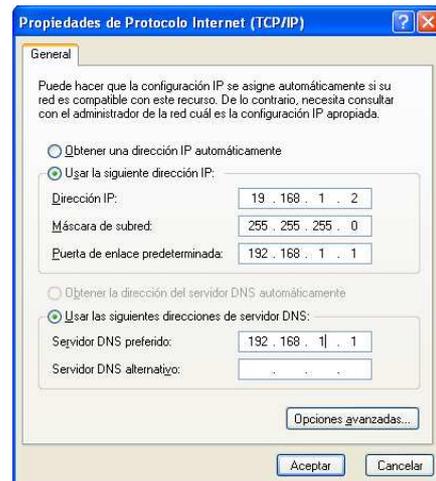


Figura 4.3.9: Asignación de IP

Una vez registrado, ya es posible acceder al menú de configuración del router a través del PC. Para ello hay dos formas: por telnet y por http. La configuración por http es más intuitiva y el equipo dispone de un servidor de este tipo habilitado por defecto. El usuario y contraseña por defecto son 'admin' y 'admin'. Se accede escribiendo en la barra de direcciones de un explorador 'http://192.168.1.1/'.

Para configurar el router de acuerdo con las necesidades de la centralita, que son las del protocolo SIP para VoIP, solo hay que encaminar en su tabla NAT (Network Address Translation: traducción de direcciones de red) determinados puertos haciendo que el flujo de señal por éstos se redirija a la PBX que es quien gestiona los paquetes de voz. Es muy fácil seguir las instrucciones de la web www.adslzone.net y conseguir esto, por lo que sólo se van a nombrar los puertos que son necesarios abrir.

Es fundamental tener el puerto 5060 dirigido a la IP de la centralita porque si no, no habría ninguna posibilidad de establecer comunicación alguna. El router corta el paso porque no tiene orden de enviar la información que recibe por ese puerto hacia ningún lugar. Igualmente se deberá abrir el 4569 para poder hacer uso de IAX2. Además de abrir los puertos de señalización, será necesario encaminar los puertos RTP de transferencia de audio hacia la centralita. En el caso de IAX2 esto no es un problema, ya que el audio viaja junto con la señalización por el puerto 4569. En cambio, SIP usa RTP y necesita dos puertos UDP (*User Datagram Protocol* o *protocolo de intercambio de datagrama*) para conseguir la comunicación. Lo malo es que RTP no requiere un puerto UDP estándar o estático con el que comunicarse. Las comunicaciones tienen lugar en un puerto UDP par y el siguiente puerto impar superior se usa para las comunicaciones TCP. Aunque no hay asignaciones de intervalos de puertos estándar, RTP se configura normalmente para usar los puertos 16384 a 32767. Es difícil para este protocolo de audio recorrer los routers, ya que usa un intervalo dinámico. Por esto, se propone 'abrir un intervalo considerable del total de puertos. Se asignarán desde el 1024 al 65535 del protocolo UDP a la IP de la centralita. Hay que recordar la

importancia de configurar como estática la IP de la centralita para que estas operaciones se puedan realizar sin tener que cambiar la tabla NAT cada vez que la centralita cambie su IP. Una vez hecho esto, el router está en disposición de encaminar correctamente la comunicación.

Solo faltaría tener en cuenta las gestiones de mantenimiento. Desde dentro de la red no habría ningún problema en gestionar la centralita mediante su interfaz web sin más que teclear en un navegador su IP. Otro modo de acceder, en este caso por consola (interfaz de línea de comandos), es mediante el protocolo SSH (Secure Shell: intérprete de comandos seguro) con un software llamado 'Putty' que permite establecer sesiones de distinto tipo entre dos equipos. El problema de los accesos a la centralita viene cuando se intentan hacer desde al exterior de la red local. Ocorre lo mismo que con los puertos de comunicación mencionados anteriormente. El acceso http que permite acceder a la interfaz web de la centralita, usa el puerto 80 por defecto, mientras que SSH usa el 22. Por tanto, para poder gestionar la centralita desde el exterior, es necesario encaminar los puertos mencionados hacia la IP de la PBX. Una vez hecho esto, para acceder desde el exterior hay que hacer uso de la IP externa que distingue al router en Internet. Esta IP no la suelen dar estática las compañías de adsl, sino que suelen cobrarlo como servicio añadido. Aunque es recomendable establecer esta posibilidad, no es imprescindible (si se contratase el mantenimiento remoto se exigiría tener la IP estática para poder gestionar la centralita desde la ubicación más cómoda).

4.3.3.2. Switches (Conmutadores)

Identificación

En este caso no es necesario hacer distinción de modelos para su configuración debido a que no son dispositivos gestionables. Son simples regleteros de red cuya principal función es la de interconectar más de un equipo en la red local. Gracias a los switches se consigue hacer crecer el número de terminales de red. El router configurado en el apartado anterior dispone de cuatro puertos RJ-45 para conectar cuatro equipos de red. Por tanto, sólo con el router se registran máximo cuatro terminales. El Switch consigue ampliar el número de equipos gestionando la asignación de IPs a los mismos y controlando el direccionamiento del tráfico hacia los dos sentidos. Lo importante para el proyecto será averiguar el número de terminales que se instalarán para buscar un switch con las conexiones necesarias para cubrirlos. Si se opta por la posibilidad de dividir redes de voz y datos, hay que tener en cuenta que el número de puestos de voz se conecta a un switch y el número de puestos de datos se debe conectar a otro switch distinto al anterior. Por tanto se deben contar por separado las conexiones del switch necesarias.

Uso

Como se observa en la '**Figura 4.3.10**' el switch sirve básicamente para interconectar dispositivos dentro de la red local. Para lo que se utilizan cables UTP cat-5 y conectores RJ-45.



Figura 4.3.10: Conexiones del switch

4.3.3.4. Puntos de acceso inalámbricos (WAP: Wireless Access Point)

Identificación

Los puntos de acceso inalámbricos son dispositivos que conectan equipos de comunicación sin necesidad de cables entre sí para formar una red inalámbrica. Así, es posible retransmitir datos entre terminales inalámbricos y dispositivos por cable. Servirá para agregar teléfonos wifi con protocolo SIP a la red de voz del sistema Asterisk. Hay muchos teléfonos móviles con tecnología 3G que son capaces de implementar SIP y poder registrarse con la centralita en cualquier punto de la oficina sin más que tener cobertura inalámbrica.

Uso

Los usos que se le pueden dar a los WAP suelen ser para dar cobertura en oficinas, consiguiendo mayor movilidad de los terminales telefónicos, o para unir dispositivos en lugares en los que cablear resulta más costoso tanto física como económicamente. Así pues, en ocasiones en las que por ejemplo hay que cruzar la señal de un edificio a otro sin posibilidad de cablear, la solución de emplear puntos de acceso en ambos edificios que interconecten los dispositivos de red de cada uno de ellos, se hace útil. Para conseguir esto se debe hacer un estudio de potencias de emisión y recepción, que normalmente será subcontratado, para garantizar la recepción de una señal óptima.

