

1er Trimestre de 1994

COMUNICACIONES ELÉCTRICAS



Tema central: Los cables en las telecomunicaciones

ALCATEL

Comunicaciones Eléctricas, revista técnica trimestral de Alcatel, presenta las investigaciones conseguidas por las compañías Alcatel en todo el mundo. Comunicaciones Eléctricas se edita actualmente en cinco idiomas y su distribución es universal.

COMUNICACIONES ELÉCTRICAS

1er trimestre de 1994

Comité editorial

Peter Radley
Presidente

Rosa Alonso
Research & Technology

Dominique Brouard
Alcatel Cable

Bernard Culot
Alcatel Radio, Space & Defense

Rossella Daverio
Relaciones Corporativas y Publicidad

Denis Derville
Alcatel Business Systems

Edmond Osstyn
Alcatel Network Systems

Renzo Ravaglia
Network Engineering & Installation

Werner Schmidt
Patentes

Editores

Rod Hazell
*Editor-Jefe internacional y
Editor, Electrical Communication, París*

Catherine Camus
*Adjunto al Editor-Jefe internacional y
Editor, Revue des Télécommunications, París*

Andreas Ortelt
Editor, Elektrisches Nachrichtenwesen, Stuttgart

Gustavo Arroyo
Editor, Comunicaciones Eléctricas, Madrid

Egisto Corradini
Editor, Prospettive di Telecomunicazioni, Milán

Las direcciones de los editores figuran en la última página de este número.

En esta publicación no se hace ninguna mención a derechos relativos a marcas o nombres comerciales que puedan afectar a algunos de los términos o símbolos utilizados. La ausencia de dicha mención no implica, sin embargo, la falta de protección sobre esos términos o símbolos.

Directora de la Publicación : Rossella Daverio
Revista técnica trimestral, editada por Alcatel Alsthom Publications S.A., con un capital de 250 000 Francos franceses

Domicilio social : 12, rue de la Baume, 75008 París, Francia

Déposito Legal : RCS París B 349 910 521

Accionista principal : Samag : 99,76%

Registro Legal : 1er trimestre de 1994

ISSN : 1242-0573

Imprime : Atelier Hugueniot,
275, rue Pierre et Marie Curie, 73490 La Ravoire, Francia

Tirada : 6 225 ejemplares

© Alcatel Alsthom Publications

Contenido

- 2 **Editorial - Las redes: un nuevo desafío para los cables**
G. Dupuy d'Angeac
- 5 **El cable submarino: una tecnología puntera**
Ch. Reinaudo
- 11 **Procedimiento de MCVD-plasma de fabricación de fibras ópticas monomodo para aplicaciones terrestres**
M. Carratt, S. Walker
- 15 **Alcatel Cable Contracting: proyectos llave en mano**
J. Swetchine
- 17 **Evolución de la competencia de Alcatel Cable Contracting: algunas etapas de proyectos**
J. Swetchine, D.S. Nordmann, H. Teslö, J. Carrasco, R. Laes
- 24 **Construcción llave en mano de enlaces interurbanos de fibra óptica**
J.-P. Boinet
- 28 **Gestión de proyectos: ORCHID II, una herramienta de segunda generación**
C. Bertrand
- 33 **Circée : una herramienta de CAD de Alcatel Cable Contracting**
Ch. Guthmann
- 39 **Tecnología de cable de cintas de fibra óptica**
J.-P. Bonicel
- 45 **Cable compuesto tierra-óptico y cable de fibra óptica de dieléctrico universal**
J.-P. Bonicel
- 52 **Interfaces ópticos en las redes de cables**
B. Joly
- 60 **Cables de comunicaciones en el entorno submarino**
G. Berthelsen
- 66 **Cables radiantes - aplicación en el túnel del Canal de la Mancha**
A. Levisse
- 74 **Pesaje de vehículos en movimiento usando sensores de fibra óptica**
J. Bobby, S. Téral, J.-M. Caussignac, M. Siffert
- 78 **Sistemas telefónicos celulares para áreas rurales**
R. Larkin, M. Testa
- 84 **Alcatel 4400, sistema de comunicación de empresa abierto y evolutivo**
E. Barriot
- 92 **Notas de investigación**
- 94 **Últimas solicitudes de patentes**
- 100 **Abreviaturas de este número**
- En este número**



Las redes: Un nuevo desafío para los cables



G. Dupuy d'Angeac

La industria de los cables ha estado considerada por algunos como una industria madura, normalizada, poco necesitada de investigación y creadora de pocos productos nuevos.

La gente asocia al cable con la imagen de líneas aéreas o subterráneas, los cables de los equipos utilizados en la construcción de inmuebles, las catenarias de los ferrocarriles y los cables telefónicos urbanos que se ven en las zanjas abiertas de las aceras. La gente también conoce el cable coaxial que conecta su antena a su televisor.

Pero aparte de estos cables normales, existen también otros de muy alta tecnología, para los que se realiza

anualmente un esfuerzo considerable de investigación. Estos cables, muy técnicos, están preparados para el transporte energético y de información por vía terrestre y submarina.

El mundo de los cables es, en efecto, complejo y engloba multitud de productos diferentes, cuya función es transmitir señales o corriente en entornos muy diversos, en todas las condiciones de temperatura, de presión y en ambientes de agresividad muy variable, de -45°C a $+250^{\circ}\text{C}$, entre uno y 300 bares, enterrados a 2000 metros de profundidad ó a 36000 km de altura en el caso de los satélites.

Después de algunos años asistimos a un desarrollo explosivo de la telefonía móvil prefigurando el advenimiento de la telefonía sin hilos. De ahí que la llegada de esos desarrollos supongan el canto fúnebre para el cable no hay más que un paso, aunque alguno a veces ya lo ha dado.

Este juicio es apresurado.

Yo creo, que por el contrario, que esta evolución va a suponer importantes des-

arrollos para los cables y que por si solos podrán superar el último problema de la congestión de frecuencias por medio de la puesta en paralelo de nuevos canales.

Toda red de comunicaciones tiene una capacidad, limitada a una cierta velocidad, y tiene una calidad intrínseca que depende de la calidad de la información transmitida. Estos dos parámetros, *cantidad y calidad de información* supondrán un desarrollo paralelo de las infraestructuras de los cables. Esto es ya evidente en los países industrializados y lo será todavía más en aquellos países donde la infraestructura es antigua e insuficiente. Necesidades inmensas llevarán al desarrollo de nuevas redes, indispensables a su vez para responder a la demanda de las empresas y también a las de los abonados residenciales, cada vez más atraídos por la disponibilidad permanente de 50 a 100 programas de televisión.

La fibra óptica, con capacidades de desarrollo verdaderamente inimaginables, hace solo cinco años, permite responder a la explo-

sión de estas necesidades de telecomunicaciones que abren a los cables una nueva era: la de la red de telecomunicaciones a la vez pública y privada.

En este terreno, los nuevos clientes están menos interesados por los productos, ya que no perciben todos sus aspectos tecnológicos, que por las facilidades que desean proponer a sus abonados presentes y futuros. Se dirigen por tanto hacia los suministradores de cables para que les proporcionen, de una manera global, redes determinadas por el número de abonados finalmente destinados a pagar sus comunicaciones. También desean construir estas redes lo más rápidamente posible para rentabilizarlas mejor.

Las consecuencias de esta evolución son importantes para los suministradores de cables.

El suministrador de cables se encuentra efectivamente en una situación nueva donde, para vender sus cables, debe ser capaz de ofrecer toda una red "llave en mano".

Sin hacer de esto una regla general, se puede estimar que en estas redes "llave en mano", la parte de cables con su instalación, ingeniería civil si existe, y dirección del proyecto "llave en mano" propia-

mente dicha, representan el 50% de la cifra de negocios, mientras que el equipo hardware representa el 35%, y el otro 15% está reservado a los servicios locales e importados.

Es por tanto obligatorio para el cableador el implicarse en los distintos bloques de este suministro "llave en mano", que está definido por las necesidades del cliente, sin olvidarse de los interfaces mútuos entre los bloques, sin los cuales se le escapará una parte importante de su mercado.

Este número de *Comunicaciones Eléctricas* dedica un apartado a esta nueva gestión.

Además, en los años 90 y en los países industrializados tradicionales, sometidos a importantes presiones económicas y sociológicas, el envejecimiento de las inversiones en telecomunicación, se acelerará mucho más rápidamente que en los años 80. Las redes multimedia se desarrollarán bajo la presión de necesidades crecientes que ya se manifiestan actualmente, redes que van a entrañar una cuasi-revolución en los comportamientos humanos, a pesar del escepticismo puesto de manifiesto por algunos.

La liberalización de las telecomunicaciones en los

países industriales acentuará todavía más esta revolución.

En resumen, las necesidades de fibra óptica van por ello a crecer mucho más rápido que hoy en día, presentando a los cableadores un reto técnico importante.

Para superar este reto con éxito, será necesario un esfuerzo importante en I+D y también se tendrán que desarrollar los servicios inherentes a los cables empleados en las redes ópticas ofertadas a los clientes.

Dos ejemplos sirven para ilustrar esta evolución:

El primero concierne a los cables de telecomunicaciones submarinas sin repetidores. El concepto de festones costeros, sean para enlazar los continentes con las islas, o para conectar dos islas entre sí, se ha puesto de gran actualidad. Este interés viene por la posibilidad que ofrecen estos festones, para enlazar pequeños conjuntos de abonados a las grandes redes submarinas internacionales que rodean el globo.

Para estos países, la estimación de la demanda futura es un ejercicio difícil que se resuelve instalando una capacidad de fibra óptica muy superior a la demanda actual. Esta exigencia, conjugada con la escasez de recur-

Los aspectos económicos de los clientes, nos ha llevado a desarrollar una nueva generación de cables submarinos.

Paralelamente, la cada vez mayor velocidad de los nuevos enlaces transoceánicos (actualmente 5 gigabits/s a 1550 nm) nos ha llevado a desarrollar una fibra óptica de dispersión desfasada, cuya función es preservar la calidad de las señales. Estas investigaciones prefiguran la fibra del futuro, en la que las características serán todavía más complejas que las de hoy en día, y cuya puesta a punto necesitará, una vez

más, muchas investigaciones y desarrollos.

El otro ejemplo concierne a los accesorios utilizados en las nuevas redes multimedia en el domicilio del abonado, que distribuirán las señales desde las arterias principales a través de cables ópticos con un gran número de fibras. Estos componentes integrarán, cuando sea necesario, otras funciones distintas a la de la simple conexión. Serán indispensables en el funcionamiento de las nuevas redes y, de su capacidad de poder ser puestos en funcionamiento más o menos econó-

micamente y con mayor o menor rapidez por los instaladores, se derivarán ventajas económicas determinantes.

Los servicios y funciones que se asignarán a los cables en los años 90, y posteriormente, nos hacen percibir nuevos horizontes, muy diferentes de aquellos de los años 80. Los nuevos cables asociados a los nuevos servicios, en particular en los casos de instalaciones "llave en mano", deben ponerse a punto para ganar el reto del futuro: *nuevas redes para nuevos clientes en todos los países del mundo.*



G. Dupuy d'Angeac
Senior Executive Vice President
Alcatel Cable



El cable submarino: una tecnología puntera

Ch. Reinaudo

Alcatel Cable, Clichy, Francia

Introducción

Se citan con frecuencia las evoluciones técnicas de los sistemas submarinos, generalmente desde el punto de vista de los componentes y de los equipos ópticos o electrónicos. El cable a veces está ausente en el enunciado de estos progresos mientras que su diseño y su tecnología no cesan de evolucionar.

Desde hace más de un siglo, los cables submarinos enlazan, a través de centenares de miles de kilómetros, estaciones de telecomunicación y transmiten las señales telefónicas de un punto a otro. El dominio de la tecnología de los equipos utilizados en el fondo de los océanos es irrefutable desde hace mucho tiempo.

La historia del cable submarino está marcada por tres grandes épocas:

- antes de 1950, los cables telegráficos,
- entre 1950 y 1987, los cables coaxiales para transmisión analógica,
- desde 1987, los cables de fibras ópticas para transmisión digital.

En cada una de estas etapas [1] ha habido formidables evoluciones que muy pocos conocen.

Este artículo no tiene la ambición de relatar detalladamente la evolución de la técnica desde el origen de

los cables submarinos. Desarrollará las innovaciones más recientes en materiales y fibras ópticas así como los principios de base que entran en la constitución de los cables ópticos para transmisión digital.

A través de la exposición de estas tecnologías del cable, insistiremos en la misión que el cable submarino debe cumplir prioritariamente: transmitir las señales en el fondo de los océanos, sin alterarlas, durante veinticinco años.

Por último, se pondrá de manifiesto la relación existente entre las

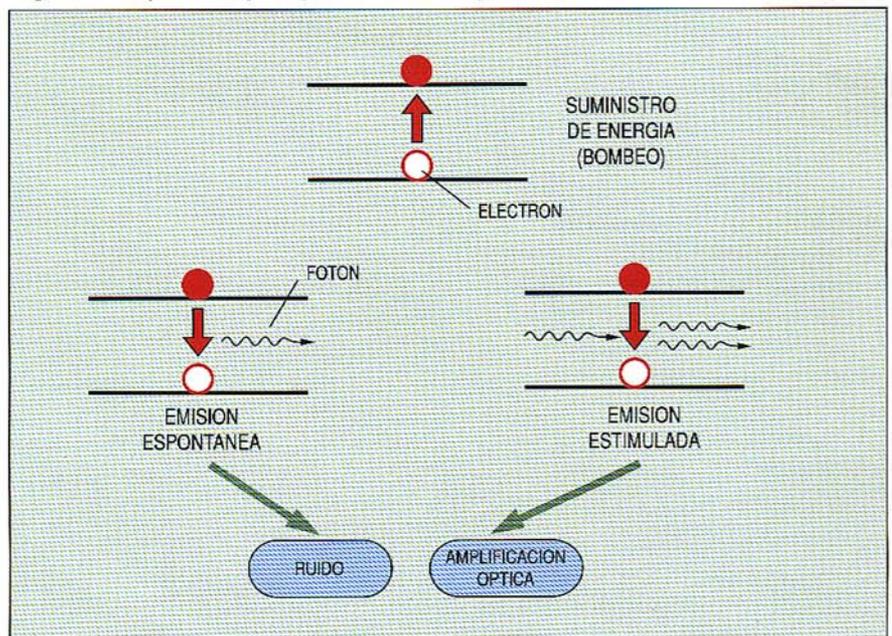
prestaciones del cable y las del conjunto del que forma parte (el sistema submarino).

La amplificación óptica

Desde 1994, Alcatel fabricará amplificadores ópticos destinados a ser sumergidos. Los futuros sistemas submarinos funcionarán a 5 Gbit/s y la señal óptica transmitida ya no será regenerada.

Para comprender bien la importancia de estas prestaciones, es inte-

Figura 1 - Esquema de principio del bombeo óptico



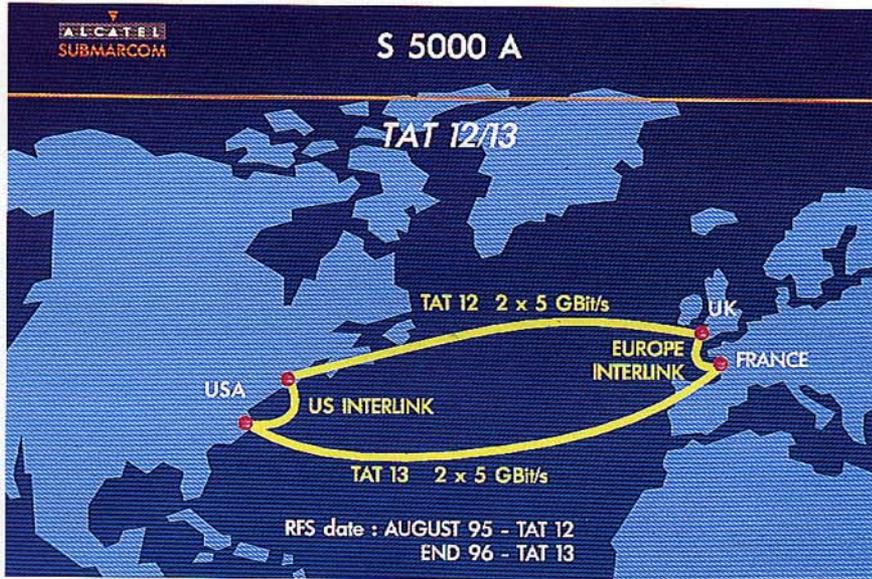


Figura 2 - La red transatlántica TAT 12/TAT 13

resante recordar algunos principios y características de la amplificación óptica.

Principios y definiciones

El amplificador óptico elegido por Alcatel y el conjunto de los fabricantes utilizado como medio amplificador [2] es una fibra monomodo cuyo núcleo ha sido dopado con erbio (Er^{3+}). La amplificación se obtiene por emisión estimulada de luz cuando la luz incidente llega al medio amplificador. Esta emisión se produce gracias a una aportación de energía exterior estática: el "bombeo óptico" (Figura 1).

