

**ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL  
OFICINA REGIONAL SUDAMERICANA**

**CUARTA REUNION INFORMAL SOBRE LA PLANIFICACION E  
IMPLEMENTACION DE LA RED DIGITAL SAM**

**( REDDIG/4 )**

Lima, Perú, 4 al 8 de septiembre del 2000)

**Asunto 2 : Aspectos técnicos para la implementación de la REDDIG  
circuitos orales domésticos**

(Presentada por la Secretaría)

**Resumen**

**Esta nota de estudio presenta a consideración de la reunión, los aspectos relativos al plan de transmisión, a la sincronización, señalización, y numeración, relativos a los circuitos orales domésticos y la REDDIG, así como el de la red de respaldo que son necesarios observar para mantener la calidad de las comunicaciones y armonizar el funcionamiento entre las mismas. La nota presenta asimismo información sobre las causas principales que producen el deterioro de la calidad de la transmisión y enumera una serie de soluciones tendientes a resolver y evitar dichos problemas.**

**1 Introducción**

1.1 Esta nota de estudio tiene por finalidad presentar a la reunión las consideraciones tomadas durante el diseño de la REDDIG así como las que debieron ser consideradas por los Estados en relación a sus redes domésticas. Dentro de esta categoría están incluidos tanto los circuitos orales ATS domésticos como los circuitos administrativos. En la sección 3.1.4 del Pliego de especificaciones técnicas de la REDDIG están descritos los servicios que proporcionaría dicha red así como los aspectos relativos a las comunicaciones de voz y de datos.

1.2 Durante la etapa de diseño de la red fueron solicitadas a los Estados una serie de informaciones relativas a sus sistemas de comunicaciones con la finalidad de ser incorporadas al pliego de especificaciones técnicas de la REDDIG, sin embargo mucha de la información recibida ha sido parcial.

1.3 En base a la información presentada en esta nota de estudio y debido a los plazos del proyecto de implantación, se pretende que los Estados puedan completar durante la reunión, las informaciones técnicas particulares que es necesario incorporar al pliego.

1.4 Se presenta a continuación la parte técnica correspondiente a los temas indicados en el resumen de la nota de estudio.

## 2 Aspectos técnicos

2.1 En esta sección se describen los siguientes aspectos técnicos:

- a) El plan de transmisión.
- b) Los efectos del eco y del tiempo de transmisión.
- c) Los efectos del ruido de cuantificación y los tiempos de retardo asociados a las conversiones A/D y a la compresión/decompresión de la señal.
- d) El plan de sincronización de la red.
- e) Los aspectos técnicos referentes a la señalización en la red.
- f) La red de respaldo.
- g) El plan de numeración.

### 2.2 Plan de transmisión

2.2.1 El plan de transmisión forma parte fundamental del planeamiento de una red. La ITU-T ha desarrollado las recomendaciones G.101 y G.171 en relación al plan de transmisión.

2.2.2 El plan de transmisión considera los aspectos relativos a los niveles de transmisión y recepción, la estabilidad del circuito mediante la adición de pérdidas (atenuación de la señal) para evitar las oscilaciones, el control del eco, las consideraciones del tiempo de transmisión, la codificación del procesamiento de la señal en un trayecto digital, la compresión, y la evaluación de los deterioros de la señal.

2.2.3 Estos aspectos deben ser considerados no solo en la REDDIG sino también en la red doméstica, razón por la cual el uso de circuitos digitales terrestres (como por ejemplo E1/T1) en la parte doméstica, simplificaría notablemente el diseño del plan, la puesta a

punto y mantenimiento de la red así como la expansión de la misma, y permitiría asegurar los tiempos de retardo que se requieren en conformidad con la recomendación de la ITU-T G.114.

2.2.4 Los Estados deberían tomar las provisiones necesarias para que los circuitos a ser conectados a la REDDIG se encuentren disponibles y operativos antes del inicio de la instalación del nodo.