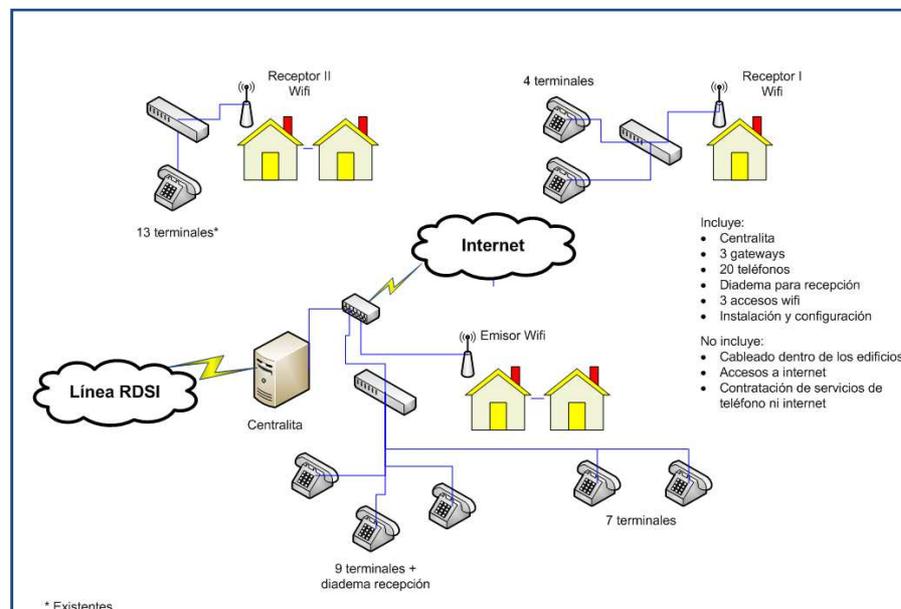


Figura 4.3.11: Uso de puntos de acceso inalámbricos

En la ‘**Figura 4.3.11**’ se muestra un ejemplo de uso de accesos inalámbricos en un proyecto que consistía en la implantación de un sistema de telefonía VoIP Asterisk en un hotel con las habitaciones separadas en distintos edificios del centro de Sevilla. La solución que se adoptó fue interconectar los dispositivos de cada edificio mediante puntos de acceso ya que el coste de conexión por cable de cada edificio superaba al de los accesos inalámbricos.

4.3.3.5. Gateways

Identificación

Como ya se ha dicho, los gateways o puertas de enlace son dispositivos que permiten acceder a una red exterior desde una red local siendo éstas de diversa naturaleza. Lo que se pretende conseguir con estos dispositivos es interconectar teléfonos analógicos con el sistema digital de VoIP. Es por eso que deben ubicarse cerca de donde empieza la red analógica de telefonía.

Normalmente el cableado analógico ya está preparado cuando comienza la instalación de la red digital de voz y, si los terminales son muchos, suele haber un panel de parcheo de todas las extensiones telefónicas analógicas (**Figura 4.3.12**). Será cerca de este panel donde se ubicará el gateway.



Figura 4.3.12: Panel de parcheo



Figura 4.3.13: Gateways

En la '**Figura 4.3.13**' se aprecia el armario con los gateways enracados que está ubicado justo al lado del armario de parcheo de los cables de pares de las extensiones analógicas de un hotel con un total de 200 habitaciones. Estos gateways tienen dos tipos de conectores de entrada/salida, por un lado los RJ-11 de los dispositivos de voz analógicos, y por el otro el RJ-45 de conexión a la red local. Muchas veces, como en el caso del hotel de donde provienen ambas imágenes, es más sencillo y rápido desmontar la interfaz que trae el gateway (en este caso el regletero de RJ-11) para conseguir la conexión en el panel de parcheo mediante los cables de cobre, ya que el panel que suele dejar la compañía telefónica no es de conectores RJ-11.

Uso

El coste económico de estos dispositivos es bastante elevado, por lo que la inclusión de los mismos está supeditada a que el coste del número de terminales IP sea superior al coste del mismo número de teléfonos analógicos más el coste del número de gateways necesarios para que puedan ser implantados en el sistema. Esta elección de tecnología en función del coste suele plantearse cuando el número de extensiones es considerable. Además, en ocasiones el cliente no quiere que muchas de sus extensiones tengan las prestaciones que sirve el teléfono IP para su usuario, como puede ser el caso de los hoteles. Un teléfono IP puede ser desprovisto de algunas de sus funciones porque son totalmente configurables, pero disponer de terminales con un recorte grande de sus capacidades puede resultar en ocasiones un derroche. Situaciones como estas son las que dan sentido al uso de los gateways.

4.3.3.6. SAI (Sistema de Alimentación Ininterrumpida)

Identificación

Son dispositivos opcionales pero muy recomendables que varían mucho su calidad en función del precio. Un sistema de alimentación ininterrumpida no sólo asegura que los equipos sigan funcionando en caso de corte gracias a sus baterías, sino que además asegura una protección eficaz contra sobretensiones.

Uso

Debido a las características de estos dispositivos, se recomienda su uso para salvaguardar el servidor que contiene el software de centralita. De esta manera se consigue tener protegido el elemento principal y más sensible de toda la red de voz que está siendo instalada. Como se está diciendo, la adquisición de este dispositivo es solo una recomendación, por tanto, no se incluirá en la oferta del proyecto salvo petición expresa del cliente. Debido a la amplia gama y variación de coste que se tiene de estos aparatos es difícil establecer uno en concreto que asegure fiabilidad y rentabilidad. Es por esto que se deja a elección del cliente tras haberle sido mostradas las utilidades y precio de varios modelos.

4.4. Dispositivos terminales de red

4.4.1. Introducción

En el apartado 4.3 se han identificado los elementos de interconexión de red o apoyo al servicio del sistema (como el caso de un SAI), que son dispositivos por los que el flujo de información pasa, sufriendo ciertas modificaciones, en busca de su destino. En este apartado se pretende identificar a los dispositivos terminales, que son el último elemento de red (sin tener en cuenta al usuario) y al que se encamina la información. En este sentido, no solo se hace referencia a los dispositivos telefónicos mediante los que el usuario se comunica con la persona a la que ha llamado, sino también los últimos dispositivos que atraviesa la información dentro de los límites de la red de voz que ha sido instalada. Estos dispositivos son emisores/receptores de señal como por ejemplo las liceas (enlaces móviles GSM) o las tarjetas que se instalan en la centralita.

Los primeros dispositivos que se van a analizar son los teléfonos. Un teléfono IP debe estar configurado para integrarlo en el sistema, y por eso se explicará la manera de configurar un terminal, ya sea sobremesa, wifi o software (la configuración de los analógicos se hace a través del gateway). Por último se hará una descripción de las liceas y tarjetas de comunicación que se emplean y cómo es su integración con el sistema.

4.4.2. Teléfonos IP

4.4.2.1. Teléfonos de sobremesa

Identificación

Los teléfonos IP de sobremesa son dispositivos que imitan a los teléfonos tradicionales, en cuanto a su forma, para ajustarse a la comodidad del usuario a la hora de no tener que aprender a manejar otros aparatos. Existen dos tipos claramente diferenciables, los que pueden ser alimentados a través del cable de red (POE: Power Over Ethernet) y los que disponen de su propio transformador para alimentarse por la red eléctrica. Estos últimos están en desventaja con respecto a los primeros en que deben tener una roseta de red eléctrica cerca, frente a la ventaja del coste económico que se vio en el apartado 3.1.3.3.

