



Análisis de Redes Satelitales para REDDIG II

*Seminario / Taller sobre Nuevas Tecnologías
en Redes Satelitales y Terrestres*

*OACI - Oficina Regional Sudamericana, Lima, Perú
18 al 20 de julio de 2011*

Domingo Soltero
INSA
dsoltero@insa.org

Carlos Belaustegui Goitia
SES SISTEMAS ELECTRÓNICOS
c.belaustegui@ses.com.ar

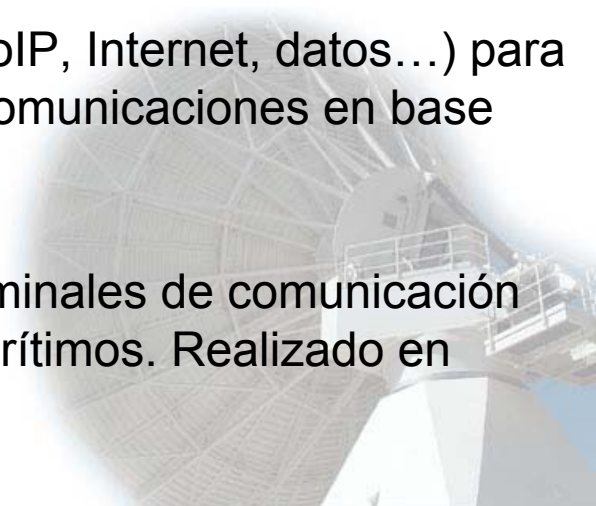


- **Ingeniería y Servicios Aeroespaciales (INSA)** es la mayor compañía española del sector por número de empleados en el campo de servicios aeroespaciales.
- INSA es una empresa mercantil propiedad del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), organismo perteneciente al Ministerio de Defensa.
- Se constituyó por mandato del Consejo de Ministros (14 de Mayo de 1992).
- Tiene el siguiente **objeto social**:
 - Proporcionar **servicios técnicos especializados** en campos de tecnología punta tales como estaciones de seguimiento y adquisición de datos de vehículos espaciales ...
 - ... así como otras actividades relacionadas con la **ingeniería aeronáutica y espacial**.
- Áreas de operación:
 - ✓ Gestión, operación y mantenimiento de complejos espaciales y estaciones de tierra para satélites.
 - ✓ Ingeniería: Ingeniería del segmento terreno, Comunicaciones por satélite, Emergencias y teledetección, UAVs y sistemas de control, Asistencias técnicas, I+D+i



Estaciones y redes de comunicaciones por satélite con un **alto contenido de ingeniería** o para aplicaciones especiales

- **Comunicaciones aeronáuticas:**
enlaces seguros y robustos entre centros de control de tráfico aéreo, radares o transmisores tierra-aire
- **Comunicaciones gubernamentales en banda X**
- **Comunicaciones generales:**
redes de propósito general (VoIP, Internet, datos...) para aplicaciones especiales (ej.: comunicaciones en base antártica)
- **Comunicaciones militares**
terminales de bajo coste y terminales de comunicación en movimiento terrestres y marítimos. Realizado en colaboración con XSAT





Principales referencias:

- Red CAFSAT: **control del tráfico aéreo** en el corredor Europa-**Sudamérica**. 10 estaciones en Europa, África y Sudamérica
- Red para COCESNA: **control del tráfico aéreo** en 5 países de **Centroamérica**
- **Red aeronáutica** de Marruecos
- Red de **control del satélite Amazonas** entre España, México y Brasil
- **Terminales semiestáticos** de bajo coste en banda X para EMACON
- **Red aeronáutica** en Túnez
- Extensión CAFSAT a Noaukchott, Nouadibou y Las Palmas y migración de la red a un nuevo satélite

Proyectos en curso:

