

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES:  
**Herramienta de Dimensionamiento de Voice Core:**  
**Actualización y Mantenimiento**

Presentado como requisito para obtener el título de  
Ingeniero Eléctrico Electrónico

Nombre del Alumno: Carlos Alberto Cortés Alvarado  
Nombre del Aval: Mauricio Gómez Cebrero

Mayo de 2012

## Agradecimientos

Hace más de 6 años presenté mi penúltimo examen de la carrera. Durante esos años me tocó vivir una infinidad de experiencias las cuales no sólo moldearon mi carrera profesional sino que transformaron para siempre la forma en la que me había comportado como novio, amigo, hijo, hermano, nieto y ciudadano. Sin embargo producto de esas experiencias, la eterna promesa, la constante pregunta “¿y para cuando la titulación?”. Por fin se da el encuentro con el último examen.

Hay una anécdota un tanto perversa por su origen pero que ejemplifica bastante bien mi sentir respecto a mi titulación: Luego de ver terminadas sus posibilidades de ser presidente de México y un intento fallido por continuar sus esfuerzos a través de su primogénito, Raúl Salinas Lozano puso todas sus esperanzas en Carlos, otro de sus hijos. El tiempo rindió fruto y, el día en que Carlos Salinas ganó (discutiblemente) las elecciones del 88, corrió a ver a su padre para decirle “Nos tardamos 25 años en llegar, padre, pero llegamos”. Hoy puedo ver a Jessica, Emilio, Virginia, Fernando, Alexis y Janet y decirles “Nos tardamos, familia, pero ahí está el título”. Y además añado un “Gracias”.

Y es que un título es sólo una validación de un esfuerzo de más de 20 años. Un esfuerzo conjunto. Sólo los que estuvieron conmigo todo ese tiempo saben lo difícil que fue. Y en eso radica una de las razones por las cuales esto es tan valioso para mí. Gracias especiales a Juan Ramírez, Jorge Robledo, Edson Velázquez, Tlácatl Marcos, Omar Garduño, Michel Barrios, Jair Farfán, César Rodríguez, Eric Joyner, Ana Padilla, Lucía Méndez, Mauricio Durán, Mauricio Hernández, Omar Cruz, Rubén Ordóñez, Hipacti Torres. Asimismo, a todos los que han estado conmigo en Albatros, Batuke Mandinga, la Prepa 8, la 91, el Colegio Tonatiuh, la Facultad de Ingeniería, Red Uno, Nortel, Ericsson y a esos grupos con los que he convivido en el transcurso de esta historia.

Y por supuesto las palabras no son suficientes para expresar mi agradecimiento a Manuel Alvarado y Ofelia Martínez, a quienes nunca olvidaré.

Finalmente, quiero reconocer lo afortunado que me siento de ser mexicano y de que este país me haya dado la oportunidad de una educación superior de tan alta calidad a través de esta extraordinaria institución llamada UNAM.

## Contenido

<b>Introducción</b> .....	<b>7</b>
<b>Marco Institucional: Nortel Networks Corporation</b> .....	<b>7</b>
<b>Solución</b> .....	<b>8</b>
<b>Descripción previa de CDMA2000 y P-MSC</b> .....	<b>8</b>
<b>Diferencia entre conmutación de circuitos y paquetes</b> .....	<b>8</b>
<b>Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN)</b> .....	<b>10</b>
<b>VOIP</b> .....	<b>11</b>
Protocolo IP .....	11
Definición de VoIP .....	11
Componentes de una Red VoIP .....	12
Protocolo SIP, Señalización y Modelo de Petición y Respuesta .....	12
Cableado Estructurado y Equipo activo .....	12
MGW .....	13
Servidor de Llamadas .....	14
Terminales IP y Clientes .....	14
Backbone .....	14
Proceso para establecer una sesión SIP.....	15
<b>Voice Core y Red de acceso</b> .....	<b>15</b>
<b>Media Server y Edge Router</b> .....	<b>16</b>
<b>Redes Móviles</b> .....	<b>17</b>
Características de las redes móviles .....	17
Vínculo Inalámbrico.....	17
Identificación de terminales.....	17
Administración de movilidad y roaming.....	17
Terminales complejas.....	17
<b>Caso particular: Radiocomunicación</b> .....	<b>18</b>
Ondas de Radio.....	18
Modulación .....	18
<b>Telefonía celular</b> .....	<b>19</b>
Infraestructura de una red de telefonía celular.....	21
Radio base .....	21
BSC.....	21
MSC .....	21
HLR y VLR.....	22
PSTN .....	22
<b>Métodos de acceso múltiple al medio</b> .....	<b>23</b>
FDMA .....	23
TDMA .....	24
CDMA.....	24
<b>Tecnologías</b> .....	<b>25</b>
GSM .....	25

CDMA 2000.....	26
Mobile WiMax .....	26
LTE.....	26
<b>Generaciones .....</b>	<b>27</b>
1G.....	27
2G.....	27
2.5G y 2.75G .....	28
3G, 3.5G y 3.75G.....	28
4G.....	29
<b>Dimensionamiento y aprovisionamiento .....</b>	<b>29</b>
Ingeniería de teletráfico .....	30
Reglas de Ingeniería.....	30
<b>Proceso de dimensionamiento de un nodo de Red y ejemplo real.....</b>	<b>30</b>
Contexto de mercado .....	30
Ofrecimiento de Servicios.....	30
Análisis de la oportunidad de negocio.....	31
Recopilación de los requerimientos del cliente.....	31
Procesamiento de los datos.....	32
Dimensionamiento .....	33
Cotización .....	33
Aprobación, venta, aprovisionamiento, instalación y validación .....	34
<b>Software de Dimensionamiento.....</b>	<b>35</b>
Excel .....	35
Plantillas.....	35
VCDT .....	36
Software Comercial para Dimensionar .....	36
Software Libre para Dimensionar: TOTEM .....	37
<b>Algunos conceptos de Programación.....</b>	<b>37</b>
Programación estructurada .....	37
Pseudocódigo .....	37
Diagrama de flujo .....	38
Visual Basic para aplicaciones.....	38
XML.....	38
Perl.....	39
<b>Capítulo 1. Organigrama y descripción de las funciones del área.....</b>	<b>40</b>
<b>Capítulo 2. Descripción del proyecto .....</b>	<b>42</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>42</b>
<b>Definición del Problema .....</b>	<b>43</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>43</b>
Objetivos Generales.....	43
Objetivos Particulares.....	43
<b>Metas .....</b>	<b>44</b>
<b>Participación Profesional.....</b>	<b>44</b>

Agregar al MS2030 en la sección de Media Server.....	44
Creación de una sección para el Edge Router .....	49
<b>Capítulo 3. Herramientas.....</b>	<b>53</b>
<b>Recursos.....</b>	<b>53</b>
<b>Metodología empleada .....</b>	<b>53</b>
Planeación .....	53
Programación.....	55
Prueba.....	55
Liberación de la herramienta y retroalimentación de los usuarios .....	56
<b>Capítulo 4. Resultados .....</b>	<b>57</b>
Aportaciones.....	61
<b>Conclusiones .....</b>	<b>62</b>
<b>Sobre el Proyecto .....</b>	<b>62</b>
<b>Sobre la formación profesional .....</b>	<b>64</b>
<b>Glosario .....</b>	<b>65</b>
Digitalización.....	65
Transducción.....	65
Muestreo .....	65
Cuantificación .....	65
Codificación .....	65
CODEC.....	65
<b>Anexos .....</b>	<b>66</b>
<b>Planeación de Redes VoIP .....</b>	<b>66</b>
Utilización .....	66
Erlang.....	66
Canales.....	66
Busy Hours Call Attempts (BHCA).....	66
Confiabilidad.....	67
Grado de Servicio (GoS).....	67
Calidad .....	67
Tipo de códec a usar .....	68
Retraso (delay).....	68
Fluctuación (jitter) .....	68
Pérdida de información .....	68
Tráfico.....	68
Fluctuación .....	69
Calidad de Servicio (QoS).....	69
Evaluación de los recursos de la Red.....	69
<b>Elementos que definen el tamaño y ubicación de una célula .....</b>	<b>70</b>
Tamaño de la célula.....	70
Ubicación de la radio base: posición, altura y orientación.....	70
Bloqueo por obstáculos.....	70
Refracción, Reflexión y dispersión de las ondas.....	70
Trayectoria múltiple .....	70

---

Fenómenos meteorológicos.....	71
Ruido eléctrico.....	71
Efecto Doppler.....	71
Derecho de vía.....	71
Handoff o handover .....	71
<b>Referencias .....</b>	<b>73</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>73</b>
<b>Figuras y Gráficas .....</b>	<b>75</b>
<b>Notas.....</b>	<b>76</b>

## Figuras, Gráficas y Tablas

<i>Figura 1: El conmutador Telefónico.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 2: Diagrama de una Red VoIP.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 3:MS2030 .....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 4:ERS8600.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5: Representación hexagonal de un conjunto de celdas.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 6: Infraestructura básica de una Red de Telefonía Celular.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 7: Analogía para entender FDMA.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 8: Analogía para entender TDMA.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 9: Analogía para entender CDMA.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 10: Proceso de Preventa .....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 11: Una pantalla de Excel 2003 .....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 12: El editor de Visual Basic incluido en Excel .....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 13: Estructura de un archivo XML consultado a través de un navegador de Internet.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 14: Organigrama General de Nortel.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 15: Organigrama general de la División de CDMA de Nortel .....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 16: Ejemplo 1 de diferencia de estilos de programación.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 17: Ejemplo 2 de diferencia de estilos de programación.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 18: Herramientas de auditoría en Excel .....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 19: Sección del archivo XML referente al MS2030 .....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 20: Depuración (debugger) de código en el editor de VBA.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 21: Versión preliminar de la sección del Edge Router.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 22: Panel de control de la VCDT .....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 23: Ocultar/Mostrar pestañas de una hoja de Excel .....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 24: Ejemplo de un diagrama de flujo empleado en el proyecto .....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 25: Modificación del Proceso de preventa debido a la VCDT .....</i>	<i>60</i>
<i>Gráfica 1: Resultado de la incorporación del Edge Router .....</i>	<i>57</i>
<i>Gráfica 2: Resultado de la incorporación del MS2030.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 1: Cursos Institucionales obligatorios, parte1.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 2: Cursos Institucionales obligatorios, parte2.....</i>	<i>49</i>

## Introducción

El tema central de este reporte es sobre la actualización y mantenimiento de la Voice Core Dimensioning Tool o VCDT, una herramienta programada en Excel y Visual Basic para aplicaciones (VBA), cuya principal función es la de ayudar al proceso de preventa del Voice Core de la solución de Nortel de CDMA.

Es por lo anterior que la introducción se concentrará en definir aspectos básicos de las redes IP con la finalidad de profundizar en el tema de VoIP. Asimismo, se abordará la definición y estructura básica de las redes móviles y en particular de las redes de telefonía celular y algunas de sus tecnologías y generaciones (sobre todo lo referente a CDMA). Asimismo, las tareas de actualización y mantenimiento de la VCDT descritas en este reporte se concentraron en dos nodos, el Media Server y el Edge Router, por lo que se incluirán algunos detalles sobre estos dos dispositivos.

Es también pertinente explicar los procesos de venta y preventa en Nortel para comprender mejor la estructura de la herramienta y en qué procesos de dimensionamiento ayuda.

Finalmente, se describirán algunos detalles relacionados con el software existente para dimensionar y algunas de las técnicas utilizadas en el desarrollo de la herramienta, así como de Excel y Visual Basic para aplicaciones y XML.

### **Marco Institucional: Nortel Networks Corporation**

Nortel Networks Corporation es una empresa canadiense creada en 1895<sup>1</sup> la cual está dedicada a proveer soluciones de redes. Sus actividades incluyen el soporte a clientes, entrenamiento, documentación y programas de certificación.

Hacia 2008, contaba con cuatro grandes áreas: Enterprise Solutions, Metro Ethernet Networks, Global Services y Carrier Networks, con una base laboral aproximada de 32 550 empleados, en 150 países alrededor del mundo.

Su división de Carrier Networks ofrece, entre otras tecnologías de comunicaciones inalámbricas, soluciones completas para CDMA, destinadas a operadores de telefonía móvil.

Como consecuencia de problemas financieros y poco después de declararse en banca rota, Nortel concretó la venta de la mayoría de la rama de CDMA a Ericsson en junio de 2009.

## Solución

De acuerdo con el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, solución es la “satisfacción que se da a una duda, o razón con que se disuelve o desata la dificultad de un argumento”<sup>ii</sup>.

En este mismo sentido, el concepto de solución en el lenguaje del ámbito computacional, se refiere a un conjunto de productos y servicios integrados como un solo producto que cumple una función específica, o provee una respuesta para resolver múltiples problemas. Por ejemplo, una computadora conectada a una red, con todo el software y aplicaciones preinstaladas, podría constituir una solución integral.<sup>iii</sup>

### Descripción previa de CDMA2000 y P-MSK

El multiplexado por división de código, acceso múltiple por división de código o CDMA -del inglés Code Division Multiple Access-, es una técnica de acceso múltiple, que permite la comunicación de un gran número de usuarios por el mismo canal, valiéndose del espectro ensanchado -spread spectrum- y esquemas especiales de código<sup>iv</sup>.

El estándar CDMA2000 -también conocido como 1xRTT-, describe la infraestructura necesaria para construir una red de telefonía celular basada en CDMA para el envío de información entre los teléfonos celulares y la radio base.

El P-MSK -Packet Mobile Switching Center- es una solución de Nortel, que consiste en un switch-conmutador- basado en la conmutación de paquetes. Esta característica permite ahorrar recursos, ya que al migrar a IP, se evitan las tradicionales desventajas de la conmutación de circuitos.

Formado por varios dispositivos y conexiones, el P-MSK permite, a su vez, la compatibilidad con soluciones basadas en la conmutación de circuitos.

Estos temas se desarrollarán en la sección de Redes de Telefonía Celular y VoIP respectivamente.

### Diferencia entre conmutación de circuitos y paquetes

La telefonía actual, ha optado por dos formas para el envío de voz, a través de sus redes: La conmutación de circuitos y la conmutación de paquetes.

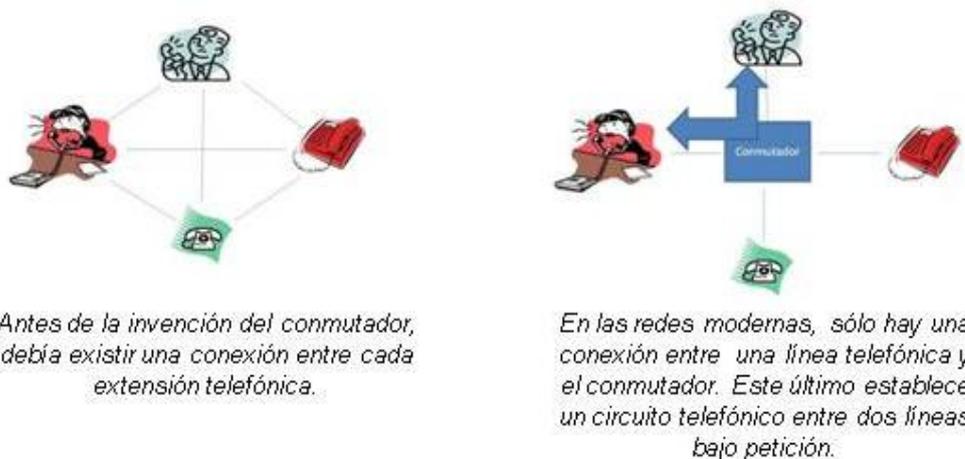
Mientras que la conmutación de circuitos establece un canal dedicado entre los extremos de la conversación, la conmutación de paquetes permite que la voz, luego de ser procesada y dividida en paquetes de información, pueda ser transportada simultáneamente con otras conversaciones, video, audio e imágenes, entre otros datos, por diferentes circuitos de información, para que finalmente pueda ser reensamblada en los extremos finales.

La Red Telefónica Pública Conmutada es la aplicación más común de la conmutación de circuitos, al mismo tiempo que las redes VoIP es el ejemplo de la conmutación de paquetes. Definamos pues ambos tipos de redes, profundizando más en VoIP, ya que el P-MSC es finalmente una red de este tipo.

## Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN)

La Red Telefónica Pública Conmutada o PSTN (Public Switched Telephone Network) es una infraestructura que permite, en teoría, a cualquier usuario comunicarse a cualquier teléfono del mundo. Esta red está formada por muchos dispositivos llamados conmutadores los cuales establecen un circuito dedicado entre dos teléfonos durante toda la llamada, tal y como se muestra en la figura 1.

La idea básica detrás de la PSTN es que, en lugar de tener una conexión física entre teléfonos por cada extensión existente, haya una sola conexión por extensión existente a un dispositivo llamado conmutador. Así, el conmutador tiene los medios para conocer dónde se encuentran ambos extremos de la comunicación y reservará los recursos necesarios durante la duración de la llamada. Conforme la distancia entre los extremos de la comunicación se incrementa, será necesario que diferentes conmutadores se comuniquen entre sí para poder establecer la llamada.



**Figura 1: El conmutador Telefónico**

La PSTN es el sistema de comunicaciones más interconectado del mundo y, como se definirá más adelante, la calidad de su servicio aún no ha podido ser igualada por las redes VoIP.

## VOIP

### Protocolo IP

El Protocolo de Internet o simplemente IP por sus siglas en inglés (Internet Protocol) define una serie de reglas y un formato mediante el cual es posible mandar cualquier tipo de datos a través de una red de computadoras. La información sufre un proceso en el cual será dividida en varias unidades llamadas paquetes. La idea detrás de hacer muchos paquetes de información es que frente a un problema en una transmisión, será más fácil retransmitir sólo aquellos paquetes que no lograron llegar al destino, en lugar de mandar todo el mensaje completo. Asimismo, como se mencionó en el tema de la conmutación de paquetes, se pueden mandar por un mismo medio diferentes mensajes, ya que es posible reensamblar la información gracias a un proceso descrito por IP. Los paquetes IP también contienen otro tipo de información, tales como los datos del destinatario y de dónde proviene el mensaje, etc.

Otra ventaja de este protocolo es que no depende de una comunicación orientada a conexión, es decir, no es necesario un acuerdo previo entre los dispositivos emisor y receptor de la información para la transmisión de la misma ni impone mecanismos complejos para evitar la pérdida de datos. Lo anterior supone una enorme ventaja para la transmisión de voz ya que evita la demora en la entrega de paquetes.

### Definición de VoIP

Como se mencionó previamente, por medio de IP se puede mandar cualquier tipo de dato, inclusive la voz humana. Conforme se fueron dando avances en el campo de las telecomunicaciones, fue posible tener las condiciones para sostener una conversación telefónica a través de una infraestructura IP, gracias al aumento en la cantidad de datos que las nuevas tecnologías podían enviar en un instante dado, la invención de protocolos y técnicas de procesamiento de la voz. Esto es precisamente Voz sobre IP (VoIP o Voice over IP por sus siglas en inglés): un conjunto de recursos enfocados a establecer una comunicación oral a través de una red IP. Para comprender bien los nodos que describe la VCDT, en específico las funciones que desempeñan el Media Server y el ERS8600, es conveniente revisar los conceptos de digitalización, transducción, muestreo, cuantificación, codificación y códec los cuales se abordan en el glosario de este reporte.

## **Componentes de una Red VoIP**

### **Protocolo SIP, Señalización y Modelo de Petición y Respuesta**

De acuerdo con la IETF<sup>v</sup>, SIP es “un protocolo que puede establecer, modificar y terminar sesiones multimedia (conferencias) tales como llamadas telefónicas por Internet”. SIP (Session Initiation Protocol por sus siglas en inglés), es uno de los protocolos más utilizados para implementar una red de Voz sobre IP. La idea en general de SIP es que cada dispositivo funcione en un modelo de petición y respuesta (Request and Response Model). Esto quiere decir básicamente, que cuando un elemento quiere acceder a los recursos de otro nodo en la red, manda un mensaje de petición y, una vez procesada dicha información, el nodo en cuestión responde con otro mensaje. Al establecerse dicha comunicación entre nodos, se ha llevado a cabo la señalización.

Asimismo, en una red SIP, todos los dispositivos tienen la habilidad de ser emisores y receptores de mensajes de petición y respuesta. La fuerza de SIP radica en la facilidad de su método a diferencia de otros Protocolos (por ejemplo el H.323).

Google Talk, Skype, Windows Live Messenger y Yahoo! Messenger son ejemplos de software que utiliza SIP para establecer llamadas VoIP.

### **Cableado Estructurado y Equipo activo**

El cableado estructurado es un término ampliamente utilizado para referirse a un sistema de cableado que soporta equipos diferentes, de fabricantes distintos y en un ambiente multimedia (eléctrico, óptico, etc.). Al igual que muchos otros casos, el cableado estructurado surge por la necesidad de tener un estándar para interconectar diferentes dispositivos. Las diferentes normas de Cableado Estructurado definen los conectores, tipo de cable, esquemas (topologías) que pueden ser utilizados en una red VoIP.

En contraparte, el equipo activo se refiere a todo dispositivo que manda, dirige, une o recibe información contenida en señales eléctricas u ópticas. El adjetivo “activo” proviene de la idea de diferenciar al equipo activo del cableado, el cual es considerado pasivo.

A muy alto nivel, el equipo activo de una red VoIP puede resumirse en 3 tipos (4 para algunos autores, ver nota en el Servidor de Llamadas): MGW, Servidor de Llamadas y Terminales. El backbone es una mezcla entre equipos activos y cableado estructurado.