2.2.5 La OACI durante la etapa de planificación de la actual red de circuitos orales ATS, estudió los problemas de eco que se presentarían en ella como consecuencia de la utilización de terminales a 2 hilos. La OACI recomendó a los Estados que en la implantación de la red de circuitos orales ATS, sólo se debería considerar el uso de terminales a 4 hilos, con lo cual al no existir problemas de eco en la red, no sería necesario el uso de los supresores de eco, dispositivos que al controlar el eco producen el deterioro de la señal (mutilación de la señal) tanto en las llamadas terminales como de tránsito, siendo estas últimas las más seriamente afectadas ya que los conmutadores no disponen de los mecanismos para deshabilitarlos en las llamadas de tránsito. Los Estados en la mayoría de los casos, incorporaron a la red de circuitos orales ATS terminales a 4 hilos de tipo propietario tanto para los abonados domésticos como para los internacionales asociados al centro conmutador.

### 2.3 **Efectos del eco y del tiempo de transmisión.**

2.3.1 Los tiempos de transmisión para conexiones con segmentos digitales incluyen los retardos introducidos por los equipos y sistemas (principalmente los debidos a los procesos de multiplexación, compresión de voz, conmutación y por los dispositivos de cancelación de eco) y los tiempos de propagación del medio de transmisión (microondas, fibra óptica, satélite, etc).

2.3.2 Las causas que limitan los tiempos máximos de transmisión se deben a los efectos que producen el retardo y el eco para el hablante (talker echo) y la dificultad que dichas causas generan al realizar una conversación de tipo interactivo.

2.3.3 Los aspectos concernientes a las dificultades de conversación sobre circuitos con gran retardo fueron estudiadas inicialmente en 1931 por H. Decker. El estudio fue realizado mediante pruebas subjetivas de conversación sobre arreglos de circuitos a 4 hilos. En estas pruebas no fueron encontrados problemas de eco, los resultados de estas pruebas mostraron que a partir de los 400 ms de retardo extremo a extremo en un solo sentido, el 60% de los participantes experimentó dificultades en las conversaciones. Observaciones posteriores que fueron realizadas con el establecimiento de las primeras comunicaciones por satélite, utilizando supresores de eco, mostraron resultados similares a los encontrados por Decker.

2.3.4 A partir de 1987 fueron presentados a la ITU, como contribuciones de algunas administraciones telefónicas y fabricantes, los resultados de pruebas que consideraban el uso de canceladores de eco y los efectos del retardo en la dinámica de una conversación.

2.3.5 Los resultados del primer grupo de pruebas mostraron que no existen diferencias significativas de 'porcentaje de dificultad' para retardos entre 45 y 300 ms, y que a partir de los 500 ms el 'porcentaje de dificultad' se duplica. Sin embargo este valor del 16% está muy por debajo del valor de 60% obtenido con los supresores de eco.

2.3.6 A través del segundo grupo de pruebas se evaluaron los efectos dinámicos de la conversación considerando la interrupción y la calidad mediante los modos de conversación que implican el recibir números, verificar números aleatorios, completar letras faltantes en palabras, verificar nombres de ciudades, determinar figuras en base a la conversación, y la conversación con tema libre. Los resultados de estas pruebas mostraron que la calidad subjetiva, en función del retardo, varían dependiendo del modo de conversación y del grupo humano que es sometido a la prueba.

2.3.7 La ITU con respecto a estas pruebas concluye en que el uso de canceladores de eco en las conexiones por satélite proporcionan una calidad y funcionamiento idéntico a las comunicaciones telefónicas terrestres, y que los efectos desfavorables dominantes son originados por retardo puro.

2.3.8 La ITU-T en su recomendación G.114 (1996), toma en consideración las pruebas anteriormente descritas, y establece que los tiempos de transmisión extremo a extremo en un solo sentido inferiores a 400 ms, para conexiones con eco adecuadamente controlado, son aceptables, e inaceptables aquellas comunicaciones que superen los 400 ms a efectos de planeamiento de la red.

2.3.9 La OACI para la planificación de los circuitos orales ATS recomienda que el mencionado tiempo no debe ser superior a 400 ms.

2.3.10 El diseño de la REDDIG es por lo tanto conforme con la recomendación ITU-T G.114, a fin de asegurar la calidad de las comunicaciones. Razón por la cual se requiere el uso de canceladores de eco y el establecimiento de las comunicaciones extremo a extremo mediante un solo salto de satélite.