Bajo el efecto del bombeo óptico ciertos electrones de los iones Er^{3+} se excitan a un nivel de energía superior a su nivel de estabilidad. Cuando los fotones de luz incidente penetran en el medio amplificador dopado con erbio, provocan la caída de los electrones excitados a su nivel de base. Esta recaída se traduce por la emisión de luz "estimulada" a una longitud de onda determinada. El fenómeno va acompañado desdichadamente de una emisión espontánea ya que ciertos electrones caen sin ser solicitados: el "ruido óptico". Este ruido, amplificado a su vez por el medio, perturba

la detección de la señal principal en los receptores.

Principales características

La diferencia esencial entre los nuevos sistemas (de amplificación óptica) y los precedentes (de regeneración) reside en la ausencia de la función de conformación de la señal de línea en los amplificadores ópticos. La señal ya no se regenera sino que simplemente se amplifica. Así pues, hay que hacer que la deformación de los impulsos y la acumulación de ruido a lo largo del enlace no sean demasiado importantes.

Para ello, la propagación debe cumplir cuatro condiciones [3]:

- una potencia óptica suficiente en la entrada de los amplificadores, para que la relación señal ruido de cada amplificador sea correcta y que el ruido acumulado en el extremo del enlace conduzca a una tasa de error sumamente reducida
- una dispersión cromática de la fibra óptica de línea muy reducida en la longitud de onda de la señal
- una potencia de salida de los amplificadores ópticos suficientemente débil para no generar

efectos no lineales en la fibra (efecto Kerr) que pudieran deformar los impulsos

- un espectro muy estrecho emitido por el terminal.

Aplicaciones del principio de la amplificación óptica

A continuación se describen dos ejemplos de aplicaciones. El primero se refiere a un conjunto de dos cables transatlánticos: los TAT 12 y TAT 13. El segundo muestra cómo la tecnología de la amplificación óptica permite alcanzar una distancia superior a 300 km sin equipo electrónico sumergido.

El sistema transatlántico TAT 12/TAT 13: el conjunto TAT 12/TAT 13 está constituido por dos cables que incluyen cada uno dos pares de fibras equipadas de amplificadores ópticos (Figura 2). El primero enlazará en 1995 el Reino Unido con Estados Unidos y Francia. El segundo, en 1996, pondrá en comunicación Francia con Estados Unidos.

Los amplificadores ópticos se encontrarán a una distancia de 45 km en los dos cables que crucen el Atlántico y de 74 km en el segmento entre Francia y el Reino Unido. Estos dos sistemas submarinos, que transmitirán a 5 Gbit/s, tendrán una capacidad total de más de 300 000 circuitos telefónicos.

Los sistemas de bombeo óptico remoto: en estos sistemas, una caja pasiva situada a unas decenas de kilómetros de dos estaciones terminales contiene unos metros de fibra amplificadora dopada con erbio.

Se envía una señal de bombeo óptico desde la estación terrestre, a través de la fibra óptica de línea, hasta la fibra óptica dopada con erbio. El resultado de este bombeo es la amplificación, en el sentido de la recepción, de la señal transmitida desde la otra estación terminal. De ese modo, mediante esta amplificación se puede prolongar la transmisión en unas decenas de kilómetros

por cada lado del enlace y alcanzar distancias superiores a 300 kilómetros.

Fibras ópticas de dispersión desfasada y fibras ópticas dopadas con erbio

Como ya hemos visto en las características de los nuevos sistemas, para evitar dos escollos, la propagación debe cumplir cuatro condiciones y una de ellas consiste en disponer de una fibra de reducida dispersión cromática. Las fibras ópticas tradicionales presentan una dispersión cromática nula en la longitud de onda situada en torno a 1300 nanómetros.

Las fibras ópticas de dispersión desfasada presentan una dispersión cromática nula en la longitud de onda situada en torno a 1560 nanómetros.

La longitud de onda de anulación de dispersión cromática (λ_0) ha sido "desplazada" en estas fibras respecto a las fibras tradicionales [4].

Principales características de la fibra óptica de dispersión desfasada

El desfase de la longitud de onda de anulación de la dispersión cromática se obtiene combinando de forma particular los efectos de los materiales de dopaje del núcleo de las fibras ópticas (en particular el germanio) y los de la guía de propagación que constituye la fibra óptica. De este modo, se especifica el conjunto de los parámetros que definen la fibra óptica para que la dispersión cromática de la fibra óptica sea nula a una longitud de onda cercana a 1560 nanómetros.

Así, el perfil del índice de refracción de la fibra de dispersión desfasada es el resultado de una delicada optimización (Figura 3). A continuación se presentan las principales características de esta fibra óptica.

- Perfil del índice: trapecio + anillo
- Atenuación: $\leq 0,22 \text{ dB km}^{-1}$
- λ_0 : comprendida entre 1550 y 1570 nm

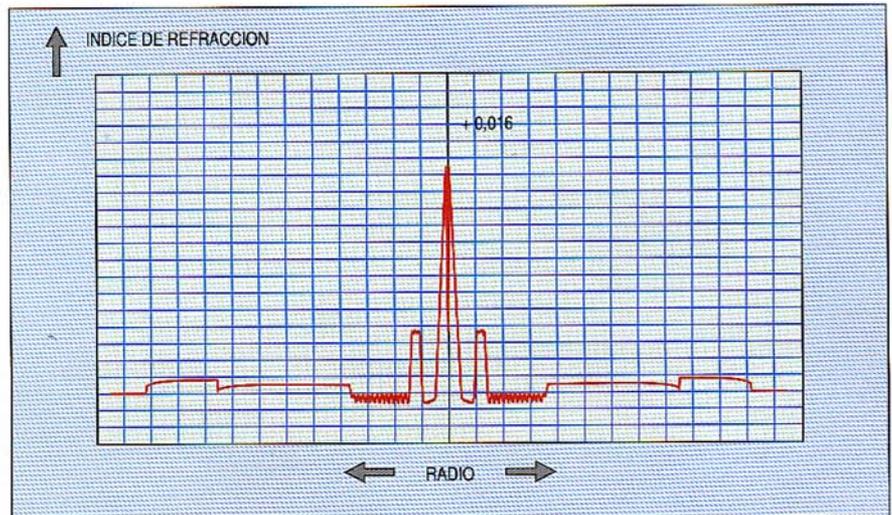


Figura 3 - Perfil del índice de la fibra de dispersión desfasada

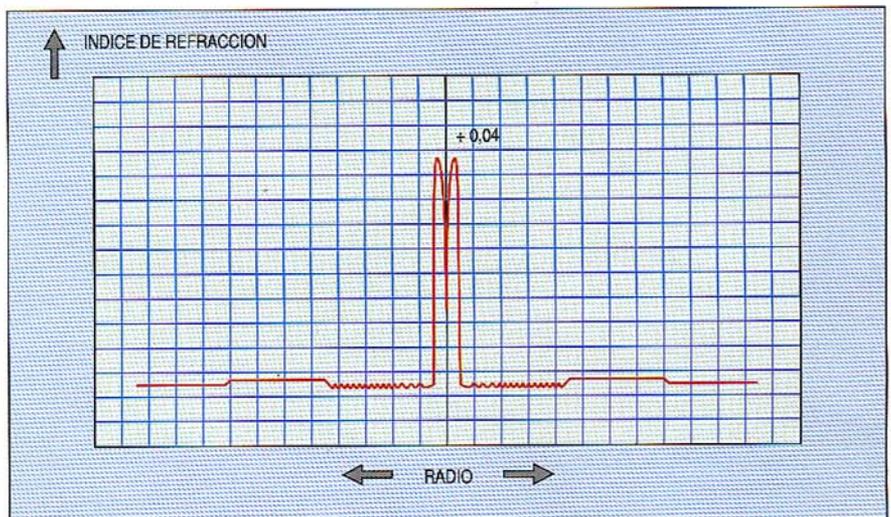


Figura 4 - Perfil del índice de la fibra amplificadora dopada con Er^{3+}

- Diámetro de campo modal: alrededor de $8 \mu\text{m}$
- Dispersión de polarización: $\leq 0,2 \text{ ps km}^{-0,5}$
- Diámetro de la fibra: $125 \mu\text{m}$
- Diámetro del revestimiento: $250 \mu\text{m}$

Compatibilidad con las exigencias de la amplificación óptica

Además de su dispersión cromática, la fibra óptica utilizada en los sistemas de amplificación óptica de alto flujo debe cumplir numerosos requisitos:

En primer lugar, la dispersión de polarización originada por la fibra

óptica debe ser reducida (del orden de $0,2 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$). Por tanto, dado que la señal transmitida ya no se regenera, no pueden ignorarse los efectos de la velocidad de transmisión en dos componentes diferentes de polarización cuando la transmisión se efectúa en grandes distancias.

A continuación, la atenuación de la señal inherente a la fibra óptica debe ser reducida (del orden de $0,22 \text{ dB/km}$) para permitir un espaciado máximo de los amplificadores ópticos y, de este modo, obtener una optimización del conjunto del sistema.

Por último, el diámetro de campo modal de la fibra óptica debe

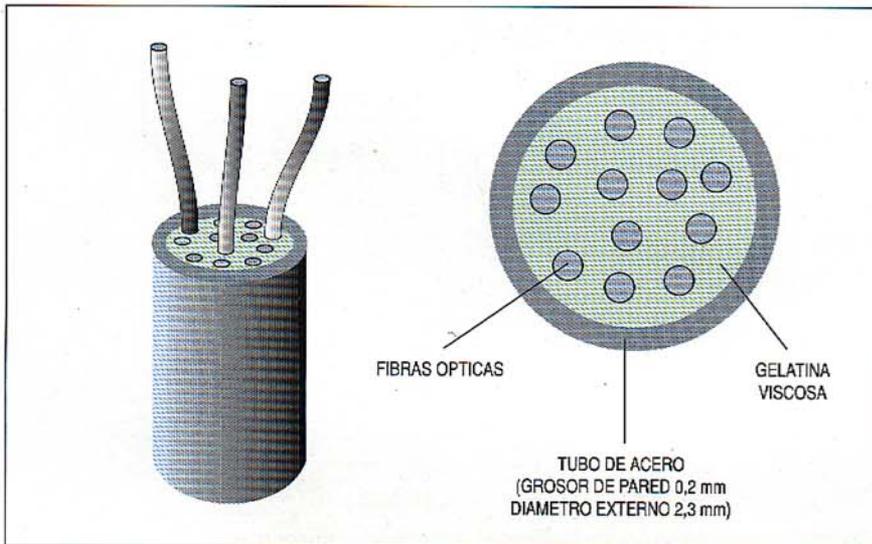


Figura 5 - Módulo óptico de cable submarino con minitubo de acero

ser suficientemente grande (del orden de $8 \mu\text{m}$) para que los efectos no lineales de la propagación sean ínfimos habida cuenta de la potencia de salida de los amplificadores ópticos.

Así pues, una dispersión cromática nula, una reducida dispersión de polarización, una atenuación mínima y un diámetro modal máximo son las

cuatro características particulares de las fibras utilizadas en los sistemas de amplificación óptica.

La fibra óptica dopada con erbio

Es el medio amplificador. Por tanto, constituye uno de los principales componentes de los amplificadores ópticos.

El principio de amplificación descrito brevemente al comienzo de este artículo se basa en la utilización de esta fibra óptica de la que sólo se precisan algunos metros para amplificar la señal de línea.

Como el objeto de este artículo es el cable y la fibra de línea (descrita en los apartados precedentes), la fibra óptica dopada con erbio sólo se presenta brevemente. El lector que desee profundizar este tema, debe remitirse a la bibliografía [5].

La fibra utilizada para la amplificación de la señal, débilmente dopada con erbio (aproximadamente 330 ppm), y que presenta un diámetro de campo modal del orden de $4 \mu\text{m}$, presenta un perfil de índice denominado de "salto de índice" y permite una ganancia óptica de cerca de 20 dB para una longitud de aproximadamente diez metros de fibra en cada amplificador. La Figura 4 indica el perfil del índice de refracción de esta fibra.

Cables submarinos con minitubo de acero

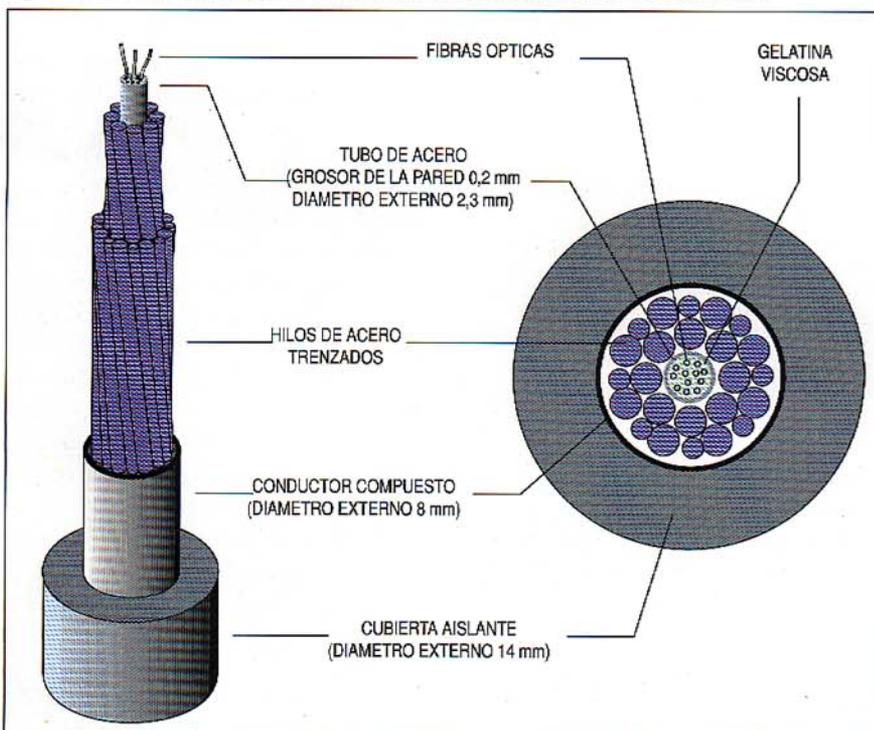
Recientemente se ha desarrollado una nueva tecnología para los cables submarinos. Esta tecnología incrementa la fiabilidad de la protección de las fibras ópticas al mismo tiempo que permite reducir el diámetro de la parte central de los cables que contienen las fibras ópticas (el módulo óptico).

Principio de la técnica

Los cables submarinos de fibras ópticas existentes utilizan por lo general un elemento metálico central (portador central) para conferir al módulo óptico su resistencia mecánica propia. Las fibras ópticas se posicionan en un medio orgánico sólido o viscoso alrededor de este portador central.

En el caso del cable con minitubo de acero, el elemento metálico se sitúa en el exterior de las fibras y las protege: es un tubo de acero relleno

Figura 6 - Sección transversal de un cable con minitubo de acero con bóveda



de producto viscoso y soldado longitudinalmente, con un haz de láser de gas carbónico, cuando se constituye el módulo óptico (Figura 5).

El tubo de acero también garantiza una gran protección de las fibras ópticas respecto a la compresión y al aplastamiento.

En el interior del tubo las fibras se depositan con un exceso de longitud controlado (de 2 a 3%) para evitar que estén sometidas a las mismas tensiones longitudinales que el cable en el tendido. Por último, el material de relleno del tubo protege a las fibras contra la humedad, y el hidrógeno, permite su desplazamiento y no ejerce tensión mecánica en ellas.

Estructuras exteriores al minitubo

Según si el cable submarino se utiliza para enlaces amplificados, enlaces de gran profundidad sin repetidores o enlaces costeros (en festón, por ejemplo), será diferente la estructura exterior al minitubo de acero.

Cables de 18 mm para enlaces amplificados: alrededor del minitubo cuyo diámetro exterior es de 2,3 mm, van cableados 24 hilos de acero de muy alta resistencia mecánica en dos capas formando una bóveda (Figura 6).

Esta bóveda ha sido diseñada para resistir 1000 bares de presión isostática y 60 kN de tracción a la rotura.

A continuación se aplica una cinta de cobre alrededor de la bóveda y se suelda longitudinalmente con argón. Después de una reducción del diámetro por estirado, se engasta el hilo de cobre sobre la capa exterior de los hilos de acero de la bóveda para formar con ella un conductor eléctrico muy compacto.