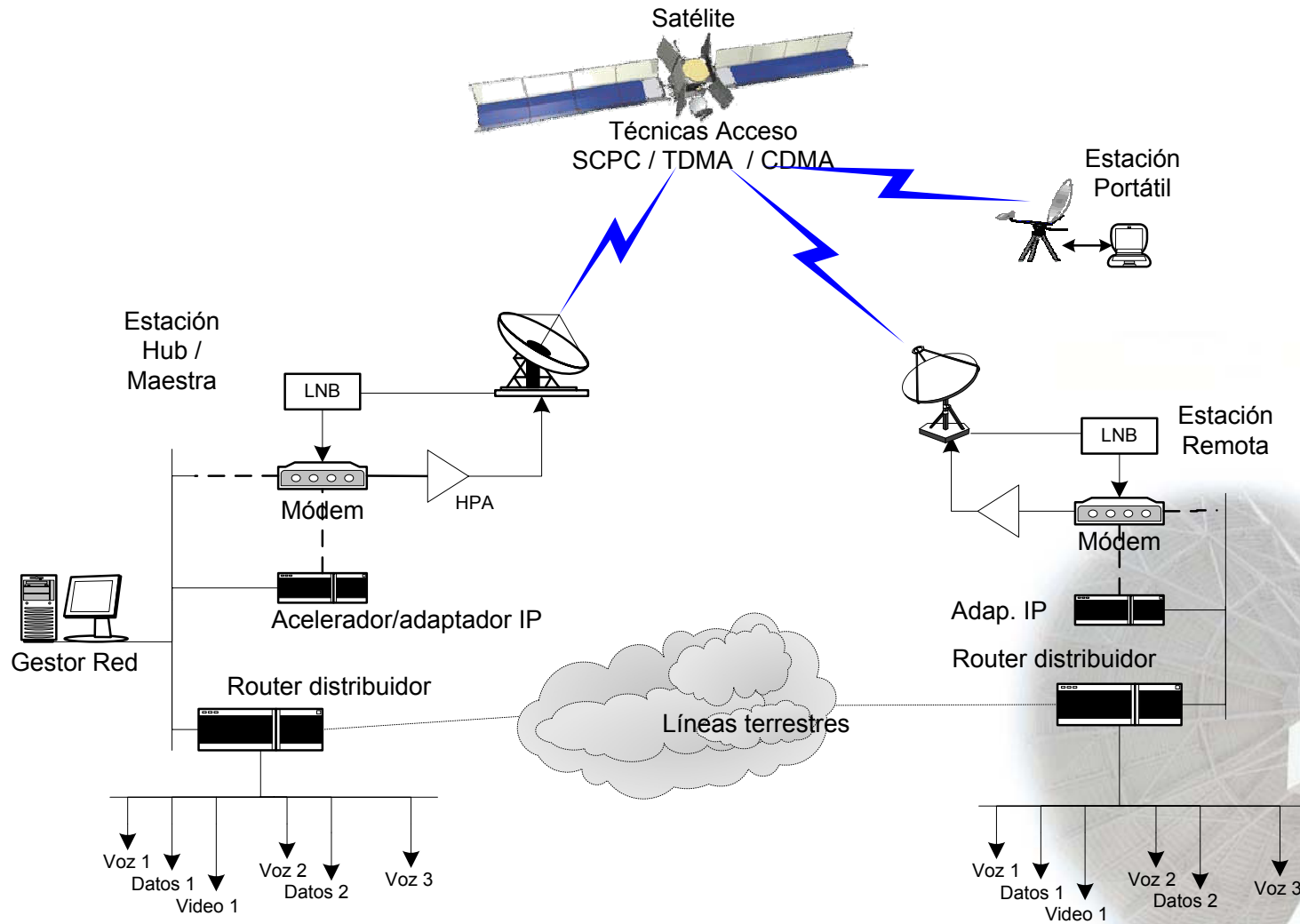
- Red ANAC Argentina para **comunicaciones de tráfico aéreo**
- Rediseño red **CAFSAT** con nuevas tecnologías de banda base.
- **Red segura** para Asuntos Exteriores y CNI sobre SPAINSAT/XTAR
- **Comunicaciones base antártica** Juan Carlos I para el CSIC