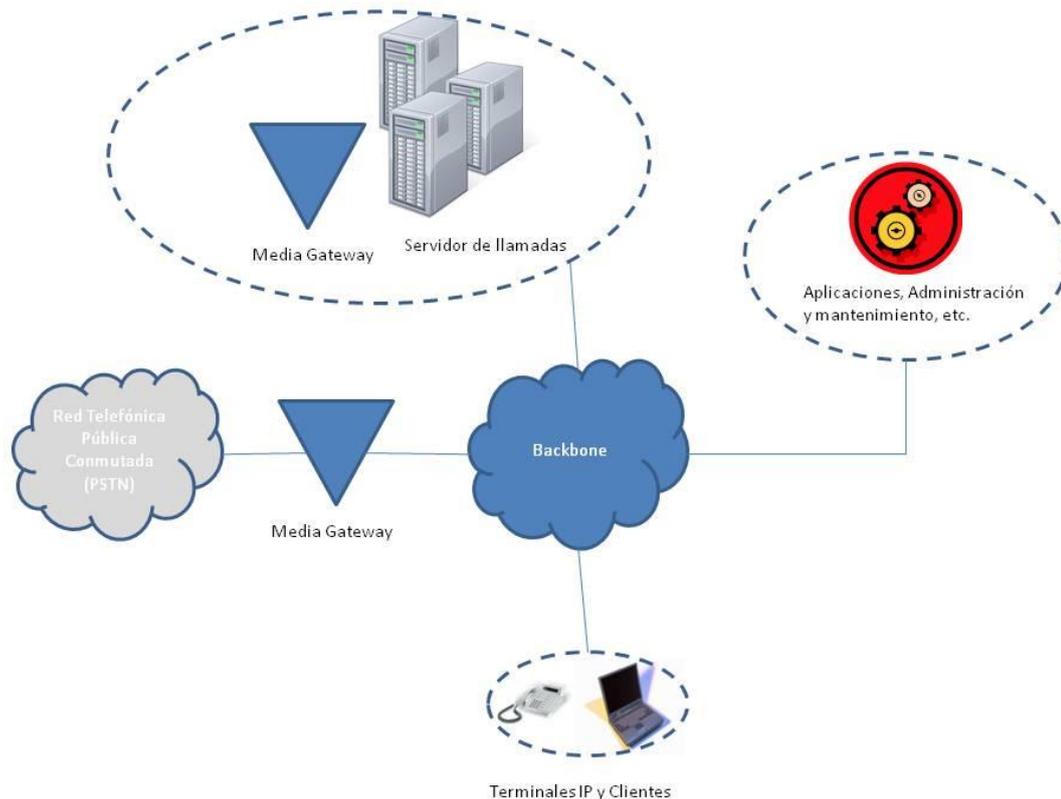


Figura 2: Diagrama de una Red VoIP

## MGW

Un Media Gateway (MGW por sus siglas en inglés) es un dispositivo encargado de transformar señales digitales de un formato a otro. En el caso de la solución de VoIP de Nortel, el MGW convierte la voz, de un formato TDM a IP cuando la llamada proviene de la PSTN y se dirige hacia el PMSC. En el caso contrario, cuando la llamada se dirige del PMSC a la PSTN, el cambio de formato será de IP a TDM. Asimismo, pueden permitir la comunicación de dos PMSC's con características diferentes ya que pueden ajustar los protocolos y la sincronización.

Usualmente, los MGW manejan distintos tipos de códecs y cuentan con la capacidad de seleccionar el mejor de acuerdo a las políticas de la red.

## **Servidor de Llamadas**

Un Servidor de Llamadas o Call Server es el cerebro de la red, ya que se encarga de recibir todas las solicitudes de llamadas, de determinar el estado del dispositivo receptor (esto es si está ocupado, si puede recibir llamadas, etc.) y coordina a varios dispositivos necesarios para procesar las llamadas. Asimismo, el Servidor de Llamadas está encargado de desempeñar otras funciones de gestión de red, entre las que destacan:

- Control de llamadas
- Acceso de medios
- Administración de ancho de banda
- Control de admisiones
- Mapeo de números telefónicos a direcciones de red
- Ruteo de llamadas

Nota: Algunos autores consideran que algunas funciones del Servidor de llamadas pueden ser clasificadas en otro tipo de Servidor llamado Gatekeeper.

## **Terminales IP y Clientes**

Una terminal IP es un dispositivo físico que permite realizar una comunicación utilizando una red IP, ya sea mediante red de área local o a través de Internet. Generalmente nos referimos a una terminal IP en temas de Telefonía IP ya que son los principales dispositivos utilizados para realizar una comunicación de paquetes de datos en los que se transporta voz o vídeo (VoIP). Un ejemplo clásico de una terminal es un teléfono.

Un cliente es algo similar a una terminal, con la única diferencia de que la comunicación no es a través de un hardware en específico sino que en realidad se trata de un software. Anteriormente hemos abordado algunos ejemplos de clientes, como lo son skype, yahoo! Messenger y Google Talk.

## **Backbone**

Se llama backbone a la red formada por un conjunto de conexiones que comunican varias redes locales. Está compuesto por dispositivos cuya capacidad de procesamiento, velocidad de interconexión y toma de decisiones para optimizar la comunicación es ideal para llevar información a otras redes diferentes.

Asimismo, una de las funciones de esta red es la de proveer un lenguaje universal común a todos los elementos de red. Con esto se asegura la compatibilidad entre redes diferentes o fabricantes de dispositivos.

## **Proceso para establecer una sesión SIP**

Una revisión a muy alto nivel (y sin tomar en cuenta casos particulares de algunas configuraciones de red) del proceso para establecer una llamada telefónica a través de SIP hace muy evidente el modelo de petición y respuesta. Pongamos un ejemplo en el que un usuario llama desde un cliente a otro usuario que posee una terminal.

El proceso se inicia cuando se marca a un destinatario.

Acto seguido, el cliente empleado mandará una petición de dirección SIP del destinatario al Servidor de llamadas. Los datos viajan del cliente al Servidor a través del backbone.

El Servidor de llamadas intentará asociar la dirección SIP con la dirección IP del destinatario.

Si fue exitosa la asociación entre dirección SIP e IP, se manda una petición a la terminal del destinatario. Si, por ejemplo, dicha terminal es un teléfono, éste sonará.

El destinatario toma la llamada y el cliente manda una respuesta con las características que fija el software del usuario que inició la llamada.

La comunicación se establece entre los usuarios luego de que el cliente recibe la respuesta. En este escenario, el Media Gateway estará encargado de utilizar un códec para realizar la conversión analógico-digital y digital analógico de la voz entre ambos extremos (cliente-terminal).

## **Voice Core y Red de acceso**

Cualquier red de comunicaciones se integra por dos partes fundamentales: la subred de acceso y el Core-núcleo-. La red de acceso se refiere al segmento que conecta a los suscriptores con su proveedor de servicios, mientras que el Core, es la parte central, ya que provee varios servicios como la autenticación, el control de llamadas y el cobro, entre otros.

Nortel divide a su vez al Core en más subredes; una de ellas, el Voice Core. Es en este lugar donde se encuentra el P-MSB.

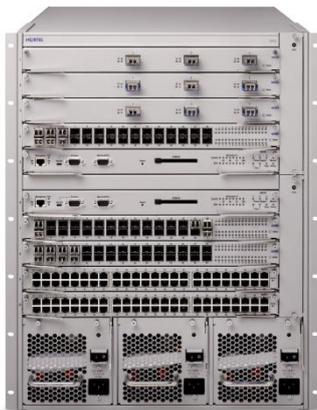
## Media Server y Edge Router

El Media Server es un dispositivo que también forma parte del P-MSC. Sus principales funciones son las de permitir la conferencia tripartita entre usuarios, los anuncios - grabaciones que se oyen en determinados eventos, como cuando un usuario se encuentra fuera del área de servicio- y la interceptación de llamadas debido a la ley CALEA –Communications Assistance for Law Enforcement Act-, la cual permite a los organismos que procuran justicia en países como Estados Unidos, la intervención legal de llamadas para monitorear la comunicación entre presuntos criminales.



**Figura 3:MS2030**

Un Edge Router, también llamado Next Hop Router-NHR-, es un ruteador que encamina los datos de voz entre dos P-MSC, o un PMSC y una red telefónica pública conmutada. Al interior de Nortel, se discute si el Edge Router es parte o no del Voice Core. Es por ello que, cuando se hace una cotización al cliente, se da la opción de incluir un ruteador de Nortel o el de otro fabricante.



Metro Ethernet Routing Switch 8600 de Nortel. Este router puede ser instalado como Edge Router si el cliente así lo decide.

**Figura 4:ERS8600**

## Redes Móviles

Se dice que una red es móvil cuando los dispositivos finales o terminales<sup>vi</sup>, un teléfono por ejemplo, de ese sistema de comunicación, cuentan con dos particularidades:

- ✓ La información llega a las terminales mediante un canal inalámbrico
- ✓ Las terminales no dependen de un vínculo que impida su transporte cuando la comunicación se está efectuando. Dichos vínculos pueden ser cables de alimentación, dimensiones físicas del dispositivo, limitaciones tecnológicas, etc.

## Características de las redes móviles

### Vínculo Inalámbrico

Es el canal de comunicación entre el dispositivo final y el resto de la red. Algunos ejemplos de tecnologías que utilizan vínculos inalámbricos son el infrarrojo o el rayo láser. Sin embargo, este reporte abarcará más a detalle aspectos de tecnologías de radiocomunicación.

### Identificación de terminales

La tecnología seleccionada debe ser capaz de identificar una serie de características asociadas a la terminal, tales como el usuario al que está asociada dicha terminal, permisos de acceso, sesiones de comunicación ,etc.

### Administración de movilidad y roaming

Dada la complejidad y extensión de algunas redes móviles, algunos sistemas de comunicación móviles cuentan con la capacidad de garantizar el servicio a sus usuarios aún cuando estos no se encuentren dentro de su área de cobertura local. En estos casos se utiliza el término “roaming” cuya traducción al español puede acercarse al concepto de itinerancia. Para que este tipo de servicios se lleve a cabo, son necesarios algunos mecanismos mediante los cuales las redes móviles puedan localizar a sus usuarios y compartir sus bases de datos con otras redes.

### Terminales complejas

Además de contar con los recursos que le permitan la movilidad (batería, tamaño, etc.), una terminal de una red móvil cuenta con circuitos electrónicos altamente sofisticados que le permiten procesar la información necesaria para establecer una comunicación. Dichos procesos incluyen la codificación decodificación de la información que viene y va de la red móvil, software específico para la administración del hardware, etc.

## **Caso particular: Radiocomunicación**

Un caso particular de las redes móviles son aquellas basadas en la transmisión de información a partir de ondas de radio. Generada a partir del movimiento de campos eléctricos y magnéticos, la radiocomunicación ha sido ampliamente explotada mediante tecnologías inventadas hace más de 100 años.

### **Ondas de Radio**

Si se considera un cuerpo o un medio al que se le somete a una perturbación en alguna de sus propiedades (por ejemplo la presión o densidad.), y dicha perturbación comienza a moverse al mismo tiempo que porta energía, a dicha perturbación en movimiento se le conocerá como onda.

Cuando la onda tiene un movimiento que se repite cada determinado tiempo, dicho periodo puede tener duraciones tan pequeñas del orden de millonésimas de segundos o menores. Para evitar el uso de cantidades muy pequeñas, se inventó el concepto de frecuencia el cual no es otra cosa que el recíproco del periodo. La frecuencia se mide en hertz [Hz].

Las ondas de radio son un caso particular de las ondas electromagnéticas cuyo espectro o rango de frecuencias va desde los 3kHz a los 300GHz.

Las antenas son uno de los principales elementos de la radiocomunicación. Básicamente se trata de un elemento capaz de recibir y transmitir información a través de la conversión de radiación electromagnética en corriente eléctrica y viceversa.

La radiocomunicación comienza cuando el emisor manda información, contenida en una señal eléctrica, por la antena. Esta última emitirá ondas de radio las cuales portan la información que se desea transmitir. De esta forma, las ondas de radio comienzan a propagarse a través del espacio (generalmente aire). Eventualmente las ondas llegan a la antena del receptor, la cual está diseñada para captar señales de una frecuencia determinada por el emisor. A continuación la antena convertirá la señal de radio en una eléctrica. Finalmente, el resto del dispositivo tendrá la tarea de procesar la señal para recuperar la información del emisor.

Se profundizará en el tema a medida que se vayan desarrollando los conceptos de las diversas tecnologías de telefonía celular existentes.

### **Modulación**

El siguiente problema después de digitalizar la voz (véase el tema en la sección de VoIP) es encontrar la forma en la que se mandará dicha información a través de las ondas de radio. Para ello se inventó una técnica llamada modulación, la cual consiste en modificar las propiedades de una onda

periódica de tal forma que dichas alteraciones en sí mismas constituirán la información que se desea transmitir.

Aunque más adelante se detallará el dilema de la restricción del espectro debido a que la cantidad disponible es relativamente limitada, es por lo anterior que el organismo encargado de regular las comunicaciones inalámbricas en un país, otorgará únicamente un rango de frecuencias en específico en la que las tecnologías pueden operar. Una forma fácil de forzar a que las transmisiones de información se efectúen dentro de los parámetros permitidos es la de emitir una señal periódica, frecuentemente una onda senoidal que oscile en las frecuencias deseadas- ya que hablamos de ondas de radio, recordemos que el rango va de los 3KHz a los 300GHz-. A dicha onda senoidal se le conoce como onda portadora.

Ahora bien, mediante la modificación de alguna propiedad de la onda portadora con respecto a la onda que contiene la información de la voz, se puede lograr la transmisión de información dentro de los parámetros establecidos. En la práctica, la onda que contiene la información de la voz es conocida como onda moduladora. Existen muchas formas de modulación, cuya diferencias van desde el tipo de propiedad de la onda portadora que se está modificando (por ejemplo amplitud o frecuencia) hasta el tipo de algoritmo que se utiliza para correlacionar a la portadora y la moduladora. Los ejemplos de modulación más conocidos son los de amplitud modulada y frecuencia modulada y cuyo nombre hace referencia a las propiedades modificadas. Un ejemplo trivial de modulación es simplemente controlar el paso de la onda portadora, es decir, “prenderla y apagarla” de tal forma que se puede detectar la presencia o no de una señal. Este principio básico se utilizó en los antiguos sistemas telegráficos que hacían uso de la clave Morse.

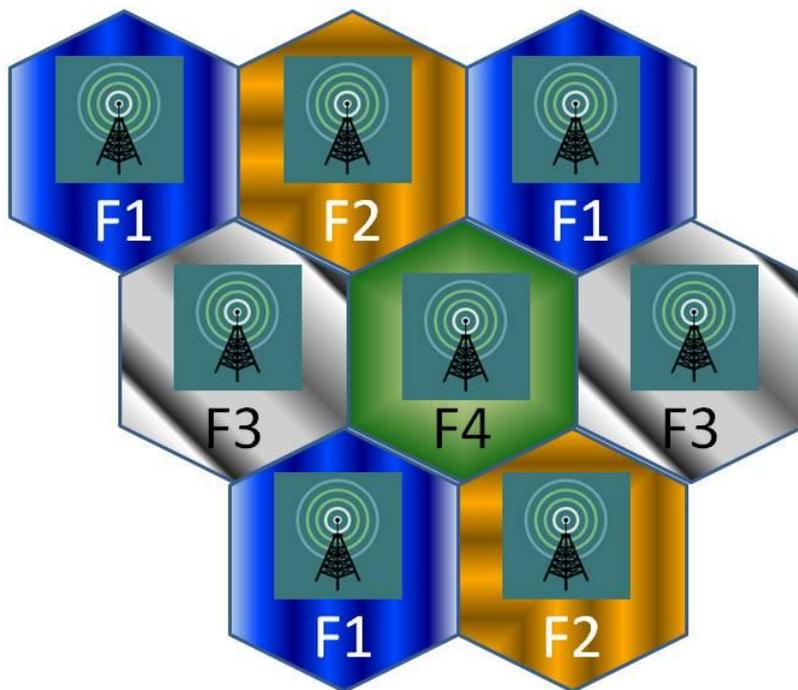
## **Telefonía celular**

Para privilegiar la estandarización y evitar problemas asociados al traslape de frecuencias, entre otras cuestiones, la mayoría de las tecnologías basadas en radiocomunicación están reguladas por organismos que limitan el espectro de frecuencias en el que pueden operar.

Si se toma en cuenta que no sólo el espectro es limitado sino que además los gobiernos licencian los derechos para la explotación de ciertos segmentos del espectro, mediante licitaciones cuyo costo de concesión sólo está al alcance de grandes poseedores de capital, entonces se puede concluir que en un sistema de radiocomunicación de grandes alcances, el recurso más importante es el espectro de frecuencias en el que opera. Lo anterior es sumamente importante para comprender por qué la telefonía celular nace como un esfuerzo de tener un sistema de comunicaciones móviles el cual optimizara la capacidad de explotación del espectro.

Segmentada en pequeñas áreas geográficas conocidas como células o celdas, una red de telefonía celular es aquella donde las terminales, generalmente portátiles, se comunican a través de radio frecuencia con dispositivos llamados Radio Bases, los cuales se encargan de toda la conectividad con el resto de la red telefónica. Este conjunto de células, determinará el área de cobertura de la red. Si bien la figura 5 es la representación tradicional de una red celular, en la práctica las células no son necesariamente hexágonos.

Al interior de cada célula, la radio base está configurada para manejar sólo una porción del espectro que tiene asignada la red. Asimismo, las potencias de transmisión son relativamente bajas.



*Representación hexagonal de un conjunto de células o celdas. Gracias a un cálculo óptimo en la potencia de transmisión y la distribución geográfica de las Radio Bases, es posible la reutilización de frecuencias.*

**Figura 5: Representación hexagonal de un conjunto de celdas**

Esto se hace con la finalidad de reutilizar la misma porción de frecuencias en células no contiguas (hay que recordar la intención de optimizar el espectro disponible). Otras ventajas de esta configuración frente a otras tecnologías de radiocomunicación se reflejan en una mejor recepción, un aumento en la capacidad de usuarios a los que se presta servicio y, al tomar en cuenta todo el conjunto de células, una mayor área de cobertura.

## **Infraestructura de una red de telefonía celular**

A grandes rasgos, las principales tecnologías de telefonía celular tienen en común la siguiente arquitectura de red:

### **Radio base**

La radio base, BTS (Base Transceiver Station por sus siglas en inglés) o simplemente BS (base station) es un conjunto de módulos cuya finalidad es ser la interfaz entre las terminales y el resto de la red. Ya que la comunicación entre estos dos puntos se realiza a través de radiofrecuencia, el elemento más característico de la radio base es la antena. Sin embargo, otros módulos importantes incluyen un receptor/emisor (transceptor), amplificadores, duplexores, combinadores de radiofrecuencia, fuentes de alimentación eléctrica, controles de alarma, gestores de control y conexiones hacia la BSC.

### **BSC**

Como su nombre lo dice, una unidad BSC (Base Station Controller) es un controlador de varias radio bases. Considerado como el cerebro detrás de la radio base, una BSC se encarga de seleccionar y reservar recursos de radio en la BTS para mantener una comunicación, gestionar el proceso de handoff y tareas de señalización. Asimismo, la BSC está coordinada por el MSC, al cual está conectada en otro de sus extremos.

### **MSC**

Las principales funciones del MSC (Mobile Switching Center) son la de realizar funciones de conmutación, ruteo, establecimiento y finalización de las llamadas, así como la validación y autenticación de usuarios. También lleva a cabo tareas de facturación y de interconexión con otras redes.

Como se puede observar, el MSC no es otra cosa que una versión adaptada de un conmutador de circuitos/paquetes (el cual ya se detalló con anterioridad). La importancia del tema para este reporte radica en que el trabajo realizado se enfocó en dos dispositivos pertenecientes al PMSC, la versión VoIP de un MSC de la solución de Nortel de CDMA. Más adelante se detallarán las particularidades tanto de CDMA como del PMSC.

Dada la gran cantidad y complejidad de los nodos de red que contiene el MSC, además de que jerárquicamente es el elemento de red más importante (frente a una falla que deje inoperante al MSC, el resto de la red también se colapsará automáticamente), existen toda una serie de mecanismos que garantizan la redundancia de funciones.