Con objeto de garantizar el aislamiento de este conjunto metálico contra el agua de mar, cuando el cable está en funcionamiento, se extruye una capa de polietileno de 5 mm de espesor alrededor del cobre. Un compuesto intermedio

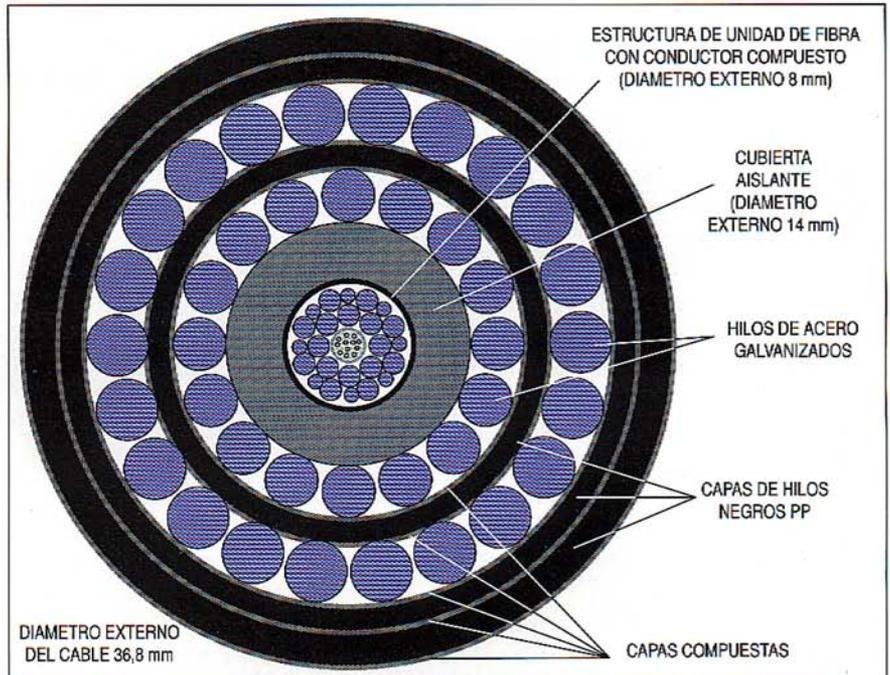


Figura 7 - Sección transversal de un cable con minitubo de acero con armadura doble

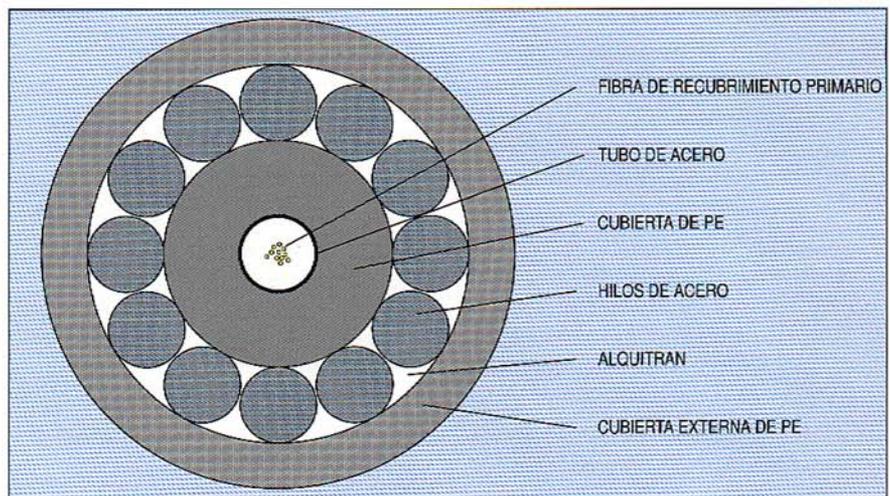
asegura una perfecta adhesión entre el cobre y el polietileno. Este aislamiento es compatible con un funcionamiento con 15 kV durante 25 años.

Cable de 14 mm y 10 mm para enlaces sin repetidores: en el caso de aplicaciones sin repetidores, la tensión eléctrica en los bornes del cable es muy reducida: no se requiere ninguna corriente para aumentar los amplificadores.

El aislamiento del material compuesto metálico debe ser sólo lo suficiente para permitir la introducción de una corriente débil destinada a la localización de los eventuales fallos. De esta forma, una capa de 3 mm de espesor asegura a la vez el aislamiento mínimo y la protección contra la abrasión de los fondos marinos.

En cambio, dado que los cables sin repetidores se utilizan frecuentemente a poca profundidad, en donde

Figura 8 - Sección transversal de un cable con minitubo de acero que puede contener hasta 48 fibras ópticas



los riesgos de paso de artes de arrastre son importantes, casi siempre se necesita una protección suplementaria (armadura). Por tanto, es económicamente interesante depositar esta armadura en un diámetro de cable aislado que sea lo más reducido posible (Figura 7).

- *cable de 14 mm*: este cable ha sido diseñado de la misma forma que el de 18 mm ya presentado pero la capa de polietileno de 3 mm de espesor en lugar de 5 mm reduce su diámetro exterior a 14 mm en vez de 18 mm [6], lo cual hace que sea un cable muy interesante desde el punto de vista económico
- *cable de 10 mm*: utiliza la misma tecnología de base, es decir, el minitubo de acero pero tiene un diseño totalmente diferente al cable presentado anteriormente.

El minitubo de 3,7 mm de diámetro exterior puede recibir hasta 36-fibras, y pronto 48 en una segunda fase de desarrollo (Figura 8). Lleva una funda por extrusión, con polietileno y una capa de hilos de acero que asegura la resistencia mecánica. Otra extrusión de polietileno de alta densidad protege el conjunto.

Conclusión

Lejos de haber descrito el conjunto de las evoluciones de las técnicas del cable submarino, este artículo ha intentado presentar un bosquejo de los progresos más recientes en este campo. Decididamente orientados hacia los sistemas de amplificación óptica, los desarrollos actuales del cable submarino, se refieren esencialmente al aumento del flujo de transmisión mediante la utilización de una fibra óptica de dispersión desfasada y la mejora de la protección de las fibras ópticas mediante la utilización de un minitubo de acero soldado longitudinalmente con un haz láser de gas carbónico.

Los próximos años probablemente estarán marcados por la aparición de sistemas con un flujo aún más elevado (20 ó 40 Gbit/s) que necesitarán fibras cuya sección eficaz se incrementará para limitar los efectos no lineales de propagación. Por tanto, el cable deberá adaptarse para que se minimicen aún más las tensiones en las fibras ópticas, las cuales serán más sensibles al entorno debido a su mayor sección eficaz.

Referencias

- [1] R. Jocteur: "De la gutta-percha à la silice. Les câbles sous-marins et leur évolution technique", *L'Onde Electrique* vol. 73, n°2, marzo-abril 1993, págs. 49-56.
- [2] J. Thiennot, F. Pirio, J.B. Thomine, F. Gobin: "Les nouvelles technologies des liaisons sous-marines", *L'echo des Recherches* n°148, 2° trimestre 1992, págs. 29-40.
- [3] E. Blanc, C. Reinaudo, J.L. Chabert, V. Lemaire: "Sistemas submarinos de transmisión optica", *Comunicaciones Eléctricas*, 4° trimestre 1992, págs. 45-50.
- [4] C. Brehm, C. Reinaudo y al.: "Improved drawing conditions for very low loss 1.55 μm dispersion shifted fiber", *Fibers and Integrated Optics*, vol. 7, 1988, págs. 333-341.
- [5] J.F. Marcerou, H. Fevrier, J. Ramos, J. Augé, P. Bousselet: "A general theoretical approach describing the complete behavior of the erbium-doped fiber amplifier", *Fiber laser Sources and Amplifiers II*, Michel J. Dignonnet Editor, Proc. SPIE 1373, págs. 168-186 (1991).
- [6] B. Daguet, R. Jocteur, J.F. Libert, G. Marlier, C. Reinaudo: "New high reliability cable design and simplified joint for submarine repeaterless optical system", *Proc. Suboptic 1993*, Versailles, marzo-abril 1993, págs. 301-308.

Christian Reinaudo nació en 1954 en Avignon, Francia. En 1977 obtuvo el diploma de la Escuela Superior de Física y Química industriales de París y en 1983 se doctoró en la Universidad de París. Después de haber trabajado en el campo de los materiales en los Laboratorios de Marcoussis, entró en CLTO en 1984 y después en Alcatel Câble en 1987. Actualmente, Christian Reinaudo es director adjunto de la Unidad de cables submarinos de Alcatel Câble.

Procedimiento de MCVD-plasma de fabricación de fibras ópticas monomodo para aplicaciones terrestres

M. Carratt Alcatel Fibres Optiques, Bezons, Francia
S. Walker Alcatel Telecommunications Cable, Roanoke, EE. UU.

Introducción

El procedimiento de fabricación de fibras ópticas monomodo para las aplicaciones terrestres, utilizado en las nuevas factorías americanas de Claremont (NC) y francesa de Douvrin del grupo Alcatel, ha sido desarrollado a partir de un original procedimiento de deposición por plasma asociado a la técnica MCVD.

El programa de desarrollo de este nuevo procedimiento de fabricación también cubre la definición de un nuevo producto y nuevos equipamientos.

La fabricación comprende tres etapas sucesivas e independientes, a saber, la fabricación de la preforma primaria, la deposición por plasma externo y después la operación de fibrado.

Fabricación de la preforma primaria

El procedimiento de fabricación se basa en la utilización de la técnica MCVD (depósito químico en fase vapor modificado) que permite el depósito de sílice dopada bajo atmósfera controlada, en el interior de un tubo de sílice de alta pureza. El esquema del principio se presenta en la **Figura 1**.

El equipo de depósito MCVD instalado en las factorías ha sido definido especialmente para esta nueva utilización. La central de distribución de gases se ha diseñado de forma que se garantice un máximo de seguridad y de reproductividad de las condiciones operativas. Se ha dedicado una atención especial a la realización de nuevos evaporadores

de gran capacidad para el cloruro de silicio, la regulación de los caudales y temperaturas y la estanqueidad general de los circuitos de distribución. El autómata implantado en el banco se encarga de la gestión de la velocidad, temperatura y presión de los órganos de control del armario de distribución de los gases y de la torre de depósito.

El depósito MCVD se realiza en un tubo de sílice vitrosa natural. El diámetro interior de una veintena de milímetros permite aumentar la sección depositada multiplicando el número de capas, permaneciendo en condiciones de calentamiento satisfactorio.

El perfil de índice seleccionado para esta nueva fibra es un perfil de funda compensada y el índice de refracción de la funda óptica depositada por MCVD se ajusta al valor del tubo de depósito utilizado. La **Figura 2** presenta el perfil tipo

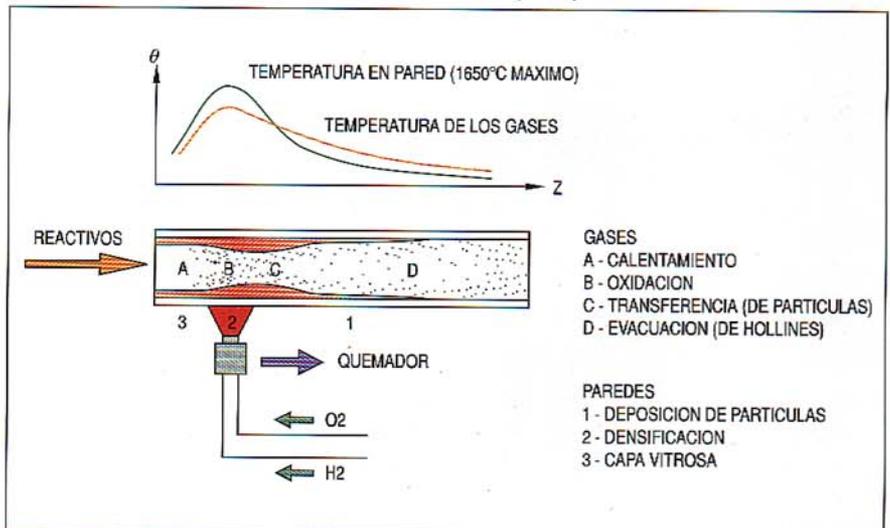
obtenido en la preforma primaria. La relación de los diámetros de funda y de alma se ha establecido en 5:1 para un desvío de índice total de $5,2 \times 10^{-3}$ lo cual garantiza una propagación de la señal en las mejores condiciones. La forma del perfil a escala de índice permite anular la dispersión cromática a la longitud de onda de 1310 nanómetros.

Deposición por plasma externo

A continuación, el diámetro exterior de la preforma primaria obtenida por depósito MCVD debe ser llevado a un valor cercano a varias decenas de milímetros para asegurar la concordancia final con los diámetros que se pretende obtener en la fibra: $8 \mu\text{m}$ para el diámetro del núcleo y $125 \mu\text{m}$ para la funda exterior de sílice.

Esta operación se realiza depositando sucesivas capas concéntricas

Figura 1 - Desglose esquemático del MCVD en sus principales mecanismos



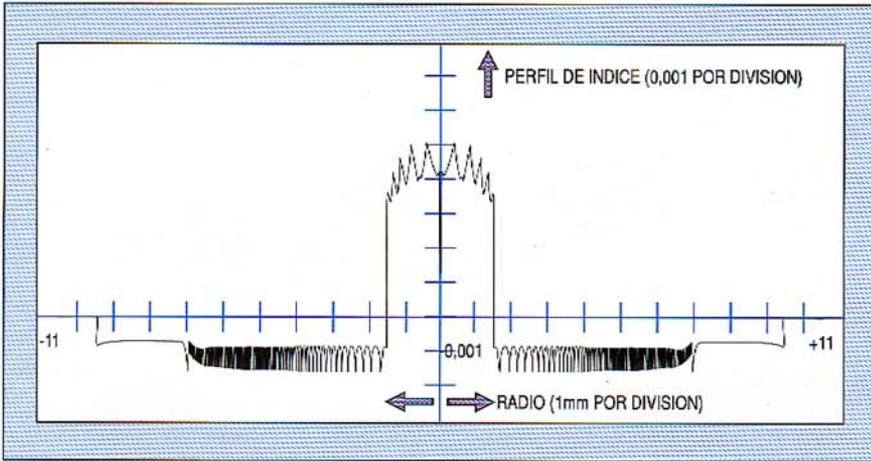


Figura 2 - Perfil de índice de la fibra monomodo

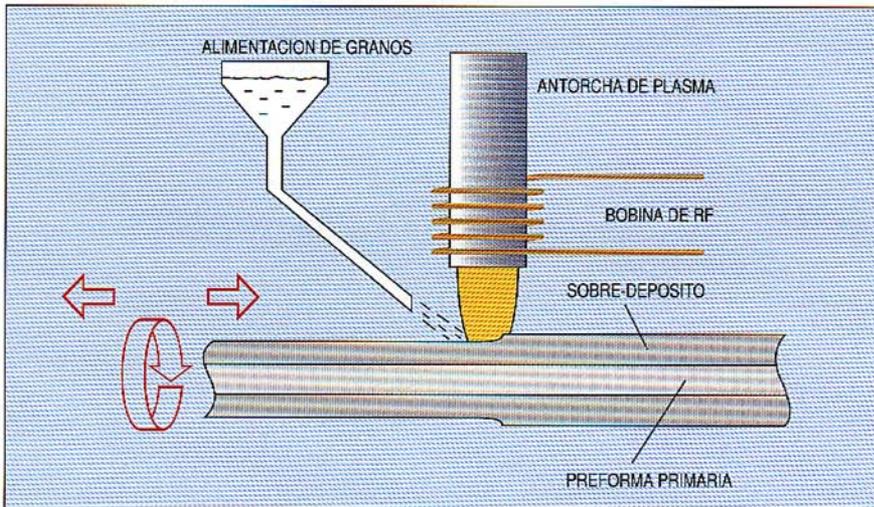
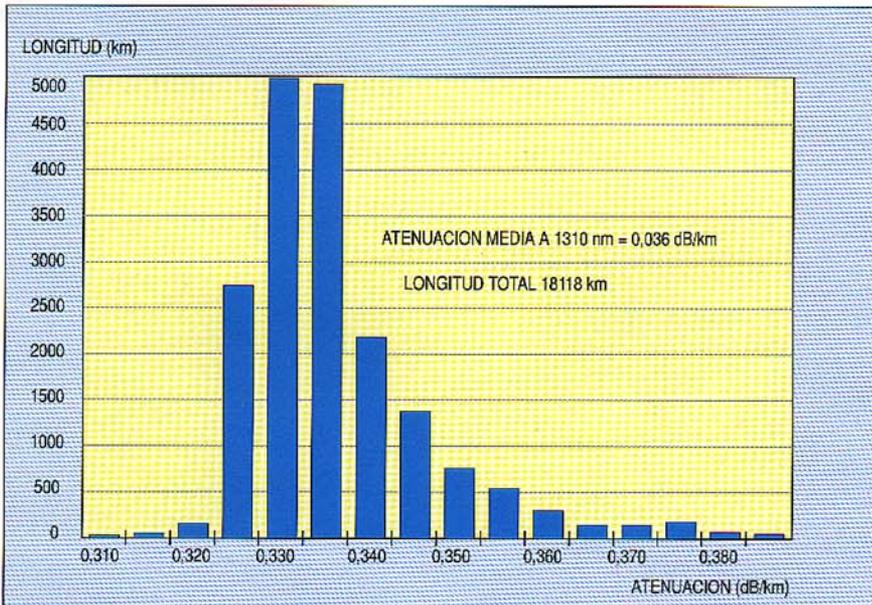


Figura 3 - Operación de deposición por plasma externo

Figura 4 - Reparto de la atenuación a 1310 nanómetros



de sílice en la cubierta exterior de la preforma primaria. La materia prima utilizada se presenta en forma de granos de sílice natural. Estos granos se inyectan en un plasma atmosférico de alta frecuencia cuya temperatura alcanza varios miles de grados centígrados. La sílice se funde, después se deposita sobre la preforma primaria situada lateralmente respecto a la antorcha de plasma y se pone en rotación y en traslación. La **Figura 3** presenta el esquema del principio de esta operación.

