

## Comunicaciones VoIP en Ambientes Distribuidos

### Implementación en Municipio

Enrique Corujo

Roca 146, Viedma, Río Negro, 8500 Argentina  
ecorujo@viedma.gov.ar  
<http://www.viedma.gov.ar>

#### 1 Introducción

El proyecto se refiere a la implementación de comunicaciones VoIP en el estado, en particular en situaciones en los cuales las diferentes dependencias del mismo se encuentran geográficamente distribuidas a lo largo de una extensión de territorio determinada, pero siempre más allá del alcance de un edificio. Como punto de partida se debe analizar el complejo estado de las comunicaciones telefónicas en estas circunstancias: la implementación de servicios de terceros, incorporación de centrales en cada edificio, el mantenimiento de infraestructura obsoleta, o directamente la carencia de ésta.

En este punto se planteó la reutilización de la infraestructura de datos existente como medio de comunicación, aprovechando todos los avances que ésta podría brindar, y en el proceso suprimir costos operativos asociados a las comunicaciones.

#### 2 Situación del Problema

En el momento de la evaluación, el sistema de telefonía del municipio estaba basado en una central analógica marca Harris, por la cual se pagaba un alquiler mensual. Esta central por su antigüedad cuenta con algunas limitaciones, como ser:

- Número limitado de internos: en esos momentos prácticamente no quedaban internos disponibles en el municipio, por lo que la instalación de nuevos puestos de trabajo requieren compartir los internos con otros usuarios, o recuperar de un lugar para utilizarlo en otro.
- Funcionalidades limitadas, debido al desconocimiento en la programación de la misma o a las posibilidades que ésta brindaba, con soporte prácticamente inexistente por parte del proveedor para estas cuestiones:
  - Transferencia de interno
  - Grupos de internos y captura de llamada
  - Control de llamadas salientes por código

- Devolución de llamada cuando interno ocupado
- Autorización de destinos de llamada por interno o por usuario
- Los organismos u edificios externos que poseen líneas de teléfono locales, no pueden ser integrados a la central o la línea no puede ser integrada a la misma.
- En algunos casos, estos edificios han implementado sus propias centrales telefónicas para contar con internos, y deben realizar llamadas con cargo para comunicarse con el edificio central u otros edificios.
- En otros casos se logró integración por medio de Servicios de Grupo / Centrex brindados por la empresa Telefónica, con un costo mensual adicional.
- Algunos puestos de esta central requieren teléfonos especiales, los que van presentando problemas debido a su uso y no tienen reparación, dejando de esta manera algunas funcionalidades sin poder ser utilizadas.
- En cualquier caso que hubiera inconvenientes con los internos, debe requerirse la asistencia de un técnico externo para la revisión o reparación del cableado.
- Toda la infraestructura de voz depende de un cableado de cobre adicional, que al momento de tener que instalar nuevos puestos, por mudanza de oficinas u otras necesidades, se debe considerar un costo adicional.
- En algunos sectores, este cableado se encuentra con muchas deficiencias o fallas, inutilizando las comunicaciones; siendo necesaria la inversión en un nuevo tendido.
- Híbridos de tecnologías: Los diferentes edificios que se encuentran conectados a la central telefónica principal, lo hacen de diferentes formas. Mientras algunos se encuentran conectados por un multipar telefónico para contar con sus internos, otros utilizan la fibra óptica a través de dos equipos que convierten la señal telefónica de analógico a digital y viceversa. Ambos casos plantean límites en cuanto a la cantidad de internos disponible para el otro extremo del cable. Así mismo, aquellas dependencias que se encuentran conectadas por enlaces de radiofrecuencia, no pueden integrarse a la red de telefonía interna.
- En caso de una falla o rotura de la central, todos los edificios que dependen de ella quedarían incomunicados, en algunos casos completamente, debiendo cursarse todas las llamadas por la red de la empresa de telefonía local, con el costo correspondiente. Esto sucederá por todo el tiempo que la empresa contratada demore en reemplazar la central por otra igual (si es que dispone de reemplazo) y reprogramar todas las funcionalidades. Si en este caso, el nuevo equipo fuera de otro modelo o marca, es muy factible que fueran necesarias otras adecuaciones adicionales, aumentando el tiempo fuera de servicio de la telefonía interna.