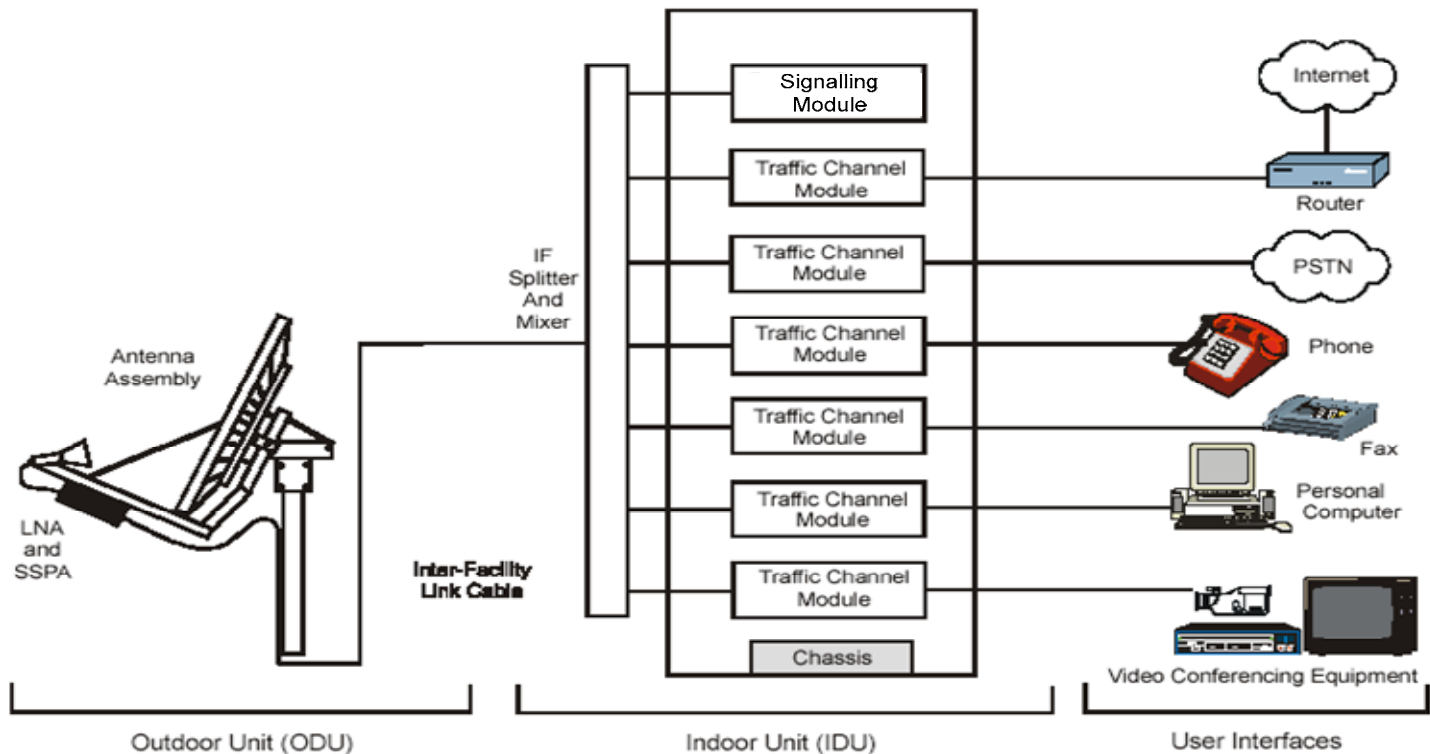
- **Con más de 40 años como integrador y prestador de servicios, SES es una de las empresas regionales con más larga trayectoria en el sector de Telecomunicaciones.**
- **Algunos proyectos realizados por SES en el campo de las comunicaciones satelitales:**
 - **Agencia Espacial Europea (ESA)- Antena de exploración de Espacio Profundo DSA3 en Malargüe (Provincia de Mendoza):** Ingeniería e instalación de unidades de distribución de potencia, instalación eléctrica y de comunicaciones, sistemas contra incendio, puesta a tierra y protecciones contra descargas.
 - **NahuelSAT S.A.:** Proyecto, Instalación y mantenimiento de la Estación Terrena de Telemetría, Seguimiento y Control (TT&C) del satélite doméstico argentino Nahuel I.
 - **Sistema Nacional Satelital de Búsqueda y Rescate Cospas-Sarsat:** Proyecto, implementación y mantenimiento para Fuerza Aérea Argentina.