El plasma se mantiene exclusivamente bajo aire, previamente filtrado y tratado. El generador eléctrico está constituido principalmente por un oscilador de unos megahertzios que suministra una potencia máxima de 100 kW. El conjunto del dispositivo es controlado por ordenador para regular el flujo de materia, la potencia suministrada por el plasma y la velocidad de depósito de la sílice. Las operaciones de cebado del plasma y de desarrollo del depósito se encadenan automáticamente bajo su vigilancia.

El grano utilizado es de sílice natural, tratada y purificada para suprimir los compuestos metálicos y los alcalinos. Se ajusta la granulometría para conseguir la mejor relación entre las condiciones de depósito y las características finales de la sílice.

La técnica de deposición por plasma grano a grano presenta numerosas ventajas respecto a la técnica de acoplamiento mediante un tubo, utilizada anteriormente. La materia prima tiene un coste reducido y las velocidades de depósito son importantes, pudiendo llegar hasta a más de 10 g/min. Además, este procedimiento de crecimiento externo presenta una mayor flexibilidad puesto que permite ajustar, por encargo, el diámetro final y aumentar ulteriormente la capacidad.

Fibrado de la preforma

La preforma obtenida después de la operación de deposición tiene un

diámetro de 40 mm. Se coloca verticalmente en el horno de fibrado, en la cima de una torre de varias decenas de metros de altura. Esta altura permite, en asociación con una optimización de tensiones en la fibra, velocidades de tracción que superan 500 m/min. El diámetro exterior de la fibra se ajusta automáticamente durante esta operación al valor de 125 µm al mismo tiempo que se controla la velocidad y la tensión aplicada. Durante el fibrado, se aplica en línea una protección constituida por dos capas concéntricas de resinas polimerizadas mediante radiación ultravioleta. El proceso de regulaciones y el dominio del procedimiento permiten controlar estos diámetros con una aproximación de una micra.

La resistencia mecánica de la fibra se verifica después por una prueba de desarrollo en tensión que permite eliminar todos los puntos débiles que tengan una carga de rotura inferior al valor de prueba. La prueba de tensión corresponde al alargamiento provocado por una carga de 10 Newtons aplicada durante un segundo. De este modo, se obtienen longitudes comerciales que superan 25 km en una sola pieza.

Características de la fibra

Los nuevos equipos de depósito MCVD de deposición por plasma y de fibrado que se han desarrollado para la aplicación terrestre asociados a este nuevo procedimiento de fabricación han permitido mejorar considerablemente las características de la fibra monomodo utilizada en dicha aplicación terrestre.

Las características ópticas y geométricas de cada preforma primaria se controlan previamente a las operaciones de deposición y de fibrado. Esta medida permite garantizar los valores característicos del perfil de índice respecto a la especificación. De este modo, se limita la sensibilidad de la fibra a las microcurvaturas y a las curvaturas, que simulan los efectos del cableado.

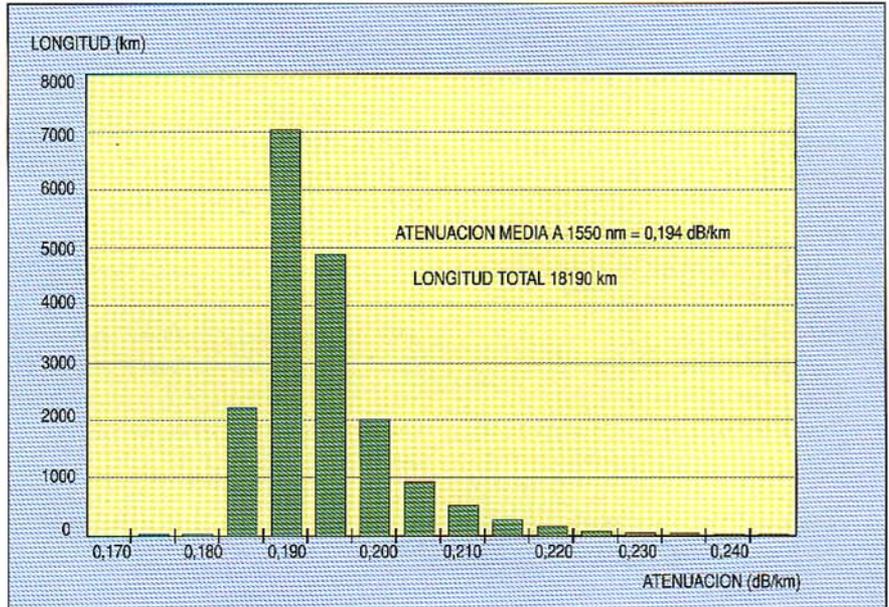


Figura 5 - Reparto de la atenuación a 1550 nanómetros

PARAMETRO	VALOR
ERROR DE CONCENTRICIDAD DEL CAMPO MODAL	≤ 1 µm
DIAMETRO DE LA CUBIERTA	125 ± 1 µm
NO CIRCULARIDAD DE LA CUBIERTA	≤ 2%
DIAMETRO DEL REVESTIMIENTO	245 ± 15 µm
ERROR DE CONCENTRICIDAD REVESTIMIENTO/CUBIERTA	≤ 12,5 µm

Tabla 1 - Características geométricas de la fibra

PARAMETRO	VALOR
DIAMETRO DEL CAMPO MODAL	9,1 ± 0,5 µm
LONGITUD DE ONDA DE CORTE	1150 - 1280 nm
COEFICIENTE DE ATENUACION A 1310 nm	≤ 0,34 ≤ 0,36 ≤ 0,40
COEFICIENTE DE ATENUACION A 1285 - 1330 nm	≤ 0,36 ≤ 0,40 ≤ 0,45
COEFICIENTE DE ATENUACION A 1550 nm	≤ 0,20 ≤ 0,25 ≤ 0,28
DEFECTO LOCAL (PROMEDIO DE LAS MEDIDAS DE RETRODIFUSION EN LOS DOS EXTREMOS)	≤ 0,1 dB
UNIFORMIDAD DE LAS CURVAS DE RETRODIFUSION (1550 nm)	± 0,1 dB
PICO DE REFLEXION	NO PERMITIDO
DISPERSION CROMATICA DE 1285 A 1330 nm	≤ 3,5 ps/nm.km
DISPERSION CROMATICA A 1550 nm	≤ 19 ps/nm.km
LONGITUD DE ONDA DE DISPERSION NULA	1310 ± 10 nm
PENDIENTE EN LA LONGITUD DE ONDA DE DISPERSION NULA	≤ 0,09 ps/nm.nm.km

Tabla 2 - Características ópticas de la fibra

Se controla en cada tramo la homogeneidad de la fibra por medio de una medida en retrodifusión. Actualmente, la tolerancia en producción se garantiza para una variación inferior a 0,05 dB respecto a la pendiente media de la longitud unitaria.

Las Figuras 4 y 5 indican el reparto de las atenuaciones a 1310 y 1550 nanómetros de las producciones actuales.

El comportamiento de la fibra en función del entorno está de acuerdo con las recomendaciones de los prin-

cipales explotadores de la red. Las características geométricas y ópticas de la fibra monomodo para aplicaciones terrestres se presentan en los **Tablas 1 y 2**. Las demás características son las siguientes:

- Prueba de tensión: 10 Newtons
- Prueba de temperatura: tres ciclos de 24 horas de -40° a 70°C , $\leq 0,05$ dB/km
- Longitudes obtenidas: de 2,5 a 25 km (en múltiplos de 2,5)
- De 2,2 a 24,2 km (en múltiplos de 2,2)

En la actualidad, esta fibra ha sido homologada en los principales países de Europa, así como en Estados Unidos.

Evoluciones

El depósito MCVD es utilizado desde hace muchos años por Alcatel. La puesta a punto de este procedimiento, puesto en práctica en las dos nuevas plantas de fabricación de fibras ópticas monomodo del grupo, ha conllevado una mejora muy significativa del producto.

La deposición por plasma externo se utiliza hoy en día industrialmente. Representa una mejora técnica y económica importante. La evolución del procedimiento MCVD/Plasma al mismo tiempo que asegura una perfecta independencia técnica del grupo Alcatel hoy en día, permite aún entrever atractivas perspectivas de aumento de capacidad y de reducción de costes.

Michel Carrat nació en 1949 en Chantilly, Francia. Después de realizar sus estudios en el Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas de Lyon, trabajó desde 1974 hasta 1978 en el desarrollo de guías de ondas circulares en la sociedad Les Câbles de Lyon y después entró en 1978 en la CLTO en donde dirigió las actividades de investigación y desarrollo. En 1990 empezó a trabajar en Alcatel Fibres Optiques. En la actualidad, es director general adjunto,

encargado de los programas de investigación y desarrollo.

Stephen Walker, nació en 1953 en el estado de Tennessee. En 1980 recibió el diploma de doctor en Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico de Georgia. En la actualidad, es director del "Fiber Development Group" en Alcatel Telecommunications Câble en la planta de Roanoke en Virginia (EE.UU.) donde es responsable de los procesos de fibra óptica y del desarrollo tecnológico en las factorías de fibra óptica de Alcatel North America

Alcatel Cable Contracting: proyectos llave en mano

J. Swetchine

Alcatel Cable Contracting, Clichy, Francia

Introducción

El diseño y la realización llave en mano de redes completas de telecomunicaciones son cada vez más solicitados. A esto es lo que se dedica Alcatel Cable Contracting (ACC) en el mundo entero.

En el pasado, el procedimiento llave en mano de realización de redes de telecomunicaciones que integran todos los suministros y servicios con compromiso de resultados era utilizado sobre todo por los países en vías de desarrollo.

Los países tecnológicamente avanzados y que disponían de recursos suficientes, frecuentemente preferían reservar el diseño y el control de la obra a su propio operador.

Desde hace algún tiempo, el procedimiento "llave en mano" se ha hecho cada vez más frecuente, incluso en los países muy industrializados, debido a la cada vez mayor competencia mundial que ha obligado a cada uno a dedicarse a su principal actividad.

La vocación de ACC consiste en poder realizar para todos los clientes que lo deseen, en todas las partes del mundo, una red de telecomunicaciones lista para funcionar, asumiendo la plena responsabilidad de la operación.

Creación de ACC

La actividad de tendido y conexión de cables siempre ha ido acompañada de su fabricación.

A medida que crecía externamente Alcatel Cable, las células que ejercían esta actividad en las nuevas unidades se multiplicaban sin una sinergia óptima. Pero la actividad no cesaba de complicarse debido a la evolución de las tecnologías, al aumento del volumen

de los proyectos, a los plazos cada vez más cortos, a una competencia cada vez más dura y a financiaciones cada vez más complejas.

Por tanto, se decidió agrupar las actividades correspondientes en un grupo especializado, estrechamente coordinado por un gestor único: ACC. En las redes completas de telecomunicaciones, la parte representada por la red de abonados no ha cesado de aumentar. Por naturaleza, su coste y su duración de realización dependientes de las condiciones de terreno, no pueden reducir el ritmo de las revoluciones tecnológicas de los equipos de conmutación o de transmisión.

Por ello, ACC ha creado unidades industriales de producción de cables, a partir de equipos especializados.

La actividad de ACC: la contratación

La actividad de ACC (**Figura 1**) es el diseño y realización "llave en mano" de redes, enlaces de energía de alta tensión en cables aislados y enlaces de telecomunicaciones en el más amplio sentido de la palabra, públicos o privados, que incluyan una parte significativa de cable integrando competencias y suministros de las sociedades Alcatel concernidas.

ACC realiza contratos en su propio nombre o en común con las unidades industriales de Alcatel y en colaboración con ellas. La prestación es todo lo completa que el cliente desee y agrupa la totalidad o parte de los siguientes elementos principales:

- diseño general teniendo en cuenta las instalaciones existentes y los futuros desarrollos,
- estudio detallado,

- suministro de materiales y equipos,
- construcción de edificios,
- obras de ingeniería civil de infraestructuras,
- tracción y conexión de cables,
- pruebas de puesta en servicio,
- gestión del proyecto: control de presupuestos y plazos, administración del contrato.

Estas tareas se refieren a las telecomunicaciones de la red pública conmutada, a los sistemas lineales (metros, trenes, autopistas, oleoductos, etc.), a las redes informáticas (redes locales de empresa, a redes metropolitanas y redes de zona extensa), a la vigilancia por vídeo, a la teledistribución, etc.

Los recursos de ACC

Para asumir estas tareas, ACC dispone de la competencia de sus equipos internacionales y la de todas las unidades Alcatel implicadas en cada contrato, en particular la de todos los especialistas de Alcatel Cable.

ACC también dispone de los equipos más adaptados, desde los aparatos de medida hasta los buques cableros y máquinas para excavaciones submarinas para trabajos en el mar¹. En el centro del trabajo de ACC se encuentran:

- el diseño, para el cual se ha elaborado un sistema especializado de CAD que también permite el archivado en forma digital y la actualización de la documentación (*ver artículo de C. Guthmann en este número*),
- la gestión de proyectos, sin cuyo rigor no podría alcanzarse ningún resultado (*ver artículo de C. Bertrand en este número*).

Las herramientas desarrolladas por ACC, que integran la experiencia de las obras realizadas en el pasado, se han convertido en indispensables para gestionar los grandes grupos de varios miles de personas que implica una obra moderna.

La estructura del ACC

Actualmente ACC se compone de un conjunto coherente de cinco unidades, con sedes en Francia, Alemania, Norue-

ga, España y el Benelux. Se encuentra en curso de constitución una sexta sede en América del Norte. Cada unidad es responsable de su acción, pero su gestión y su acción comercial son rigurosamente coordinadas por ACC (Francia).

Al intervenir en su país, cada una dispone, si fuera necesario, de las competencias y recursos de las demás ACC, tanto desde el punto de vista técnico como en lo que respecta al montaje de financiación de proyectos con múltiples fuentes.

Los proyectos fuera de los países ACC son objeto de una prospección bajo la coordinación de ACC (Francia) y se decide en común la estructura más eficaz de respuesta a las licitaciones y de realización.

Territorio de intervención ACC

ACC se ha organizado para responder en cualquier país del mundo, lo que facilita su estructura descentralizada (Figura 2). En el artículo siguiente se indican algunos ejemplos de proyectos ACC en el mundo.

Conclusión

ACC constituye para los clientes de Alcatel la estructura de integración de las unidades especializadas para proyectos "llave en mano".

Su estructura multinacional permite que los clientes que lo deseen puedan liberarse de las preocupaciones de coordinación técnica entre los productos y dedicarse a su trabajo de base teniendo un interlocutor único, responsable de la calidad, del plazo y del presupuesto.

Jean Swetchine nació en 1930 en Francia. En 1952, obtuvo el diploma de ingeniero de la Escuela Especial de Obras Públicas de París. Ejerció alternativamente en la empresa y en la ingeniería, en particular en Sogelerg/SEDIM (grupo CGE convertido en Alcatel ALSTHOM) y BOUYGUES, en donde ocupó el cargo de director general adjunto, responsable de ingeniería internacional. En 1983, J. Swetchine entró a formar parte de Câbles de Lyon como director del departamento de Ingeniería e Instalación. Cuando se creó ACC (Alcatel Cable Contracting), fue destinado a esta unidad como director general.