Debe considerarse en particular, que si bien el Municipio cuenta con un conjunto de edificios propios, la distribución de las diferentes dependencias, consideradas desde el punto de vista del organigrama, no están relacionadas con la distribución de la infraestructura edilicia, existiendo muchos casos en los que áreas de diferentes secretarías confluyen en un mismo edificio, así como áreas de una Secretaría podrían encontrarse distribuidas por más de un edificio. Esto es particularmente importante a la hora de definir la numeración de los Internos, ya que al realizarse mudanzas constan-

tes, muchas veces los números de internos están más ligados a las oficinas o estructuras físicas que al organigrama.

### 3 Solución

Con todo lo expuesto anteriormente, se define la necesidad de implementar un sistema de comunicaciones de voz, que sea ágil, dinámico, moderno, incorpore nuevos servicios o funcionalidades, alcance a todas las dependencias, no dependa de un proveedor o producto determinado, y conlleve el menor costo posible para el municipio.

Habiendo definido la utilización de comunicaciones digitales, en particular la tecnología VoIP, se realiza la investigación de las diferentes opciones posibles.

Una de estas opciones era la implementación de productos enlatados o appliances, los cuales tienen la facilidad de poder implementarse rápidamente, pero también tienen la contraparte de que son limitados en cuanto a cantidad de líneas y de internos, en general no son escalables, y se termina en la dependencia de un proveedor determinado. Tampoco contaban con la posibilidad de integrar fácilmente diferentes edificios al intentar interconectar varios de ellos.

Se opta por la implementación propia a partir del software Open Source Asterisk, directamente desde el código fuente maestro, y no desde una implementación particular, para así tener el control total de lo que se quisiera implementar.

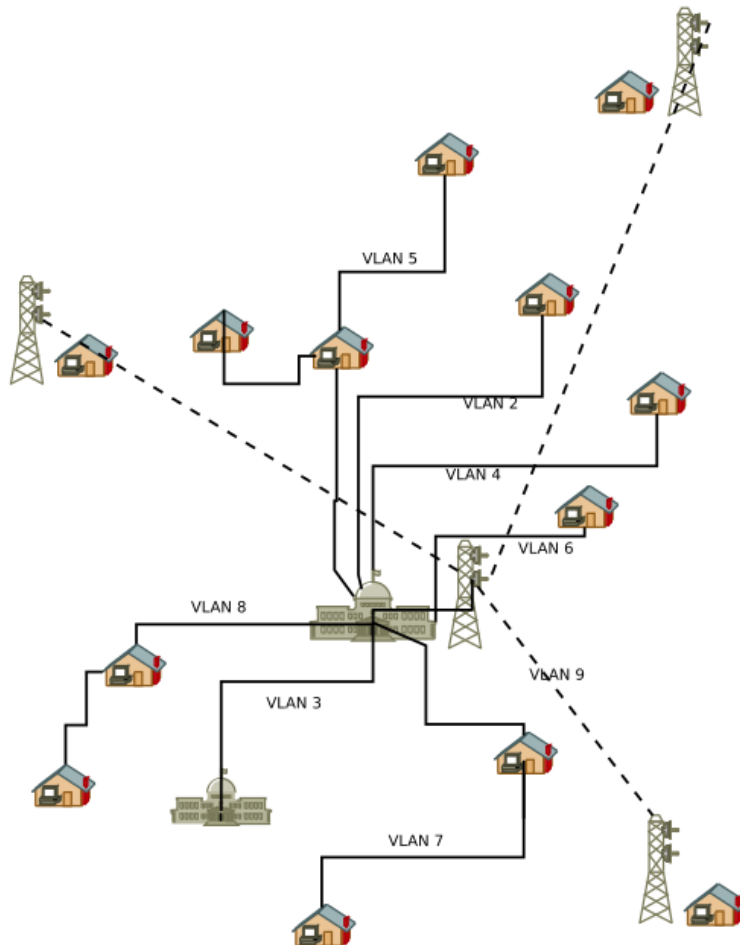
Como requerimiento inicial se planteó la necesidad que el sistema debería ser lo más ágil posible, en cuanto a su configuración operativa, lo que implicaba poder incorporar todo lo más posible en una base de datos.