2.3.11 Los requerimientos mencionados en el párrafo anterior deberían ser tomados en consideración por las Administraciones de Aviación Civil (CAAs) para los circuitos que necesiten ser conectados con las redes domésticas. La prolongación de estos circuitos ha de ser efectuada únicamente sobre redes terrestres (micro-ondas, fibra óptica, etc). Otro aspecto limitante en el tiempo de transmisión asociado con el circuito de tramo doméstico es el tiempo de retardo de trayecto de eco del cancelador, que tiene que ser minimizado.

2.3.12 Los Estados al planificar su red doméstica deben tomar en consideración que la prolongación de un circuito a 2 hilos sobre otros medios de transmisión domésticos introduce múltiples puntos de eco (más de una híbrida en el trayecto del circuito) y probablemente la adición de otros canceladores de eco en el trayecto del circuito con lo cual se produce el deterioro de la señal.

2.3.13 Los Estados deberían considerar la ventaja que presenta el empleo de una solución digital pura con terminales digitales (TE1), lo cual facilita la implantación del plan de transmisión y el control del eco por ser su diseño a 4 hilos, lográndose de esta manera reducir el problema de la transmisión a un problema de 'retardo puro', con los consiguientes beneficios indicados por la ITU-T. Sin embargo hay que tomar en cuenta que una implantación mediante terminales (TE2) los cuales requieren de adaptador, no proporcionan los mismos beneficios.

#### **2.4 Efectos del ruido de cuantificación y los tiempos de retardo asociados a las conversiones A/D y a la compresión/decompresión de la señal.**

2.4.1 La conversión de la señal analógica a señal PCM y la compresión y descompresión de la señal de voz introduce ruido y retardo a las comunicaciones.

2.4.2 El ruido es introducido en la conversión A/D por el efecto de la cuantificación de la señal en un número determinado de estados discretos que representan la señal continua. Asimismo, se introduce ruido a la señal en los algoritmos numéricos de compresión y descompresión de la señal. Este proceso es aditivo y se presenta en cada etapa donde se efectúa una conversión A/D o compresión / descompresión de la señal.

2.4.3 Otro aspecto importante a ser considerado es el retardo introducido en las comunicaciones en cada paso de conversión A/D y compresión / descompresión de la señal.

2.4.4 La conversión A/D introduce un retardo aproximado de 0.125 ms. La ITU-T en su recomendación G.711, incluye los esquemas de codificación correspondientes a la ley A (norma europea) y ley  $\mu$  (norma americana). Asimismo la ITU establece que en aquellas conexiones que no utilicen el mismo esquemas de codificación (ley A y ley  $\mu$ ) deberá efectuarse la traducción en el extremo de red que utilice la ley  $\mu$ .

2.4.5 La ITU-T tiene disponibles recomendaciones referentes a la compresión de la voz, entre las codificaciones de voz disponibles se encuentran el ADPCM a 32 kbps, la LD CELP a 16 kbps, la CS-ACELP a 8 kbps y la MPLQ/ACELP a 6.3 Kbps. Existen otros esquemas de codificación disponibles que sin embargo son de tipo propietario.

Considerando que los nuevos ambientes de redes con los que debe interactuar la REDDIG son del tipo digital es conveniente optar por un esquema de codificación estandarizado que permita realizar la codificación y decodificación en los extremos del circuito.

2.4.6 La compresión / descompresión de la señal, dependiendo del tipo y nivel de compresión y del grado de complejidad del algoritmo, introduce retardos algorítmicos de 2 ms para la compresión LD CELP G.728 a 16 kbps, 15 ms para la compresión CS-ACELP G.729 a 8 kbps y de 35 ms para la compresión MPLQ/ACELP G.723.1 a 6.3/5.3 kbps respectivamente. Debido a las limitaciones en las unidades de procesamiento digital que realizan la compresión y descompresión de las señales, los tiempos totales de retardo pueden ser mayores pero generalmente son inferiores al doble del tiempo algorítmico.

2.4.7 Los tiempos de retardo anteriormente indicados junto con los tiempos introducidos en los conmutadores deben ser considerados en el diseño de la red y en la red de respaldo. El tiempo de retardo introducido por un conmutador ISDN es del orden de 1 ms y el de un conmutador de Frame Relay es de aproximadamente 5 ms.