Figura 1 - ACC: organización, productos, actividades

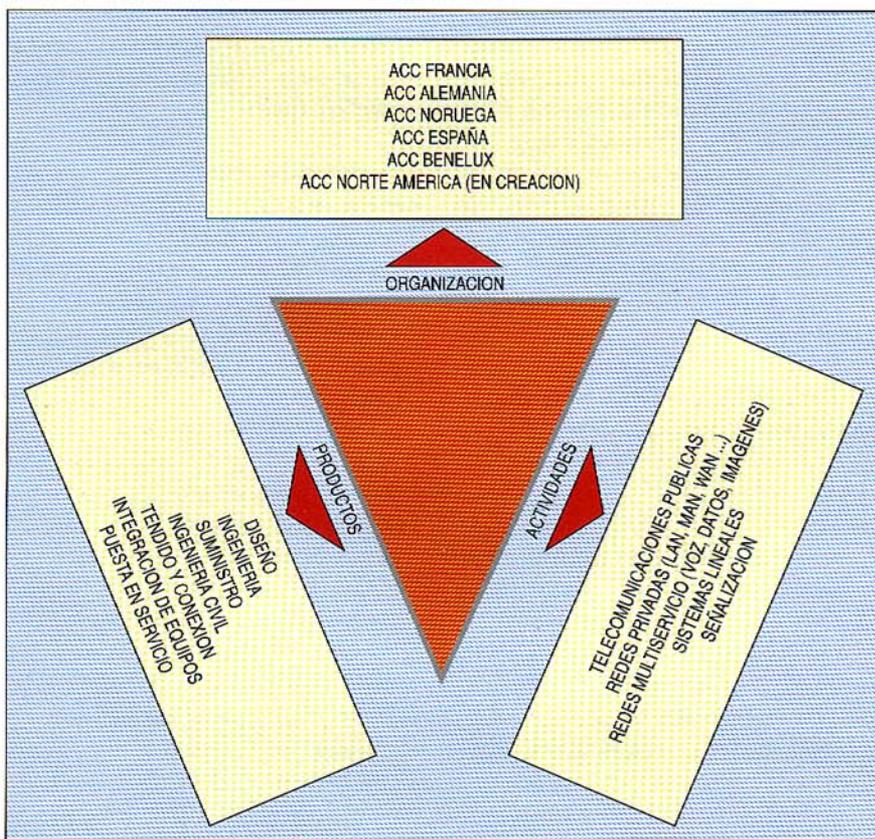


Figura 2 - Principales países de intervención actual de ACC



¹ ACC interviene, llegado el caso, ante Alcatel Submarcom para ciertos trabajos de tendido y de excavaciones marinas así como para los atracaderos

Evolución de la competencia de Alcatel Cable Contracting: algunas etapas de proyectos

J. Swetchine Alcatel Cable Contracting, Clichy, Francia
D.S. Nordmann Alcatel Cable Contracting, Hanover, Alemania
H. Teslö Alcatel Cable Contracting, Oslo, Noruega

J. Carrasco Alcatel Cable Contracting, Madrid, España
R. Laes Alcatel Cable Contracting, Bruselas, Bélgica

Introducción

Alcatel Cable Contracting (ACC)¹ realiza proyectos "llave en mano" en numerosos países. Este artículo presenta, a través de ejemplos, las principales tendencias de la evolución de las intervenciones de ACC en el mundo entero y de su conocimiento en materia de telecomunicaciones y redes privadas².

Esta evolución se ilustra con algunos grandes proyectos representando las etapas importantes.

Mercado doméstico: desde la instalación hasta los proyectos "llave en mano"

Las actividades de ingeniería y de instalación de las sociedades que constituyen ahora el grupo Alcatel Cable se han ejercido durante mucho tiempo en sus mercados interiores, como acompañamiento de contratos de suministros.

La tendencia de los principales operadores de redes públicas consistía en conservar el diseño y dividir los contratos de realización por especialidades, separando los suministros y la puesta en práctica. De esta tendencia de rutina han emergido proyectos que marcan etapas hacia el planteamiento "llave en mano".

La primera fue la puesta a nivel acelerado de la red telefónica francesa en los años 1970, período en el cual nuestro grupo realizó numerosos enlaces interurbanos, dejando a empresas de menor dimensión, con frecuencia locales, la construcción de las redes de abonados. Proseguimos esta actividad al ritmo de los programas presupuestarios³.

La segunda gran realización fue la red francesa de videocomunicaciones con fibra óptica "1G", actualmente en vías de finalización. Realizada en común con Alcatel CIT, constituye la mayor red del mundo con fibra óptica hasta el abonado, con aproximadamente 700 000 abonados conectables. Ha requerido el desarrollo de un sistema de CAD⁴ dedicado a redes así como de métodos de gestión de proyectos sumamente eficaces.

La tercera gran realización, aún en curso, es el equipamiento de la antigua RDA con un sistema moderno de telecomunicaciones, reconocido como un paso previo indispensable para cualquier desarrollo industrial y económico. Antes de la reunificación, el operador público - Deutsche Telekom - tenía la costumbre de hacer los estudios por sí mismo y encargar por separado los suministros y las obras. Frente a la amplitud y a la urgencia de las necesidades (sólo había 1 200 000 teléfonos para 17 millones de habitantes), se decidió confiar a la industria privada un programa "llave en mano".

Un programa denominado TURNKEY'91, seguido de los programas 92 y 93, referentes a 136 ciudades y 530 000 líneas a instalar en tres años y medio fue confiado a Alcatel SEL y a Alcatel Kabelmetal, encargándose esta última del suministro de los equipos de instalación y de ingeniería antes de la creación de ACC (Figura 1 y Foto A). Este programa comprendía el conjunto de prestaciones de estudio, los suministros, las obras de ingeniería civil y de cableado, las intervenciones en la red existente, la formación del personal, la ingeniería y la gestión del proyecto.

Fue seguido por el proyecto "llave en mano" del "Prenzlauer Berg" en Berlín y después en 1993 por el proyecto "OPAL 93" con una red de fibra óptica de 25000 abonados (Figura 2). Los suministros y prestaciones relativos a la red, realizados por Alcatel Kabelmetal y ACC representan el 75% del total y la conmutación y los equipamientos de transmisión corren a cargo de Alcatel SEL.

Estas proporciones (3/4 de la red) se encuentran en la mayoría de los proyectos y ayudan a comprender la creación de ACC, primero en llegar a los emplazamientos y último en marcharse, integrado en el contexto local, haciéndose cargo de un gran mayoría del importe de los contratos y que, lógicamente tiene que gestionar el conjunto del proyecto, aunque cada participante es responsable de la gestión de su parte de contrato.

Los medios y la organización utilizados para este proyecto fueron y siguen siendo muy importantes. ACC se comporta como un auténtico instalador, que orquesta todas las intervenciones.

ACC ha creado, para las necesidades de la instalación, una filial en Berlín: la FMA (Fernmelde Anlagenbau) que también desarrolla una actividad a largo plazo en enlaces hertzianos de radio móvil celular, en teledistribución y en LAN.

Las redes en el continente africano: hacia el "llave en mano" integrado en Marruecos

En particular en Francia, pero también en Alemania, ACC ha estado y sigue estando muy presente en el

continente africano, por ejemplo en Nigeria.

Esta presencia también se manifiesta en el Africa negra francófona, donde numerosos países mantienen una estrecha colaboración técnica y económica con Francia y algunos otros países.

A lo largo de los años, se han realizado numerosas redes de abonados y enlaces y los estudios eran confiados a nuestros equipos o bien ejecutados o bosquejados por un consultor del cliente. Con frecuencia, la conmutación es tratada por separado.

ACC también ha intervenido en Marruecos. En el marco de desarrollo del Reino de Marruecos, la Oficina nacional de correos y telecomunicaciones (ONPT) tuvo que enfrentarse a una creciente demanda cada vez más acuciante, que procedía tanto del tejido industrial y económico como de la población. Entonces, se confió a Alcatel un programa de urgencia de 147 000 líneas, desde los estudios de la red hasta la conexión de abonados, incluida la conmutación: Rabat, Tanger, Oujda, Fez, etc.

Este proyecto completamente integrado acaba de ser finalizado por

los equipos de Alcatel CIT de Marruecos (conmutación), Alcatel CIT (equipos de transmisión), Alcatel Telspace (enlaces hertzianos), Alcatel Cable/ACC (redes de abonados, enlaces interurbanos, intercentrales).

A continuación figuran algunas cifras del ACC relativas a Marruecos:

- 200 km de zanjas mayoritariamente en ciudad
- 950 km de conductos
- 1624 cámaras subterráneas
- 1400 km de cables
- 1 670 000 pares conectados
- 160 000 pares distribuidos

Figura 1 - Los cinco länder de la ex-RDA

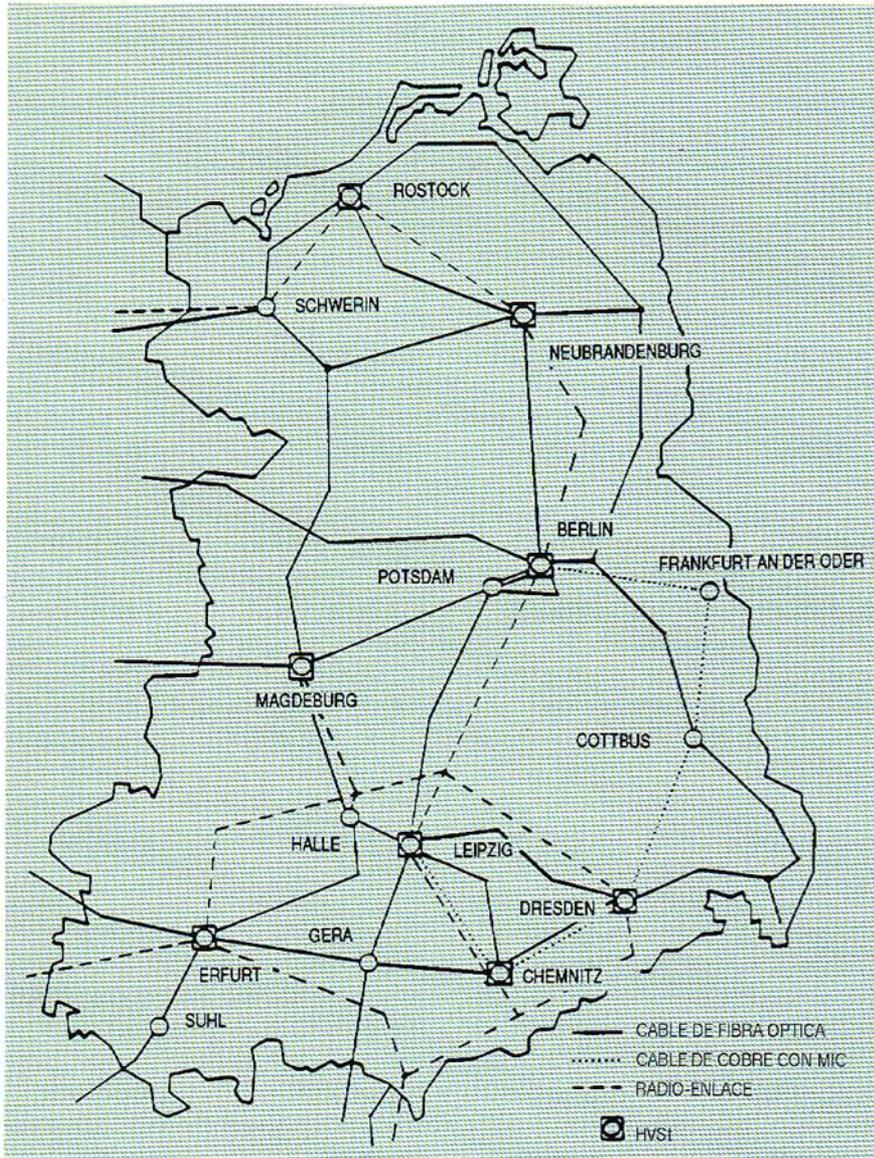


Foto A - Instalación de un cable

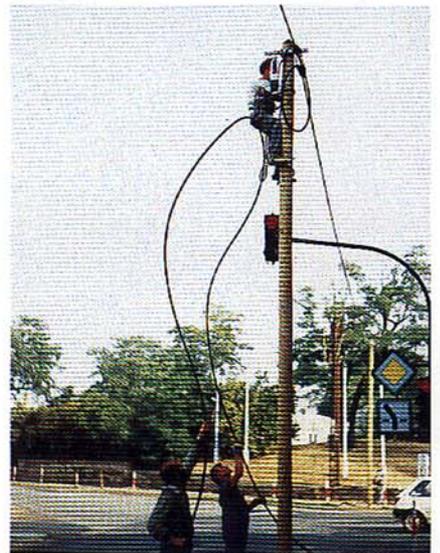
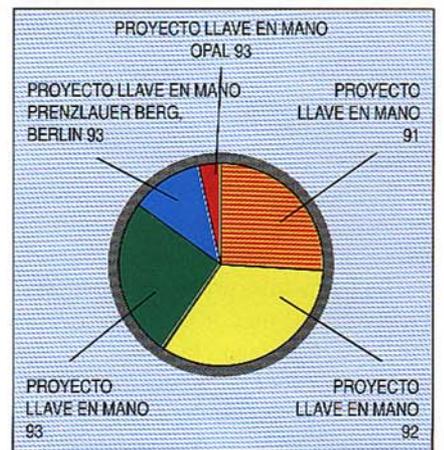


Figura 2 - Proyecto "llave en mano"



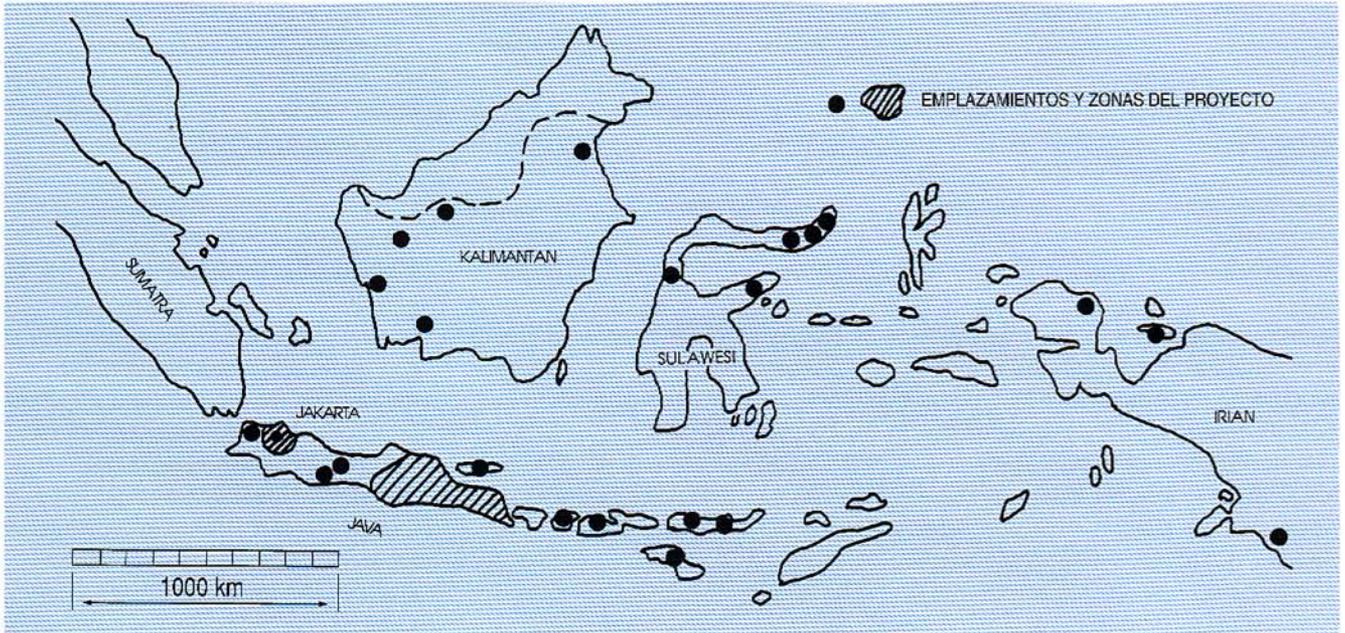


Figura 3 - Emplazamientos y zonas del proyecto Indonesia Télécom III

- 32 enlaces de fibra óptica (300 km)
- 16 enlaces MIC de cobre (200 km)
- 11 digitalizaciones de enlaces existentes (260 km).

Por otra parte, ACC acaba de crear ACC Marruecos, que dispone de todos los medios necesarios para hacerse cargo de cualquier proyecto.

Claro está, esta evolución no se limita a Marruecos.

Asia - Pacífico

En pleno desarrollo, Asia - Pacífico constituye un amplio territorio donde se ejerce la actividad "llave en mano" de ACC.

Tailandia

El 5º plan de desarrollo ya ha sido presentado en detalle en *Comunicaciones Eléctricas*⁵.

Podemos decir sencillamente que este gran proyecto de red de abonados ha sido llevado a cabo en excelentes condiciones de eficacia. Como se describe en otra parte, ha sido la ocasión de efectuar un rodaje a

tamaño natural de una herramienta clave del ACC: el software ORCHID 1 de gestión de proyectos⁶ que es esencial en el trabajo del ACC.

La experiencia de ACC ha ayudado a Alcatel CIT a penetrar en el mercado tailandés, en el que trabajamos conjuntamente en la transmisión óptica en sus provincias.

Por otra parte, ACC continúa trabajando en el 7º plan de desarrollo de las provincias en colaboración con un socio tailandés, que realiza múltiples redes de abonados "llave en mano".

Indonesia

La sociedad Alcatel Cable está muy presente en este extenso país desde hace casi veinte años.

Desde hace más de dos años, nuestros equipos, procedentes de las ACC francesa y alemana, trabajan en el proyecto Télécom III, capital para el desarrollo de Indonesia (Figura 3).

La dispersión de los emplazamientos es extrema en este archipiélago de 5000 km de longitud. Con frecuencia las condiciones de estudio y de realización son muy difíciles y el plazo global de 40 meses es corto y requiere una gestión de gran rigor. Una cifra

resume la amplitud de la tarea: 5000 km de zanjas, ¡la mayoría de las cuales en medios urbanos densos!