Para alcanzar el objetivo del proyecto con el máximo impacto y el menor desvío posible, se plantean tres etapas:

- Etapa 1: Implementación de la central principal brindando servicios a los edificios, comenzando con los que presentaban mayores inconvenientes en las comunicaciones, avanzando hacia el resto de los mismos.
- Etapa 2: brindar continuidad de servicio de comunicaciones a todos los internos en caso de corte de suministro eléctrico.
- Etapa 3: Implementación de Infraestructura distribuida, que permita a los edificios distribuidos autonomía y continuidad de comunicaciones ante fallas en el servidor principal.

#### 3.1 Introducción

Antes de detallar la implementación del proyecto, se hace necesario realizar una explicación de cómo es la estructura de la red de datos municipal.



**Fig 1: Esquema de Red del Municipio.**

La municipalidad cuenta con un edificio central, siete edificios principales y 8 edificios secundarios, distribuidos por la ciudad, distantes del primero entre 500 mts y 30 Km.

A nivel físico, cada uno de estos edificios principales se encuentran conectados al edificio central por medio de un tendido de Fibra Óptica de propiedad del municipio, y los edificios secundarios, se encuentran conectados a uno de los principales. Toda esta estructura se puede ver como una red en estrella, donde el centro es el edificio Central.

A nivel lógico esta red se divide en 9 VLAN's, una para el edificio central, una para cada una de los edificios principales y sus dependientes, y una para aquellos que no se encuentran conectados por la fibra, si no por enlaces radioeléctricos.

Hay que resaltar en este punto, que dentro de esta red se encuentran integrados los tres poderes del estado municipal: El ejecutivo, el Tribunal de cuentas y el Concejo Deliberante. Con este último además es necesario pasar dos firewalls uno del lado del ejecutivo y otro del lado del Legislativo.

### 3.2 Etapa 1

Se implementa un servidor físico en el Datacenter municipal con la instalación del software Asterisk integrado a una base de datos PostgreSQL. Este equipo no requiere de demasiadas prestaciones, por lo que se montó sobre una plataforma tipo PC, con procesador Intel i3, 4 GB de RAM y 2 HD de 500 GB en RAID1 para asegurar la integridad ante posibles fallos del disco. Al estar rackeado en el Datacenter, se aseguraba la continuidad del suministro eléctrico al equipo.

Se decide por la utilización de teléfonos VoIP marca Yealink en sus modelos T19P, T20P y T21P; todos con display LCD, puertos Ethernet con Switch, alimentación PoE por puerto Ethernet, Autoaprovisionamiento y soporte VLAN. Además estos teléfonos permiten configurar hasta dos servidores Asterisk para iniciar las llamadas, lo que permite la redundancia ante inconvenientes. Se seleccionaron estos por cumplir con todas las características preestablecidas, además de ser los más accesibles en el mercado local, así como su facilidad de configuración. Igualmente podrían utilizarse equipos de otras marcas y modelos, pero el contar con un ecosistema de productos acotado, facilita el proceso de configuración, detección de inconvenientes y mantenimiento.

Las características anteriormente descritas, fueron marcadas como esenciales, ya que cada una de ellas tiene una funcionalidad u objetivo específico:

- Display LCD: Permite mostrarle información relevante al usuario como ser: Identificador de llamada entrante, lista de llamadas no atendidas, números marcados para borrar o corregir antes de confirmar la llamada, casilla de mensajes, etc
- 2 Puertos Ethernet con Switch: Esencial a la hora de aprovechar la infraestructura de red existente. Como el teléfono requiere de conectarse a la red Ethernet, de no tener esta característica, sería necesario incurrir en costos de la ampliación de la infraestructura de red, incluyendo pero no limitado a: Puertos, cableado, patcheras, switches, etc. Esta característica permite utilizar el puesto de red existente en el lugar de trabajo, conectando el teléfono a él, y luego conectar la PC al otro puerto del teléfono, haciendo de pasarela transparente para los datos.
- Alimentación PoE: Estos dispositivos requieren de alimentación eléctrica para su funcionamiento, la cual puede ser proporcionada por una fuente conectada a la pared, o por el switch PoE a través del puerto Ethernet. Utilizando este último, ante cortes en el suministro eléctrico, el teléfono continuará funcionando ya que la energía provendrá del switch y no de la fuente local.

- Soporte VLAN: Permite detectar VLAN de datos con contenido específico para el teléfono, quitando esta marca y dejando pasar el resto del tráfico que va a la PC.
- Autoaprovisionamiento: Característica que le permite descargar la configuración del dispositivo desde el servidor correspondiente mediante protocolo TFTP.