Los teléfonos se registran en el sistema como extensiones, por tanto deben ser configurados, poniéndose de acuerdo con la centralita en el número de extensión asignado, y las capacidades que esa extensión pueda o deba tener. Además, el teléfono se puede personalizar, ya que la mayoría de ellos traen una pantalla en la que se muestra cierto tipo de información (número de extensión, usuario, hora, idioma, etc.).

Para la instalación de los teléfonos es necesario, aparte de tener red eléctrica en caso de no ser POE, disponer de una roseta de la red de voz cercana para poder conectar el teléfono ya que es por donde recibirá y transmitirá la información necesaria. Quizá esta es la mayor limitación que tienen estos teléfonos (en cualquier caso, igual que los tradicionales), pero queda suavizada teniendo en cuenta que cuando se define una extensión, se está definiendo el terminal físico y no la conexión de este, por lo que la movilidad del aparato de una roseta a otra no variará el número de extensión ni las capacidades de la misma (deslocalización).

Uso

El uso de estos dispositivos es obvio. Es el terminal que pretende sustituir al antiguo teléfono analógico que tiene tantas limitaciones en cuanto a funcionalidades. Como se ha visto en el coste económico, estos dispositivos no son baratos en comparación con los analógicos, es por eso que conviene estudiar el uso que se les va a dar y pensar si conviene hacer la inversión en el teléfono

IP o en el analógico más el gateway. Cuando el número de extensiones es grande y no se les quiere dar más funciones de las que presenta el teléfono analógico puede compensar el uso de los gateways. Este puede ser el caso de los hoteles. Pero en el caso de las oficinas, es absolutamente recomendable la utilización de terminales IP porque amplían las posibilidades de los trabajadores tanto individuales como colectivas (por ejemplo, es posible coger la llamada de otro teléfono desde el teléfono propio, o una llamada puede ser puesta en una cola de espera pudiendo recuperarla otro teléfono IP).

Configuración

Para configurar estos teléfonos de manera que queden registrados con la centralita como extensiones de la misma hay que tener en cuenta varios detalles. Uno y principal es identificar la red en la que se ubica el teléfono. Esto es porque la configuración del teléfono identificará de una manera u otra a la centralita en función de si está en la misma o distinta red. Además hay que tener claro si en la red a la que está conectado el teléfono, la asignación de IP es dinámica o manual, de manera que no se asignen por equivocación a distintos dispositivos direcciones IP idénticas. Otro factor fundamental para lograr el registro del teléfono con la centralita, es tener claro el número de extensión y su contraseña de registro asociada, ya que estos datos del teléfono deben coincidir con los de la centralita.

Para particularizar la configuración de un dispositivo en un modelo en concreto, se hará uso de la interfaz de configuración del Grandstream BT-200. El resto de modelos varían la presentación de los parámetros de configuración (además de posibles opciones funcionales que diferencien modelos) pero no así el sentido de los mismos. La configuración se haría de la siguiente manera:

1. Si el router asigna direcciones IP de forma dinámica, el BT-200 viene por defecto en el modo dhcp client, así que es cuestión de encenderlo y ver qué IP se le asigna. Si no, se hace manualmente.
2. Tecleando la dirección IP que se le ha asignado en un navegador se accede al panel de administración. Se introduce el password por defecto 'admin'.
3. Para configurar los parámetros de registro con la centralita, se debe entrar en el menú ACCOUNT (**Figura 4.1.1**) y definir lo siguiente:

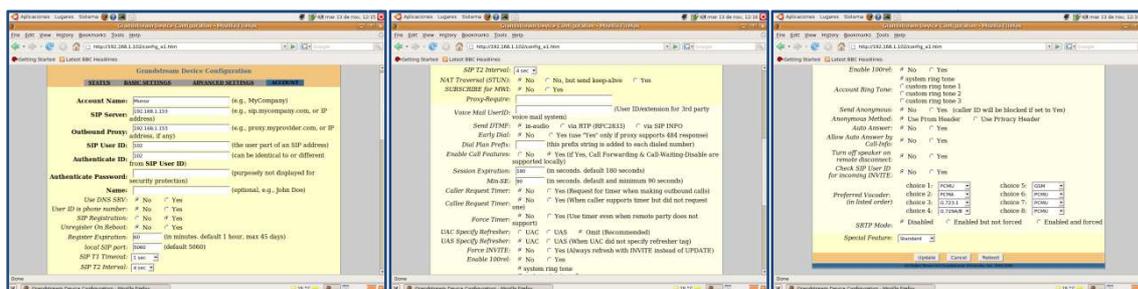


Figura 4.1.1: Interfaz web de configuración del BT-200

- **Account Name:** Nombre del registro que se está creando.
- **SIP Server:** Es la IP de la centralita. Este es el punto en el que hay que tener en cuenta si la centralita pertenece o no a la red del teléfono. Si pertenece se identifica con la IP que se le asignó en su configuración. Si no, hay que definir la IP que identifica la red de la centralita mediante el router en Internet (IP externa).
- **Outbound Proxy:** De nuevo es la dirección IP de la centralita.
- **SIP User ID:** Número de extensión con el que se registrará en la centralita. Este número debe estar asociado a una extensión SIP previamente creada en la centralita.

- **Authenticate ID:** Número con el que debe identificarse en la centralita para registrarse con el número de extensión anterior. Suele ser el mismo número de extensión.
- **Authenticate Password:** Es la contraseña con la que se creó la extensión SIP a la que se está asignando este teléfono.
- **Name:** Nombre descriptivo. Puede ser el del usuario del teléfono o la descripción del departamento al que pertenece.
- **Send DTMF:** Esta opción debe habilitarse en '*via RTP (RFC2833)*' para poder hacer uso del teclado del teléfono para enviar información, por ejemplo si se ha creado una contraseña de llamadas externas, se debe introducir ésta a través del teclado del teléfono.

Siguiendo estos pasos, el teléfono queda perfectamente configurado. Además pueden configurarse otras opciones que dependerán de cada teléfono. Siguiendo el manual de usuario de los mismos, es posible distinguir tonos para llamadas diferentes, determinar los códecs de forma manual, actualizar el firmware, cambiar la información que aparece en pantalla, etc.

4.4.2.2. Teléfonos software

Identificación

Son comúnmente conocidos como softphones, que es la abreviatura de teléfono software en inglés (SOFTware telePHONE). Son teléfonos que usan el hardware de un PC para hacer funcionar el software que los soporta. Son aplicaciones que se instalan muy fácilmente y son de gran utilidad en centros de trabajo que necesitan usar continuamente y al mismo tiempo tanto el PC como el teléfono. La configuración del registro con la centralita es similar al teléfono IP de sobremesa. El precio que se paga por estos terminales es el de la licencia, y se vio que existen algunas aplicaciones de libre distribución (aunque no aportan las mismas funciones). También es posible hacer uso de algunos softphones en su versión demo para hacer pruebas y ver si interesa o no comprar la licencia y habilitar las funciones que tenía capadas. Esto es lo que muchas veces se ha hecho con el softphone de Counterpath, X-Lite.