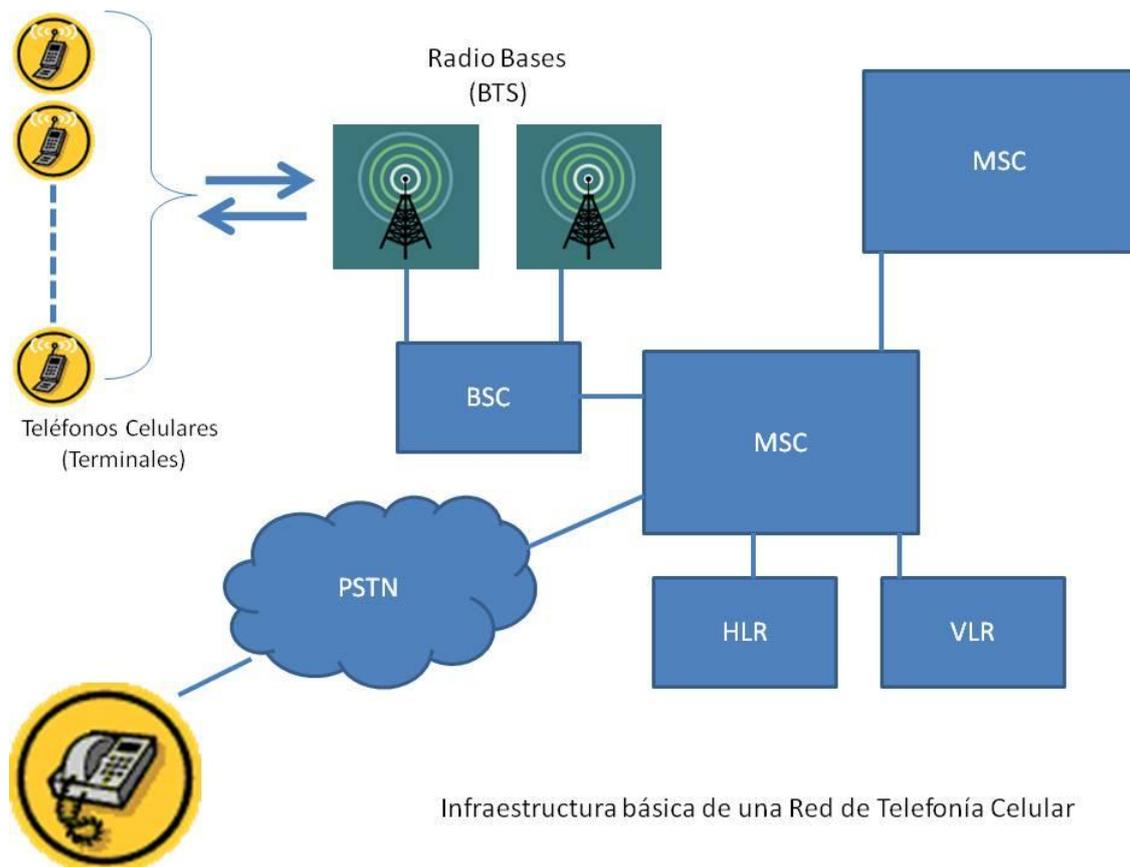
Un MSC puede ir conectado a otro MSC, a varias BSC's y a la PSTN. De esta forma, se garantizan las llamadas celular-celular (aire a aire), celular-teléfono fijo (aire a tierra) y largas distancias.

## HLR y VLR

Tanto el HLR (Home Location Register) como el VLR (Visitor Location Register) son bases de datos que contienen información detallada sobre los usuarios de una red de telefonía celular. Tanto el HLR y el VLR tienen datos tan variados sobre los usuarios como lo es el perfil de cobro (plan o prepago) o la ubicación actual de la terminal. Mientras que el HLR contiene los datos locales de los usuarios, el VLR es un registro donde los usuarios de otras redes pueden validarse en otra red donde no está registrado. Estas bases de datos son muy importantes para el proceso de roaming

## PSTN

Concepto explicado en el tema de conmutación de circuitos.



Infraestructura básica de una Red de Telefonía Celular

Figura 6: Infraestructura básica de una Red de Telefonía Celular

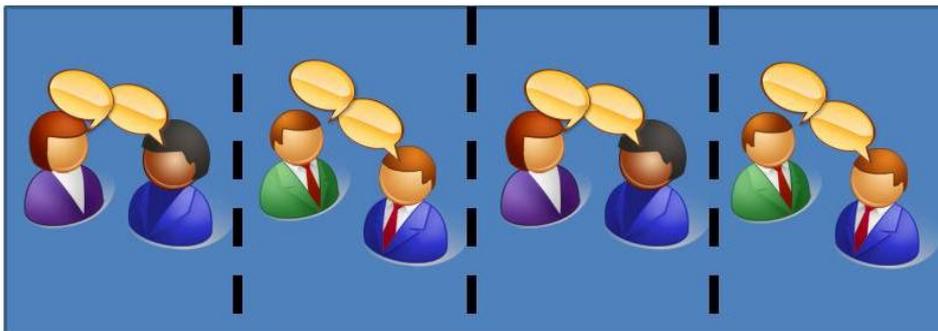
## Métodos de acceso múltiple al medio

Como se mencionó anteriormente, el medio por el cual viajan las ondas de radio es el aire. Un problema análogo al que se detalló en la sección de la conmutación de paquetes es el de tratar de mantener varias conversaciones en un solo medio. Lo anterior se acentúa ya que, a diferencia de otros sistemas de radiocomunicación, la telefonía celular tiene la característica de ser bidireccional, es decir, que se puede enviar y recibir un mensaje al mismo tiempo. Es por ello que se idearon algoritmos matemáticos que permiten multiplexar o combinar varios canales de información en uno solo.

Si bien es cierto que todas las tecnologías de telefonía celular comparten más o menos la misma infraestructura que se ha detallado hasta este punto, el método de acceso múltiple al medio (aire) es la diferencia más evidente en los diferentes estándares que se utilizan en el mundo. A continuación se abordarán los métodos de los que se desprenden las tecnologías más populares:

### FDMA

En el acceso múltiple por división de frecuencia o FDMA por sus siglas en inglés, el espectro es dividido en bloques de frecuencias o canales. De esta forma, se ocuparán 2 canales (ya que la comunicación es bidireccional, un canal para transmitir y otro para recibir) por cada conversación en la célula. Una vez que la BTS y las diferentes terminales establecieron los canales por los que transmitirán y recibirán información, podrán multiplexarse todas las conversaciones existentes en una célula para transmitirse al mismo tiempo sin el riesgo de perder el mensaje ya que, al momento de recuperar una conversación en específico, sólo bastará con buscar la frecuencia previamente asignada.

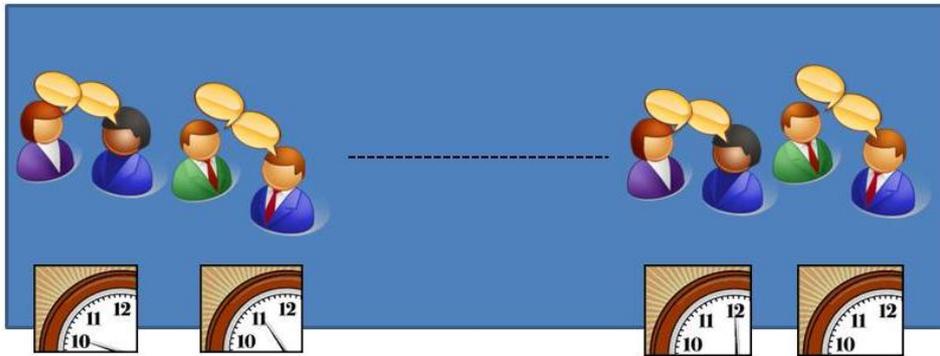


*FDMA.- Una analogía recurrente para entender este método de acceso es la de imaginar una sala grande dividida en pequeñas habitaciones. En cada cuarto se encuentran sólo dos personas sosteniendo una conversación por lo que pueden hablar libremente sin el inconveniente de escuchar las conversaciones de las demás personas en los cuartos contiguos. En esta analogía, la sala grande representa el espectro disponible y los cuartos pequeños son porciones de frecuencia asignadas a una conversación.*

**Figura 7: Analogía para entender FDMA**

## TDMA

En el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA en inglés), tanto la BTS como la terminal utilizan intervalos de tiempo para separar la información y poderla transmitir. De esta forma, dentro de una célula todas las conversaciones podrían utilizar la misma frecuencia pero al llevarse a cabo en diferentes instantes, la información puede recuperarse en los extremos al conocerse exactamente el intervalo de tiempo en el que fue transmitido un mensaje. Puesto que los intervalos de tiempos son extremadamente cortos, una vez que se inició la conversación la oportunidad para transmitir y recibir información está garantizada en cualquier instante por lo que los usuarios no llegan a experimentar retrasos atribuibles a este método de acceso múltiple.



*TDMA.- Si se retoma la analogía anterior sobre una sala con personas, la forma de representar TDMA es la siguiente: en esta ocasión no hay divisiones, todas las personas se encuentran en una sola habitación. Sin embargo, para lograr que una conversación no se superponga sobre otra, las personas toman tiempos para hablar de tal forma que en un instante dado sólo se transmite una conversación. Es fácil entonces deducir cómo se logra el acceso múltiple debido a los turnos para hablar.*

**Figura 8: Analogía para entender TDMA**

## CDMA

En el acceso múltiple por división de código (CDMA), una vez que la voz ha sido digitalizada (ver el tema en la sección de VoIP), se correlaciona con ruido pseudo-aleatorio de manera que sólo el receptor puede recuperar la información. Dicho de otra forma, cuando la voz es transmitida, está codificada por lo que sólo aquella entidad que conozca los algoritmos necesarios para decodificar la conversación podrá quitar el ruido. De esta forma, todas las conversaciones al interior de una célula pueden ser transmitidas al mismo tiempo.



*CDMA.- Para este método de acceso, la analogía es bastante sencilla: en una sola habitación todas las personas hablan al mismo tiempo, sin embargo, la variante aquí es que cada pareja habla un idioma diferente al de las demás personas, además de que cada pareja no entiende el resto de los idiomas. De esta manera, las conversaciones no se superponen. Para este caso, los idiomas representan los códigos.*

**Figura 9: Analogía para entender CDMA**

## Tecnologías

Como se explicó anteriormente, la mayor diferencia entre las tecnologías de telefonía celular es el método de acceso. Asimismo, existen diferentes organismos internacionales encargados de estandarizar dichas tecnologías para que, no importando el proveedor de soluciones de infraestructura o el fabricante de las terminales, puedan ser compatibles entre ellas.

Al momento de escribirse este reporte, GSM y CDMA son las tecnologías con mayor número de usuarios. Sin embargo, las tendencias actuales parecen revelar que en un futuro próximo (menos de 10 años) la industria optará por redes basadas en LTE y WiMax.

## GSM

Del francés Groupe Speciale de Mobile (Sistema global para las comunicaciones móviles), GSM es hoy en día el estándar libre de telefonía celular con más presencia en el mundo (México incluido). El método de acceso al medio utilizado por esta tecnología es TDMA y puede operar en las bandas de 850, 900, 1800 y 1900 Mhz. Además del método de acceso, otra diferencia con respecto a otras tecnologías es el uso de módulos de identidad del suscriptor o SIM, las cuales son tarjetas removibles y pueden ser colocadas en cualquier terminal GSM. De esta forma, los usuarios pueden cambiar de terminal libremente sin perder los datos de su línea.

## **CDMA 2000**

El estándar CDMA2000 -también conocido como 1xRTT, utiliza CDMA como método de acceso múltiple al medio para el envío de información entre los teléfonos celulares y la radio base. Aunque mundialmente no es tan popular como GSM, CDMA tiene una fuerte presencia en Norteamérica (sobre todo Estados Unidos) y algunos países asiáticos. A diferencia de GSM, CDMA 2000 es un estándar inventado en buena parte por la compañía estadounidense Qualcomm, lo cual resulta en que cualquier compañía que desee fabricar terminales o algunas secciones de las redes de acceso CDMA, deberá pagar por el uso de patentes registradas (Aunque también los fabricantes de equipo W-CDMA usado en la tercera generación de GSM también pagan regalías a Qualcomm). Las mayores ventajas de CDMA, frente a otras tecnologías, es que el proceso de handoff es más rápido y corre menos riesgo de perder las llamadas que van de una BTS a otra, un mejor nivel de seguridad debido a la codificación de llamadas y menores consumos de energía eléctrica tanto de las Radio Bases como de las terminales. Dado que CDMA es uno de los temas centrales de este reporte, más adelante se seguirá profundizando en la tecnología.

## **Mobile WiMax**

Mobile Worldwide Interoperability for Microwave Access o simplemente Mobile WiMax es una tecnología cuyo desarrollo aún no ha alcanzado la madurez de CDMA o GSM. El método de acceso que utiliza es OFDMA, el cual es una variación de FDMA. El uso de WiMax para implementarse en telefonía celular no fue posible hace algunos años debido al gran consumo de energía y de procesamiento que requieren las terminales. Sin embargo, con el abaratamiento de los procesadores y la creación de baterías más duraderas, WiMax podría ser el futuro de las comunicaciones móviles. El alcance de las BTS's se encuentra en el orden de los 50 km (a diferencia de los 16 km de las tecnologías más populares).

## **LTE**

LTE o Long Term Evolution es otro estándar relativamente nuevo y que sigue en desarrollo. Sin embargo, las primeras redes instaladas han demostrado el potencial que tiene esta tecnología. El método de acceso que utiliza LTE tiene elementos parecidos a TDMA y FDMA logrando así bastantes mejorías frente a otros estándares en lo que al ancho de banda que puede manejar. Algunos fabricantes han diseñado terminales que son compatibles, por ejemplo, con CDMA y LTE. Recientemente, Verizon Wireless y AT&T, los principales carriers en Estados Unidos han declarado que la evolución de sus redes (CDMA y GSM respectivamente) se dará hacia LTE. Asimismo muchos otros carriers, que trabajan sobre todo con GSM, han respaldado a LTE como la mejor opción a futuro.

## Generaciones

Para entender mejor por qué las redes de telefonía celular tienen la estructura que se ha descrito, es relevante dar un breve vistazo a la historia y a las características particulares de algunas tecnologías pasadas y presentes. Para facilitar este tipo de análisis, algunos autores propusieron una clasificación para las diversas etapas de la telefonía celular. Dichas etapas o generaciones son hasta el momento las siguientes:

### 1G

Comenzó a principios de los 1980s y estaba basada en técnicas analógicas. Únicamente era posible transmitir voz. Ya que en aquel tiempo no había un esfuerzo por coordinar el desarrollo de este tipo de tecnologías de manera internacional, muchas regiones crearon su propio estándar. Es por ello que el roaming no era posible y debido a que muchas otras tecnologías inalámbricas comenzaban apenas a desarrollarse, el uso eficiente del espectro no era prioridad. Sin embargo, fue la primera vez que un sistema de comunicaciones móviles utilizaba el concepto de reutilización de frecuencias.

Destacan en esta época el AMPS (Advanced Mobile Phone System) en Norteamérica, Israel y Australia; el NMT (Nordic Mobile Telephone) en los países nórdicos y el TACS (Total Access Communication System) en el resto de Europa.

Actualmente quedan muy pocos lugares en el mundo donde esta generación sigue funcionando.

### 2G

La segunda generación de redes celulares surge a principios de la década de los 1990s como consecuencia de la necesidad de mejorar la calidad de transmisión, aumentar la cobertura y la capacidad de servicio. Estos avances fueron posibles gracias a que las señales entre la radio base y las terminales son digitales en esta generación.

Asimismo, la disponibilidad de circuitos integrados complejos impulsó la creación de terminales capaces de soportar más funciones tales como los mensajes escritos (SMS), tomar un papel determinante en el handoff y la implementación de algoritmos orientados a mejorar la seguridad de las llamadas.

Las tecnologías más exitosas de esta generación son CDMAone (en Norteamérica y algunas regiones de Asia) y GSM en el resto del mundo. La segunda generación es hoy por hoy la generación con más usuarios a nivel mundial<sup>vii</sup>.

## **2.5G y 2.75G**

A finales de los 1990s era claro que el uso masivo de Internet debía incorporarse a la telefonía celular. Si bien es cierto que la tercera generación ya estaba desarrollándose, no sólo se requería una solución más cercana en términos del tiempo de disponibilidad sino que las empresas no estaban dispuestas a invertir en una infraestructura completamente nueva sin haber logrado mejores márgenes de ganancia sobre las redes 2G ya instaladas. Fue por ello que se pensó en mejoras a la segunda generación que funcionaran como paso intermedio hacia la tercera generación.

De esta forma, 2.5G y 2.75G no son otra cosa que redes mejoradas de segunda generación con capacidades adicionales orientadas al manejo de datos, sobre todo la conectividad a Internet. Las velocidades de transferencia de datos de estas generaciones van desde los 60Kbps hasta los 144Kbps. Para GSM, se dio GPRS para 2.5G y EDGE para 2.75G mientras que CDMA 2000 1X para el caso de CDMA.

## **3G, 3.5G y 3.75G**

La principal diferencia entre 2.5G, 2.75G y 3G son las velocidades en las tasas de transferencia ya que esta última alcanza desde 384Kbps hasta velocidades cercanas a los 2Mbps. Lo anterior permite proveer servicios tales como Video Conferencias, servicios VoIP, navegación en Internet y descarga de archivos más rápida; la posibilidad de consultar de material multimedia al mismo tiempo que se descarga (mejor conocido como streaming). Esta generación no sólo permite a los teléfonos celulares la conexión a internet, sino que se desarrollaron interfaces para laptops, tabletcomputers, lectores de e-books (libros electrónicos), terminales bancarias, automóviles, etc.

A diferencia de sus predecesores, las redes 3G pueden mantener al mismo tiempo sesiones de voz y datos, es decir, un usuario puede mantener una conversación telefónica al mismo tiempo que ve un video en YouTube.

Por la misma razón que salieron al mercado las redes 2.5G y 2.75G (ver tema anterior), recientemente han salido estándares llamados 3.5G y 3.75G, que son revisiones que ofrecen más velocidad en la tasa de transferencia de datos.

Las tecnologías 3G más exitosas, comercialmente hablando, son UMTS (W-CDMA) y EVDO. Cabe señalar que se diseñaron métodos para asegurar que aquellas terminales que tengan capacidad para usar los servicios de las redes 3G también lo tengan con las redes 2G ya que no se ha alcanzado el punto en el que la tercera generación sea omnipresente. De esta forma, existen teléfonos híbridos que soportan tanto GSM como UMTS.

Las primeras instalaciones de redes 3G se dieron a principios de la década de los 2000s y, poco a poco comienza a alcanzar al número de usuarios de segunda generación.

## 4G

Conocida también como All-IP, esta generación está orientada a que todo su tráfico sea IP. Por lo tanto (desde el punto de vista operativo y no comercial) ya no hay distinción entre el tráfico de voz (en todos los puntos es VoIP) y de datos, únicamente prioridades a través de la implementación de QoS.

Entre las principales modificaciones a la infraestructura destaca que la BSC es completamente sustituida por un conjunto de servidores y gateways los cuales irán conectados directamente al MSC. Lo anterior supone una importante reducción de costos y un enorme aumento en la velocidad de transmisión de datos (aunque muchos fabricantes han alcanzado anchos de banda del orden de 100 Mega bits por segundo, se buscan tazas de transferencia del orden de 1 Giga bit por segundo cuando las tecnologías haya alcanzado su madurez).

El ancho de banda disponible no solo se traduce en una mejor calidad de los servicios tradicionales sino que aparecerán nuevas opciones tales como la distribución de contenidos multimedia que no son posibles en 3G (por ejemplo televisión de alta definición vía IP). Como se mencionó anteriormente, aún es difícil saber cuál de los dos estándares más populares de 4G se impondrá, si Mobile WiMax o LTE. Sin embargo, LTE parece tener una ventaja debido a que la migración de redes GSM o CDMA es mucho más sencilla que con Mobile WiMax. De igual manera LTE ha ganado más contratos que WiMax para futuras instalaciones.

Aunque se ha dado la puesta en operación de algunas redes con elementos 4G, se espera que las instalaciones masivas de tecnologías 4G más maduras empiecen sino hasta después del 2012.

## Dimensionamiento y aprovisionamiento

En el diseño de redes, hay dos procesos que se dan previo a una venta: el dimensionamiento y el aprovisionamiento. Como resultado de estas actividades, saldrán las cotizaciones y los estimados que se presentan a los clientes.

El dimensionamiento de red, es el proceso en el que se calcula la cantidad de equipo necesario en una red de comunicaciones, de acuerdo con datos tales, como el número de suscriptores esperados, el tiempo promedio de llamada, etc.<sup>viii</sup> Dado que este cálculo es a muy alto nivel, en este punto no importan las características particulares -números de serie, características especiales debido a la geografía del lugar en la que estará instalada la red, etc.- de los equipos.

El aprovisionamiento, es el proceso de preparar y equipar una red de comunicaciones, para que esta pueda proveer servicios a sus usuarios. En este punto, el análisis que surge del dimensionamiento previo sirve para ajustar las características particulares de los equipos, de acuerdo con los requerimientos

del cliente. Del aprovisionamiento de una red, sale una lista de materiales que se utilizará para hacer una cotización.

## **Ingeniería de teletráfico**

La Ingeniería de teletráfico, es una disciplina que aplica teorías de la Ingeniería de tráfico a las telecomunicaciones, para la planeación y predicción del comportamiento de redes de comunicación. La ingeniería de teletráfico, es indispensable para construir modelos basados en técnicas estadísticas, los cuales ayudan a anticipar los impactos que tendrían ciertos parámetros, sobre los diferentes elementos en una red de comunicaciones.

## **Reglas de Ingeniería**

Las reglas de Ingeniería son los estándares de Nortel, mediante los cuales se rige todo dimensionamiento y aprovisionamiento. Publicadas en documentos llamados Guías de Ingeniería las reglas de Ingeniería son criterios que describen características como las capacidades, conexiones, y el tipo de equipo que debe usarse en determinado elemento de red. Un ejemplo de las reglas, puede ser el mandato de utilizar el formato T-1, si la red estará en los Estados Unidos.

## **Proceso de dimensionamiento de un nodo de Red y ejemplo real**

A continuación se detallarán las etapas que intervienen en el proceso de dimensionamiento a través de un ejemplo de la vida real desde el punto de vista de una preventa.

## **Contexto de mercado**

Debido a la fuerte presión de la opinión pública, una agencia gubernamental ha obligado a un proveedor de servicios de telefonía celular a tener la capacidad de monitorear las llamadas de sus clientes en un vecindario cuya actividad criminal es bastante alta. La empresa de telefonía celular ha lanzado una licitación a las diferentes empresas capaces de instalar la infraestructura necesaria para cumplir los requerimientos CALEA.