Al implementar Asterisk sobre un equipo estándar del arquitectura x86, no se cuenta en primera instancia con los elementos necesarios para la incorporación de las líneas analógicas (PSTN) de telefonía fija a los protocolos digitales. Si bien se podría haber utilizados placas de expansión para colocar en el servidor, esto presentaba una serie de posibles inconvenientes:

- La programación y los drivers quedaban sujetos al proveedor de las placas.
- En caso de falla sería necesario sacar de servicio el servidor Asterisk para quitar y/o reemplazar la placa.
- Cada dispositivo puede implementar su propio protocolo de comunicación (driver), complicando la programación y el mantenimiento de la central Asterisk.
- Se vuelve inviable ante otros escenarios de implementación
- Costos excesivamente altos.

Para sortear los inconvenientes expresados anteriormente, se optó por la implementación de dispositivos del tipo Gateway FXS/FXO, marca Grandstream en modelos GXW4104 y GXW4108 que permiten hasta 4 y 8 líneas PSTN respectivamente. Estos equipos son los responsables de realizar las conversiones de analógico sobre las líneas PSTN a digital sobre Ethernet y viceversa, comunicándose con el Asterisk directamente en protocolo SIP. Además de resolver todos los problemas técnicos anteriormente descritos, permiten la integración, a través de la red Ethernet y con protocolo SIP, la integración de las líneas PSTN disponibles en cada uno de los edificios, poniéndolas a disposición del servidor Asterisk Central. Si bien se utilizó una marca en particular para todos los sitios donde fue necesario, no hubiera habido inconveniente en utilizar varias marcas o modelos diferentes, ya que la interacción entre estos y el servidor se realiza directamente en SIP, evitando cambios en la programación, Drivers, paradas de servicio, etc.

### 3.3 Etapa 2

En esta etapa trabajó para darle al sistema de comunicaciones sobre VoIP, tolerancia ante el corte de suministro eléctrico en cualquier parte de la red de datos. Para ello se procedió al reemplazo de los switches troncales por modelos que permitieran administración en L3, alimentación PoE en sus puertos, y velocidades diferentes de acuerdo a su ubicación y/o función específica en la red.

La característica de Layer 3 (capa 3), se consideró en especial previendo que si el tráfico generado por este nuevo servicio en la red, pudiera ser tal que complicara el resto de las operaciones realizadas sobre la misma. En tal caso se procedería a la implementación de una VLAN específica para la telefonía, aplicando QoS sobre la misma y separando así el resto del tráfico. En este sentido fue que se previó que los teléfonos también tuvieran soporte de VLAN.

Para alcanzar este objetivo y facilitar la administración posterior de la red, se adquirieron switch HP-1910 y HP-1920, todos con soporte PoE en sus puertos. La diferencia entre un modelo y otro radica en la velocidad máxima de los puertos. En tanto unos son 10/100 Mbps, los otros son 10/100/1000 Mbps. Además estos equipos cuentan con puertos SFP, lo que permite hacer UpLink por medio de fibra óptica a 1Gbps sin necesidad de ocupar puertos de usuario, aún en aquellos modelos en donde la velocidad máxima de los puertos Ethernet es de 100 Mbps.