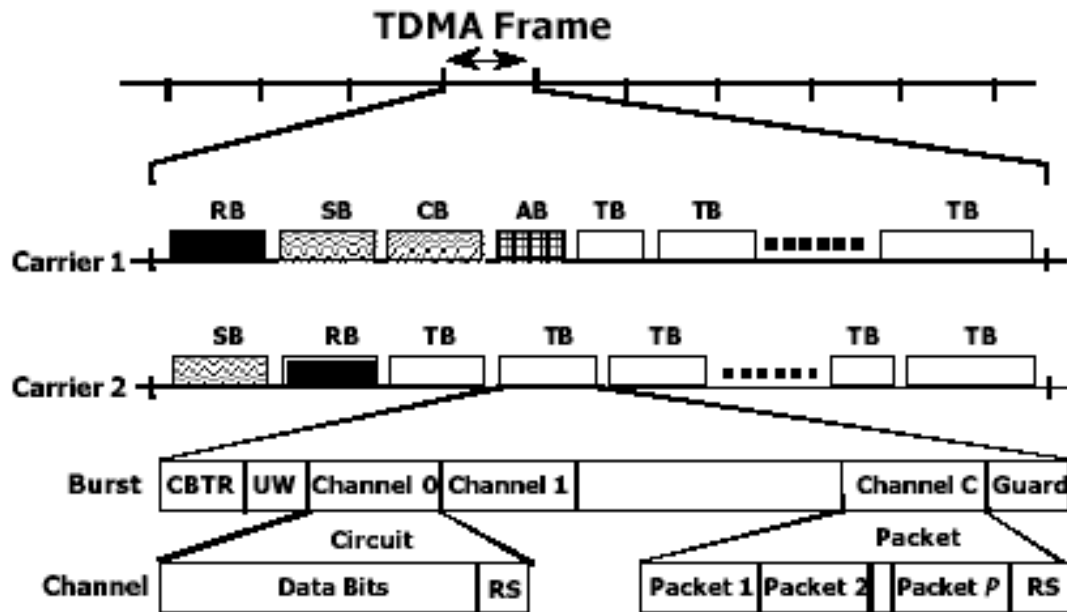
- **ANAC – Administración Nacional de Aviación Civil:** Redes de comunicaciones satelitales para servicios de protección al vuelo (AMHS, circuitos orales ATS, transmisión datos Radar, etc.) en todos los Aeropuertos y Aeródromos de Argentina.
- **Gobierno de la Provincia de Córdoba:** Red de 300 VSATs para teleeducación y acceso a Internet en escuelas rurales de montaña.
- **Estaciones VSAT fijas y transportables** para las Fuerzas Armadas y para empresas de petróleo y gas.
- **Redes VSAT corporativas.**
- **Redes de seguimiento de flotas** para Fuerzas de Seguridad.