## **Ofrecimiento de Servicios**

El equipo de ventas tiene acude con el cliente potencial para informarle que, en atención a que Nortel fue la empresa que instaló la red del cliente, es posible habilitar la función CALEA mediante los Media Servers MS2010 existentes en

su red por un precio especial. Sin embargo los vendedores han advertido al cliente que si desea una mayor flexibilidad para un futuro crecimiento, la mejor opción es la de sustituir los MS2010 por MS2030 ya que soportan un mayor volumen de tráfico.

## **Análisis de la oportunidad de negocio**

El cliente compara los diferentes escenarios tomando como criterio sus planes de crecimiento, presupuesto y regulaciones gubernamentales. Un estudio de mercado revela que el número de usuarios crecerá dramáticamente en los próximos años por lo que se interesa en la propuesta de Nortel sobre reemplazar los MS2010 por un equipo de mayor capacidad. Así pues, el cliente pide una cotización a Nortel para poder tomar una decisión basada en el costo beneficio de la propuesta.

## **Recopilación de los requerimientos del cliente**

Como se detalló anteriormente, la estructura de ventas de Nortel está orientada hacia las soluciones por lo que durante una preventa, el cliente expresa sus necesidades en base a los servicios que quiere ofrecer a sus clientes y no en términos de equipo.

Algunos requerimientos comunes son el número de suscriptores, opción CALEA, servicios a ofrecer tales como mensajes escritos, conexión a Internet, etc.

Todos estos datos son obtenidos por los Ingenieros de Preventas mediante un cuestionario llamado CIQ (Customer Information Questionnaire) orientado a empatar los servicios que ofrece Nortel con los estudios de mercado del cliente.

El equipo de ventas pone en contacto al área de preventas de Nortel con el cliente para empezar el proceso de recopilación de requerimientos del cliente.

Luego de varias sesiones entre ambas empresas, se ha recabado la siguiente información:

- La red cuenta con 4 MS2010.
- Se desea reemplazar los Media Servers existentes por MS2030 ya que tienen una mayor capacidad de puertos y soportan más funciones.
- La política del cliente es la de proveer un Grado de servicio de 0.1
- Intentos de llamadas a monitorear en hora pico (CALEA BHCA): 200
- Tiempo promedio de duración de la llamada monitoreada (CALEA AHT): 60 segundos

- Número de puertos utilizados en el Media Server debido a la conferencia tripartita y anuncios: 318

## Procesamiento de los datos

En este punto, todos los datos recabados relacionados con las necesidades del cliente son traducidos en términos de unidades de medición tales como erlangs por suscriptor, Grado de servicio, Calidad de servicio, número de llamadas en la hora de mayor tráfico; etc.

Es la Ingeniería de Teletráfico quien establece toda una serie de relaciones matemáticas entre los datos del CIQ y las unidades de medición.

La obtención de estas unidades es de suma importancia ya que tanto los manuales de usuario como las Reglas de Ingeniería de los equipos que forman la red sólo describen sus normas en términos de unidades de medición.

Basado en los datos recabados por el CIQ, se aplican las siguientes fórmulas:

$$\text{Tráfico CALEA} = \frac{\text{CALEA BHCA} \times \text{CALEA AHT}}{3600[\text{s}]} = \frac{200 \times 60[\text{s}]}{3600[\text{s}]} = 3.3[\text{erlangs}]$$

$$\# \text{ de Puertos CALEA requeridos} = \# \text{ canales} = x_i i = 1 + \sum_{i=1}^{\infty} i (X_i(i-1) / \text{erlangs}) ;$$

$$\forall x_i (\text{GOS})(x_i) > 1 ; \forall \text{erlangs} \neq 0$$

$$\# \text{ de Puertos CALEA requeridos} = 11[\text{puertos}]$$

$$\# \text{ Puertos requeridos} = \text{Puertos CALEA} + \text{Puertos Conferencia} + \text{Puertos anuncios}$$

$$= 11 + 318 = 329[\text{puertos}]$$

## Dimensionamiento

La mayoría de las veces, las Reglas de Ingeniería relacionadas al Dimensionamiento son simples fórmulas matemáticas que calculan el equipo requerido basadas en las unidades de medición obtenidas en el punto anterior. A menudo, dichas reglas no sólo prevén la cantidad mínima de recursos necesarios para ofrecer un servicio sino que toman en cuenta la capacidad para futuros crecimientos, equipo de reserva que entra inmediatamente en operación cuando al presentarse una falla, refacciones, etc.

Al consultar la Guía de Ingeniería adecuada, se extrae la siguiente información:

El MS2030 soporta una capacidad máxima de 2016 puertos. Asimismo, debido a la necesidad de redundancia, es obligatorio instalar bajo el esquema N+1, donde N es el número necesario de MS2030 de acuerdo al requerimiento por puertos. En caso de obtenerse un número fraccionario, se aproxima al siguiente entero.

$$\begin{aligned} \#necesariodeMS2030 \text{ de acuerdo a puertos requeridos} &= N \\ &= \frac{\#Puertos\ requeridos}{Capacidad\ del\ MS2030} = \frac{329[\text{puertos}]}{2016[\text{puertos}]} = 0.16 \cong 1 \\ \#deMS2010 \text{ de acuerdo a esquema de redundancia} &= N + 1 = 1 + 1 = 2 \end{aligned}$$

Una vez más, se vuelven a consultar las Guías de Ingeniería para determinar los elementos extras que se deben dimensionar debido al número de MS2010. Se obtienen elementos como fuentes de alimentación, refacciones, cables de conexión, etc. Todo el conjunto de materiales se dispone en un formato específico llamado lista de materiales estimados (Material Estimate List –ME LIST). Dicho formato se regresa al Departamento de ventas.

## Cotización

El Departamento de Ventas realiza una cotización basada en la Lista de Materiales, recursos humanos a emplearse y demás gastos asociados a la ejecución del proyecto. Una vez que se ha llegado a un precio tentativo, se envía la propuesta al cliente y comienzan las negociaciones.

## Aprobación, venta, aprovisionamiento, instalación y validación

Si al cliente le parece atractiva la propuesta final, se aprueba la venta. El departamento de preventas aprovisiona la red y manda las especificaciones a otros departamentos que llevarán a cabo la instalación del equipo y la validación de la red.

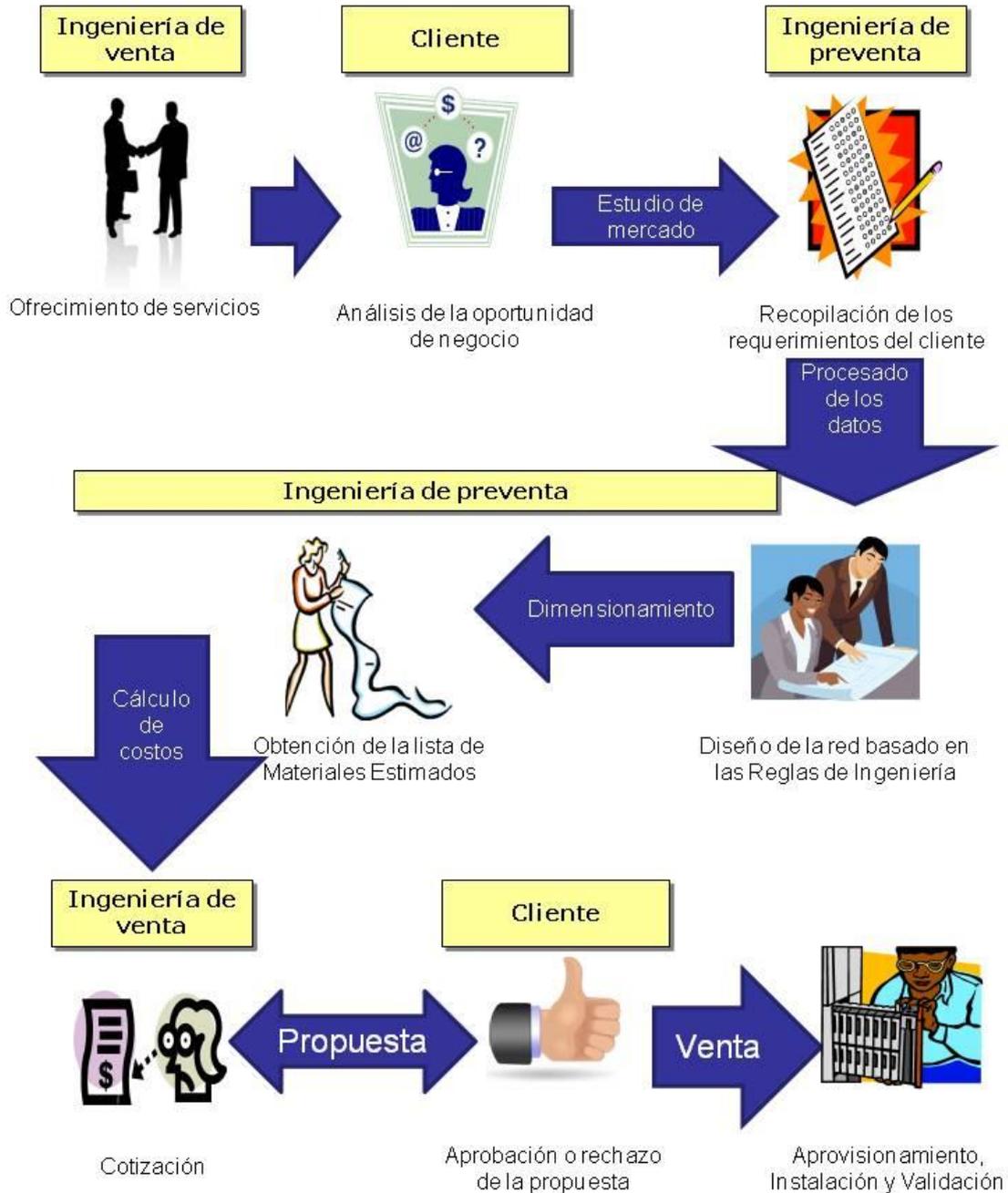


Figura 10: Proceso de Preventa

## Software de Dimensionamiento

Debido a lo complejo que puede llegar a ser un dimensionamiento de red, los diseñadores a menudo utilizan software especializado para ayudarles con dicha tarea. Las ventajas y desventajas de un programa con respecto a otro radican en la sencillez de su uso, la flexibilidad que ofrece para permitir al diseñador intervenir en cualquier parte del proceso de cálculo, la variedad de nodos de red que permite modelar y el costo de la licencia, entre otras características. En el caso específico del dimensionamiento de Redes Voice Core de la solución de Nortel de CDMA, podrían utilizarse los siguientes programas:

### Excel

Excel es una hoja electrónica de cálculo que puede ser utilizada para una gran variedad de tareas, que van desde operaciones básicas - suma, resta, división y multiplicación- hasta complejos análisis estadísticos.

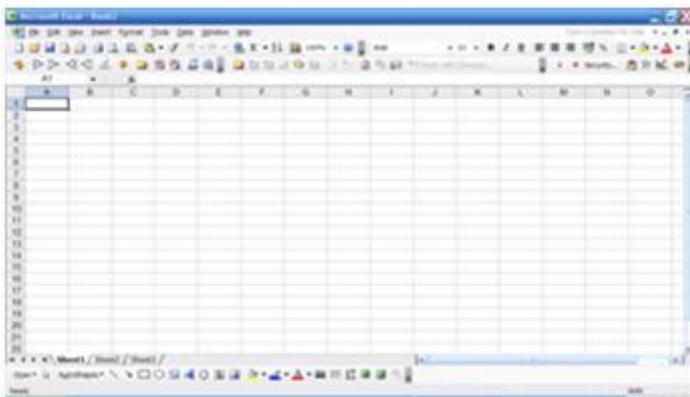


Figura 11: Una pantalla de Excel 2003

Si bien las funciones predefinidas de Excel simplifican la forma en la que se realizan los cálculos, en ocasiones se pueden ver limitadas dadas las necesidades del desarrollador. Más adelante se detallará cómo el uso de Visual Basic para aplicaciones puede habilitar el uso de programas hechos por los usuarios los cuales se valen de Excel para su funcionamiento.

En el área de preventas de Nortel, se pueden encontrar dos tipos de usuarios que utilizan Excel como herramienta en las tareas de dimensionamiento. La diferencia radica en el tipo de aplicación que utilizan:

### Plantillas

Son hojas de cálculo creadas por los mismos ingenieros de preventas. Su alcance es generalmente limitado ya que sólo contienen fórmulas para el cálculo de equipo de un nodo en particular. Lo anterior le da la ventaja de tener un uso relativamente sencillo aunque también la desventaja de no tener una mayor generalidad. Las fórmulas que utilizan pueden o no estar basadas en

las reglas de ingeniería ya que, en ocasiones, los ingenieros de preventas pueden utilizar también reglas basadas en experiencias empíricas. Ya que cada plantilla cambia de usuario a usuario, compartir información entre miembros de la misma área no es tan sencillo.

## **VCDT**

Como se explicó al inicio del reporte, la Voice Core Dimensioning Tool (VCDT) es una herramienta cuyo alcance es todo el Voice Core. Su desarrollo está a cargo de un departamento ajeno al área de preventas y existe un equipo dedicado a su desarrollo. Ya que abarca todo el Core, el usuario requiere un entrenamiento previo antes de comenzar a utilizar la herramienta. Las fórmulas están basadas solamente en las Reglas de Ingeniería, sin embargo, cuenta con una opción para anular el cálculo de algún equipo y que el usuario pueda insertar sus propios cálculos. Además de estar lista para ser compatible con otras herramientas, el intercambio de información entre usuarios es sumamente sencillo. Cuenta además con funciones para generar reportes y lista de materiales estimados. Ya que esta herramienta es uno de los temas centrales de este reporte, se detallarán más aspectos en el resto del documento.

## **Software Comercial para Dimensionar**

Algunas empresas han creado suites (conjuntos de programas) orientados a la modelación y simulación de redes VoIP. Debido a que no son programas que fueron pensados para dimensionar la solución de Voice Core de CDMA de Nortel, el usuario podría trabajar con sólo algunos nodos comunes a todas las redes VoIP. Asimismo, el ingeniero de preventas tendría que encontrar la forma de representar el comportamiento de ciertos equipos dentro de las posibilidades de dichas aplicaciones además de tener en cuenta que no es posible modificar el programa para adaptarlo a sus necesidades. A pesar de ello, muchos de estos programas son muy utilizados en la industria y gozan de mucha popularidad. La mayor desventaja de este tipo de software es el elevado costo por licencia, lo cual fue una de las razones por la que Nortel se decidió por desarrollar sus propias herramientas. Sin embargo, una ventaja de este tipo de software sobre las herramientas de Nortel es que poseen la capacidad de hacer simulaciones de la red en funcionamiento, por lo que el diseñador se puede verificar el comportamiento de la red antes de ser instalada. Algunos ejemplos de empresas cuyo software puede ser utilizado para dimensionar son OPNET Technologies, SevOne, WANDL (NPAT), VPI Systems, Cariden (MATE) y Aria Networks (Capacity Planner) entre otros.

## **Software Libre para Dimensionar: TOTEM**

TOTEM es un software para la planeación de redes IP cuya característica principal es la de ser libre, es decir, su uso no requiere el pago de licencia además de que cualquier programador puede unirse al proyecto para contribuir con mejoras a la aplicación. Esta herramienta tiene gran prestigio ya que puede ser utilizada para la simulación de redes, creación de algoritmos, obtención de reportes, diseño de redes, etc. Asimismo, ya que corre en ambiente Linux y depende de los lenguajes de programación Java y C++, el uso de TOTEM no genera mayores costos.

El principal problema de TOTEM es que su instalación, uso y mantenimiento no es algo sencillo. Si bien es cierto que ya contiene una interfaz gráfica, sólo los usuarios que dominan la línea de comandos pueden sacarle todo el provecho a toda su funcionalidad. Lo anterior genera que el usuario no sólo debe tener conocimientos en redes sino que debe ser un usuario avanzado del sistema operativo Linux. Al igual que buena parte del software libre, el soporte y la documentación de la herramienta es una desventaja relevante ya que puede llegar a ser escaso y complejo.

### **Algunos conceptos de Programación**

Ya que la VCDT es una aplicación cuyo desarrollo utilizó elementos bastante específicos de programación, es pertinente hacer un alto para explicar algunos conceptos antes de continuar con el informe de actividades:

#### **Programación estructurada**

La programación estructurada, es una forma de escribir programas de manera ordenada, la cual se vale de tres instrucciones de control básicas: la secuencia, la instrucción condicional, y la iteración. Ya que la idea detrás de esta forma de programar, es el utilizar métodos para escribir programas que sean más claros. Los procesos de depuración y prueba de los códigos, son más sencillos de realizar. Asimismo, la colaboración entre diferentes desarrolladores, es menos complicada ya que es relativamente sencillo comprender la estructura de un programa.

#### **Pseudocódigo**

El pseudocódigo es una representación escrita de un algoritmo. Dicha representación posee una sintaxis, la cual no tiene la rigidez de un lenguaje de programación, pero tampoco está basado en un lenguaje coloquial. Ya que cada programador propone su propia nomenclatura -sin alejarse demasiado de la estructura de un lenguaje de programación-, este conjunto de normas simplifica el estudio de algún programa en especial.

## Diagrama de flujo

El diagrama de flujo es una representación gráfica de un algoritmo. Su propósito es dar una idea general de todos los pasos por los que fluye un programa, desde el inicio, hasta el final.

## Visual Basic para aplicaciones

Visual Basic para Aplicaciones -VBA-, es un lenguaje de programación que amplía la funcionalidad de Excel, al permitirle al usuario la creación de funciones, aplicaciones hechas a la medida y la automatización de tareas por medio de las macros.

Una macro se refiere a una serie de rutinas almacenadas que se ejecutan mediante una sola instrucción.

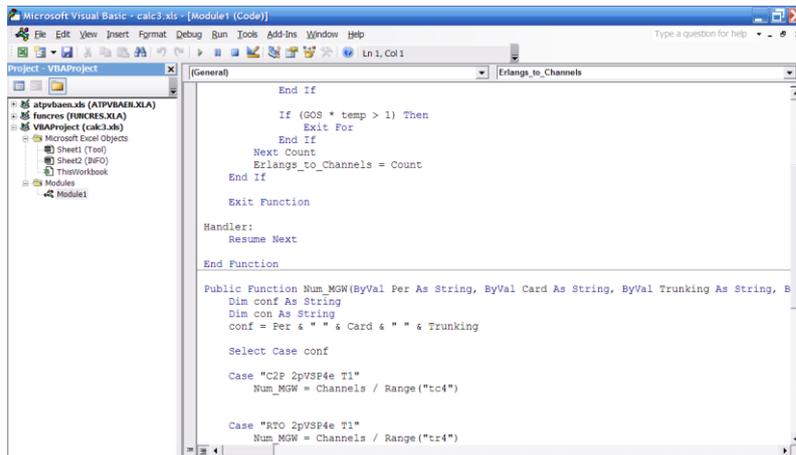


Figura 12: El editor de Visual Basic incluido en Excel

## XML

El Lenguaje de Marcación Extensible -XML- es un lenguaje el cual utiliza etiquetas para rotular, categorizar y organizar información en una forma específica. El formato XML ha sido seleccionado por Nortel como archivo de salida en múltiples aplicaciones debido a lo siguiente:

Quien crea un documento XML tiene la libertad de definir totalmente la estructura del archivo. Los documentos XML pueden ser creados, modificados y consultados desde aplicaciones tan variadas que van desde un simple editor de texto, hasta Excel, pasando por cualquier navegador web. Asimismo, no importa el tipo de procesador, ni el sistema operativo, o el programa origen, para acceder a la información.

Estas características le han permitido a diferentes aplicaciones de Nortel, el intercambio de información sin tener que hacer grandes modificaciones.