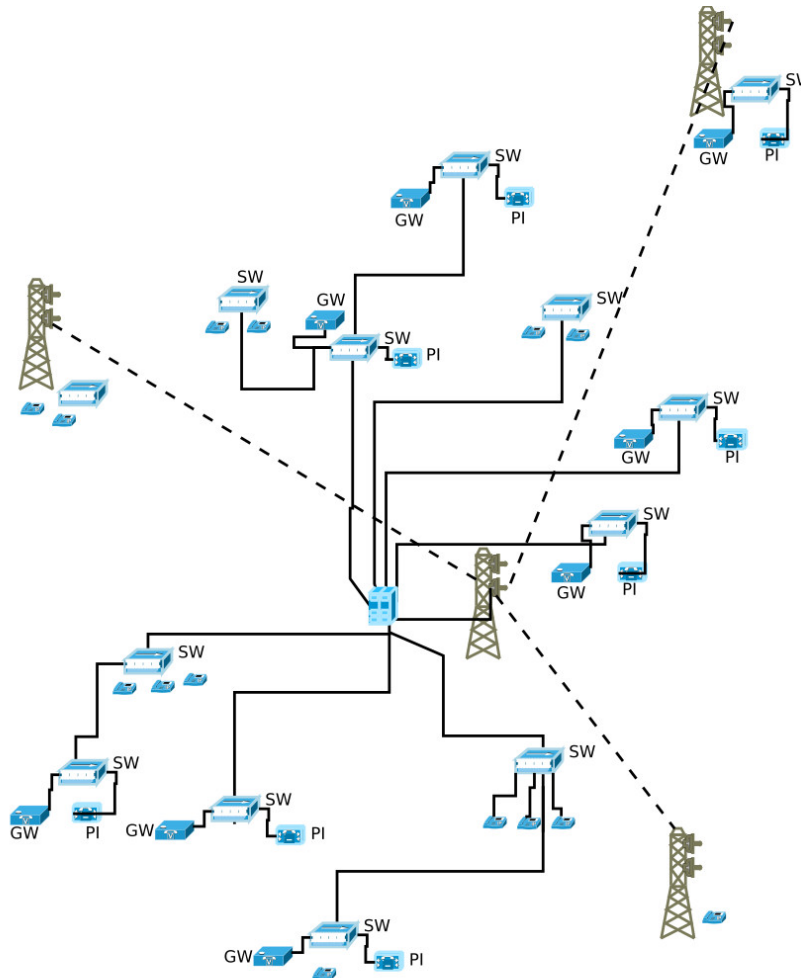
En cada Rack de distribución en donde se colocaron estos Switch, se instalaron UPS de las capacidades necesarias para alimentar a éstos, así como a los teléfonos VoIP conectados a ellos. De esta manera se logra el requerimiento de mantener las comunicaciones activas durante los cortes de energía. Estas UPS fueron dimensionadas en cada caso de acuerdo a la cantidad de Switch y teléfonos que debían alimentar, considerando un mínimo de 30 minutos de servicio.

### **3.4 Etapa 3**

En cada edificio se instalaron servidores Asterisk con las mismas características funcionales que el del datacenter central, pero utilizando hardware Raspberry Pi3. Sobre este hardware se instaló sistema Operativo Raspbian y luego el servidor Asterisk, siguiendo los mismos pasos que para el servidor central. Incluso en cada uno de ellos se instaló el motor de base de datos PostgreSQL, recibiendo una réplica transaccional de la base central, garantizando así que cualquier cambio de configuración en la base central se aplique inmediatamente en cada una de las bases esclavas.

Esta implementación permitió que ante un corte en el medio de transporte de datos entre el edificio central y cualquier otro, este último tuviera la autonomía en las comunicaciones telefónicas, pudiendo continuar utilizando los internos, e incluso realizar o recibir llamadas.

La característica establecida para los teléfonos VoIP, de que dispusieran de configuración para dos servidores, permite esta misma redundancia por de forma inversa, es decir que ante la falla de la central local del edificio, el teléfono pueda utilizar cualquier otra central de la red para establecer sus llamadas, considerándose primordialmente la utilización del servidor central.



**Figura 2: Esquema de dispositivos de telefonía VoIPSW:**

- **SW:**
  - Switch: Puede haber uno o más dependiendo de la cantidad de puestos a controlar
  - GW: Gateway: Pueden ser equipos de 4 u 8 puertos, en Servidor central se encuentran 2 de 8 puertos
  - PI: Servidor Asterisk basado en hardware Raspberri Pi3



Ya que se disponía con todas estas capacidades de tolerancia a fallos en los edificios externos, se decidió implementar de manera virtualizada, un servidor Asterisk con las mismas características funcionales que el servidor físico, permitiendo así que ante algún imprevisto en este último, los teléfonos pudieran utilizar el servicio virtualizado.

### 3.5 Implementación técnica

Es importante resaltar en este punto que todas las características de redundancia, tolerancia a fallos y otras mencionadas hasta aquí se pudieron implementar gracias a la planificación y los desarrollos realizados por el equipo de trabajo sobre las funcionalidades básicas de Asterisk, explotando y potenciando cada una de ellas, y no sólo utilizándolas como es habitual.

Toda la programación de las funcionalidades del Asterisk se realizaron en el lenguaje de Script Dialplan de Asterisk, integrado con un conjunto de consultas a la base de datos Postgres, de la cual se tomaban los datos finales de configuración.