- ✓ Mejor aprovechamiento del ancho de banda.
- ✓ Más baratas redes en estrella y bastantes estaciones sencillas (Tradicional sistema para redes telefónicas por satélite).
- ✗ La complejidad se incrementa mucho al aumentar la conectividad y conexiones simultáneas
- ✗ Menor flexibilidad en la combinación de distintos servicios y priorización
- ✗ Mayor tiempo de establecimiento de llamada (Evolución redes paquetes -> Los grandes proveedores cambiaron a MF-TDMA)



- ✓ Técnica más adecuada a las redes de paquetes.
- ✓ Multiplexado estadístico \Rightarrow menor latencia (retardo medio).
- ✓ Flexibilidad inherente para asignación dinámica y topología totalmente mallada sin hub.
- ✗ Peor aprovechamiento del ancho de banda (tiempos de guarda u overhead).

Han evolucionado a dos topologías:

- **“Hubless”**: existe un software gestor de red que puede trabajar en cualquier modem, incluso a veces la inteligencia de la red está distribuida entre los propios modems. Son las redes más flexibles, con **topología totalmente mallada**, a costa de unos modems más complejos y caros y un 25% de overhead en cada portadora TDMA. Usa **una o más portadoras TDMA**.
- **Basada en hub**: topologías principalmente **en estrella** con posibilidad de llegar a malla total o híbridas. La estación hub es más compleja simplificando las remotas. Estas comparten una portadora TDMA (25% OH) pero el hub multiplexa más eficientemente el tráfico hacia todas las remotas en TDM. Típicamente, usa **una portadora saliente TDM** (“outbound”, “forward”) y **varias portadoras entrantes** (“inbounds”, “return links”) TDMA

- ✓ Mayor seguridad de la transmisión, con baja probabilidad de detección e interceptación.
- ✓ Protección anti-jamming.
- ✓ Menor potencia de transmisión.
- ✓ No hay problemas en el reparto del tráfico, una vez asignado un código se transmite todo el bit rate constantemente.
- ✗ Mayor ancho de banda (pobre eficiencia espectral bits/Hz).
- ✗ Modems más complejos y caros.
- ✗ Gestor de red también más caro.

- A continuación se realiza una comparación de costos estimados de las distintas tecnologías como complemento a su comparativa técnica
- En la sesión del estado del arte de las técnicas de acceso al satélite se han comentado los pros y contras de cada una de las técnicas
- Esta comparativa es compleja de realizar con rigor en un marco tan amplio, pues las características de la técnica de acceso y las implementaciones concretas de cada fabricante influyen en el dimensionado de antenas y radiofrecuencia