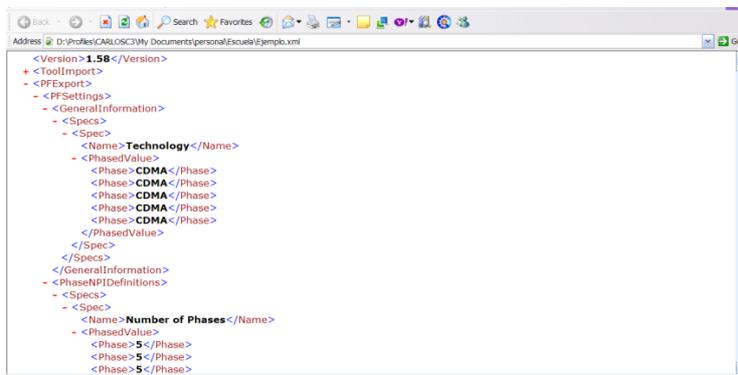


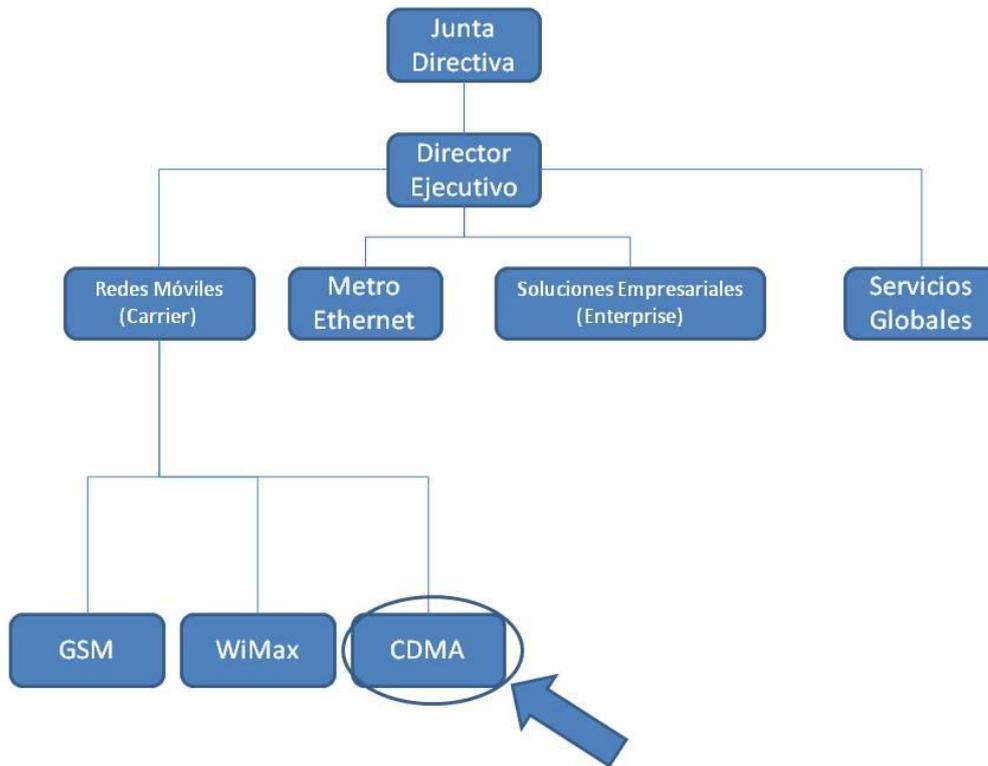
Figura 13: Estructura de un archivo XML consultado a través de un navegador de Internet

## Perl

Perl es un lenguaje de programación con una estructura muy parecida al lenguaje C, pero que intenta ser menos rígido. Debido a que cuenta con funciones muy útiles para la búsqueda de patrones, Perl, frecuentemente es usado para procesar texto.

## Capítulo 1. Organigrama y descripción de las funciones del área

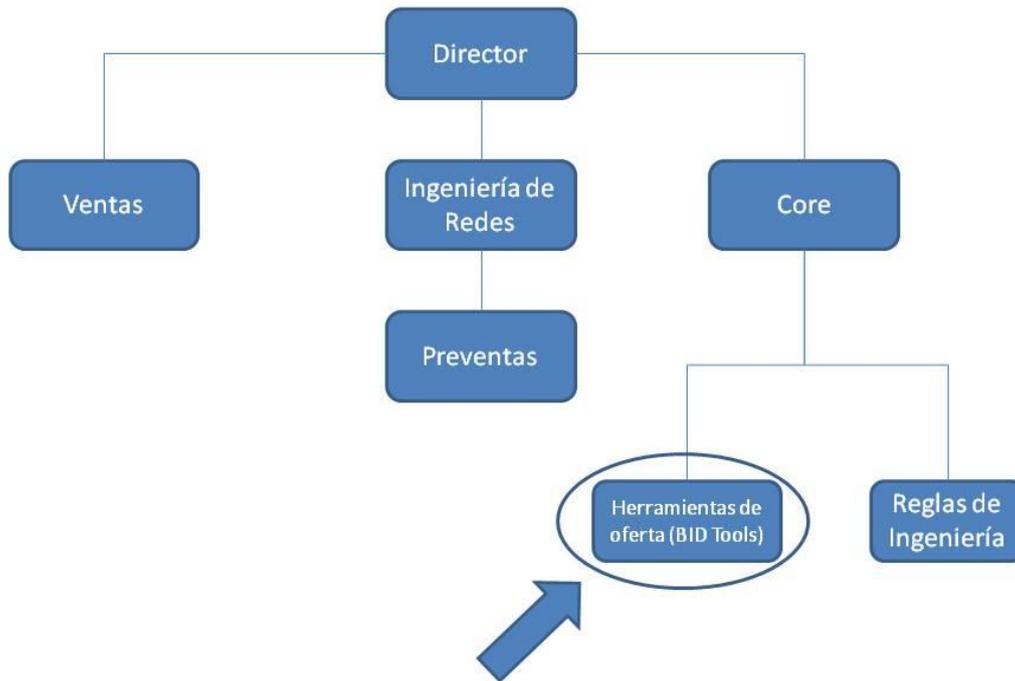
Hasta antes de enero de 2009, fecha en que Nortel entró en bancarrota, esta era la estructura general de la empresa:



**Figura 14: Organigrama General de Nortel**

Como se puede inferir por los temas tocados en la introducción, todo el contexto de este reporte se lleva a cabo dentro de la rama de CDMA.

Las operaciones de Nortel no son menores alrededor del mundo: 10.95 mil millones de dólares en 2007, de los cuales 2.42 mil millones fueron por soluciones CDMA. Lo anterior es prueba inequívoca de lo valioso que es para la empresa este producto.



**Figura 15: Organigrama general de la División de CDMA de Nortel**

Al interior de CDMA, Core se encarga de proveer servicios para el área de Ingeniería de Redes tales como la creación de documentos de referencia sobre el dimensionamiento, aprovisionamiento y conexión de equipos; bases de datos con la documentación de los proyectos de preventa, etc.

Durante mi estancia en Core, pertencí al área de Herramientas de Oferta o BID Tools la cual se dedicaba exclusivamente al desarrollo de software para el proceso de preventas.

Por un largo periodo de tiempo, la política de la empresa fue sólo patrocinar desarrollos que estuvieran orientados al aprovisionamiento, pues la actividad de pre-venta de CDMA, no requería de aplicaciones demasiado complejas.

La línea de negocios de otras empresas, que venden soluciones a operadores de telefonía celular, ha obligado a Nortel a actuar de manera más oportuna y rápida. La solución más adecuada, fue la creación de un departamento dedicado exclusivamente al desarrollo de software, para crear una herramienta para facilitar a los usuarios de áreas de preventas el cumplimiento de sus objetivos.

## Capítulo 2. Descripción del proyecto

### Antecedentes

La complejidad de los diferentes requerimientos de los clientes de la empresa, los cuales demandan soluciones a su medida, obligó a los desarrolladores de Nortel a pensar en una herramienta que fuera lo suficientemente flexible para que pre-ventas pudiera manipular, según las necesidades, ciertos parámetros para adaptarse a la demanda de los clientes. Aunado a esto, había que tomar en cuenta que la mayoría de los programas para dimensionamiento que ya existen en el mercado no sólo son extremadamente caros, sino que es imposible adaptar el código fuente de dichas aplicaciones para alinearlos con las necesidades de la empresa.

Por esta razón, mis colegas optaron por desarrollar una herramienta construida en Excel, la cual contiene los estándares necesarios para el funcionamiento de los elementos de red que dictan las Guías de Ingeniería.

Adicionalmente, las macros desarrolladas en VBA, ayudan a la obtención de reportes utilizados por el área de pre-venta, como parte de la actividad de ofertas y cotizaciones a clientes; simplifica la importación y exportación de archivos creados en las diferentes versiones de la VCDT y permite la interacción con Pathfinder<sup>ix</sup>, así como una herramienta de dimensionamiento para la red de Acceso.

Desde sus inicios, se optó por la programación estructurada como técnica para escribir el código de la VCDT. En lo referente a la actualización y mantenimiento de la VCDT, gracias a la claridad que adquieren los scripts que siguen la metodología de la programación estructurada, se logró lo siguiente:

- Ahorro de recursos y un mejor planteamiento del problema
- Simplificación del proceso de depuración y prueba
- Mejora de la colaboración con terceros interesados debido a una mejor comprensión del código

Los datos que son ingresados a la herramienta, dependen de un adecuado dimensionamiento de la red de acceso. Datos como el tráfico y el hardware de las radio bases, son necesarios para dimensionar la red con la VCDT.

Debido a los constantes avances y cambios requeridos por los mercados, relacionados con una mayor funcionalidad, las soluciones CDMA de Nortel continuamente experimentan cambios en los elementos de red, situación por la cual la VCDT debe tener un mantenimiento permanente y frecuente.

Si bien la VCDT sólo sirve para el dimensionamiento del Voice Core, el análisis que resulta del uso de la herramienta, puede ser la base de un aprovisionamiento, al exportar los datos a Pathfinder, en el caso de que se efectúe la venta.

## Definición del Problema

Luego de evaluar los resultados de una encuesta de satisfacción realizada a los usuarios de la VCDT en enero de 2008, se concluyó que los siguientes problemas demandaban cambios necesarios:

- Las versiones de la VCDT anteriores a enero de 2008, tuvieron un error de programación de una regla de Ingeniería en la sección del Media Server. En lugar de calcular pares de tarjetas Ethernet, el programa mostraba el cálculo de las tarjetas de manera individual.
- La VCDT no contaba con el modelo más reciente del Media Server, que cuenta con más capacidad de enlaces, además de soportar más códecs de audio.
- La incorporación del Edge Router a la VCDT, era un requerimiento que demandaban los usuarios.

## Objetivos

### Objetivos Generales

- ✓ Proveer el mantenimiento a la Voice Core Dimensioning Tool (VCDT<sup>x</sup>), mediante la modificación de una sección existente (Media Server) la cual debe incluir un nuevo dispositivo (MS2030) en la solución de CDMA de Nortel.
- ✓ Actualizar la VCDT, por medio de la programación de las reglas de ingeniería y la adición de una nueva sección referente al Edge Router, cuyo dimensionamiento no estaba contemplado previamente en la solución de CDMA de Nortel.

### Objetivos Particulares

- Asegurar la incorporación de las modificaciones, sin afectar el correcto funcionamiento de la VCDT, al contemplar que los cambios impactan a los datos procesados en dos secciones importantes de la herramienta:
  - Una macro que genera un archivo XML
  - Una pestaña que muestra un resumen de los cálculos.
- Buscar la correcta importación de datos entre aplicaciones, al modificar la estructura del archivo XML mencionado.
- Efectuar la actualización y mantenimiento rutinario de la VCDT, sin la supervisión institucional.

## Metas

- ✓ Beneficiar a una base de veinte usuarios
- ✓ Ahorrar tiempo en la búsqueda de las reglas de ingeniería
- ✓ Reducir errores al evitar cálculos manuales
- ✓ Ejecutar el proyecto en un período de 2 meses

## Participación Profesional

### Agregar al MS2030 en la sección de Media Server

Mi primera tarea formal, fue agregar un nuevo modelo de Media Server, el MS2030, el cual tiene 2016 puertos (frente a los 240 del modelo anterior, el MS2010) además de soportar el códec EVRC-B.

Debido a una política empresarial, debí seguir un plan de formación antes de poder asumir las tareas involucradas en mi puesto. Estos fueron los cursos<sup>xi</sup> obligatorios:

Código	Nombre del curso	Duración (horas)
CA0051A	TELECOMMUNICATIONS FUNDAMENTALS	13
CA0052A	INTRODUCTION TO DATA COMMUNICATIONS	6.5
CA0053A	ETHERNET FUNDAMENTALS	6.5
1516 <sup>a</sup>	TCP/IP PRINCIPLES AND PROTOCOLS OVERVIEW	6.5
4508W	CDMA NORTEL PRODUCT OVERVIEW	13

Tabla 1: Cursos Institucionales obligatorios, parte1

Una vez finalizados los cursos, tuve que profundizar en el concepto de Erlang debido a que la metodología de cálculo de la VCDT de los puertos requeridos por el Media Server se basa en los recursos ocupados en un instante determinado.

Cabe señalar que el principal responsable de la VCDT en mi departamento asumió un papel de mentor en mi preparación teórica y práctica. Al terminar los temas anteriormente mencionados, mi mentor sugirió que me concentrara en algunos conceptos de VBA, Excel y XML.

Ya con los suficientes antecedentes pude finalmente trabajar en la agregación de fórmulas y el código fuente de la VCDT. Como se mencionó previamente, la

VCDT es el resultado de algunos años de trabajo de diferentes desarrolladores. Lo anterior genera cierta complejidad en el análisis del código fuente de la herramienta debido a que cada persona imprime su propio estilo de programación. Un ejemplo recurrente de esta situación es el siguiente:

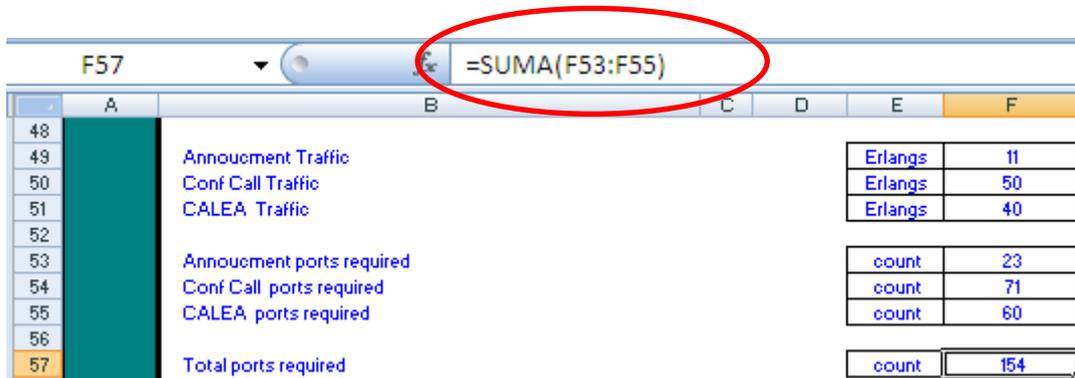


Figura 16: Ejemplo 1 de diferencia de estilos de programación

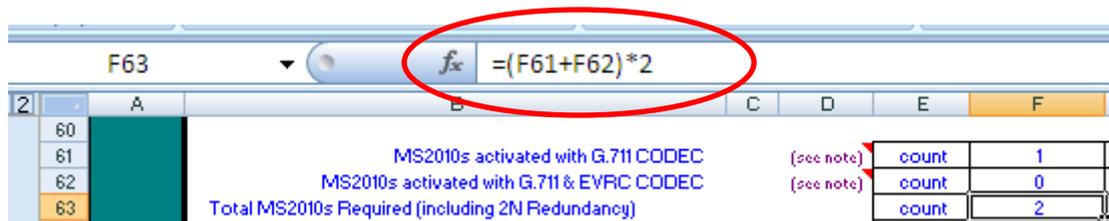
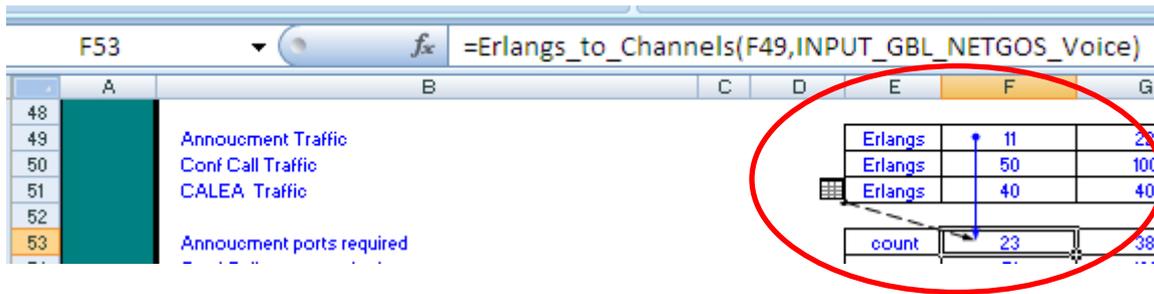


Figura 17: Ejemplo 2 de diferencia de estilos de programación

En efecto, la primera fórmula utiliza la función SUMA<sup>xii</sup>, la cual suma todos los elementos especificados en un rango mientras que la segunda simplemente utiliza el operador + para realizar la adición entre dos elementos. Es por ello que la comprensión de código de terceras personas no siempre es tan sencilla, pues cada programador tiene predilección por ciertas funciones sobre de otras.

Si a lo anterior le añadimos el hecho de que la hoja de Excel que alberga a la VCDT tiene 24 pestañas visibles, 9 módulos de VBA y que algunos cálculos no se realizan en una sección determinada sino que provienen de secciones previas, se podrá entender lo complejo de la tarea.

Afortunadamente, Excel cuenta con las herramientas “rastrear dependientes” y “rastrear precedentes” dentro de la sección de auditoría de fórmulas. Dichas herramientas dibujan flechas y crean atajos hacia los valores que intervienen en una fórmula en específico.



**Figura 18: Herramientas de auditoría en Excel**

En esta primera tarea de agregar el nuevo dispositivo, básicamente observé cómo se hacían los cálculos para el MS2010 y de manera análoga reproduje las fórmulas con las capacidades del MS2030. Dichas capacidades se encuentran descritas en la EG2005<sup>xiii</sup>, de las cuáles básicamente tomé sólo las capacidades de puertos disponibles basadas en ciertas configuraciones específicas.

En resumen, los datos de entrada estaban directamente relacionados con el número de usuarios (suscriptores), la versión de la solución de CDMA, los códecs deseados, el número de puertos CALEA requeridos por el gobierno, puertos de conferencia tripartita, BHCA y AHCT. Con dichos datos debía establecer las fórmulas en Excel basándome en la Guía de Ingeniería mencionada anteriormente.

Una vez que me aseguré que las reglas de ingeniería estuviesen bien programadas, contacté a un ingeniero del área de preventas con el fin de obtener datos de un proyecto real. En lugar de hacer los cálculos manualmente, utilicé la VCDT con el fin de saber si los resultados eran los mismos que se entregaron para la cotización. Aunque el número de puertos necesarios tuvo una variación, el número de MS2030's fue el mismo. Dicha variación se debió a lo siguiente:

Si el requerimiento es que la red soporte a 100 000 usuarios, y si se toma en cuenta 0.05 erlangs por usuario, entonces se tendrá un total de 5000 erlangs. La diferencia es que la VCDT se basa en recomendaciones del departamento de Investigación y Desarrollo en el que se sugiere que:

$$\begin{aligned} \# \text{ puertos} &= (\text{erlangs}) \times \text{factor de compensación}^{\text{xiv}} \\ &= 5000 \times 0.9738 = 4869 \text{ puertos} \end{aligned}$$

Mientras que para los ingenieros de preventas (dedicados a trabajar con clientes en EU), basados en la experiencia, sostienen que:

$$\# \text{ puertos} = \text{erlangs} = 5000 \text{ puertos}$$

Para ambos casos se obtiene la misma cantidad al aproximar el resultado de:

$$\#MS2030_{VCDT} = \frac{Puertosrequeridos}{CapacidadMS2030} = \frac{4869}{2016} = 2.41 \approx 3 MS2030$$

$$\#MS2030_{preventas} = \frac{Puertosrequeridos}{CapacidadMS2030} = \frac{5000}{2016} = 2.48 \approx 3 MS2030$$

El resto de ajustes como la redundancia y los códecs seleccionados, se basan en la cantidad anterior por lo que no cambian nada el resto de los cálculos.

Es justo decir que la VCDT tiene la capacidad de omitir los cálculos basados en las reglas de Ingeniería y permitir al usuario insertar valores calculados de otra forma.

Una vez agregadas las nuevas fórmulas, seguí las convenciones de formato establecidas: letra arial tamaño 10 color azul para representar los cálculos hechos por la VCDT, letra arial tamaño 10 color negro para indicar que es una celda en la cual el usuario deben ingresar valores, etc.

En este punto, mi trabajo dentro de Excel había terminado, el resto tenía que ver con analizar lo que sucedía en los módulos de VBA que se relacionaban con tomar los valores calculados para generar un archivo XML el cual utiliza Pathfinder para aprovisionar equipo a partir de redes ya dimensionadas.

En una primera instancia, generé el archivo XML y me di cuenta que ya contenía las etiquetas relacionadas a los cálculos del MS2030:

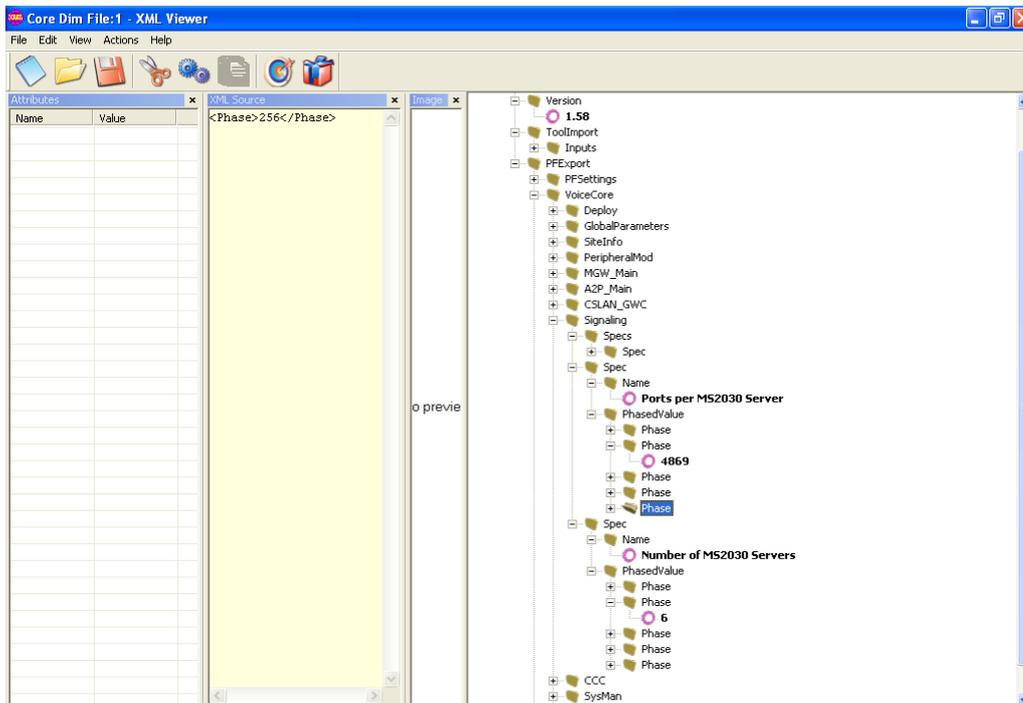


Figura 19: Sección del archivo XML referente al MS2030

Por lo que me hizo suponer que las etiquetas se generan dinámicamente, es decir, ningún desarrollador escribió alguna instrucción para generar exactamente etiquetas como <Number of MS2030 Servers>.