Esta conjunción de programación y datos fue determinante en el éxito de la implementación de este proyecto, ya que las rutinas de funcionalidades plasmaban las reglas de negocio establecidas, pero la determinación final se obtiene de los datos en la base. La mayoría de estas configuraciones son dinámicas es decir que no requieren del reinicio del servicio o dispositivo para que entren en vigencia; pero otras pese a encontrarse en la base de datos son más estáticas, es decir que requieren del reinicio del dispositivo para que sean aplicadas.

#### Configuraciones Dinámicas.

- Un servidor Asterisk, puede disponer de uno o más gateways definidos para utilizar como puertas de salida en llamadas salientes, cuáles de los gateways disponibles en la red pueden ser utilizados por cada servidor es algo que se configura en la base de datos, incluyendo el orden que deben ser utilizados; así cuando debe realizarse una llamada saliente, se busca la lista de gateways, si el primero tiene todas sus líneas ocupadas se pasa al segundo y así sucesivamente.
- Un interno o teléfono puede estar en uno o más grupos de llamadas entrantes. Así mismo puede capturar llamadas entrantes de uno o más grupos.
- Para cada interno pueden establecerse permisos de salida: locales, nacionales, celulares locales, celulares nacionales, teléfonos de emergencia, 0800 y 0810.
- Para cada interno pueden establecerse reglas de bloqueo de llamadas entrantes, ya sean externas, internos específicos, todos, etc. Internos a los que derivar automáticamente esas llamadas bloqueadas. También se pueden establecer “listas blancas” u originantes que siempre pueden ser atendidos.
- Casilla de Mensajes, claves de acceso, etc. se configuran en la base de datos.

### Configuraciones Estáticas.

- Un interno puede disponer de hasta dos servidores Asterisk para establecer sus llamadas, uno principal y uno secundario. Esta configuración se realiza en la base de datos, pero es necesario reiniciar el teléfono para que se aprovisionen de las nuevas configuraciones.
- Los gateways pueden tener hasta cuatro servidores a los que derivar la llamada entrante (característica propia del producto), utilizándolos en orden en caso de no establecer comunicación con el predecesor. Su configuración se realiza directamente en el dispositivo.
- Otras características específicas de los teléfonos se configuran en la base de datos, pero debe esperarse al aprovisionamiento del dispositivo.

Junto con lo expresado anteriormente, la implementación de esta tecnología permitió brindar nuevos servicios hacia adentro y hacia los contribuyentes, agilizar las comunicaciones y mejorar la interrelación:

- Implementación de un IVR con dos niveles y más de 30 opciones diferentes, que permite a quien llama al municipio, comunicarse rápidamente con el área que desea.
- IVR diferenciado por horario y día de la semana.
- Casilla de mensajes de audio en los internos.
- Colas de llamada para el Centro de Atención al Ciudadano. Servicio implementado a partir de las posibilidades que daba esta nueva central.
- Llamada en espera, devolución de llamada ante interno ocupado, identificación de llamada, etc. Servicios disponibles para llamadas entre internos.
- Llamadas a celulares a través de gateway GSM conectado a la central.
- Múltiples números de interno en una única extensión. Esto particularmente para los números de emergencia como el 103, en donde el mismo teléfono posee el 103 y el número de interno que le correspondería por el Plan de Numeración.

Otro aspecto esencial de esta implementación era mantener coherente el “Plan de Numeración”, es decir que la organización de los internos tuviera una lógica coherente, que permitiera mantenerse en el tiempo, principalmente ante las mudanzas de oficinas de un edificio a otro, y principalmente que ayudara a los usuarios a aprenderse los nuevos números de internos lo más rápido posible, basados en la organización de esta numeración. Para ello se estableció una numeración de internos de tres dígitos, donde cada número terminado en 00 correspondería al funcionario de más alto rango del área (intendente, secretario, presidente concejo, etc), los terminados en un cero (0) serían Subsecretarios o Directores, y los demás el resto. Todos los de la misma área tendrían el mismo número de centena que su máxima autoridad. Ej: Si un secretario tiene el 400, sus subsecretarios comenzarán con 4 y terminarán en 0 (410, 430, etc).

Siguiendo con este criterio, todos los dependientes de un Subsecretario o Director, tendrán sus primeros dos dígitos iguales a los de su autoridad inmediata.