Filipinas

El contrato se refiere a más de 150 000 líneas "llave en mano" de abonados y 92 enlaces de fibra óptica en un plazo de treinta meses.

Por motivos derivados de una financiación de múltiples fuentes, el contrato ha sido confiado conjuntamente a ACC Alemania y ACC Francia, con Alcatel Italia (Siette) como subcontratante. El proyecto se encuentra en la etapa de final de movilización de los medios de ejecución: acondicionamiento de las oficinas de Manila, implantación del equipo de gestión del proyecto y puesta en marcha de los estudios de la red, utilizando la herramienta de CAD⁷.

Pakistán - el "llave en mano" integrado a precio global

El contrato denominado "142 000 líneas BLT" constituye una etapa especialmente significativa de Alcatel desde el status de proveedor o instalador hacia el de gran instalador integrado.

Este contrato es ejemplar en más de un concepto: se ha creado una entidad local (Alcatel Pakistán), y Alcatel CIT implanta una unidad industrial de conmutación y un centro de desarrollo de software. El contrato es de un precio global para un número de líneas y una lista de abonados determinados y el plazo es muy breve.

Es probable que nunca se haya alcanzado tal grado de integración y de eficacia en el mundo de las telecomunicaciones. Numerosas sociedades de Alcatel trabajan en este proyecto al lado de ACC. Habrá finalizado cuando se publique este número de *Comunicaciones Eléctricas*.

He aquí algunas cifras que indican la amplitud de este proyecto:

- 1600 km de zanjas en Karachi
- 4 000 000 de pares conectados
- dirección: 47 europeos
- 3000 montadores locales formados por ACC

Los sistemas privados

Los sistemas y redes privados "llave en mano" ocupan una parte cada vez mayor en la actividad del ACC quien

debe frecuentemente asumir la función de contratante global debido a:

- una mayor diversidad de las necesidades de los clientes en materia de hardware y software, que conllevan una elevada complejidad de los sistemas de comunicación,
- un creciente reparto de las informaciones en las instalaciones de los clientes, que conlleva la necesidad de redes de comunicación.

ACC posee las competencias necesarias para asumir su misión de "contratante global":

- comprensión de la necesidad del cliente,
- capacidad de establecer una oferta global coherente,
- dirección de los proveedores y de los subcontratantes,
- integración de los productos hardware y software,
- puesta en servicio,
- capacidad de realizar las evoluciones de los sistemas.

ACC ha realizado numerosos proyectos en el ámbito del "llave en mano", ya se trate a través de realizaciones

con una dominante de cables, una dominante de equipos activos o una dominante software, entre los cuales figuran algunos ejemplos tipo que se citan a continuación.

Proyectos con dominante de cables: la red local Rhône Poulenc de Pont de Claix, Francia

Esta LAN (red de área local) que utiliza el sistema de cableado Alcatel, está extendida en 160 hectáreas, en un entorno muy parasitado desde el punto de vista electromagnético, lo cual justifica totalmente la utilización de redes de fibra óptica (**Foto B**).

Está constituida por un anillo agrupador óptico destinado a recibir una Token Ring de 16 Mbit/s y, a largo plazo, un FDDI de 100 Mbit/s. En este agrupador, se injertan cierto número de anillos de paso de testigo secundarios que ponen en comunicación los talleres. El precableado es de tipo par trenzado con tomas RJ-45, conforme al sistema de cableado de Alcatel. Los equipos activos son principalmente concentradores.

Además, un software de gestión de red, que funciona en estaciones SUN, permite el reconocimiento automático de la topología de la red y su dibujo en la pantalla, el aislamiento de las estaciones defectuosas, el análisis por aparato de las tasas de error, el cierre del circuito del anillo y la visualización gráfica del tráfico por anillo.

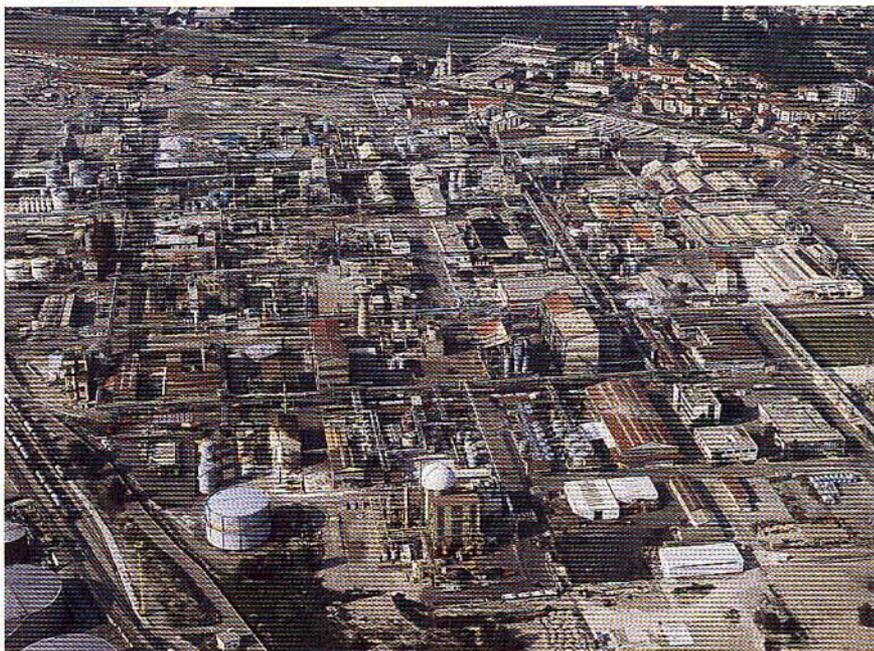
En 1993, se instalaron unas 100 tomas de acceso a cada red. En los próximos años, esta red se extenderá a todos los servicios de la planta.

Proyectos con dominante de "equipos activos"

Otros ejemplos de proyectos se refieren a la realización de sistemas de videodistribución interactivos en la hostelería. El interés principal de este tipo de sistema se basa en:

- la posibilidad de tener un gran número de canales video y audio (posibilidad de ampliación hasta 48 canales TV y 6 canales FM),

Foto B - Planta de Pont de Claix en Francia



— su potencial interactivo que le permite añadir funciones potenciales (mensajerías, pagos, etc.).

Más de 5000 habitaciones utilizan este tipo de sistema para mayor satisfacción de sus usuarios.

Proyectos con dominante software: la gestión de imágenes en las estaciones del metro de Seúl

Para la gestión de la vigilancia vídeo del metro de Seúl (Corea), Alcatel Cable/ACC interviene paralelamente con Alcatel STR. La realización en curso se refiere a la línea 5 del metro, que debe ser entregada a mediados de 1994. Las líneas 7 y 8 deberán realizarse en la misma época.

El sistema comprende un gran número de cámaras y monitores, estos últimos jerarquizados en 51 ordenadores personales locales (uno por estación), otros siete de zona y uno central. El sistema integra la transmisión, la conmutación

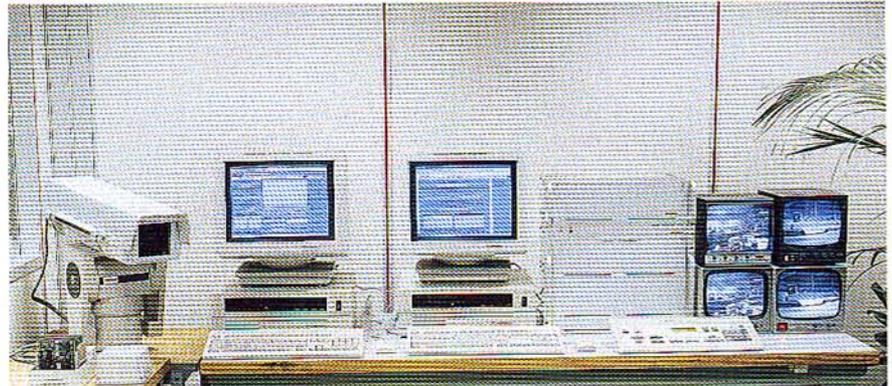


Foto C - Sistema de control informático

análoga, el control y mando de las imágenes y el software de gestión (Figura 4, Foto C y Foto D).

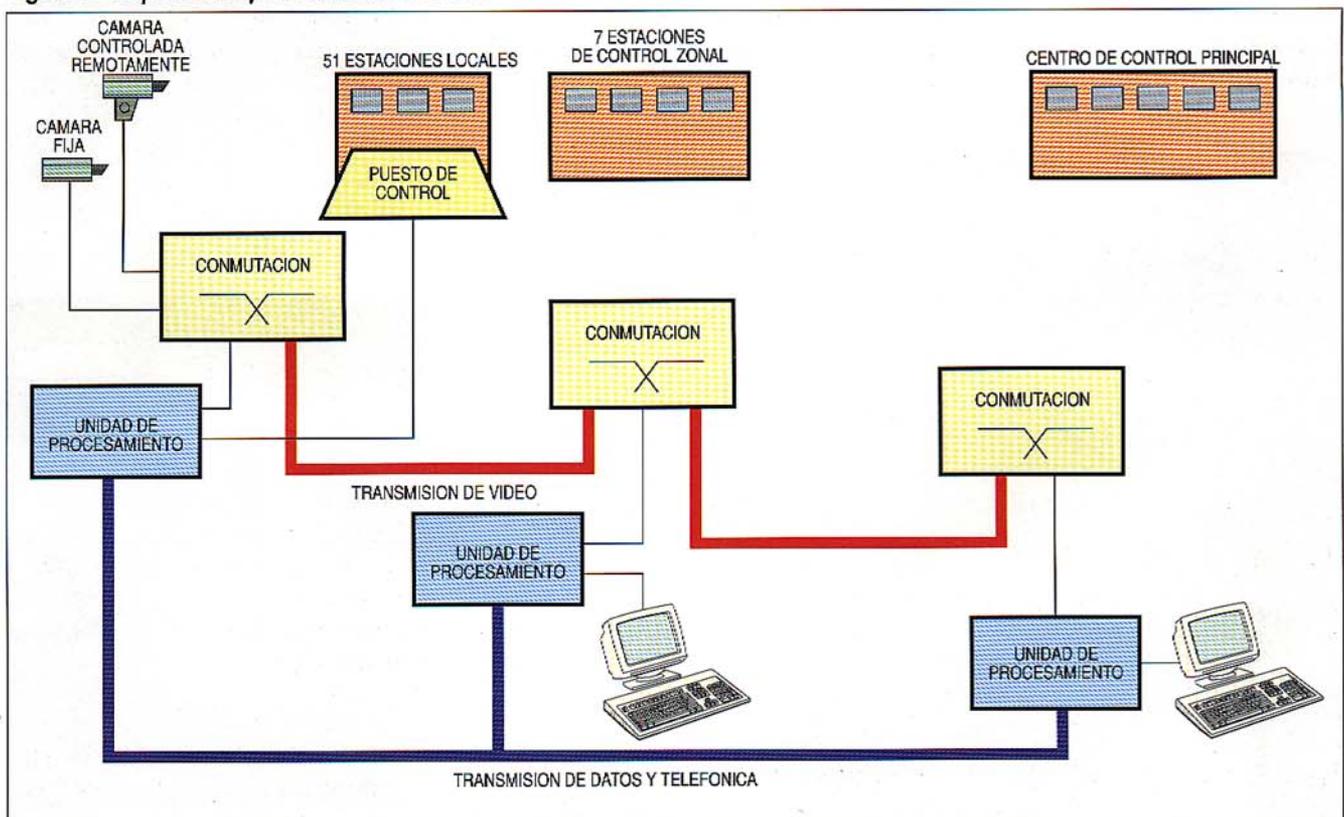
Proyectos globales que incluyen "cables", "equipos activos" y software

Desde 1989, antes de su integración en ACC, la NYCTA (New York City Transit Authority), Estados Unidos, encargó una red de comunicaciones de fibra óptica a los equipos de Alcatel Canada Wire - division CANSTAR.

Este proyecto se refiere a Manhattan, el Bronx, Brooklyn y Queens y se terminará a finales del 1993 y principios del 1994. Se trata de una red que incluye 7 enlaces en anillo y 9 extensiones para la interconexión de voces y datos, completada por un puesto central de control-mando.

Alcatel Cable ACW, en tanto que subcontratante de la empresa general Jones Daidone, en calidad de sistemista/instalador se encarga de las

Figura 4 - Esquema sinóptico de la red de vídeo



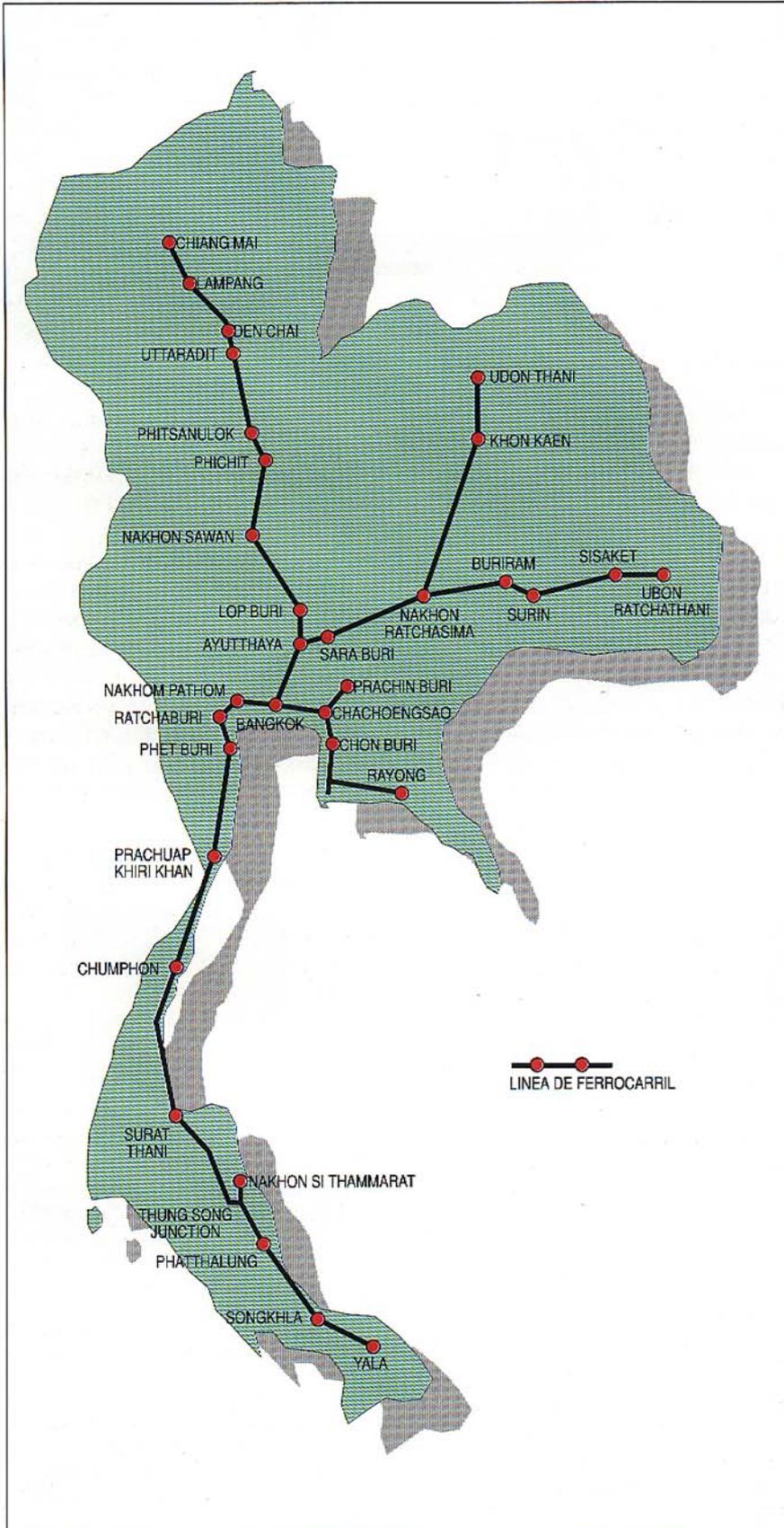


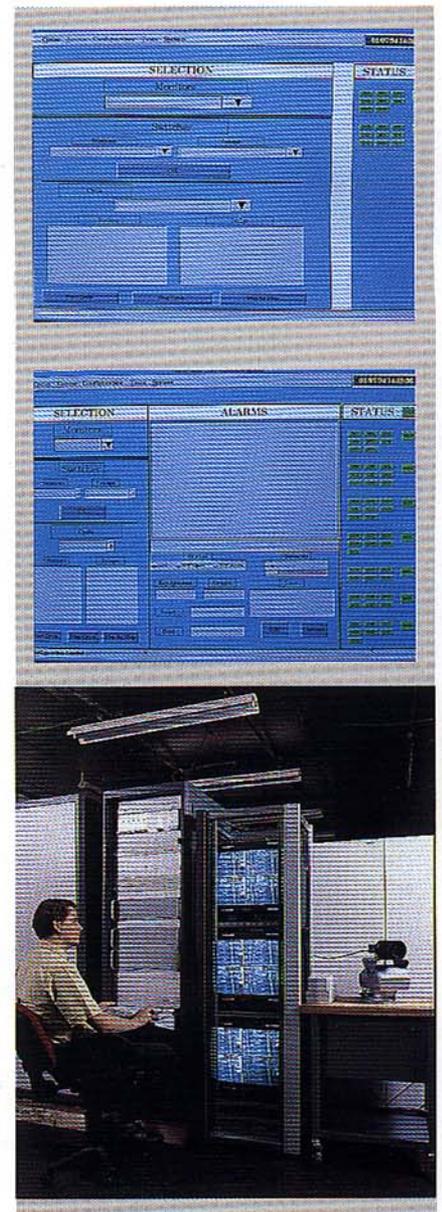
Figura 5 - Mapa esquemático de la red de ferrocarriles tailandeses

siguientes estructuras y prestaciones siguientes:

- los cables de fibra óptica,
- los equipos de transmisión,
- el sistema de supervisión y de gestión de la red.