Lo anterior lo comprobé al utilizar las funciones de depuración (debugger en la jerga de programación) de Visual Basic. Simplemente se le indica a Visual Basic que se desea ejecutar el programa paso a paso. Esto significa que se ejecutará el programa instrucción por instrucción, además de que Visual Basic sombreará el código fuente mientras vaya siendo ejecutado. Esto permite analizar el contenido de las variables, detectar errores, ubicar procesos, etc.

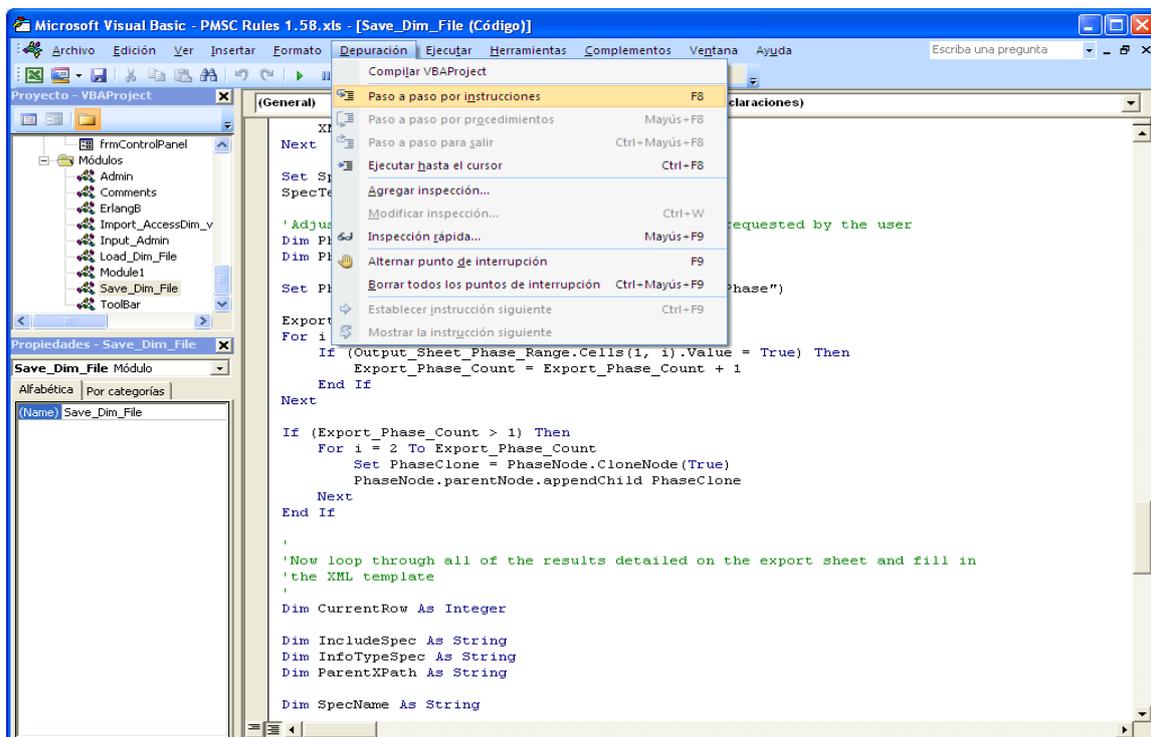


Figura 20: Depuración (debugger) de código en el editor de VBA

Luego de este análisis, entendí que la VCDT busca en una pestaña oculta los nombres de las pestañas que incluirá en una rutina para recuperar los valores calculados. Dicha rutina busca la pestaña en cuestión y comienza a crear elementos basados en las columnas: todo aquello en tipografía azul dentro de la columna B será el nombre del elemento y todo aquello que esté dentro de los renglones de las columnas F a la K donde haya un nombre de elemento, será el valor del elemento, diferenciado únicamente por el nombre de la fase del proyecto en que se encuentre. De esta forma la columna F es la fase 1, la G la fase 2 y así hasta llegar a la fase 6 (columna k).

A partir de proyectos verdaderos y valores inventados, comencé a verificar que tanto los datos “reales” como datos que no tenían que ver con escenarios posibles, no generaran errores en la VCDT.

Finalmente, indiqué a mi mentor que había finalizado con los cambios requeridos. El siguiente paso fue organizar una junta con el equipo de

desarrolladores de Pathfinder para indicarles cuáles habían sido mis actualizaciones a la herramienta y las nuevas etiquetas que debería buscar su aplicación para importar datos de la VCDT. Al cabo de unos días, Pathfinder ya era compatible con la nueva versión de la VCDT. Un miembro del equipo de Pathfinder encargado de probar (conocido como tester) la aplicación, sometió a ambas herramientas en un proceso de verificación de errores (test case) automatizado, el cual no es sino un programa escrito en Perl. Dicha aplicación en Perl ejecuta tanto la versión anterior de la herramienta como la más actual; ingresa valores arbitrarios y genera archivos de salida. Al final, compara dichos archivos y determina las diferencias. Como se presupone que la versión anterior de la herramienta es una versión válida, el informe de la comparación entre ambas versiones, debe únicamente tener como diferencia los nuevos cambios. Todos los test cases arrojaron resultados exitosos y libres de errores.

## Creación de una sección para el Edge Router

Como se mencionó en la introducción, es válido considerar que el Edge Router se encuentra fuera de la solución de CDMA de Nortel por lo que es un hecho que a los clientes se les da la libertad de elegir un router de otro fabricante. Sin embargo, ya que Nortel contaba con el Metro Ethernet Routing Switch 8600<sup>xv</sup> en su portafolio de dispositivos, se le ofrecía al cliente de manera opcional. Es por lo anterior que se le ordenó a mi departamento incluir una sección en la VCDT para dimensionar el Edge Router.

Al igual que con el Media Server, mi mentor sugirió que tomara los siguientes cursos (cuya descripción del plan de estudios también puede encontrarse en la página de Nortel):

Código	Nombre del curso	Duración (horas)
CA0108A	PRODUCTS OVERVIEW: CARRIER NETWORKS (WIRELESS)	3.25
1022F	P-MSC CAPACITY AND PERFORMANCE ANALYSIS	13
1027F	P-MSC NETWORK ENGINEERING AND CAPACITY PLANNING	19.5

Tabla 2: Cursos Institucionales obligatorios, parte2

Para esta tarea, tuve la libertad total de establecer aquellas reglas que considerara útiles para el usuario. Debido a esto, establecí una junta con ingenieros de preventas para conocer cómo era que dimensionaban el Edge Router y recabar los datos de entrada y salida con los que ellos trabajaban.

Acto seguido, comparé sus procedimientos con lo que establecía la EG2005. La conclusión es que ambas fuentes describían un proceso similar. Además de ordenar un conjunto que incluía la tarjeta procesadora y el chasis, otro parámetro de interés es el número de tarjetas GE (Gigabit Ethernet) que se

debían dimensionar basado en las conexiones provenientes del Media Gateway.

Independientemente de los esquemas de redundancia, la única variable de la que dependen los cálculos es el número de tarjetas GE del Media Gateway por lo que las entradas del usuario se limitaron únicamente a especificar si Nortel iba o no a proveer al Edge Router.

Los datos de salida que debía calcular la VCDT es el número de tarjetas GE en total (tomando en cuenta redundancia) y el número de conjuntos de tarjetas procesadoras y chasis. Como se puede apreciar, el trabajo en Excel se redujo a añadir una nueva pestaña llamada Edge Router y vincular las fórmulas a los datos de la sección del Media Gateway. Después, con la idea de lograr una homogeneidad con el resto de la herramienta, seguí el formato de colores, tipografía y secuencia lógica de las demás pestañas.

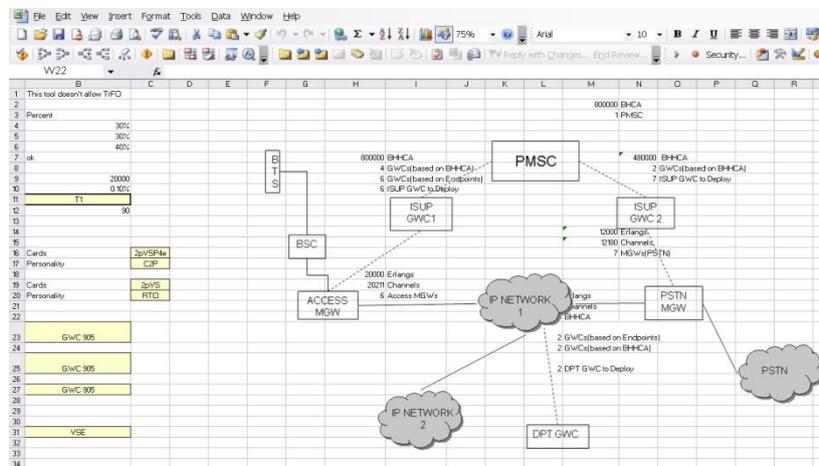


Figura 21: Versión preliminar de la sección del Edge Router

Una tarea más compleja, fue hacer que la rutina de generación del archivo XML incluyera esta sección. Como se describió en la sección anterior, la rutina crea los elementos del archivo XML de manera dinámica. Lo anterior se debe a que se considera una mala práctica lo que se conoce como *hardcode*, es decir, tener los elementos XML directamente programados en el código fuente.

Para incluir los nuevos elementos en el archivo XML había dos escenarios: o realizaba un proceso de ingeniería inversa para agregar los cambios a la rutina principal o escribía una rutina independiente que agregara los cambios deseados. Ya que al igual que el *hardcode*, las rutinas independientes (parches) son prácticas que se desea evitar en la medida de lo posible, elegí la solución de la ingeniería inversa.

De esta forma, importé un proyecto de dimensionamiento y, acto seguido, generé un archivo de dimensionamiento (XML) desde el panel de control de la VCDT no sin antes haber insertado algunos puntos de control desde el editor de Visual Basic. Todo esto fue con la finalidad de conocer con un mayor detalle el proceso mediante el cual se incorporan los nombres de los elementos y sus valores. Si bien era un proceso que conocí a grandes rasgos en la actividad

anterior (agregar el MS2030), la variante aquí es que la sección del Edge Router era una sección completamente nueva.

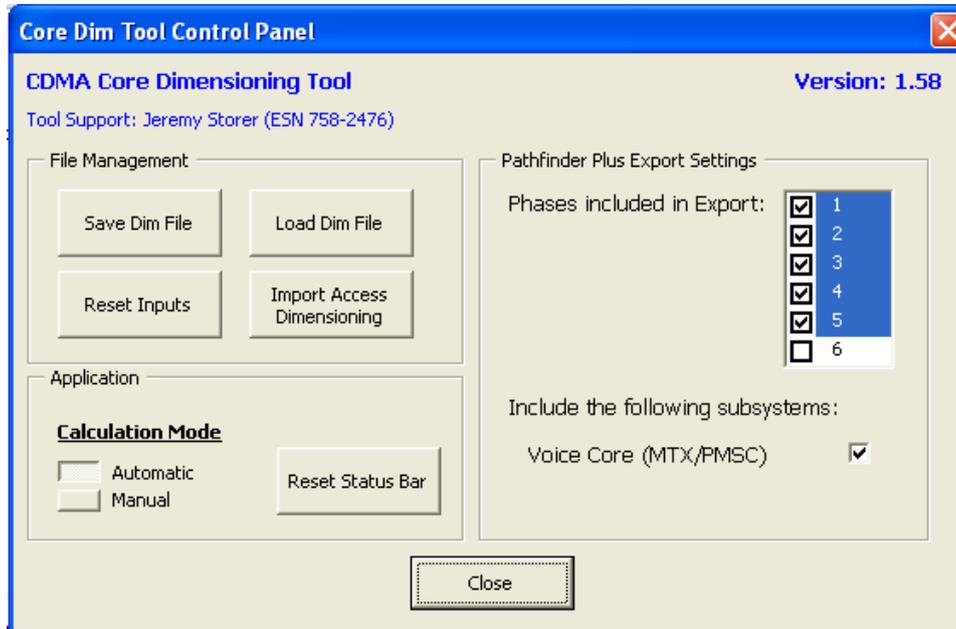


Figura 22: Panel de control de la VCDT

La ejecución paso a paso de la rutina conocida como “SaveDimFile” me llevó a algunas funciones de visual basic desconocidas para mí, sobre todo aquellas relacionadas con el modelo DOM. Sin embargo, al ser Visual Basic un lenguaje de programación altamente difundido, la documentación es abundante y precisa por lo que no tuve mayor complicación en entender el código fuente.

Como se mencionó previamente, una parte del código fuente hace referencia a una pestaña de la VCDT que no está visible, de la cual extrae las secciones válidas de donde extraerá datos. Para manipular esta pestaña oculta fue necesario ejecutar la función “mostrar” en Excel.

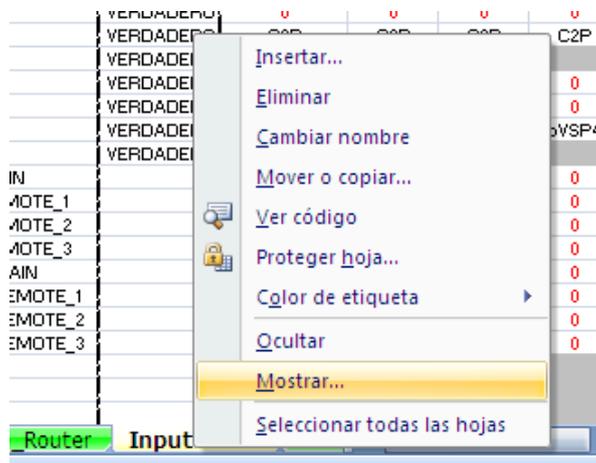


Figura 23: Ocultar/Mostrar pestañas de una hoja de Excel

Luego de aprender mediante el ensayo y error, finalmente pude tener una versión de la VCDT que incorporaba ya al Edge Router en sus rutinas de dimensionamiento.

El proceso de verificación de errores y asegurar la compatibilidad con Pathfinder es el mismo que se describió cuando se agregó el MS2030, por lo que no considero conveniente repetir la misma información.

Como se explicará más adelante, al finalizar esta tarea mi mentor consideró que estaba listo para asumir mis responsabilidades de manera autosuficiente y sin supervisión.

## Capítulo 3. Herramientas

### Recursos

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos, se contó con los siguientes recursos:

- Guías de Ingeniería
- Capacitación en las tecnologías de la compañía.
- La ayuda en línea tanto de Excel como del editor de Visual Basic.
- Un sitio de Internet, donde la referencia está orientada a programadores<sup>xvi</sup>
- Una página de Internet<sup>xvii</sup> para aprender el uso de XML.
- Ayuda y colaboración con:
  - Programadores al interior del área.
  - Los usuarios finales.
  - Expertos en el funcionamiento de los dispositivos.

### Metodología empleada

El proyecto se dividió en cuatro etapas, debido a la naturaleza de los procesos que intervinieron:

- ✓ Planeación
- ✓ Programación
- ✓ Prueba
- ✓ Liberación de la herramienta y retroalimentación de los usuarios

### Planeación

Esta etapa consistió en la descripción a detalle del funcionamiento de las nuevas modificaciones/incorporaciones. A grandes rasgos, estas tareas se pudieron resumir en:

- Selección de datos de entrada necesarios para hacer los cálculos
- Cálculos realizados con los datos de entrada
- Formato en el que los datos procesados, son mostrados como datos de salida. Dicho formato siguió las convenciones acordadas con otro equipo

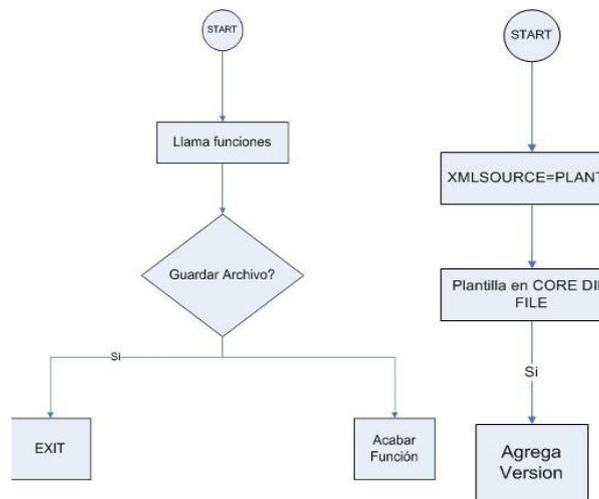
de desarrolladores, a fin de asegurar la compatibilidad con otras aplicaciones.

- Relación de los impactos ocasionados en otras secciones de la VCDT.
- Modificaciones necesarias para evitar errores en las secciones afectadas.

En suma, las primeras dos acciones de la planeación (selección datos de entrada necesarios y cálculos realizados) son precisamente las actividades que se desean automatizar ya que son las que lleva a cabo un Ingeniero de Pre-Ventas en su trabajo diario.

Las metodologías planteadas por la programación estructurada, fueron seguidas durante esta etapa, entre las que destacan:

- ✓ Programación modular
- ✓ Diagramas de flujo
- ✓ Pseudocódigo



**Figura 24: Ejemplo de un diagrama de flujo empleado en el proyecto**

## Programación

Una vez terminada la fase de planeación, los esfuerzos se concentraron en plasmar todas las ideas generadas en el código fuente de la VCDT. La metodología empleada fue la siguiente:

El código fuente fue escrito a partir de elementos típicos de los lenguajes de programación, tales como:

- Uso de sentencias de control -para hacer bucles-.
- Operadores -aritméticos, de relación, lógicos, etc.-
- Procedimientos y funciones

Para aquellos cálculos sencillos, se optó por las funciones nativas de Excel. En cambio VBA se utilizó cuando el cálculo requería de muchos pasos para realizarse, o cuando la programación de una función daba una mejor idea al usuario de cómo se había programado una regla de ingeniería.

Se utilizó el modelo DOM –Document Object Model- , un estándar para manejar documentos XML, el cual simplifica la forma en la que se procesa información de dichos documentos. Aunque este modelo es independiente de VBA, existe una librería que provee el soporte para esta funcionalidad.

Las herramientas de la sección “debug” del editor de Visual Basic, fueron utilizadas para realizar la depuración de los cambios.

Con el objeto de respetar el esquema de programación modular, la creación de variables y funciones fue muy restringida, pues se consideró necesario aprovechar al máximo los recursos existentes en otras secciones.

## Prueba

Esta fase inicia una vez que el programador ha terminado la depuración de la nueva versión de la VCDT. Este proceso descubre errores que son necesarios corregir antes de la liberación de la herramienta. Básicamente comprende tres actividades:

- ✓ Comparación de los archivos de salida de la versión que se prueba con los de una versión anterior.
- ✓ Interpretación de las variaciones entre dichos archivos.
- ✓ Si no hay errores en la VCDT se toma la decisión de liberar la nueva versión de la aplicación

## **Liberación de la herramienta y retroalimentación de los usuarios**

Liberar la herramienta significa distribuirla entre los usuarios registrados. La retroalimentación, se basa en medir algunos aspectos del proyecto mediante un cuestionario a los usuarios.

La VCDT se manda a cada usuario, luego de ser solicitada vía correo electrónico. Como se mencionó anteriormente, la herramienta está destinada al área de pre-venta. El número de usuarios registrados durante el proyecto fue de 20 personas.

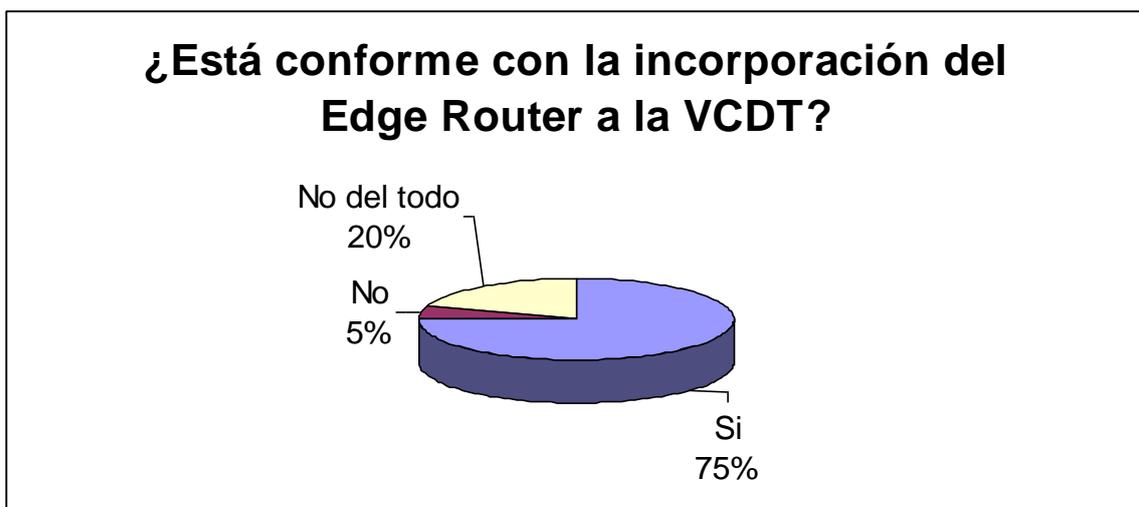
El cuestionario que sirvió para evaluar la versión de la VCDT descrita en este proyecto, contó con 10 preguntas de opción múltiple, de las cuales, sólo dos están relacionadas con el proyecto descrito en este informe: “¿Está conforme con la incorporación del Edge Router a la VCDT?” y “¿Está conforme con la incorporación del MS2030 a la VCDT?”. Las opciones de respuestas fueron: “sí”, “no del todo” y “no”.