Uso

Es de gran utilidad el uso de los softphones en centros de atención al usuario, recepcionistas o centros de registros de llamadas, en los que el usuario está continuamente interactuando con su ordenador y atendiendo la llamada. Con el uso de estos terminales se ahorra en costes de infraestructura en el sentido de que no es necesario cablear una roseta para el PC y otra para el teléfono. Además ya se vio que el coste económico de un softphone frente a un teléfono IP de sobremesa es mucho menor. Junto con la instalación de la aplicación del teléfono, debe conectarse una diadema de auriculares y micrófono para facilitar el uso del teléfono al usuario. En el estudio del coste económico del softphone ya quedó reflejado el gasto de la diadema, pero aún así el precio sigue siendo muy inferior (siempre que la inversión en el PC para el puesto de trabajo ya estuviera hecha).

Por último, cabe destacar que si en la instalación de la red de voz se optó por la separación de redes de voz y datos, el uso del softphone puede crear conflictos tanto si está en una red como en la otra:

- **Red de voz:** En este caso el uso del PC en la red de voz puede repercutir en el ancho de banda libre para la transmisión de los paquetes de voz (aunque eso dependerá del tráfico de datos del PC). Además, que el PC no esté en la red en la que debe, puede crear conflictos a la hora de acceder a recursos compartidos con la red de datos. El softphone no tendría ningún problema.

- **Red de datos:** En este caso no habría ningún problema con el tráfico de datos ni los accesos a recursos compartidos con el resto de equipos. El problema viene a la hora de configurar el softphone, ya que habría que registrarlo como una extensión ubicada fuera de la oficina. Una posible solución para este segundo caso sería habilitar al servidor Asterisk con dos tarjetas de red, una para la red de voz (la normal) y otra para la de datos (que soportaría el tráfico de voz de los teléfonos ubicados en la red de datos).

Estos casos son aplicables al uso de cualquier tipo de teléfono IP en la red de datos. No hay problema en hacerlos funcionar ahí salvo en que se desaprovechan recursos de red (si el enlace de red local es de 100Mbps porqué hacer uso del enlace de internet que no supera los 10Mbps en la mayoría de los casos).

Configuración

Configurar un teléfono software es tan sencillo o más que los comentados anteriormente. Se pone como ejemplo la aplicación X-Lite de Counterpath:

Una vez descargado el paquete completo de la aplicación, se instala pinchando dos veces sobre el ejecutable. Es como cualquier otra aplicación y no debe haber problemas. Cuando se instala por completo se debe ejecutar el programa pinchando en el icono que se agregó en el 'Escritorio'. La primera vez pedirá el número de serie del producto que habrá que introducir y ya se dispondrá de la aplicación al completo. Para configurarlo se supondrá que se creó en su momento una extensión '100' con contraseña '12345' en la centralita cuya dirección IP es '192.168.0.193'. Lo primero será abrir el menú de configuración pinchando en la pestaña señalada de la 'Figura 4.4.2', y pinchar de nuevo en 'SIP Account settings'. Aparece la ventana de la segunda imagen que es en la que se listan las cuentas SIP configuradas (esto es por si se hace uso del teléfono con distintas extensiones o se registra con distintas centralitas, cosa que es muy útil para el mantenimiento de centralitas de clientes) y podrá seleccionarse la cuenta sin más que señalar la casilla adjunta. Pinchando en 'Add (añadir)' se abre la ventana de configuración de la extensión SIP. Para configurar la extensión no hay más que rellenar los cinco campos del recuadro rojo en función de los parámetros que se le dieron en la creación de la extensión. Por este orden, 'Nombre identificativo para mostrar en la pantalla', 'Número de extensión', 'Contraseña de la extensión', 'Número de registro en la centralita (el mismo que la extensión)' y 'IP de la centralita'. Después no hay que habilitar nada más, así que se pincha en 'Aceptar', se cierra la ventana de las cuentas SIP y ya está listo el softphone. Las instrucciones de uso pueden encontrarse en:

http://www.counterpath.net/assets/files/191/X-Lite3.0_UserGuide.pdf

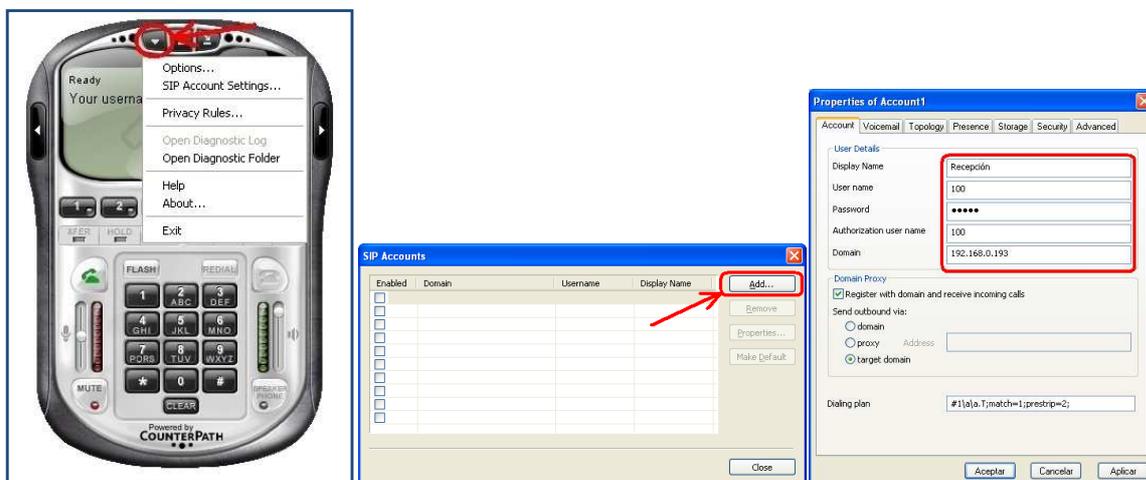


Figura 4.4.2: Configuración de X-Lite

4.4.2.3. Teléfonos Wifi y Wireless (sin cables)

Identificación

La mejor capacidad de estos teléfonos es sin duda la movilidad que dan al usuario. Ambos teléfonos se registran a la centralita como cualquier otro, solo les diferencia la libertad de desplazamiento. Sólo deben cumplir con estar dentro de la zona de cobertura que crea su estación base correspondiente. Esta estación es la gran diferencia entre un teléfono wifi y uno inalámbrico DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications o Telecomunicaciones Inalámbricas Mejoradas Digitalmente). Mientras que el teléfono wifi se configura por sí mismo cuando se registra en una red inalámbrica mediante el protocolo 802.11a ó 802.11b, el DECT se conecta sin cables a su base y ésta a la centralita a través de un cable de red. De manera que una de las grandes diferencias puede ser el gasto de un puerto del switch por cada teléfono DECT frente al puerto que utilizaría el punto de acceso que da cobertura a cuantos teléfonos wifi se quieren conectar (dependiendo del punto de acceso).

Uso

Como ejemplo de uso se puede poner el ejemplo de arquitectura de red del apartado [2.3.2](#), en el que se presentan tres teléfonos DECT y dos wifi. Cada uno de los DECT utiliza 3 puertos del switch correspondiente, mientras que para los dos wifi solo se hace uso del puerto que necesita el punto de acceso. Además, es posible incrementar el número de extensiones sin necesidad de incrementar la utilización de puertos del switch.