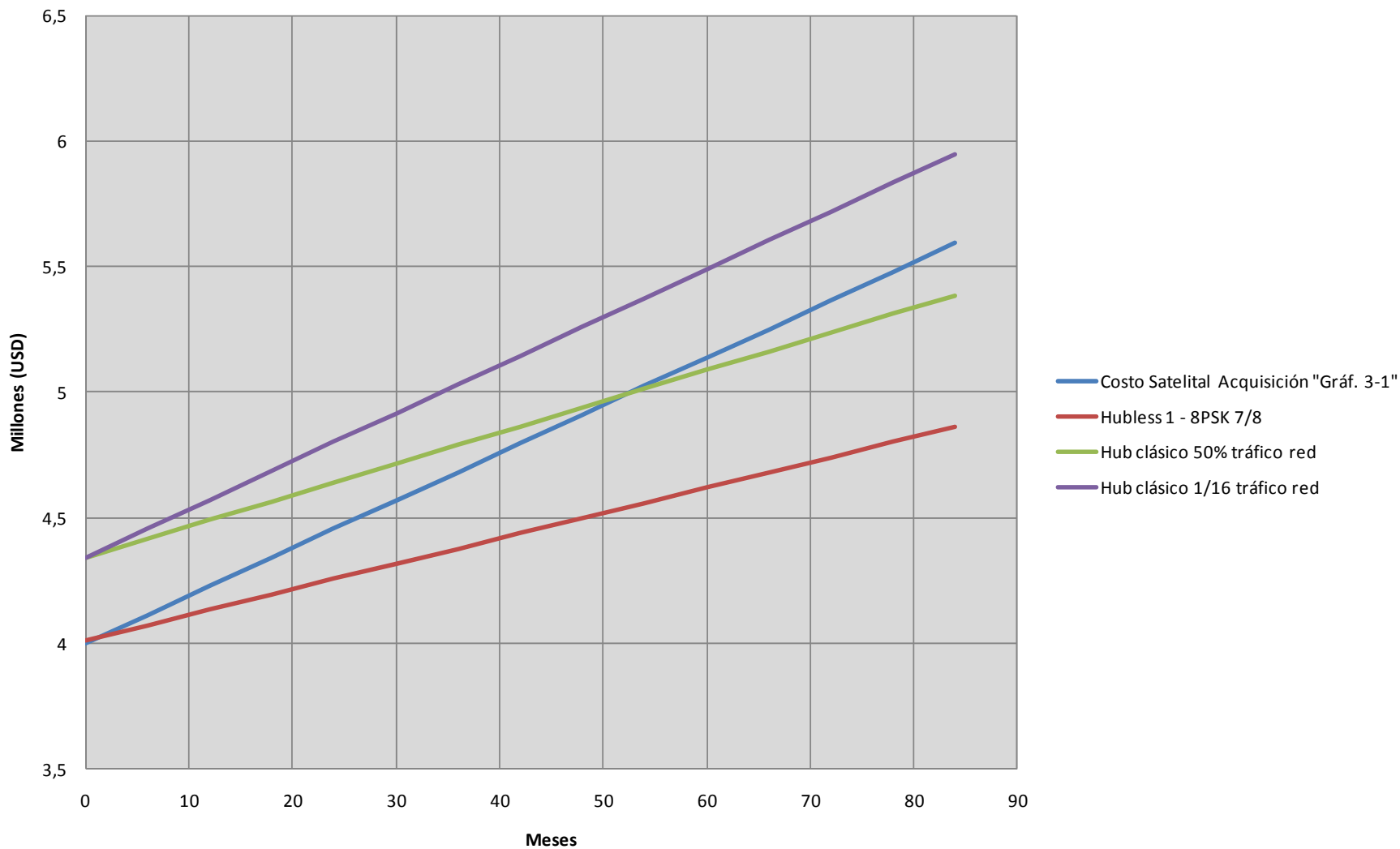


- Para limitar el alcance de esta comparación se han descartado de las técnicas de acceso:
 - Sistemas SCPC-DAMA: técnicamente menos apropiada al caso REDDIG II por estar orientados a conmutación de circuitos y no de paquetes
 - Sistemas CDMA: técnica más cara y justificable sólo en entornos militares y de de seguridad
- A fin de obtener conclusiones generales, tampoco no se han tenido en cuenta las variaciones de RF de cada caso salvo mención en contra.



- Hipótesis económicas de partida:
 - Valor módem/router acceso satélite: 20,000.00 USD
 - Doble módem por estación
 - Banda base adaptación legacy data – IP mismo ratio valor: 20,000.00 USD
 - Redundancia completa también en banda base
 - Alto valor ingeniería, adaptación y comisionado a requisitos específicos de cada servicio
 - Antenas y radiofrecuencia de estaciones existentes reutilizables
 - Inversión de 250,000. USD / estación
 - Total inversión (CAPEX) en REDDIG II: 4,000,000.00 USD
 - Para costos anuales recurrentes sólo se ha considerado el ancho de banda de la red y sus posibles variaciones, no los repuestos o los costos de administración.
 - Total costos de BW (OPEX) *actuales*: 227,500.00 USD / 4.38 MHz
 - Ciclo de vida nuevas tecnologías: 7 años – 84 meses