Un campo adicional permite agregar comentarios, quejas y sugerencias por parte de los usuarios.

Un convenio entre mi área y el departamento de pre-ventas, obliga a que todos los usuarios regresen los cuestionarios con las respectivas respuestas.

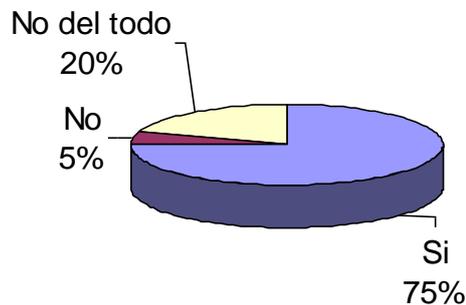
## Capítulo 4. Resultados

- El equipo de desarrolladores de mi departamento, aceptó tanto la actualización como el mantenimiento de la herramienta, luego de haber mostrado los resultados de las pruebas de la VCDT.
- Dichas pruebas, mostraron que la exportación a la herramienta de aprovisionamiento fue exitosa, ya que el programa que compara diferencias entre los archivos de salida de la versión actual y la anterior, demostró que el archivo de salida sólo varía en las modificaciones previstas.
- Los resultados positivos de esta versión de la VCDT, fueron determinantes para dar por terminado mi entrenamiento. A partir de la liberación de la VCDT, se me otorgó la responsabilidad de ser nombrado como encargado de la herramienta. Lo anterior significa que yo sería el único programador de la VCDT, con la libertad de planear según mi criterio el futuro desarrollo de esta aplicación así como ser el responsable por los posibles errores que esta generara (la política de aquel tiempo era que las pérdidas económicas por errores generados en el uso de software desarrollado en Nortel serían cubiertos por el departamento responsable de dichas aplicaciones).
- Las encuestas de satisfacción de usuario, demostraron un cierto nivel de aceptación por los nuevos cambios. Sólo dos preguntas de todo el cuestionario se referían a las nuevas modificaciones descritas en este proyecto: “¿Está conforme con la incorporación del Edge Router a la VCDT?” y “¿Está conforme con la incorporación del MS2030 a la VCDT?”. El 75% de los encuestados respondió “si”, 20% dijo “no del todo” y 5% optó por “no”-Ambas preguntas tuvieron los mismos resultados-.



Gráfica 1: Resultado de la incorporación del Edge Router

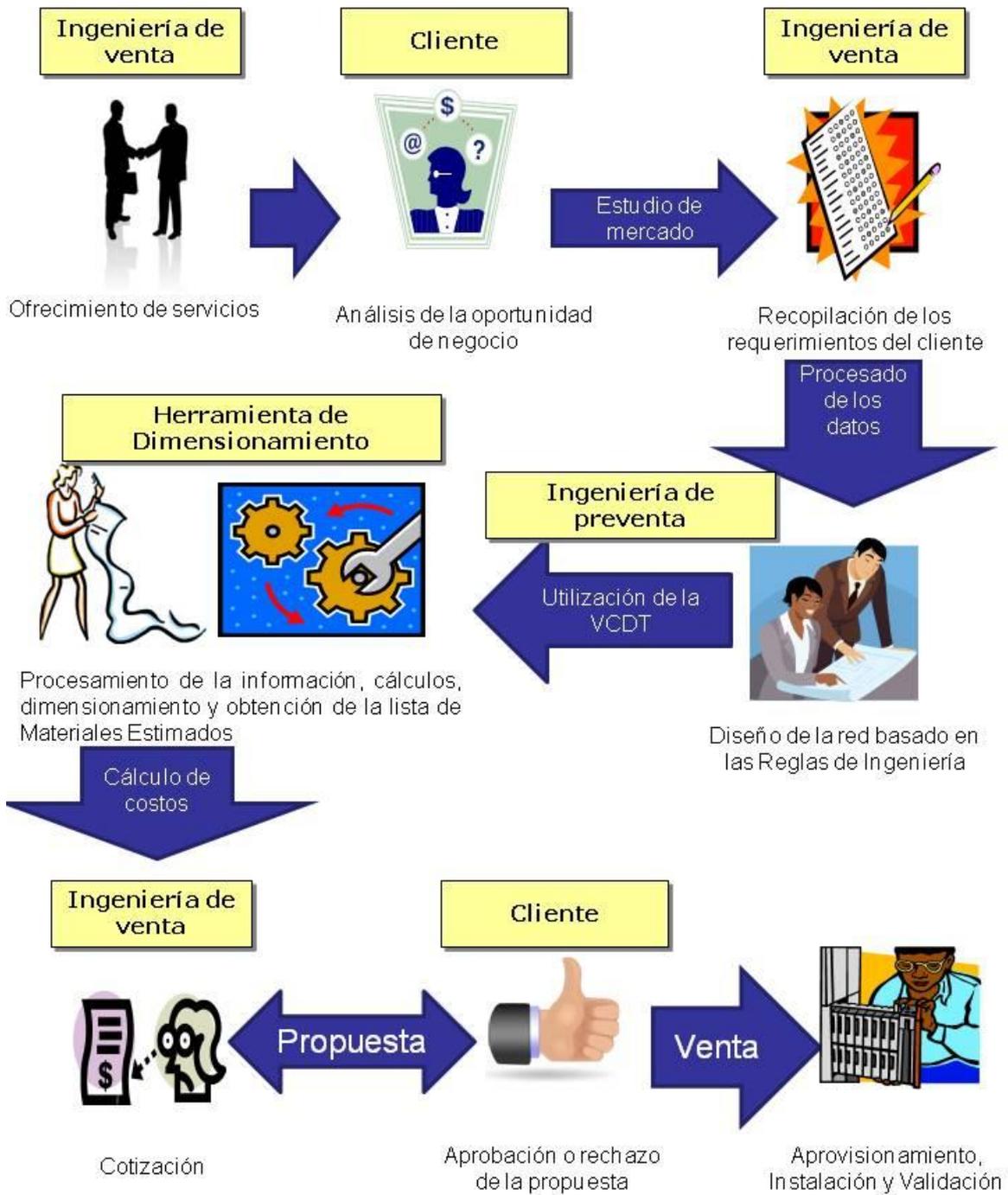
## ¿Está conforme con la incorporación del MS2030 a la VCDT?



**Gráfica 2: Resultado de la incorporación del MS2030**

- Ningún usuario realizó comentarios en el cuestionario, sobre las razones de sus respuestas. Sin embargo, en juntas posteriores argumentaron lo siguiente:
  - En general, la VCDT es útil cuando se está analizando una red que va a ser construida desde cero -Greenfield-.
  - Si se analiza una actualización, la VCDT crea más problemas de los que soluciona, ya que el esquema propuesto no permite una fácil administración de la infraestructura previa.
- Se redujo de manera significativa el tiempo necesario para encontrar las reglas que rigen el dimensionamiento del Media Server y el Edge Router. Buscar manualmente las reglas es un proceso que lleva tiempo ya que comprende los siguientes pasos:
  - En una base de datos se busca la Guía de Ingeniería que contiene los elementos de red analizados.
  - Una vez encontrada la Guía, se obtiene en el formato PDF, que generalmente representa un tiempo de descarga considerable- puede llegar a 2 minutos -si no se encuentra dentro de la red de la empresa- debido al tamaño del archivo.
  - El hecho de que algunas Guías de Ingeniería exceden las 100 páginas hace que la búsqueda de las reglas pueda verse retrasada por las múltiples referencias que existen de un mismo elemento de red, en el documento.
  - Una vez reunidas todas las reglas necesarias, se debe efectuar cierto análisis, ya que muchos parámetros presentes en las fórmulas provienen de otras secciones de la Guía y, en muchos casos, de otras Guías.

- Por otra parte, un usuario de la VCDT que quiera consultar las reglas de dimensionamiento de un determinado elemento de red, simplemente abre la hoja de cálculo y selecciona la pestaña del elemento de red en cuestión, para obtener la información requerida.
- Es difícil tener una idea cuantitativa, sobre los errores que evita la VCDT con los cálculos manuales. Sin embargo, podemos hacer un análisis a partir del número de operaciones que se llevan a cabo, cuando se dimensiona tanto un Edge Router, como para un Media Server.
  - Para calcular la cantidad de equipo necesario, al dimensionar un Edge Router, se realizan 27 operaciones a partir de 4 variables de entrada. Los usuarios de la VCDT, sólo deben ingresar las 4 variables de entrada para obtener automáticamente el resultado, mientras que si se hace un cálculo manual, se está más expuesto a un error – con el acarreo que supondría en las siguientes operaciones-.
  - El caso del Media Server es más dramático, ya que se realizan más de 50 operaciones y un método numérico – conversión de Erlangs a canales-, el cual contiene una rutina que hace 4 millones de iteraciones, con un total de 12 variables de entrada. De esta forma, un usuario de la VCDT sólo debe preocuparse por obtener esas 12 variables e ingresarlas a la pestaña del Media Server, ya que Excel hará automáticamente todos los cálculos.
- Se completaron todos los objetivos, una semana antes de cumplirse el plazo de dos meses que se había fijado con anterioridad, para la entrega de esta nueva versión de la herramienta.
- La VCDT simplificó el proceso de preventa en la forma que indica la siguiente figura:



**Figura 25: Modificación del Proceso de preventa debido a la VCDT**

Si se compara la figura 23 con la figura 10, la VCDT es capaz de asumir funciones repetitivas que antes consumían demasiados recursos en el área de preventa.

## Aportaciones

La mayoría del proyecto corrió bajo mi responsabilidad. Considero que es necesario hacer énfasis en las siguientes aportaciones, ya que tuvieron mayores consecuencias:

- ✓ Mi principal contribución, fue la de incluir una opción para que el usuario decidiera si en su dimensionamiento, emplearía un Edge Router de Nortel o no. Si el usuario elige “no” en esta sección, automáticamente las celdas que se relacionan con la cantidad de equipo requerido toman el valor de cero y, además, gracias a un formato condicional, las celdas se vuelven de color gris, para hacerle evidente al usuario, que no se va a efectuar un cálculo en aquellas celdas marcadas como “no”.
- ✓ El seguimiento que le di a los objetivos, desde el principio, evitó retrasos y permitió el cumplimiento de todo lo propuesto.
- ✓ Al estar en México y ser bilingüe, pude tener contacto directo con el grupo local de pre-ventas. Esto permitió obtener una retroalimentación más detallada que no pudo ser posible en el pasado debido a las barreras del idioma y la distancia geográfica.

## Conclusiones

### Sobre el Proyecto

Dimensionar es una tarea tan compleja, y depende de tantas variables, que el esquema que propone la VCDT no satisface totalmente las necesidades de los ingenieros de pre-venta.

He propuesto al gerente de mi departamento, que optemos por un esquema similar a los simuladores de circuitos eléctricos –PSPICE, por ejemplo-, donde se puede modelar una red a partir de colocar elementos en un esquema. Lo anterior le daría una flexibilidad tal a la VCDT que simplificaría tanto la programación como la utilización de la herramienta. Ya que el grupo de desarrolladores cuenta con la experiencia suficiente para llevar a cabo este cambio de interfaz, la implementación no debe ser muy complicada con los recursos necesarios.

Uno de los objetivos secundarios del proyecto es la intención de volverme autosuficiente en la tarea de actualizar y proveer el mantenimiento a la herramienta. Lo anterior se cumplió una vez liberada la herramienta y llevé dichas tareas sin ningún contratiempo durante 6 meses.

Es necesario establecer que la falta de esfuerzos comunes en mi departamento generó los siguientes inconvenientes:

- ✓ Las diferentes herramientas tienen una interfaz y criterios completamente distintos, por lo que la falta de homogeneidad provoca desconcierto entre los usuarios.
- ✓ La falta de manuales de usuario, contribuyen a un fenómeno de confusión.
- ✓ No seguir un estándar de programación ni de elaboración de documentos de desarrollo a alto nivel, dificulta demasiado la colaboración entre desarrolladores.

En el tiempo en el que se liberó el proyecto, cuando un usuario optaba por usar nuestras herramientas para llevar todo el proceso de dimensionamiento y aprovisionamiento, era necesario el uso de tres aplicaciones distintas, que contaban con su propio archivo de salida, que a su vez eran los archivos de entrada de dos de las herramientas. Dicha situación está a punto de cambiar, ya que las presiones de los usuarios y las de algunos desarrolladores -yo incluido-, han logrado un cambio de enfoque: Recientemente se anunció que tanto la VCDT como la herramienta de dimensionamiento de la red de acceso, ya no serían soportadas en Excel.

En cambio, se planea incorporar las funciones de ambas herramientas de dimensionamiento, a la herramienta de aprovisionamiento. Una sola aplicación con ambas funcionalidades, responde a diferentes iniciativas al interior de la empresa, como parte de un esfuerzo por simplificar procedimientos.

Los resultados positivos de este proyecto fueron determinantes para que se me asignara la tarea de migrar toda la VCDT a la herramienta de aprovisionamiento- Pathfinder-. Si bien el conocimiento adquirido en esta etapa sobre Excel y VBA, no será tan determinante en mi futura tarea, todo lo relacionado con el P-MSD y XML es la base de mi próxima asignación, por las siguientes razones:

- ✓ A pesar de las nuevas versiones del P-MSD, la mayoría de los nodos seguirán conservando las mismas funciones.
- ✓ Debido a las iniciativas de integración y compatibilidad de las diferentes herramientas existentes en Nortel, se ha escogido a XML como la estructura estándar de los archivos de entrada y salida
- ✓ El empleo de los diagramas de flujo y el pseudocódigo, fueron la base para seguir el esquema de programación modular, que ya contaba la VCDT cuando comenzó el proyecto.
- ✓ En menor medida, la utilización de pseudocódigo, fue una herramienta poderosa que permitió una mejor colaboración con el equipo de desarrolladores de la herramienta de aprovisionamiento.

Respecto al cuestionario de satisfacción, no tuve elementos para anticipar, de manera cuantitativa, un resultado, por lo siguiente:

- Sólo fueron dos preguntas de todo el cuestionario las que estaban relacionadas con mi participación.
- Como la tarea descrita fue mi primera asignación en la empresa, no conté con el marco de referencia necesario sobre este tipo de procesos.
- No tuve contacto con los usuarios de la VCDT durante el desarrollo.
- Los resultados de otras herramientas no podían compararse con los de la VCDT, ya que no es el mismo grupo de usuarios a quienes van dirigidas.

## **Sobre la formación profesional**

Tanto las habilidades de programación, como las del aprendizaje teórico sobre el cual las tecnologías de Nortel son desarrolladas, confirman que este conjunto de actividades, no pudieron llevarse a cabo por otro profesional que no fuera un Ingeniero.

Adicionalmente, fue claro que todos mis compañeros de equipo tomaron en cuenta mi formación como Ingeniero Electrónico y, en la comunicación establecida en el grupo, siempre hubo tecnicismos y analogías propios del ramo; por ejemplo, cuando me enseñaron la macro de la VCDT que convierte canales a Erlangs-y viceversa-, mi mentor utilizó una analogía con la ley de Ohm, para explicar que a partir de dos variables, se podía calcular una tercera.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, me proporcionó la habilidad de plantear, abordar y resolver problemas, como los que se presentaron en este proyecto. Hay varios temas en el plan de estudios - un caso muy claro es el diagrama de flujo- que fomentan un tipo de razonamiento estructurado y lógico, útil para incrementar la formación profesional.

Asimismo, muchos profesores compartieron conmigo procesos diseñados por ellos mismos, para resolver los problemas de sus asignaturas.

Es imposible que la Facultad de Ingeniería, prepare al alumno para todos los imprevistos que se presenten en la vida profesional; sin embargo, mi trayectoria laboral me permite asegurar que, el perfil de Ingeniero que obtuve al cursar todo el plan de estudios es el de un profesional que trabaja bien bajo presión; que sabe cómo trabajar en equipo; que se conduce bien solo; que encuentra soluciones con los recursos que tiene; que es creativo, y que tiene una alta tolerancia a la frustración, entre otras características.

Las áreas de estudio se volvieron tan específicas, que obligaron a la división de la Ingeniería Eléctrica, en subramas como Telecomunicaciones y Computación. Sin embargo, no se debe olvidar que todo es parte de un mismo campo de estudio. Debo concluir que, independientemente de haber realizado mis estudios en Ingeniería Eléctrica Electrónica y mi trabajo es relacionado con el desarrollo de software para telecomunicaciones, mi formación me permite abordar este problema.

---

## Glosario

### Digitalización

Abordar el tema de la digitalización de la voz es indispensable, ya que VoIP establece sólo una serie de reglas mediante las cuales se manda la señal de la voz. Sin embargo la representación de la voz humana en una serie de 1 y 0 a través de pulsos de corriente eléctrica corre a cargo de diferentes procesos de digitalización. Si bien cada técnica de digitalización difiere en los algoritmos utilizados, la conversión analógica-digital es más o menos la misma para todos los casos.

### Transducción

En este contexto, se le llama transducción al proceso de convertir las ondas sonoras en impulsos eléctricos. Dispositivos como un simple micrófono bastan para realizar esta tarea. Usualmente es el voltaje de dichos impulsos eléctricos la variable a medir.

### Muestreo

Básicamente se trata de recopilar una serie de muestras del audio en una unidad de tiempo determinada. El número de muestras depende de la calidad de audio y de procesamiento que se requiere. Se toma en cuenta que a mayor número de muestras aumenta la calidad pero también se deben realizar mayor número de recursos para realizar los cálculos de procesamiento y viceversa.

### Cuantificación

La cuantificación es el proceso de asignar un valor discreto (número entero) a los voltajes de las muestras recopiladas. Tomando en cuenta que los valores de dichos voltajes pueden ser variados, se hacen aproximaciones a los rangos de voltajes para su conversión a valores discretos.

### Codificación

Como resultado de algunos algoritmos matemáticos, la codificación es el resultado del mapeo entre el valor discreto de la cuantificación y un valor binario. Es precisamente en este punto cuando la señal de la voz humana está lista para ser transmitida vía VoIP. Sin embargo, la conversión analógica-digital debe ser reversible, es decir, que en el lado del receptor del mensaje, es necesaria una conversión digital-analógica para recuperar el mensaje.

### CODEC

Se le llama códec a la entidad, ya sea software o hardware, encargada de realizar la codificación y decodificación de señales digitales. En el ámbito de la Solución de VoIP de CDMA de Nortel, CODEC es el software encargado de realizar dicha codificación /decodificación y es el MGW el hardware encargado de albergar a dicho programa.

## **Anexos**

### **Planeación de Redes VoIP**

Si bien este trabajo aborda una metodología sencilla para dimensionar un nodo de red, la planeación de una Red VoIP tiene unos detalles en particular que vale la pena discutir. Para determinar el tipo de infraestructura necesaria, existen cuatro aspectos fundamentales sobre la red que se planea implementar: Utilización, confiabilidad, calidad y evaluación de los recursos de la red.

#### **Utilización**

La utilización se refiere a la cantidad de recursos que se ocupan en un momento dado. El volumen de llamadas, la cantidad de usuarios, el tiempo que duran las llamadas, los eventos que desencadenan el mayor número de llamadas, las horas pico, etc. son parámetros importantes que se toman en cuenta en este rubro. Vale la pena describir tres parámetros que se emplean en este proceso ya que se utilizarán más adelante en este reporte.

#### **Erlang**

El Erlang es una unidad -adimensional-, inventada con la intención de dar una idea de la ocupación de un recurso, es decir, del volumen de tráfico en un circuito continuamente ocupado. De esta forma, se determina si un sistema está sobre explotado o no, y que acciones se pueden tomar para optimizar recursos.

Hay diferentes fórmulas, con diferentes enfoques, utilizadas para calcular la cantidad de Erlangs. En Nortel es muy común utilizar el Erlang como unidad de medición de la utilización.

#### **Canales**

Son medios físicos o lógicos a través de los cuales fluye la información, es decir, una conexión entre el inicio y el fin de un circuito de comunicación. En el caso de de la metodología que emplea la herramienta descrita en este reporte, se utiliza el concepto de canal para generalizar ideas que dependen del contexto que se trate. Por ejemplo, en un router se habla de puertos, mientras que al nivel de la conexión entre una radio base y una BSC se habla de canales.

#### **Busy Hours Call Attempts (BHCA)**

Para que se establezca una llamada telefónica tienen que suceder muchos procesos en una red (por ejemplo, localizar al destinatario de la llamada, reservación de recursos, autenticación, tarificación, etc.). Aunque el emisor de la llamada no logre establecer una comunicación con el destinatario, el sólo Intento de llamada ocupa varios recursos. En especial, los Intentos de llamada en Horas Pico (Busy Hour Call Attempts en inglés) son de especial atención

para los diseños de red ya que son estos eventos en donde se alcanza la mayor ocupación de la red.