Aún así, la calidad de señal que ofrecen los teléfonos wifi no supera a la de los DECT y la mayoría opta por añadir un switch a la red y disponer de más puertos para conectar y aumentar el número de extensiones inalámbricas.

4.4.3. Teléfonos analógicos

Identificación

Son los teléfonos tradicionales, los de toda la vida. Algunos vienen con funciones añadidas como desconexión del micrófono para hablar sin que el llamante oiga o transferencia de llamadas, pero en cualquier caso, funciones muy limitadas desde el terminal. Necesitan una roseta para conector RJ-11. Se alimentan del propio cable de pares de comunicación como ya se sabe.

Uso

Ya se ha comentado el uso de este teléfono en varias ocasiones. Sobre todo se usan para cuando se quiere prestar servicio telefónico y poco más. Estos terminales no disponen de tantas funcionalidades como los teléfonos IP. Las ventajas de estos dispositivos son sobre todo el precio y la facilidad de instalación. La desventaja sin duda es el gasto inicial que hay que realizar en el gateway para la interconexión con la red IP. Suelen tener utilidad para proyectos con gran número de extensiones como hoteles.

4.4.4. Liceas

Identificación

Como ya se ha explicado, las liceas son dispositivos que permiten acceder a las redes GSM desde la RTB (y en consecuencia con un gateway la red gsm es accesible desde la red local donde se ubica la centralita). Esto es bastante útil sobre todo para abaratar costes, ya que en España una llamada de fijo a móvil es bastante más cara que de móvil a móvil. La función de este dispositivo es poder contactar con el dispositivo gsm al que se quiere localizar encaminando la llamada desde el terminal IP (pasando por la PBX) y que la licea transfiera la llamada por la red gsm. Se

comporta como un teléfono gsm de la compañía que se quiera (es función de la tarjeta SIM del operador elegido), actuando de interfaz entre la red local y la red gsm. Por tanto es importante ubicarla en un lugar con suficiente cobertura. La lincea es un terminal analógico, en el sentido de que no entiende protocolo SIP, por tanto necesita de un gateway como los ya explicados, para ser conectada con la centralita. De manera que al usar uno de los puertos del gateway, éste quedará asignado a las llamadas a móviles que la empresa pretenda realizar.

Uso

El uso de estos dispositivos se debe a la posibilidad de integrar todas las comunicaciones de la empresa a través de la centralita que se pretende instalar. De esta manera es posible aprovecharse de los recursos que la PBX pone a disposición independientemente del terminal telefónico que se trate. Con las linceas se permite interconectar los terminales móviles gsm, contratados con un operador telefónico, a la red de comunicaciones que se pretende instalar. Gracias a la centralita que es capaz de encaminar la llamada por uno u otro puerto identificando los dígitos marcados, se pueden abaratar los costes de llamadas. Es muy común que el operador gsm facilite a la empresa un coste nulo para llamadas entre números del mismo contrato, por ello, incluyendo en uno de estos números la tarjeta SIM de la lincea se consigue también un coste nulo entre todas las llamadas que se encaminen a través de la centralita por el puerto de la lincea y llamen a un número que pertenezca al contrato. Además es posible instalar un software de envío y recepción de mensajes, pero no entrará en alcance del proyecto.

Una lincea no necesita ser configurada para funcionar, lo que sí es necesario es configurar el gateway y la troncal de salida de la centralita para que encamine la llamada a móvil (que será identificada con la ruta de salida 6XXXXXXXXX, donde X equivale a cualquier dígito de 0 a 9 como se vio en la parte teórica) por el puerto correspondiente del gateway.

4.4.5. Centralita

4.4.5.1. Hardware necesario

La centralita se basa en la solución software de Asterisk, que usa como sistema operativo cualquier distribución de Linux, por tanto, es suficiente con un PC que cumpla los requisitos mínimos que ya se han visto para poder instalarle la aplicación y que dé una cierta seguridad de buen funcionamiento.

Si se decide instalar los dispositivos en un armario de comunicaciones, puede escogerse un servidor enracable para instalar la aplicación. En este caso el precio sube pero la protección del sistema será mayor. También puede optarse por enracar mediante adaptadores un servidor con una caja normal dentro de un armario como en la **Figura 4.4.3** que reduce costes aunque aumenta el espacio ocupado.



Figura 4.4.3: comparación servidor enracable y no enracable

La diferencia de precios entre un servidor enracado o no es notable. Sobre todo prima el espacio y la necesidad de tener organizados los sistemas para que no estén al alcance de cualquiera.

Cualquiera de las máquinas vistas en los presupuestos es válida para albergar el software Asterisk. Sin embargo, es necesario destacar que una máquina normal, como las vistas, pueden sufrir conflictos de 'convivencia' en cuanto a tarjetas de comunicaciones PCI se refiere. Esto significa que si la misma máquina tuviera conectadas 2 tarjetas (una QuadBRI y una TDM400P por ejemplo), éstas podrían ocasionar conflictos de interrupción en la CPU debido a que suelen usar el mismo tipo de señalización IRQ.

En cambio no ocurre con ninguna otra tarjeta PCI, de forma que es posible conectarle dos tarjetas de red y tener acceso a la centralita desde dos redes distintas. Esto puede ser útil en el caso de que las redes de voz y datos hayan sido separadas, ya que se puede mantener y gestionar la centralita desde cualquiera de las redes.

4.4.5.2. Tarjetas de acceso básico RTB (analógicas)

Estas son las tarjetas que van a poder interconectar la tecnología instalada (VoIP) con las redes de telefonía analógica (red telefónica conmutada o RTB). Las tarjetas vienen diseñadas para 4 u 8 puertos (a excepción de la TDM2400P por el momento no ha sido probada por Clever Tecnología) y sobre las placas se le añaden módulos que identifican al puerto como un FXO o FXS. Si el puerto no tuviera este módulo no se podría utilizar. Cada módulo FXO o FXS se vende por separado, de manera que se puede ir incrementando el número de líneas o dispositivos analógicos conectados a la centralita a través de estas tarjetas.

4.4.5.3. Tarjetas de acceso RDSI (digitales)

Son las tarjetas que permiten a la centralita acceder a las redes digitales de servicios integrales. Son unas tarjetas algo más complejas, y de ahí su precio algo más elevado. Gracias a estos módulos se puede tener acceso a los canales de comunicación de los dos tipos de acceso que se ofrecen (acceso básico: 2B+D (16Kbps) y/o acceso primario: 30B+D (64Kbps)). Con esto se puede tener a varios canales de comunicación identificados con un mismo número, de manera que se puedan mantener distintas conversaciones sobre un mismo acceso.

La configuración de ambas tarjeta es tan sencilla como instalar el driver que suministra el vendedor para utilizarla con el software de Asterisk. De esta forma la tarjeta se autoconfigura y no habría que hacer nada.

La adquisición de estas tarjetas (tanto analógicas como digitales) se hace a través del distribuidor de las mismas en España. Para las tarjetas analógicas solo suministran modelos del fabricante Digium, pero para las digitales existen modelos de Digium, Junghanns, Billion o Beronet.