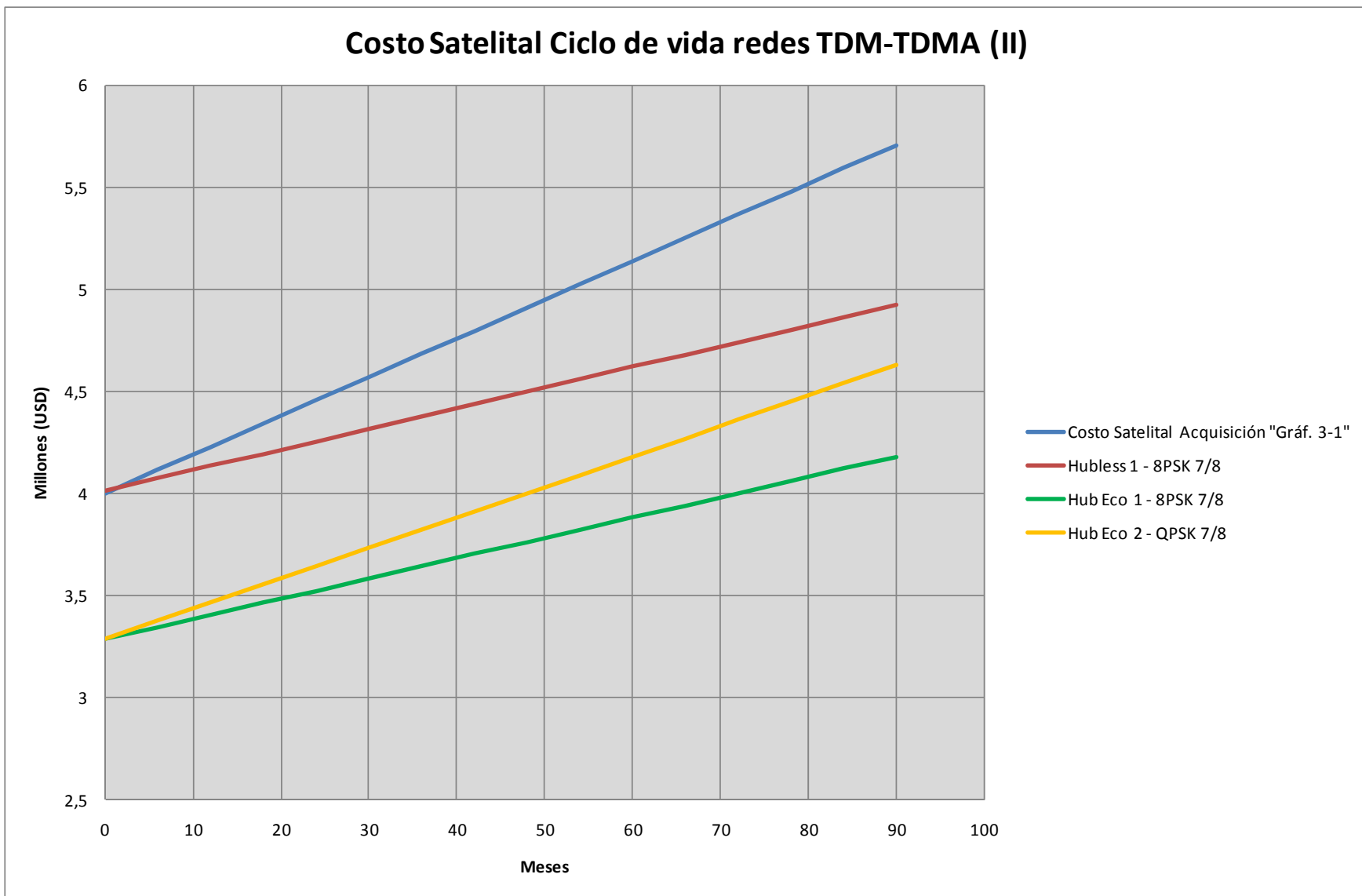
Costo Satelital Ciclo de vida redes TDM-TDMA