Otra aplicación de las competencias de Alcatel Canada Wire se refiere a la red de ferrocarriles tailandeses (Figura 5). El proyecto se extiende a todo el país (2800 km, 401 emplazamientos) y se desarrolla hasta

Foto D - Ejemplos de pantallas interactivas para el operador



1994. Incluye un sistema integrado de transmisión y un sistema asociado de gestión de la red, todo ello trabajando en interfaz con las instalaciones existentes.

Conclusión

Los ejemplos presentados muestran la evolución de los ACC y de Alcatel desde el status de proveedor de equipos acompañados eventualmente de servicios de instalación, hasta el del suministro global "llave en mano". Más que a tecnologías particulares, esta evolución se refiere a la propia naturaleza de la intervención, la cual permite que los clientes operadores se dediquen a su actividad básica, sin complicarse con preocupaciones de estudio y de realización que no forman parte obligatoriamente de su trabajo. Dicha intervención se basa en la competencia de nuestros hombres, unidades de Alcatel y los ACC para trabajar juntos, integrando recursos y competencias locales. También se basa en los métodos y herramientas absolutamente específicos que ha desarrollado ACC. Se beneficia de las capacidades de Alcatel y de ACC para agrupar financiaciones procedentes de los países en donde están implantadas sus unidades.

Estas posibilidades servidas por una gran flexibilidad, permiten al ACC poner al servicio de los clientes de Alcatel un herramienta única de integración y abordar - es el caso actualmente - los mayores proyectos de telecomunicaciones públicas que se cifran en miles de millones de dólares, aportando simultáneamente el mismo cuidado a los proyectos de tamaño normal y a las redes privadas que constituyen para el ACC la siguiente etapa de desarrollo.

Jean Swetchine nació en Francia. En 1952, obtuvo el diploma de ingeniero de la Escuela Especial de Obras Públicas de París. Ejerció alternativamente en la empresa y en la ingeniería, en particular en Sogelerg/SEDIM (grupo CGE convertido en

Alcatel ALSTHOM) y Bouygues, en donde ocupó el cargo de director general adjunto, responsable de ingeniería internacional. En 1983, J. Swetchine entró a formar parte de Cables de Lyon como director del departamento de Ingeniería e Instalación. Cuando se creó ACC (Alcatel Cable Contracting), fue destinado a esta unidad como director general.

Jose Carrasco nació en 1940. Obtuvo el diploma de Ingeniero en Telecomunicaciones en 1966 en la Escuela Superior de Telecomunicaciones de Madrid. Se incorporó a Alcatel Standard Eléctrica en 1966 como ingeniero especializado en el diseño de circuitos en la División de Conmutación. Al cabo de dos años transcurridos en el cargo de jefe de proyecto (Pentaconta 1000) y dos años como Director del Grupo de diseño de circuitos de base, fue nombrado Director adjunto de este grupo y después Director de la región Sur de España. En 1985, fue nombrado director del Grupo de Redes de telecomunicación de SESA y después director general de Alcatel Reyssa en 1990. Desde su creación, es Director general de Alcatel Cable Contracting España.

Dieter S. Nordmann es actualmente Director General de Alcatel Kabelmetal - División productos Telecomunicaciones y sistemas, Presidente del Consejo de Vigilancia de Alcatel Cable Contracting, Alemania, GmbH y Presidente del Consejo FMA. Diplomado en Ingeniería Eléctrica, pasó el principio de su carrera en la empresa Lahmeyer AG, grupo de consultores en Ingeniería de RWE. Nombrado Director general de operaciones de ultramar, se familiarizó con las exigencias de los clientes y la dirección de grandes proyectos. La pasión por el servicio a los clientes le condujo a elegir misiones a largo plazo en Africa Occidental, Indonesia y Turquía. Entró en Kabelmetal en 1971 y formó un grupo para los cables y sistemas de redes que en 1992 se convirtió en ACC Alemania, GmbH. Pese a disponer de muy poco tiempo libre, Dieter S. Nordmann pertenece a numerosas organizaciones profesionales nacionales e internacionales. En particular, es miembro del Consejo de IWCS y Presidente del Grupo Marketing de ZVEL.

Robert Laes tiene cuarenta años. Nació en Lovaina, Bélgica. Las telecomunicaciones

siempre fueron el hilo conductor de su carrera. Posee un Master en Ingeniería Electrónica por la Universidad de su ciudad natal (1976). Su primer cargo lo ocupó en la GTE, donde se encargaba de la instalación del primer enlace de telecomunicaciones de fibra óptica de Bélgica (1978-1979). A continuación, fue Jefe de producto para las redes privadas de fibra óptica. En 1986 se incorporó a Opticable, fabricante especializado en cables ópticos y ocupó la dirección de la mencionada sociedad en 1987. En la actualidad, es Director General de Alcatel Cable Contracting Benelux, sociedad de servicios especializada en los proyectos de redes cableadas "llave en mano", que acoge al Centro de Competencia del Grupo para los sistemas de cableado.

Halvor Teslö es diplomado de ingeniería eléctrica de la Dak.School of Mines and Technology, Estados Unidos. En 1954 entró a formar parte de Standard Telefon og Kabelfabrik A/S como ingeniero especializado en cables y ocupó diversos cargos, en particular en el desarrollo y diseño de cables y sistemas de energía de alta tensión. En 1970 fue nombrado director de exportación para los productos y sistemas de cables y desde 1985 ocupa el cargo de Vicepresidente de Alcatel Kabel Norge AS. En particular, es responsable de la División de cables de alta tensión. También es director de Alcatel Cable Contracting Noruega, desde su creación en 1992.

¹ ACC se creó a finales del 1991. Habida cuenta del tiempo que transcurre entre el planteamiento de un gran proyecto y su finalización (por lo general varios años en el campo de las redes públicas), algunos de los proyectos citados, ejecutados por ACC han sido terminados bajo el nombre de otras unidades de Alcatel Cable o Alcatel, previamente a la creación formal de ACC.

² Los enlaces interurbanos en fibra óptica son objeto de un artículo de J.P. Boinet en este número

³ ver artículo de J.P. Boinet en este número

⁴ ver artículo de C. Guthmann en *Revista técnica de Alcatel*, Vol. 63, nº3, 1989

⁵ ver artículo de J. Swetchine en *Revista técnica de Alcatel*, volumen 63, nº 3, 1989

⁶ ver artículo de C. Bertrand en este número

⁷ ver el artículo de Ch. Guthmann en este número

Construcción llave en mano de enlaces interurbanos de fibra óptica

J.-P. Boinet

Alcatel Cable Contracting, Clichy, Francia

Introducción

Paralelamente al diseño y la realización de redes de abonados urbanas de cobre, la instalación de cables de transmisión de fibras ópticas monomodo es una de las actividades de base de Alcatel Cable Contracting (ACC) en el campo de las telecomunicaciones públicas. Estos cables de transmisión de fibra óptica tienen dos aplicaciones diferentes:

- Los *enlaces entre centrales locales*, por lo general en medios urbanos o suburbanos, que ponen en comunicación las centrales principales con las satélites o con otras principales, en una misma aglomeración urbana. Los cables necesarios para estos enlaces se instalan en las infraestructuras existentes del

explotador de la red, previstas durante la construcción de las redes urbanas.

- Los *enlaces interurbanos*, denominados también *líneas a gran distancia* que ponen en comunicación las aglomeraciones urbanas entre sí. Excluyendo sus partes terminales, por lo general se instalan en medio rural, que requieren obras de ingeniería civil para la implantación de los cables subterráneos.

El presente artículo trata sobre la realización de estos enlaces interurbanos que son objeto de contratos llaves en mano entre ACC y el explotador de la red cliente, a los que se asocia con frecuencia y en gran número de países un instalador de equipos del grupo Alcatel.

Características de los enlaces interurbanos

Estos enlaces, que por lo general tienen una longitud de unos centenares de kilómetros, están constituidos por un conjunto de tramos que varían de 40 a 90 km aproximadamente según la topología local y que permiten ponerse en comunicación a ciudades intermedias. La capacidad de los cables puede variar de 6 a 24 fibras, en función del tráfico. Las fibras se explotan por lo general a 140 Mbit/s en las ventanas de 1,3 ó 1,55 μm .

Intervención de ACC

Alcatel Cable Contracting se encarga en primer lugar de los estudios preliminares:

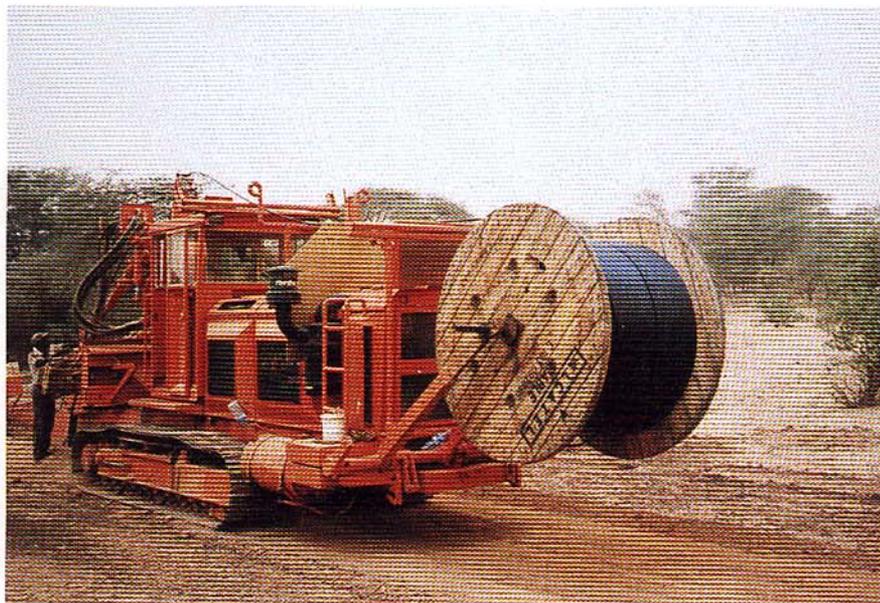
- definición de los tipos de cables y accesorios de línea,
- estudios topográficos y territoriales asociados,
- establecimiento de los planes de trabajo.

Estas tareas están directamente asociadas a las condiciones de entorno y a la elección de los métodos de instalación así como de los materiales de ingeniería civil.

Estos estudios van seguidos por la realización propiamente dicha:

- obras de ingeniería civil y tendido de cables,
- conexión de los cables en línea y montaje de las cabezas de extremo, trabajando en interfaz con el equipo del socio instalador de equipos Alcatel,

Foto A - Colocador de cables



- pruebas finales y medidas, elaboración de la documentación *al completarse la instalación* y del expediente de caracterización de los enlaces.

Paralelamente a estas tareas, ACC se encarga de la gestión general del proyecto, del aprovisionamiento de los materiales auxiliares, del lanzamiento y seguimiento de las pruebas de aceptación en las plantas de fabricación de cables y del establecimiento y seguimiento de la planificación de realización así como de la coordinación con el instalador de equipos.

El establecimiento y seguimiento escrupuloso de las instrucciones técnicas de instalación, el respeto de los procedimientos internos a los que se refiere el manual de aseguramiento de la calidad de ACC son los garantes de los objetivos de calidad.

Importancia de la ingeniería civil

Las obras de ingeniería civil son un parámetro esencial en la economía de un proyecto de enlaces interurbanos. Por lo general también son un elemento clave de la planificación de ejecución, situadas siempre en el camino crítico en comparación con las producciones industriales y la instalación de los equipos asociados (optoelectrónicos, multiplexores, sistema de gestión de operaciones y de supervisión, etc.) que, como es natural, siguen siendo determinantes para el éxito técnico.

Para ACC, el éxito de proyectos como éste requiere:

- un perfecto conocimiento de los equipos de ingeniería civil disponibles en el mercado (colocadoras de cables, zanjadoras, ruedas para rocas, etc.) (**Foto A**),
- un análisis minucioso de las condiciones locales, efectuadas cada vez: naturaleza de los suelos encontrados, congestión de los



Foto B - Conexión de fibras por fusión

subsuelos, limitaciones debidas a las exigencias de los gestores viales y otros concesionarios, legislación y prácticas territoriales, condiciones climáticas,

- tener en cuenta las condiciones de mantenimiento.

puntos que permiten implantar las estructuras de obra más apropiadas para cada país y para cada proyecto.

Tendido de cables

Según las demandas del cliente, los cables de fibra óptica pueden instalarse:

- ya sea directamente en plena tierra, con la maquinaria apropiada que se encarga de la coordinación con la apertura de las zanjas,
- o bien en una funda que habrá sido tendida previamente en las mismas condiciones que un cable en plena tierra.

En esta segunda hipótesis, el tendido del cable se efectúa en grandes lon-

gitudes de 2400 m e incluso 4800 m, para reducir el número de empalmes.

ACC ha desarrollado un procedimiento de tendido mediante una técnica de insuflación que elimina la colocación de los pequeños cables¹ de tracción tradicionales y aporta una ganancia de tiempo considerable: el cable se tiende a una velocidad del orden de 100 a 200 m/min, al mismo tiempo que se limita a un centenar de kilos el esfuerzo de tracción en cabeza de cable.

Conexión de los cables

La conexión de las fibras entre sí se efectúa por fusión con alineación automática de sus núcleos (**Foto B**). El promedio de atenuación procedente de las soldaduras y medida a 1550 nm es de -0,2 dB con una desviación típica de 0,1 dB (**Figura 1**).

Después de su conexión, las fibras van protegidas por una caja de empalme estanca a 500 mbares.

En el extremo del enlace, las fibras se conectan a conectores organizados en cabezas cableadas compatibles con la mecánica de los bastidores utilizados por el instalador de equipos.

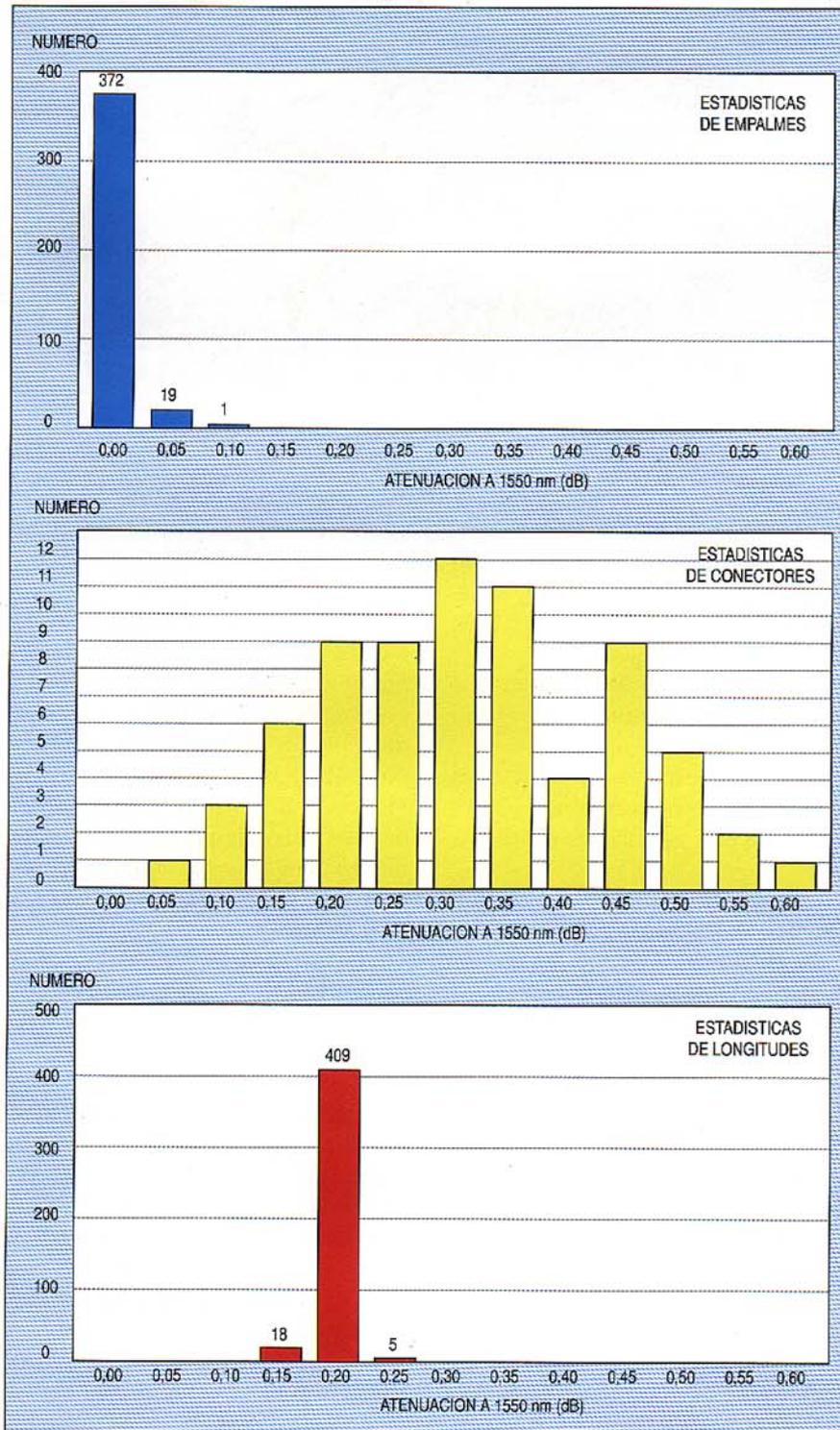
Expediente de caracterización de los enlaces

Al finalizar la instalación y las diferentes pruebas, se establece un expediente de caracterización de los enla-

ces en el que se recapitulan los siguientes datos:

- longitud entre empalmes, longitud total,
- medidas de atenuación por retrodifusión, en ambos sentidos, de los empalmes, de las longitudes de los cables y del tramo completo, y todo ello fibra por fibra y en dos longitudes de onda.