2.4.8 Considerando la degradación que sufre la señal con cada paso de conversión A/D y compresión/descompresión de la señal, así como los retardos que se generan en cada una de estas operaciones, se requiere que las mismas sea realizada únicamente en los extremos del circuito y por lo tanto, bajo condiciones de tránsito, los conmutadores deben ser capaces de conmutar las señales directamente y sin efectuar operaciones de conversión y/o compresión/descompresión de las señales. Esta característica de los conmutadores será utilizada inicialmente en la red de respaldo de la REDDIG y posteriormente cuando se integren los nodos a través de enlaces de fibra óptica.

2.4.9 La REDDIG ha considerado el uso de la ley de codificación A, y los algoritmos de compresión estandarizados de la ITU-T G.723.1, G.728 y G.729 con la finalidad de facilitar la interconexión con otras redes.

## 2.5 **Sincronización de la red**

2.5.1 La sincronización de una red digital constituye uno de los aspectos críticos en el planeamiento de una red privada internacional con conexión a las redes públicas, debido a los errores que pueden originarse en la señal como consecuencia de las diferencias de las velocidades de transmisión y recepción.

2.5.2 Con respecto a este asunto la ITU-T en su recomendación G.826 y la ISO/IEC en su norma 11573 tratan el asunto referente a la sincronización de las redes.

2.5.3 La REDDIG ha adopta un esquema basado en relojes GPS debido a que en algunos puntos de la red podría no disponerse aun de conexiones digitales con la precisión adecuada desde donde puedan ser derivada la señal de la red nacional. Asimismo han sido considerados los mecanismos para mantener la sincronización de la red en caso de falla de la señal primaria.

## 2.6 Señalización

2.6.1 La OACI recomendó a los Estados la adopción del protocolo de señalización CCITT-No 5 entre centros de conmutación para la actual red de circuitos orales ATS, debido a que éste es ampliamente utilizado entre centros de conmutación internacional. Esta recomendación tomó en consideración el estado de desarrollo de las redes así como la capacidad de los sistemas en la región, los cuales al estar basados en redes analógicas y emplear el satélite como medio de transmisión principal, no disponían de las facilidades para proporcionar señalización fuera de banda (E y M), e impedían el uso de protocolos de secuencia obligada (R2) debido a los tiempos de transmisión del orden de 260 ms, con lo cual su uso habría implicado una demora de 0.5s en la transmisión de cada dígito marcado.

2.6.2 Los estados efectuaron la implantación de la señalización CCITT No5 mediante equipamiento complementario (convertidores de señalización), debido a que los conmutadores que disponían no incorporaban el protocolo. Estos convertidores fueron muchas veces desarrollos locales que incorporaron desviaciones respecto a las recomendaciones de la ITU-T, generándose de esta manera problemas de funcionamiento en la red.

2.6.3 La REDDIG tiene previsto la provisión de la función de conmutación y el empleo de diferentes interfases y protocolos de señalización tanto analógicos como digitales para facilitar la integración de la red con los conmutadores de los CAAs.

2.6.4 Dado que la REDDIG proporciona los recursos necesarios para establecer diferentes tipos de señalización, no será necesaria mantener la actual señalización CCITT No 5 entre centros de conmutación, pudiéndose remplazar dicho protocolo por un protocolo provisto en el conmutador como por ejemplo el Wink y DTMF. Esto traerá como consecuencia la eliminación de los problemas de estandarización de los protocolos en la red, así como los problemas asociados con la logística de los convertidores de señalización.

2.6.5 Al tratar este tema los Estados deberían considerar la conveniencia de iniciar el uso de protocolos basados en señalización PSS1/QSIG en aquellos casos donde los conmutadores de los CAAs dispongan del mencionado tipo de señalización. Esta decisión facilitaría la migración posterior de la red a este nuevo protocolo de señalización, así como la implantación temprana de algunos servicios suplementarios.

## 2.7 **Red de respaldo**

2.7.1 La REDDIG ha previsto una red de respaldo para garantizar la continuidad de los servicios en caso de falla de los enlaces internodales principales. Esta red de respaldo ha sido prevista mediante acceso conmutado a través de la red pública ISDN.