## Confiabilidad

La confiabilidad es un parámetro que se refiere a la capacidad de la red para funcionar correctamente todo el tiempo, es decir, que pueda proveer todos sus servicios frente a algún problema. En algunos países la PSTN es por excelencia una red 99.999% confiable, sin embargo, las redes VoIP aún no llegan a tal nivel de confiabilidad. La empresa CISCO Systems<sup>xviii</sup> atribuye las fallas de las redes VoIP principalmente a tres factores: Errores generados por los usuarios, Tecnología (Hardware) y a las aplicaciones (Software). En muchos documentos de diseño al interior de Nortel se recomienda que, para asegurar una alta confiabilidad de la red VoIP, se tenga un control muy estricto del tipo de tráfico que existe en la red (además de la voz) y que, además de aplicar políticas fuertes de prioridad en el tráfico VoIP, se tenga en cuenta la capacidad total de la red; de esta forma, se conocerán perfectamente las limitantes de la red y se podrán tomar medidas sobre los planes de actualización, escalamiento, seguridad etc.

## Grado de Servicio (GoS)

Una de los parámetros para medir la confiabilidad de la red es el Grado de Servicio o GoS por sus siglas en inglés (Grade of service), que se define como la probabilidad de que una llamada sea bloqueada debido a la falta de recursos disponibles en un momento dado. De esta forma, un GoS de 0.1 en un sistema equivale a decir que diez llamadas de cada 100 no podrán ser completadas.

En el caso específico del Voice Core de CDMA; Nortel utiliza un método numérico como aproximación de la fórmula Erlang B, el cual relaciona el grado de servicio y canales utilizados.

Asimismo, otra práctica que eleva la confiabilidad de una red VoIP es el uso de equipos redundantes, es decir, el uso de un componente de reserva el cual entra en operación al fallar algún dispositivo.

## Calidad

Si bien es cierto que una conversación VoIP no consume grandes recursos de una red (por ejemplo el ancho de banda), los usuarios suelen ser intolerantes frente a pequeños retrasos en la transmisión de los datos, porciones perdidas de la información, claridad del audio, etc. Es por ello que la calidad engloba al conjunto de parámetros que aseguran una experiencia aceptable para quien utiliza VoIP. Y precisamente como el término “aceptable” depende de parámetros cualitativos que evalúa un individuo en particular, la tarea de medir la calidad de la conversación VoIP es relativamente subjetiva. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU por sus siglas en inglés), ha desarrollado algunos métodos de medición de calidad de la llamada basados en datos estadísticos obtenidos a partir de las opiniones de usuarios de VoIP.

Cuando se diseña una red que tendrá funciones VoIP, se deben tener en cuenta los siguientes parámetros ya que intervienen directamente con la calidad:

### **Tipo de códec a usar**

Como se explicó anteriormente, a mayor muestreo, hay una menor pérdida de la información pero se incrementa la cantidad de recursos utilizados en el procesador que genera los cálculos de codificación y la cantidad del ancho de banda a utilizar.

### **Retraso (delay)**

Se refiere al tiempo que tarda en llegar la información de la voz a ser entregada, desde que se emite hasta que el destinatario escucha. El retraso se puede generar por la distancia que debe recorrer la información, los nodos intermedios (ej. Un Firewall) o el tiempo que le lleva a un códec digitalizar la voz.

### **Fluctuación (jitter)**

Es un caso particular del retraso, en el que se toma en cuenta las variaciones de las demoras en la llegada de paquetes de información. Dichas variaciones son consideradas propagaciones de error y por tanto generan ruido en la información.

### **Pérdida de información**

Como se abordó anteriormente, VoIP está diseñando para acoplarse a otros protocolos y privilegiar la rapidez de entrega de los datos. Dicha optimización evita la retransmisión de los datos que no pudieron llegar a su destino. En ocasiones, la información que no llegó a su destino es imperceptible para el oído humano, pero cuando la cantidad de información faltante es demasiada, la calidad de la conversación se reducirá. Hay dos causas principales por las que la información se pierde en una conversación VoIP:

### **Tráfico**

En una situación en la que la cantidad de información es demasiada para su capacidad, algunos nodos de red optan simplemente por no transmitir ciertos paquetes, es decir, los descartan.

## **Fluctuación**

Como se explicó anteriormente, cuando los paquetes llegan muy tarde o muy pronto, algunos protocolos eligen descartar porciones de información para no afectar demasiado el flujo de datos.

## **Calidad de Servicio (QoS)**

El protocolo IP tiene la capacidad de privilegiar la transmisión/recepción de cierto tipo de paquetes sobre el resto del tráfico. Cuando los equipos encargados de transmitir los paquetes tienen QoS activado, se llevará a cabo un análisis para determinar la naturaleza de la información y decidir la prioridad que tiene con respecto a los paquetes que estén a la espera de ser transmitidos. En general, en una red en la que la opción QoS esté activada, el tráfico VoIP suele ser de los de mayor importancia en transmitir para evitar problemas de retraso, jitter y pérdida de la información.

## **Evaluación de los recursos de la Red**

Independientemente de si una red será usada exclusivamente para el tráfico VoIP o si se mezclarán diferentes tipos de tráficos junto con el de la voz, se deben tener ciertas consideraciones sobre el diseño y la configuración de los servicios que se van a soportar para asegurar que las conversaciones telefónicas se pueden sostener de una forma adecuada.

Cuando se elige un cierto tipo de hardware y software es necesario asegurar que cumplen con los requerimientos de diseño, tales como compatibilidad con el protocolo VoIP elegido, facilidad de administración, interoperabilidad con el resto de los elementos de red, sistemas operativos, licencias, capacidad de memoria y procesamiento, velocidad de interfaces, consumo de energía eléctrica, calidad de servicio, etc.

Una práctica que ahorra mucho tiempo y dinero es hacer un inventario y comprobar que el hardware y el software cumpla con los puntos anteriores antes de comenzar la implementación, sobre todo si se trata de una red preexistente a la que se le incorporará la funcionalidad VoIP.

En muchos proyectos se preparan simulaciones con los datos provenientes de la utilización planeada. Existen modelos estadísticos complejos que arrojan información útil sobre los errores atribuibles a los dispositivos, el ancho de banda disponible, las fluctuaciones, etc.

En muchos casos, esta evaluación es un proceso iterativo, ya que en ocasiones el diseñador propone una red óptima la cual que es rechazada debido a que los costos son muy elevados para el presupuesto del proyecto por lo que debe ajustar una y otra vez el diseño hasta que ambas partes (diseñador y cliente) estén de acuerdo.

## **Elementos que definen el tamaño y ubicación de una célula**

### **Tamaño de la célula**

El tamaño de una célula depende del pronóstico del número de usuarios simultáneos al que se debe prestar servicios en un instante determinado y la sección del espectro disponible en un área determinada. Por ejemplo, una célula típica de un área rural tiene un radio de aproximadamente 15 km, mientras que en una zona urbana el radio puede ser de 1.5 km o menor. Actualmente existen las llamadas microceldas (350 metros de radio) y las picoceldas (50 metros de radio) destinadas a zonas cuyo volumen de llamadas es sumamente grande, tales como centros comerciales, estadios o centros de convenciones.

### **Ubicación de la radio base: posición, altura y orientación**

La ubicación de la radio base se decide a partir de las características particulares de un área geográfica. La posición de la antena de la radio base toma en cuenta que la propagación ondas de radio es afectada por los siguientes fenómenos (los cuales pueden ser inducidos por las características del lugar):

### **Bloqueo por obstáculos**

Algunos cuerpos tales como edificios o montañas evitan que las ondas continúen su propagación.

### **Refracción, Reflexión y dispersión de las ondas**

Se refiere a un conjunto de fenómenos en los que ciertos medios pueden causar el desvío en la trayectoria de la onda.

### **Trayectoria múltiple**

Además de la reflexión, otros fenómenos pueden causar que la onda de radio llegue a la antena por dos o más trayectorias. Si bien las ondas que llegan por trayectoria múltiple portan más o menos la misma información, tiene características diferentes que pueden afectar seriamente la recuperación de la información transmitida.

## **Fenómenos meteorológicos**

Las gotas de agua existentes en la niebla o la lluvia atenúan la propagación de las ondas de radio. Asimismo, otro tipo de fenómenos como las tormentas eléctricas causan interferencia.

## **Ruido eléctrico**

La presencia de otros dispositivos que utilizan las ondas de radio tales como teléfonos celulares, sistemas públicos de radiocomunicación, descargas eléctricas de sistemas eléctricos, etcétera también generan perturbaciones no deseadas en la señal que se transmite.

## **Efecto Doppler**

Es el aparente cambio de la frecuencia de las ondas debido al movimiento de la posición del emisor, medio o receptor con respecto a un punto de referencia fijo. Esta distorsión de la frecuencia para el receptor provoca que a mayor velocidad la calidad de la señal recibida sea menor. Aunque el efecto Doppler puede ser mitigado con el uso de algoritmos en el procesamiento de la señal, bajo ciertas circunstancias, por ejemplo el tipo de células que presentan servicios en los trayectos que cubren los trenes de alta velocidad, la posición de las radio bases (y hasta una modificación de las tecnologías tradicionales) debe ser cuidadosamente calculada.

Otros factores que afectan la posición de la radio base

## **Derecho de vía**

Aunque los cálculos realizados para obtener una ubicación óptima sitúen a una radio base en un lugar determinado, las grandes compañías deben analizar la viabilidad antes de tomar una decisión. Si bien es cierto que se puede disimular las antenas de las radio bases para que vayan de acuerdo a los elementos arquitectónicos y naturales de cierto paisaje, en muchas ocasiones los particulares y los gobiernos se niegan a conceder el derecho de instalación. También es común que la inaccesibilidad geográfica de un sitio haga poco viable la instalación de una radio base en ese lugar.

## **Handoff o handover**

Como ya se explicó, la potencia de transmisión al interior de una celda es relativamente baja, por lo que a medida que una terminal se aleja de la radio base llegará un punto en el que la atenuación de la señal transmitida sea tal que prácticamente la comunicación entre ambos puntos sea imposible. Para evitar la pérdida de conectividad durante una llamada, se inventó un proceso

llamado handoff o handover, el cual consiste básicamente en que cuando una terminal detecta que la intensidad de la señal proveniente de la radio base es muy baja se inicia la búsqueda de otras radio bases cercanas. Una vez que se identificó una radio base adyacente en la cual la atenuación de la señal sea menor que la celda activa, se llevan a cabo una serie de pasos con el fin de transferir la llamada a la célula adyacente. Es por ello que al buscar la posición en la que se establecerá una célula, se toman en cuenta las posiciones de las celdas adyacentes para optimizar el handoff.

## Referencias

### Bibliografía

"Nortel Networks Corporation 2007 Annual Report. [Toronto]": Nortel Networks Corporation, 2008. 176 p. Disponible en World Wide Web:  
<[http://www.nortel.com/corporate/investor/reports/collateral/nnc\\_en\\_annual\\_report.pdf](http://www.nortel.com/corporate/investor/reports/collateral/nnc_en_annual_report.pdf)>

"CDMA Packet Mobile Switching Center -P-MSC-".[en línea] Nortel. [ref. de 6 de febrero de 2009].Disponible en World Wide Web:  
< [http://products.nortel.com/go/product\\_content.jsp?segId=0&parId=0&prod\\_id=50242](http://products.nortel.com/go/product_content.jsp?segId=0&parId=0&prod_id=50242)>.

KORHONEN, Juha. *Introduction to 3G Mobile Communications*.Artech House, 2003, 544 p., ISBN 1580535070

"Provisioning" [en línea].Telecommunications:Glosary of Telecommunications Terms, Federal Standard 1037C, Colorado,7 de agosto 1996 [ref. de 10 de febrero de 2009].Disponible en World Wide Web: < <http://www.its.bldrdoc.gov/projects/telecomglossary2000>>.

"Media Server 2000: Overview". [en línea] Nortel. [ref. de 18 de febrero de 2009].Disponible en World Wide Web:  
<[http://products.nortel.com/go/product\\_content.jsp?segId=0&parId=0&prod\\_id=50640&locale=en-US](http://products.nortel.com/go/product_content.jsp?segId=0&parId=0&prod_id=50640&locale=en-US)>.

VALDAR, A. R. *Understanding telecommunications networks*, Institution of Engineering and Technology (IET), 2006, 336p

POOLE, Ian. *Cellular communications explained: from basics to 3G*. Newnes, 2006, 201 p

ROSENBERG, Adam N et al. *CDMA capacity and quality optimization*. McGraw-Hill Professional, 2003, 627 p

BEDELL, Paul. *Wireless crash course*. McGraw-Hill Professional, 2005, 533 p

SERWAY, Raymond A. *Física*.Cengage Learning Editores, 2005 - 912 páginas

SORIANO, Miguel. *Generación y análisis de secuencias pseudoaleatorias*. Ediciones UPC. Barcelona, 1999. 78 p. ISBN 8483013487

DEITEL, Harvey M. *Como programar en C* .Pearson Educación, 20031320 p, ISBN 9702602548,

ETHERIDGE, Denise. *EXCEL 2007 Programming*. Wiley Publishing, New Jersey, 2007, 335p. , ISBN: 978-0-470-13230-2

EPSTEIN, Joseph. *Scalable VoIP Mobility: Integration and Deployment*.Edición ilustrada, Newnes, 2009. 400p. ISBN 1856175081, 9781856175081

"Nortel cutting 2,100 jobs" [en línea] CBC News .27 febrero 2008  
<http://www.cbc.ca/canada/ottawa/story/2008/02/27/nortel-jobs.html>.[consulta:05 de Febrero de 2009]

HARDY, Daniel. *Networks*. Paris, De BoeckUniversité, 2002, 764 p., ISBN 2744501441

Microsoft Developer Network [en línea] Microsoft Corporation [ref. de mayo de 2008] Disponible en World Wide Web: <<http://www.w3schools.com/xml/default.asp> >

“Cómo citar Bibliografía” Universidad Carlos III de Madrid [en línea] Octubre 2008. [http://www.uc3m.es/portal/page/portal/biblioteca/aprende\\_usar/como\\_citar\\_bibliografia#art\\_cont\\_pub](http://www.uc3m.es/portal/page/portal/biblioteca/aprende_usar/como_citar_bibliografia#art_cont_pub) [consulta: 5 de febrero 2008]

“XML Tutorial” [en línea] W3schools [ref. de mayo de 2008] Disponible en World Wide Web:<<http://www.w3schools.com/xml/default.asp> >.

ARIÑO, Gaspar *Telecomunicaciones y audiovisual: -cuestiones disputadas*. Jurisweb Interactiva 2003. 232p. ISBN 8495996278.

## Figuras y Gráficas

Elemento	Fuente
<i>Figura 1:El conmutador Telefónico</i>	Elaboración propia
<i>Figura 2:: Diagrama de una Red VoIP</i>	Elaboración propia
<i>Figura 3:MS2030</i>	“Media Server 2000: Overview”. [en línea] Nortel. [ref. de 18 de febrero de 2009]. Disponible en World Wide Web: < <a href="http://products.nortel.com/go/product_content.jsp?segId=0&amp;parId=0&amp;prod_id=50640&amp;locale=en-US">http://products.nortel.com/go/product_content.jsp?segId=0&amp;parId=0&amp;prod_id=50640&amp;locale=en-US</a> >
<i>Figura 4:ERS8600</i>	“Metro Ethernet Routing Switch 8600”. [en línea] Nortel. [ref. de 24 de febrero de 2009]. Disponible en World Wide Web: < <a href="http://products.nortel.com/go/product_content.jsp?segId=0&amp;parId=0&amp;prod_id=43660&amp;locale=en-US">http://products.nortel.com/go/product_content.jsp?segId=0&amp;parId=0&amp;prod_id=43660&amp;locale=en-US</a> >
<i>Figura 5: Representación hexagonal de un conjunto de celdas</i>	Elaboración propia
<i>Figura 6: Infraestructura básica de una Red de Telefonía Celular</i>	Elaboración propia
<i>Figura 7: Analogía para entender FDMA</i>	Elaboración propia
<i>Figura 8: Analogía para entender TDMA</i>	Elaboración propia
<i>Figura 9: Analogía para entender CDMA</i>	Elaboración propia
<i>Figura 10: Proceso de Preventa</i>	Elaboración propia
<i>Figura 11: Una pantalla de Excel 2003</i>	Elaboración propia
<i>Figura 12: El editor de Visual Basic incluido en Excel</i>	Elaboración propia
<i>Figura 13: Estructura de un archivo xml consultado a través de un navegador de Internet</i>	Elaboración propia
<i>Figura 14: Organigrama General de Nortel</i>	Elaboración propia
<i>Figura 15: Organigrama general de la División de CDMA de Nortel</i>	Elaboración propia
<i>Figura 16: Ejemplo 1 de diferencia de estilos de programación</i>	Elaboración propia
<i>Figura 17: Ejemplo 2 de diferencia de estilos de programación</i>	Elaboración propia
<i>Figura 18: Herramientas de auditoría en Excel</i>	Elaboración propia
<i>Figura 19: Sección del archivo XML referente al MS2030</i>	Elaboración propia
<i>Figura 20: Depuración (debugger) de código en el editor de VBA</i>	Elaboración propia
<i>Figura 21: Versión preliminar de la sección del Edge Router</i>	Elaboración propia
<i>Figura 22: Panel de control de la VCDT</i>	Elaboración propia
<i>Figura 23: Ocultar/Mostrar pestañas de una hoja de Excel</i>	Elaboración propia
<i>Figura 24: Ejemplo de un diagrama de flujo empleado en el proyecto</i>	Elaboración propia
<i>Figura 25: Modificación del Proceso de preventa debido a la VCDT</i>	Elaboración propia
<i>Gráfica 1: Resultado de la incorporación del Edge Router</i>	Elaboración propia
<i>Gráfica 2: Resultado de la incorporación del MS2030</i>	Elaboración propia
<i>Tabla 1: Cursos Institucionales obligatorios, parte1</i>	Elaboración propia
<i>Tabla 2: Cursos Institucionales obligatorios, parte2</i>	Elaboración propia

---

## Notas

<sup>i</sup> Originalmente fundada como Northern Electric and Manufacturing Company Limited, luego de una división obligada de la Bell Telephone Company of Canada. Para saber más, consultar *Nortel History - 1874 to 1899* [en línea]. Nortel, 1999 [ref. de 5 de febrero de 2009]. Disponible en World Wide Web: <<http://www.nortel.com/corporate/corptime/1874.html>>.

<sup>ii</sup> Tomado de “Solución” [en línea]. Diccionario de la Lengua Española [ref. de 5 de febrero de 2009]. Disponible en World Wide Web: <<http://rae2.es/solución>>.

<sup>iii</sup> “Total Solution” [en línea]. Webopedia [ref. de 5 de febrero de 2009]. Disponible en World Wide Web: <[http://webopedia.com/TERM/T/total\\_solution.html](http://webopedia.com/TERM/T/total_solution.html)>.

<sup>v</sup> Creada en 1986, la Internet Engineering Task Force (IETF) es una institución sin fines de lucro que desarrolla, regula y promueve algunos estándares de Internet.

<sup>vi</sup> Véase concepto de terminal en el Tema de VoIP

<sup>vii</sup> SCHERER, Scott. “1Q/2Q09 2G/3G/4G Contract, Deployment, and Subscriptions Database” INSTAT [en línea] Mayo 2009. <http://www.instat.com/abstract.asp?id=311&SKU=IN0904346GDS> [consulta Octubre 2010]

<sup>ix</sup> Pathfinder es una aplicación utilizada para el aprovisionamiento de red. El archivo salida de la VCDT puede exportarse a Pathfinder.

<sup>x</sup> En lo sucesivo VCDT por sus siglas en inglés –Voice Core Dimensioning Tool

<sup>xi</sup> El plan de estudios de cada curso puede conocerse a detalle en [www.nortel.com](http://www.nortel.com) en la sección “training & certification”.

<sup>xii</sup> Para la elaboración de este reporte se utilizó una versión en español de Excel, sin embargo la VCDT fue desarrollada en la versión en inglés. La función original es SUM.

<sup>xiii</sup> CDMA Network Engineering Guide 2005, disponible solo para uso al interior de la empresa.

<sup>xiv</sup> Dicho factor de compensación se sugiere de acuerdo a los parámetros de calidad que requiere el cliente. Un factor que se acerca mucho a uno indicará que el cliente ha puesto mucho énfasis en que sus usuarios tengan una probabilidad de rechazo de llamada cercana al 0%. Si bien esta característica podría ser deseable para todos los clientes, un factor de 1 eleva los costos de la red por lo que muchos clientes no siempre se deciden por este escenario. En la práctica, todos los clientes de EU tienen un factor de 0.97 o superior mientras que en otros lugares se pueden encontrar redes con factores mucho menores.

<sup>xv</sup> Como parte de la venta de la división de Enterprise de Nortel a Avaya, es esta última quien posee los derechos de este router ahora conocido como Avaya ERS 8600

<sup>xvi</sup> Microsoft Developer Network [en línea] Microsoft Corporation [ref. de mayo de 2008] Disponible en World Wide Web: <<http://www.w3schools.com/xml/default.asp>>.

<sup>xvii</sup> “XML Tutorial” [en línea] W3schools [ref. de mayo de 2008] Disponible en World Wide Web: <<http://www.w3schools.com/xml/default.asp>>.

<sup>xviii</sup> “Configuring a VoIP Network” [en línea] Cisco Systems [ref de 3 octubre de 2010]. Disponible en World Wide Web: <<http://www.cisco.com/en/US/docs/switches/lan/catalyst6500/catos/7.x/configuration/guide/voicecfg.html#wp998204>>