4.5. Instalación del sistema

Este es el apartado que particulariza algo más el tipo de proyecto que se va a seguir. Teniendo en cuenta el esquema del proyecto del apartado [2.3.2](#), se va a mostrar la manera de configurar la centralita para dar servicio a las necesidades que se presentan.

En primer lugar hay que identificar los distintos puestos funcionales y las posibles capacidades que se le van a otorgar. En base a la particularización hecha, se distinguen las siguientes zonas:

1. OctoBRI: 1 unidad; 8 puertos para 8 posibles conexiones de accesos básico RDSI
2. Usuarios de oficina: 25 puestos
 - **ROL:** Los usuarios de oficina deben poder hacer uso de la mayor parte de las funcionalidades del teléfono. Se considera que pueden hacer llamadas al exterior al número que deseen. Es posible hacer grupos para poder capturar las llamadas entre determinados compañeros (por ejemplo grupos por departamentos).
3. Usuarios de CAU (Centro de Atención al Usuario): 16 puestos
 - **ROL:** Estos usuarios se dedican exclusivamente a recibir llamadas de consulta, por tanto no se les da la posibilidad de llamar al número que deseen. Tendrán restringidas ciertos números a los que llamar salvo uno o dos de ellos que tendrán un mayor valor jerárquico. Por supuesto tienen su grupo aparte y la mayoría tendrán un softphone en su puesto.
4. Liceas: 2 unidades
 - **USO:** Se debe hacer uso de ellas siempre que la llamada desde cualquier extensión de la oficina pretenda comunicarse con un número de móvil (un 6XXXXXXXX). Para descongestionar y como última alternativa, se da servicio a través de la RTB/RDSI.

4.5.1. Configuración de la PBX

Para la configuración de la centralita se hará uso de las funciones que permite TrixBox que se mencionaron en la primera parte de esta memoria. Lo primero será identificar las necesidades que se han creado en el esquema [2.3.2](#) para saber las configuraciones oportunas que hay que hacer en la centralita. Según el esquema de zonas del apartado anterior se puede dividir la configuración en:

4.5.1.1. Configuración de la tarjeta OctoBRI

La OctoBRI es una tarjeta PCI de alta densidad con 8 interfaces de acceso BRI. Para conseguir esa alta densidad de puertos hay que integrar dos interfaces BRI en cada interfaz RJ45. Por eso, es necesario un cableado adicional para poder usar los 8 puertos. En la documentación anexa se puede ver la asignación de pines y la configuración de jumpers de la tarjeta. Los 4 primeros interfaces S/T (S/T 1, 2, 3 y 4) son accesibles mediante un cable RDSI BRI estándar (4 hilos, para los 4 pines interiores, '3, 4, 5 y 6'). A los interfaces S/T '5, 6, 7 y 8' se accede a través de los 4 pines

exteriores del interfaz RJ45. Se recomienda el uso de un panel de conexiones para dejarlo más organizado.

En cuanto a su configuración con Asterisk no hay ningún problema, ya que los drivers, que se pueden descargar de la página del fabricante, permiten no tener que instalarla manualmente. De esta forma con instalar los drivers, la tarjeta y sus canales quedan totalmente configurados con la centralita.

Esta tarjeta da la posibilidad de conexión de 8 accesos BRI, de esta forma ya tenemos configurados 24 canales 16 de ellos de comunicación y se configuran automáticamente en Asterisk. Los canales se identifican como ZAP seguido de un identificativo que se puede editar (como ZAP/1 o ZAP/RDSI). Cada acceso RDSI permite mantener simultáneamente dos conversaciones, por tanto existe la posibilidad de mantener un máximo de 16 conversaciones. Se usará para que el CAU acepte el máximo número de llamadas simultáneas.

4.5.1.2. Configuración de los puestos de oficina

Para configurar las funciones de cada uno de los puestos de oficina, es necesario identificar los roles de éstos:

- Podrán realizar llamadas a cualquier número telefónico.
- Extensiones del mismo grupo podrán capturar las llamadas de extensiones de su mismo grupo.
- Las llamadas entrantes al contexto de oficina tendrán mensajes de bienvenida, horario, llame más tarde, etc.
- Se configurará un IVR u operadora virtual que dará acceso a la llamada entrante a un menú interactivo.
- Todas las extensiones de oficina tendrán la misma música de espera elegida por la empresa.
- Las llamadas no respondidas tienen la opción de desvío a contestador y posterior envío de la grabación al correo electrónico de la persona asignada a la extensión.

Creación de una extensión

Para crear extensiones SIP hay que tener clara la numeración que se va a seguir. En este caso se distinguen dos grandes grupos de usuarios. El grupo de oficina, al que se le asignará extensiones de tres cifras, y el grupo del CAU, al que se le asigna extensiones de cuatro cifras. Además, el grupo oficinas se va a subdividir en departamentos que van a ser:

- DIRECCIÓN:.....1xx (2persona)
- ADMINISTRACIÓN:.....2xx (5personas)
- PRODUCCIÓN:.....3xx (6personas)
- CONSULTORÍA:.....4xx (5personas)
- COMERCIAL:.....5xx (4personas)
- SISTEMAS:.....6xx (3personas)

La forma de crear una extensión SIP se vio en la primera parte. Tan solo hay que definir el número asignado, su contraseña y el correo al que se quiera enviar el mensaje del contestador de voz. Opcionalmente se pueden definir más conceptos.

Una vez creadas las extensiones, se formarán grupos de éstas para identificarlas con cada departamento, pudiendo localizar a todas las personas de un departamento sin más que llamar al número del grupo que lo identifica. En la '**Figura 4.5.1**' se muestra la lista de las extensiones activas y los grupos de los distintos departamentos.



Figura 4.5.1: Extensiones y grupos de extensiones de oficina

Una vez asignadas las extensiones, hay que configurar las rutas de salida para los puestos de oficina. Se tienen 16 canales y se van a asignar dos de ellos como prioritarios a oficinas, mientras que otros dos tendrán una prioridad menor. Para las llamadas a móviles se hará uso de las dos liceas que se han conectado mediante el gateway.

Rutas salientes

Lo primero es identificar las posibles llamadas que deban hacer los usuarios de la oficina. Ya se le han asignado 6 canales (ZAP/RDSI1, ZAP/RDSI2, ZAP/RDSI15, ZAP/RDSI16, Licea1 y Licea2) para gestionar las llamadas de toda la oficina, aunque en realidad son solo 4 debido a que dos están de reserva (ZAP/RDSI15 y ZAP/RDSI16) por si no están en uso.

Un usuario de oficina deberá poder llamar a cualquier número, excepto los números de tarificación adicional que empiezan por 80x. Así pues todo esto debe quedar reflejado en las rutas salientes que se creen. Se crearán tres rutas distinguidas por su posible tarificación, que son:

1. **Llamadas a móviles:** su troncal de salida será a través de la licea. Esto se va a hacer en este ejemplo mediante el gateway. La centralita contacta con el gateway y será éste el que la encamine por los puertos de las liceas.
2. **Llamadas fijos y números nacionales:** Esta ruta de salida identificará las llamadas a fijos nacionales (mediante el patrón de marcado '9XXXXXXXX' ó '8ZXXXXXXXX', como se vio en la primera parte de la memoria) y números de información con patrones de marcado más cortos (como por ejemplo 'XXXXX') dependiendo del país donde se instale.
3. **Llamadas internacionales:** Los patrones de marcado deben identificarse claramente si la intención es que solo se pueda llamar a países que preestablecidos. Por ejemplo para el caso de una llamada internacional a Francia, el patrón de marcado debería ser: '0033.' Donde '.' Permite emparejar uno o más caracteres.