De esta manera se tiene una estructura lógica pero a la vez flexible, que ayuda a la organización, y es independiente de la ubicación física de la persona o puesto de trabajo.

Para lograr esta flexibilidad en las configuraciones y por ende en las funcionalidades; por un lado se debieron utilizar las tablas estándar de Asterisk para facilitar el uso de las funcionalidades intrínsecas en el Core del mismo, pero por otro se debieron diseñar y añadir modelos de datos que permitieran alcanzar estos objetivos.

Como parte del proyecto se desarrolló una aplicación de escritorio que permitiera a los operadores, con los permisos de seguridad correspondientes, realizar las configuraciones necesarias ya sea para incorporar nuevos internos, realizar cambios por mudanza de edificio o por cambios de personal en alguna oficina.

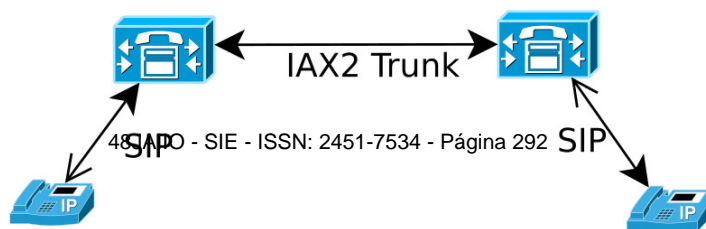
Esta aplicación, además, permite generar los archivos de configuración para el aprovisionamiento de los teléfonos a partir de una plantilla. Considerando que cada marca y modelo posee una plantilla diferente, el sistema cuenta con los datos de qué plantilla debe utilizar en cada caso y genera el archivo en consecuencia. De esta manera, ante la necesidad de utilizar dispositivos de otra marca o modelo, será posible simplemente con la incorporación de la plantilla específica de cada uno.

#### 4 Innovación e Inédito

La distribución de los datos a las bases de datos existentes en los servidores descentralizados, presentó todo un desafío. Inicialmente se pensó en utilizar las características de réplica transaccional que provee PostgreSQL, pero no pudo hacerse en su totalidad de esta forma, ya que las tablas de las bases destino se marcan como de sólo lectura impidiendo cualquier actualización que no provenga del servidor maestro. El servicio Asterisk local debe acceder a la tabla de usuarios y escribir algunos datos cuando el teléfono se registra (usuario, dirección IP, fecha y hora, etc), acción que no podía ejecutar si la tabla estaba en modo sólo lectura. Si se pensaba en registrar los teléfonos contra el servidor central, todo lo demás carecería de sentido, por lo tanto se pensó en un esquema mixto: un conjunto de tablas de parametrización se replicarían desde el servidor central a los distribuidos utilizando el método de Réplica Transaccional de Postgres, la tabla de CDR (Call Detail Record o registro de detalle de llamadas) no se replicaría, y la de usuarios se actualizaría mediante la aplicación de administración, de forma automática cada vez que se actualizara un dato en la misma en el servidor central. De esta manera se logró “lo mejor de ambos mundos”.

Anteriormente se explicó que la organización del Plan de Numeración estaba relacionada con la estructura orgánica y no con la distribución física de los funcionarios o empleados, muchas veces cambiante. Esto conlleva a que los internos pueden estar un día en un edificio y al siguiente en otro, haciendo sumamente difícil la organización de los internos respecto de sus servidores asignados.

Si bien Asterisk implementa el protocolo DUNDi de enrutamiento de VoIP que proporciona funcionalidades de descubrimiento de internos, su configuración además



de ser compleja, presenta algunas restricciones funcionales que lo hacen inviable para una implementación como la que se estaba llevando adelante. Junto con esto, y con el objetivo de implementar IAX2 como protocolo de Trunk entre servidores Asterisk, con el objetivo de reducir el tráfico de señalización en las llamadas entre éstos; se desarrolla una funcionalidad específica dentro del mismo esquema con el cual fueron desarrolladas las demás funcionalidades. Tomando como base la lógica de negocio, en conjunción con las configuraciones en la base de datos, y considerando que la información relevante de cada interno se encuentra en las tablas de parametría en cada uno de los servidores de la red, se desarrolla una funcionalidad que permite consultar esta información, y en función del resultado inicia una comunicación SIP con el interno destino si éste se encuentra registrado en el mismo servidor, o una comunicación vía IAX2 con el servidor donde se encuentra registrado el destinatario. Esto se hace de forma dinámica en cada llamada, permitiendo que cada cambio de configuración en la base de datos permita un cambio instantáneo para la siguiente llamada, sin necesidades de reinicio de servicios, o configuraciones particulares.