2.7.2 En algunos Estados puede que no este disponible el acceso a la red ISDN durante la etapa de implantación de la REDDIG. Con relación a este asunto los Estados deberían considerar la alternativa de utilizar enlaces dedicados o la utilización de otros medios en caso de contingencia.

2.7.3 Con respecto a este asunto los Estados deberían tomar las provisiones necesarias para que los circuitos de respaldo se encuentren operacionales al inicio de la instalación del nodo.

## 2.8 **Plan de Numeración**

2.8.1 El plan de numeración para la red de circuitos orales ATS incluido en la especificación técnica para la REDDIG, corresponde a un plan de numeración cerrada que es fácil de implantar y que requiere de pocos dígitos para lograr el encaminamiento de la comunicación. El plan propuesto consta de 5 dígitos y comprende un dígito para el código de zona (7) para sudamérica, dos dígitos para el nodo y finalmente dos dígitos para identificar la línea de abonado en el nodo. Asimismo, dentro de la especificación de la REDDIG ha sido incorporada la capacidad de subdireccionamiento, lo cual permitiría el desarrollo de planes de inter-funcionamiento con redes LAN.

2.8.2 Con respecto al plan de numeración de la red de datos ha sido seleccionado el plan indicado en la recomendación X.121 de la ITU-T.

2.8.3 Si bien el plan de numeración propuesto para la red de circuitos orales ATS es sencillo, los Estados deberían considerar la posibilidad de implantar un plan conforme con las recomendaciones I.330 y E.164 de la ITU-T la cual requiere de mayor cantidad de dígitos y de manejo de numeración abierta, pero que permitiría a las administraciones armonizar en sus redes y conmutadores el plan de numeración inclusive en aquellos utilizados para el servicio móvil por satélite (INMARSAT), así como el encaminamiento alternativo a través de las redes públicas y de datos (X.25, Frame Relay) conforme a lo establecido en la recomendación E.166 de la ITU-T. Al estudiar esta posibilidad los Estados deberían tomar en consideración las facilidades que incorporan sus conmutadores así como las que proporciona la REDDIG para la marcación abreviada y encaminamiento.

### 3 **Acción sugerida**

3.1 Se invita a la reunión a considerar la información proporcionada en esta nota de estudio para acordar:

- a) la necesidad de extender el plan de transmisión a la red doméstica, en conformidad con las recomendaciones G.101 y G.171 de la ITU-T;
- b) la conveniencia de utilizar solamente interfaces digitales en la interconexión entre la REDDIG y la red doméstica, eliminar el uso de terminales analógicos a dos hilos que estén soportados sobre medios de transmisión domésticos, y emplear terminales digitales (TE1) en vez de terminales analógicos conectados a la REDDIG y/o a sus sistemas de conmutación;
- c) la necesidad de proporcionar circuitos domésticos de bajo retardo implantados únicamente sobre redes terrestres de fibra óptica o de microondas a fin de mantener los tiempos de retardo por debajo del valor indicado por la ITU, así como la de utilizar solamente canceladores de eco, conformes a la recomendación ITU-T G.165, en los extremos de la red;
- d) la conveniencia de: utilizar algoritmos de compresión de voz estandarizados por la ITU a fin de facilitar la interconexión con los sistemas de los CAAs, eliminar la posibilidad de adicionar ruido y retardo en los conmutadores de la red como resultado de los efectos de la compresión y descompresión de la señal en cada punto de tránsito;
- e) las ventajas que implican el sincronizar la red a partir de una base de tiempo GPS, y el uso de la señalización PSS1/QSIG y la Wink/DTMF como reemplazo de la actual señalización CCIT No 5;
- f) la posibilidad de implantar un plan de numeración acorde con la recomendaciones E.164, E.166 e I.330 de la ITU-T y el uso del sub direccionamiento en la red; y
- g) la urgente necesidad de completar los detalles de implantación propios de cada Administración y que deben ser incorporadas a las tablas del pliego, así como la de los requerimientos de puesta en servicio de los circuitos domésticos y de respaldo.

-----