Rutas entrantes

Solo falta asignar las llamadas entrantes a estas extensiones. Si se han definido 4 líneas (2 RDSI) para recepción de llamadas, es posible asignarles el mismo número identificativo, que será el número de contacto para la empresa. Esta operación se debe solicitar a la operadora que suministra el servicio RDSI.

Conocido el número asociado a estas líneas, hay que hacer que todas las llamadas que se identifiquen de esa manera, pasen a las extensiones que se quieran o a la operadora virtual con el menú interactivo previamente creado.

IVR

Crear un IVR (Interactive Voice Response), es crear una operadora virtual que permite escuchar mensajes de bienvenida, horario de atención o disponibilidad de extensión.

Para crear un IVR hay que tener clara la lógica que seguirá la llamada. Habrá que identificar el horario de atención de la oficina, las extensiones que sonarán en caso de no encontrar la respuesta que pide el llamante, etc. Siguiendo los pasos de configuración vistos en la primera parte de esta memoria se puede llegar a hacer un IVR como el de la **Figura 4.5.2**:

The screenshot shows the 'Edit Menu Oficina' configuration page in FreePBX. The interface is divided into two main sections: a left sidebar for general settings and a main area for menu options.

General Settings (Left Sidebar):

- Change Name: Oficina
- Timeout: 10
- Enable Directory:
- Directory Context: default
- Enable Direct Dial:
- Loop Before t-dest:
- Loop Before i-dest:
- Repeat Loops: 2
- Announcement: Menu

Menu Options (Main Area):

The menu is configured with four options, each with a 'Return to IVR' checkbox and a 'Leave blank to remove' checkbox:

- Option 1:** Ring Groups: Administracion <200>. Return to IVR: . Leave blank to remove: . IVR: Intente.
- Option 2:** Ring Groups: Produccion <300>. Return to IVR: . Leave blank to remove: . IVR: Intente.
- Option 3:** Ring Groups: Sistemas <600>. Return to IVR: . Leave blank to remove: . IVR: Intente.
- Option 4:** Ring Groups: Direccion <100>. Return to IVR: . Leave blank to remove: . IVR: Intente.

At the bottom, there are buttons for 'Increase Options', 'Save', and 'Decrease Options'. The FreePBX logo and 'Freedom to Connect' tagline are visible at the bottom right.

Figura 4.5.2: IVR de la oficina

Según este IVR, en la recepción de la llamada se oír una locución de bienvenida (en esta configuración la locución se llama 'Menu') que detallará las opciones que tiene el llamante. Posibilidad de marcar la extensión directamente si se conoce.

- Si no se hace nada, a los 10 segundos salta a la opción 't' (de timeout o fin del tiempo) que en este menú pasa la llamada a administración.
- Si se marca una secuencia de dígitos no válida, salta a la opción 'i', que lleva a una locución de 'intente de nuevo' y nos devuelve al IVR de oficinas.
- Opción 1: Si se marca el 1, llamará al grupo de extensiones que pertenecen a administración.

- Opción 2: Si se marca el 2, llamará al grupo de extensiones que pertenecen a producción.
- Opción 3: Si se marca el 3, llamará al grupo de extensiones que pertenecen a sistemas.
- Opción 4: Si se marca el 4, llamará al grupo de extensiones que pertenecen a consultoría.

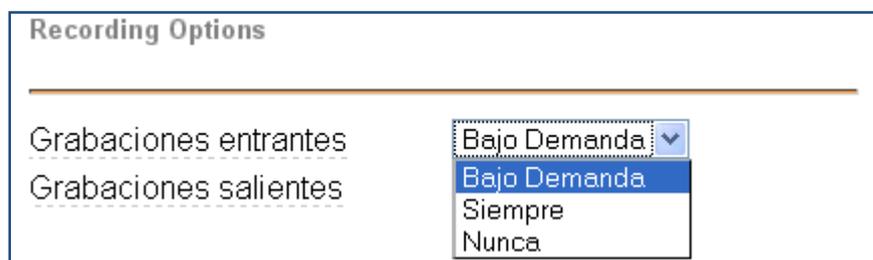
Esto funcionará siempre que la llamada esté dentro de los límites de horario que se pueden definir en el menú de TrixBos de 'Horarios', en el que se permite actuar en función de si la llamada está o no en el rango de horas de trabajo definido. Por tanto, la opción que se puede dar si está dentro del horario será el IVR creado, mientras que si no, se puede reproducir un mensaje de 'fuera del horario de atención al cliente' o similar.

4.5.1.3. Configuración de los puestos del CAU

Para configurar estos puestos hay que tener en cuenta que los usuarios tienen el rol de recepción de llamadas, esto es, se dedican a atención al llamante. Si se permiten llamadas son exclusivamente a extensiones identificadas de la centralita por algún problema. Salvo en uno o dos puestos, no se permitirán llamadas externas. Por tanto, en la definición de las extensiones, y por razones de seguridad, se habilitará un contexto especial para los puestos del CAU. De esta manera, en el contexto nuevo se puede definir el estado de las extensiones de forma totalmente independiente. Así, el número que esté asociado a las 12 líneas disponibles para el CAU, será encaminado a este contexto y sólo estos puestos podrán recibir las llamadas. En este contexto se pueden crear las restricciones que se quieran en cuanto patrones de marcado sin más que hacer que sólo sean válidas las llamadas entre extensiones, y poder hacer uso del resto de permisos introduciendo una contraseña.

Grabaciones

Por otra parte, estas llamadas en la mayoría de las ocasiones deben ser grabadas, cosa que es sencilla de hacer en la definición de la extensión. Entre las opciones que hay, se pueden marcar las de la **Figura 4.5.3**:



Recording Options	
Grabaciones entrantes	Bajo Demanda
Grabaciones salientes	Bajo Demanda

Figura 4.5.3: Opciones de grabación

Las posibilidades son 'Nunca', 'Siempre' o 'Bajo Demanda'. En ésta última opción, se solicita al llamado o llamante si quiere que se grabe o no la conversación.

Grupo de extensiones

Todas las extensiones que se creen para el CAU pertenecerán al mismo grupo de extensiones (llamado 'CAU') y todas tendrán activadas como 'Siempre' la opción de 'Grabaciones entrantes'.

Todas las extensiones se configuran con la misma música de espera que será aportada por el cliente en el formato que quiera, preferiblemente en '.mp3'.

IVR

Las llamadas entrantes a este contexto no dispondrán de un menú interactivo, si no de mensajes de bienvenida e identificación del servicio al que está llamando, y restricciones de horario según el calendario aportado por el cliente.