## **5 Relevancia para el Interés Público**

Si bien a primera vista pareciera que este proyecto no tiene impacto en el ciudadano o contribuyente, podemos determinar con seguridad que es todo lo contrario. Como primer parámetro tenemos la incorporación del Centro de Atención al Ciudadano, con la metodología de CallCenter, incorporando colas de llamadas, posibilidad de grabación de audio de las conversaciones para mejorar la calidad del servicio, etc. Junto con esto se implementó un sistema de registro de solicitudes y reclamos, el cual permite seguimiento de las inquietudes de los ciudadanos.

Adicionalmente a esto tenemos el impacto que el ciudadano siempre es atendido, aún fuera de los horarios de funcionamiento del municipio, esto se implementa con casilla de mensajes en donde el requirente puede dejar su mensaje, el sistema lo envía al Centro de Atención al Ciudadano con el número de teléfono del solicitante, de manera de registrar su requerimiento y luego devolverle la llamada. Antes de la implementación de este proyecto esta funcionalidad era impensada.

Finalmente con la recuperación de las comunicaciones internas entre todas las áreas del municipio, y la incorporación del IVR mencionado, se logró que el ciudadano o contribuyente que se comunique con el municipio, pueda ser atendido directamente por el área involucrada con su necesidad, obteniendo una respuesta lo más rápidamente posible.

Como consecuencia de la recuperación de las comunicaciones internas y las funcionalidades asociadas (casilla de mensajes, devolución de llamadas, etc) se consiguió mejorar los tiempos de respuesta en procesos internos habituales, problemáticas consultas, etc.; mejorando así las acciones del municipio hacia la ciudadanía.

## 6 Efectividad

Como primera medida se debe resaltar el hecho que la inversión de este proyecto redundó en un ahorro sustancial de dinero para el Tesoro Municipal. De acuerdo a lo evaluado oportunamente, los gastos anuales incurridos en el municipio en alquiler de la central, servicios de mantenimiento de cableado obsoletos, cambios de configuraciones, reparaciones, servicios de Routeo Centrex de Telefónica etc, permitieron que en el transcurso de dieciocho meses se recuperara el costo de la inversión en equipos, siendo éste el único costo a afrontar. Todas las acciones humanas (desarrollo, programación, configuración, audios, implementación, etc) relacionadas con la puesta en marcha de este proyecto se realizaron con personal propio de la planta municipal, no generando así gastos adicionales, ni para el proyecto ni para el uso posterior.

Si bien no se posee una medición previa al proyecto que permita establecer la diferencia de llamadas entrantes vs atendidas, sí podemos decir que el concepto “nunca atienden...” que tenía la ciudadanía respecto del Municipio, ha salido de las redes sociales, con lo cual se puede considerar que la implementación de este proyecto ha tenido un impacto sustancial en la comunicación con el ciudadano.

También no se debe dejar de mencionar que con este proyecto se pudieron integrar a la red de comunicaciones del municipio, todas las líneas telefónicas diseminadas por varias dependencias, las cuales se encontraban en general asignadas a una única oficina, impidiendo así su aprovechamiento, pero principalmente el hecho que cualquier llamada que ingresara por alguna de ellas no podía ser derivada a ningún otro interno u oficina, provocando cuando menos, una complicación al ciudadano para comunicarse con el área correspondiente que le pudiera dar la respuesta que buscaba.

## 7 Facilidad de Reproducción

Tal como se expresó inicialmente, la evaluación previa de las tecnologías existentes, derivó en que las seleccionadas para ser utilizadas fueran las más accesibles en el mercado local y de uso estándar, con el fin de garantizar la continuidad de las funcionalidades previstas para este proyecto, incluyendo expansión, recambio o reparación de dispositivos, etc.

Dado esto y en conjunción con la utilización de software libre, la elaboración de los instructivos correspondientes para la instalación y configuración de los diferentes componentes de software que intervienen en una implementación, se considera que su reproducción e implementación en otro organismo o institución será factible desde lo técnico, económico desde el software, y variable en lo monetario, en dependencia de los modelos de teléfonos y Gateways que deseen utilizar.