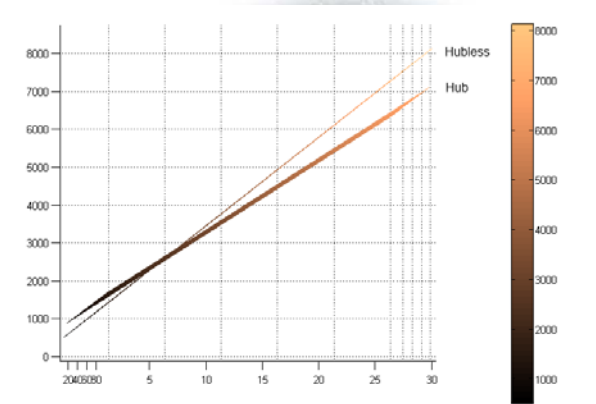
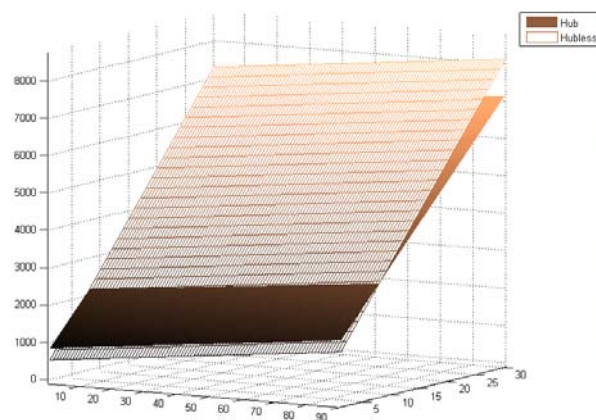
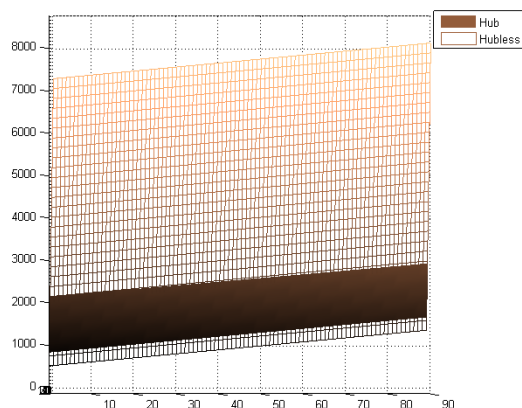
- Un hub clásico no es adecuado para REDDIG II donde no hay un servicio con un tráfico claro de comportamiento en estrella que aproveche sus menores costes OPEX
- Económicamente la mejor solución es un sistema hubless en el que las portadoras puedan usar una codificación más eficiente espectralmente, como 8PSK TPC 7/8

Duda razonable: ¿todos los sistemas hubless pueden ofrecer esta codificación en las portadoras mesh, y para REDDIG II con la RF actual?

Costo Satelital Ciclo de vida redes TDM-TDMA (II)



- Hoy en día existen versiones sencillas de hub's económicamente viables para este tipo y tamaño de redes, teniendo en cuenta los ciclos de vida tecnológicos cada vez más cortos. Incluso para modulaciones en los módems remotos aún QPSK
- Lo más importante en la comparación económica es la eficiencia espectral alcanzada por cada plataforma, independientemente del tipo



- La mayor parte del mercado de satélite se concentra en redes TDM-TDMA, por lo que existen infinidad de productos y la competencia económica es muy reñida
- Debido a la convergencia hacia IP, la competencia tecnológica también es muy reñida, con pocas diferencias significativas entre los productos
- En la decisión de un sistema hubless vs basado en hub cobran mayor importancia otros condicionantes:
 - Fiabilidad y robustez de la red
 - Sistema de control de la red
 - Inteligencia de red distribuida
 - Administración de la red
 - Capacidades de soporte técnico y logístico integrado
- Sugerencia: éstos últimos deberían puntuarse y ponderarse separada y específicamente en la licitación