Estadísticas

El informe de estadísticas es fundamental para la facturación mensual con la empresa que contrata los servicios del CAU. Una de las operadoras será la encargada de generar este informe que TrixBox hace automáticamente y que se puede consultar en la pestaña de ‘Informes’, donde se muestra un menú de filtrado como el de la **‘Figura 4.5.4’** y la posibilidad de generar una hoja Excel o un archivo pdf con la información filtrada. Para generar un informe de este tipo hay que acceder a la web de TrixBox, y no se recomienda que entre alguien sin conocimientos que pueda estropear algo ya configurado. Para eso está en el menú la opción ‘Gestión de Usuarios’, en el que se puede crear un usuario con ciertos permisos de acceso a la interfaz de TrixBox.

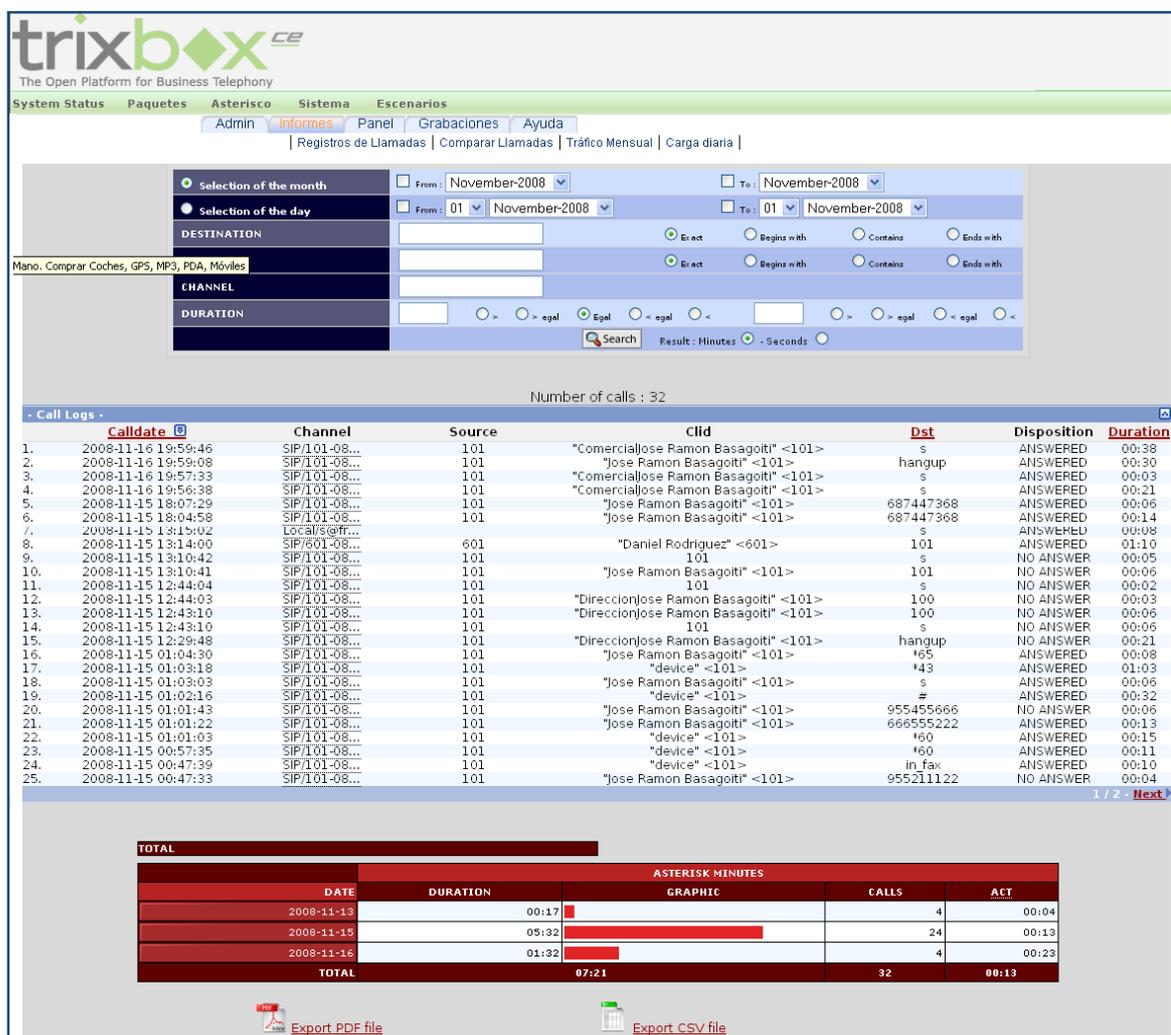


Figura 4.5.4: Informe de estadísticas

Colas

Además de todo lo visto, para un CAU puede ser interesante hacer una gestión de colas para no perder llamadas. En el menú de TrixBox, en ‘Colas’ es posible configurarla según se dijo en la primera parte. La música de espera deberá ser aportada por el cliente. En el caso del ejemplo, al disponer de 16 puestos, es difícil perder llamadas, pero siempre hay picos de horas en los que el

número de llamadas entrante puede superar el número de operadoras, para lo que se hace útil gestionar alguna cola.

Es importante tener presente que todas las posibles consideraciones sobre la gestión del CAU deben ser validadas con la empresa que paga el servicio que se está prestando. Esas relaciones pueden ser directas con esa empresa, o a través de la empresa que contrata la instalación de la red de comunicaciones.

4.5.2. Test de centralita en Clever

Una vez que las configuraciones demandadas para el servicio de la centralita se terminan, se pasa un día de pruebas en las instalaciones de Clever Tecnología emulando el contexto en el que se albergará el sistema.

Para ello suele haber disponible un enlace ADSL y una o dos líneas RDSI con las que testear la centralita. Con el enlace ADSL se intenta simular la red creada en las instalaciones del cliente, mientras que con las líneas RDSI se comprueban los puertos de la tarjeta y la correcta configuración de las rutas de salida, así como las de entrada, aunque para estas últimas hay que tener cuidado, pues la identificación del número de la línea no será el mismo que el del cliente, y por tanto habría que cambiarlo con posterioridad al testeo y antes de instalar la centralita en la empresa cliente.

El resto de componentes de red se pueden instalar durante el testeo, pero no es necesario conectar la totalidad de las extensiones, ya que con dos o tres se pueden hacer las pruebas pertinentes. Los gateways sí se conectan, pues tendrán que ser configurados, aunque se deba repetir en algunos casos una nueva configuración en las instalaciones del cliente.

A la finalización de las pruebas, la centralita estará lista para ser instalada en la zona preparada en la empresa cliente y realizar los cambios de configuración oportunos, como puede ser la IP o la hora del sistema según donde se instale.

4.5.3. Instalación, puesta a punto del sistema completo y formación

Por último, se realizan las últimas modificaciones según las pruebas que se hagan en las instalaciones del cliente, y se realiza un pequeño curso de formación del sistema. En este curso se deberán enseñar las normas básicas del funcionamiento de la centralita. Cómo se enciende, accesos de usuarios no administradores, informes de estadísticas, uso de los teléfonos y sus capacidades, gestión de las colas, listado de números del sistema como la captación de llamadas de un mismo grupo o la entrada y salida de una cola.

Además, se presenta un informe con todas las extensiones y grupos de extensiones disponibles, los roles de cada una, las contraseñas necesarias y las funciones del IVR si se contrata.

Según el mantenimiento que contraten (remoto, 'in situ' o ninguno), el informe de contraseñas a accesos restringidos y modos de actuación se verá más o menos limitado.