Figura 1 - Representación geográfica de las estadísticas de los valores de atenuación de los empalmes, de los conectores y de las longitudes unitarias de fibras de un enlace interurbano



En el caso de tramos de cables con gran número de longitudes unitarias y gran contenido de fibras, ACC utiliza un sistema informático de adquisición de datos que, acoplado al reflectómetro, permite crear los cuadros de medida, establecer estadísticas y editar, en forma normalizada, el conjunto de características de los enlaces (Foto C).

Algunas realizaciones recientes de ACC

Durante los tres últimos años, Alcatel Cable Contracting ha suministrado e instalado unos 7000 km de enlaces interurbanos a través del mundo, algunos de los cuales todavía están en curso de instalación:

- en Africa: Egipto, Gambia, Marruecos, Senegal,
- en América: Chile,
- en Asia: Indonesia, Kuwait, Tailandia,
- en Europa: Bulgaria, Francia.

Foto C - Caracterización de los enlaces



Todos estos enlaces van equipados de material de transmisión Alcatel.

Conclusión

Alcatel Cable Contracting realiza llave en mano la construcción de líneas de gran distancia de fibra óptica, en el mundo entero, en estrecha colaboración con las entidades industriales de Alcatel Cable, por una parte, y el instalador de equipos de Alcatel concernido, por otra.

El dominio de los procedimientos de instalación, de los que la ingeniería civil sigue siendo la pieza maestra, la implantación de un gestión de proyecto eficaz y el respeto de los procedimientos de calidad segura son indispensables para el éxito de estos proyectos.

Jean Pierre Boinet nació en 1944. Obtuvo el diploma de la Escuela Nacional Superior de Artes y Oficios en 1967. Dos años más tarde entró a formar parte de LTT en donde trabajó en primer lugar en la construcción de la red interurbana francesa. En 1978, se encargó del desarrollo de los procedimientos de instalación de cables de fibras ópticas. Después de la fusión de LTT con Les Câbles de Lyon en 1986, M. Boinet fue responsable de proyectos de videocomunicación en el departamento de Ingeniería e Instalación. Desde la creación de ACC, es director del departamento Redes Télécom, integrado en la Dirección de Realizaciones.

¹ Pequeños cables de acero o de poliéster que se introducen previamente en el tubo para recoger el cable de tracción del cabrestante que servirá para tirar del cable de telecomunicación.

Gestión de proyectos: ORCHID II, una herramienta de segunda generación

C. Bertrand

Alcatel Cable Contracting, Clichy, Francia

Introducción

ORCHID II es un método y también una herramienta informatizada de segunda generación para la gestión de grandes proyectos de telecomunicación. Junto con el CAD¹ está en el centro del trabajo de ACC (Alcatel Cable Contracting).

Las características de los grandes proyectos "llave en mano" de telecomunicaciones están evolucionando rápidamente. Su realización está sometida cada vez con mayor frecuencia, a un conjunto de restricciones muy severas, como:

- gran dimensión de los proyectos (que abarcan a veces la totalidad del país),
- plazo de realización muy breve, que no permite ninguna improvisación,
- extrema dependencia de autoridades extranjeras al proyecto para la concesión de autorizaciones,
- debilidad de los márgenes, debido a los rigurosos cálculos de rentabilidad a los que están sometidos ahora todos los proyectos y a la despiadada competencia internacional,
- realización de proyectos en forma "integrada" que agrupan varias técnicas o especialidades propuestas por distintas unidades del Grupo.

Al tener en cuenta estas diferentes restricciones, ACC ha desarrollado una tecnología particular de gestión de proyectos (abreviado a continuación como PM), que requiere la puesta en práctica de un sistema de tratamiento de las informaciones.

Evidentemente el PM no es algo nuevo, pero el imperativo actual consiste en saber gestionar un flujo de informaciones de gran amplitud en un tiempo muy breve, para poder tomar la decisión correcta en el momento adecuado. Tener permanentemente una visión exacta de lo que se hace, de lo que queda por hacer, tanto en términos de unidades físicas como de coste, controlar los plazos de realización y anticiparse a las dificultades futuras movilizándolo adecuadamente medios suplementarios son algunas de las claves del éxito.

El presente artículo describe someramente las principales funciones de la herramienta informática ORCHID II, desarrollada por Alcatel Cable Contracting y que está destinada a ser el instrumento de base de la "gestión del proyecto" y de su equipo.

Principales funciones de la gestión de proyectos

El éxito de un gran proyecto se puede resumir en el cumplimiento simultáneo de los siguientes tres objetivos:

- respetar el plazo de realización,
- realizar el proyecto por el coste y el presupuesto previstos,
- suministrar al cliente un conjunto de prestaciones cuya calidad sea conforme a la prevista en el contrato.

Estas consideraciones indican inmediatamente que las funciones de cualquier método PM deben permi-

tir, en cada uno de los contextos citados:

- establecer una previsión fiable, con una precisión adaptada a la etapa en la que nos encontramos, que sea objeto de un consenso por parte de todos los participantes,
- medir un progreso en un instante determinado, en tiempo real
- identificar un desvío entre la previsión y la situación real y proporcionar los instrumentos de análisis de estos desvíos,
- aportar ayudas a la decisión que se va a tomar para corregir estos desvíos, por ejemplo facilitando la simulación aplicación de diferentes escenarios correctivos,
- permitir el cálculo permanente del presupuesto y del resultado previsto al final del contrato.

La aplicación de estos principios a los proyectos de telecomunicaciones llave en mano compuestos por vías de larga distancia, enlaces intercentrales y redes de distribución entre los equipos de conmutación y los abonados, requiere modalidades particulares. En efecto, habida cuenta de su amplitud, el planteamiento de proyectos como estos es siempre progresivo. Requiere una estructuración preliminar e implica el establecimiento de hipótesis operacionales en términos de modos de organización y escenarios de realización. El análisis de organización debe referirse con prioridad a:

- la definición de los objetivos que determinan las etapas clave del

proyecto, por conjuntos y subconjuntos,

- los principios de estructuración del proyecto, por doble desglose geográfico y técnico,
- la adopción de un encadenamiento tipo de tareas necesarias para la realización de un subconjunto representativo,
- la puesta a punto de un organigrama de realización y la definición clara de las responsabilidades.

Los escenarios de realización tienen por objeto precisar las opciones en términos de aprovisionamiento (compras locales o importadas), métodos de trabajo, medios utilizados (subcontratación o constitución de equipos propios).

Una vez que se ha llevado a cabo esta reflexión sobre el conjunto de los medios y métodos, es cuando pueden generarse las numerosas informaciones cuya introducción, gestión diaria y resultado requieren la aplicación de una herramienta informática de elevadas prestaciones y especialmente diseñada para este tipo de proyecto.

Fundamentos

Fue con motivo del contrato "Tailandia 5° Plan" cuando se decidió crear y poner en práctica un sistema específico de gestión de la información: ORCHID I. Este sistema, desarrollado en Bangkok entre 1988 y 1990 y enriquecido constantemente desde entonces, ha sido utilizado posteriormente con éxito en Marruecos y en Pakistán.

Basándose en esta experiencia, ACC decidió, desde 1991, emprender el desarrollo de una nueva herramienta, aún más completa y de mayores prestaciones: ORCHID II.

Los principios que se mantuvieron a lo largo de este trabajo fueron:

- basarse en la competencia y experiencia de los hombres de terreno, adquiridas con la utilización diaria de ORCHID I

- tener en cuenta el conjunto de las necesidades, estratégicas y operacionales, gracias a la elaboración preliminar de un pliego de condiciones validado por la dirección del ACC,
- emplear una metodología rigurosa de desarrollo informático, asumida por la dirección informática central y efectuar pruebas de casos concretos,
- elegir un entorno técnico abierto, basado en estándares internacionales (UNIX, base de datos relacional) que permitan la compra y el mantenimiento de equipos en el mundo entero.

Por último, este sistema de información ha sido diseñado para trabajar en interfaz:

- hacia atrás, con los sistemas de CAD desarrollados por ACC y destinados a alimentar el sistema en datos,
- hacia adelante, con el sistema de gestión por contrato del control central de gestión ACC, encargado de la consolidación de los resultados de todos los negocios.

La herramienta informática ORCHID

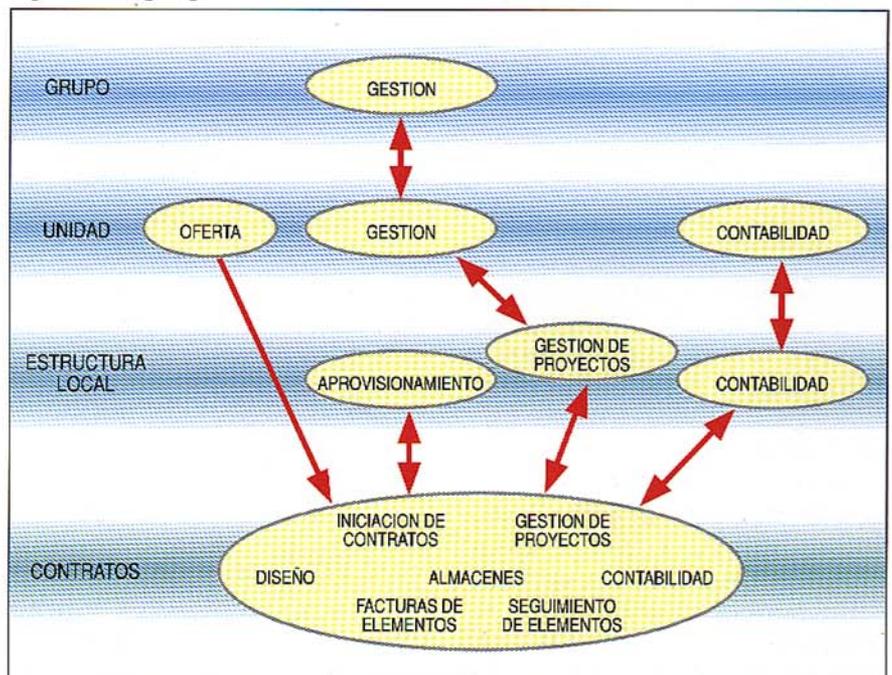
Los orígenes: ORCHID I y sus aplicaciones

Como se indicó anteriormente, ORCHID I nació de la necesidad de hacerse cargo de forma permanente de la gestión de proyectos de las redes del 5° Plan en Tailandia. Las principales funciones de ORCHID I en Tailandia eran las siguientes:

- introducción de las cantidades,
- valoración de las cantidades en precio de venta,
- valoración de las cantidades en coste de producción,
- seguimiento del avance,
- facturación,
- gestión de los recursos,
- gestión de las compras,
- gestión de los stocks,
- interfaz con planificación,
- consolidación y síntesis,
- alimentación de los módulos de contabilidad y nómina.

Con la utilización de ORCHID I se ha observado la aparición de un dato capital: la herramienta está presente en la vida diaria de la obra a todos los niveles. Permite que unos almace-

Figura 1 - Organigrama de los intercambios de información



nen las numerosas informaciones generadas por la vida diaria y los otros las conozcan, las controlen, las analicen y las gestionen. De este modo, se constituye una memoria viva del proyecto, que, a partir de una base de datos coherentes, permite generar flujos de informaciones:

- hacia el cliente,
- entre entidades implicadas en la realización, servicios internos, proveedores o subcontratantes,
- hacia la dirección general de la sociedad (Figura 1).

ORCHID II: funciones y principales características

Las funciones de ORCHID I tenían que ser completadas para satisfacer el conjunto de exigencias de una herramienta completa de PM.

Por una parte se trataba de asegurar la continuidad y coherencia de las informaciones entre la etapa en la que un proyecto toma cuerpo - la fase de "oferta" - y la de realización. Por otra parte, convenía disponer de una herramienta que permitiera consolidar permanentemente datos reales (constatación de la realización) y datos de la previsión (cálculo de lo que "falta por realizar") para calcular el resultado previsto al final del contrato.

El desarrollo de ORCHID II se ha establecido respetando una definición previa de objetivos esenciales definidos con los usuarios. Sus objetivos eran:

- ser una herramienta de cálculo de ofertas,
- ser un herramienta de gestión y de control del margen al final del contrato,
- asistir a la gestión de producción,
- llevar al cabo un desarrollo armonioso y continuo del proyecto, respetando el plazo contractual,
- encargarse de la gestión de las informaciones: cliente, emplazamiento, dirección general,
- realizar un historial para enriquecer la biblioteca y poder mejorar

la previsión de los siguientes proyectos.

Desde el punto de vista del usuario, el software consta de varios módulos que utilizan la misma base de datos y con diferentes funciones que se inscriben en una cronología: oferta, obras, planificación, logística y alimentación de módulos administrativos (Figura 2).

El módulo de ofertas

Está destinado a calcular el coste previsto directo de realización del proyecto y después el precio de venta que se va a proponer al cliente.

Cálculo del coste directo de producción (CDP)
Los datos de entrada son de tres tipos:

- *El objeto de la realización:* la descripción de los proyectos estudiados por ACC puede ser muy variable en su nivel de detalles. Cuando el cliente ha llevado a cabo, directamente o a través de un consultor, un estudio preliminar detallado, comunica un albarán cuantitativo de las prestaciones que se van a suministrar. Al contrario, expresa a veces sus necesi-

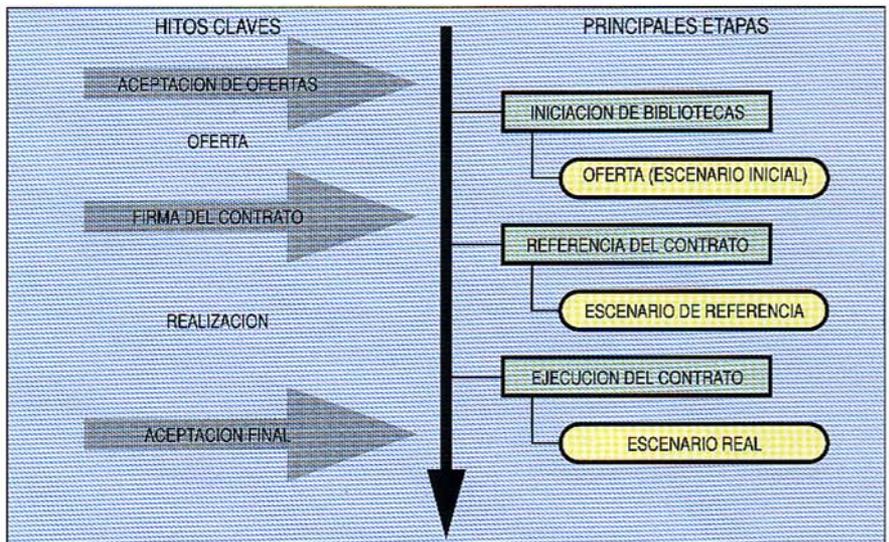
dades en términos muy generales (p. ej., 180 000 líneas telefónicas con reparto regional). Entonces, se trata de estudiar los modelos representativos y extrapolarlos para disponer de una descripción lo suficientemente precisa del proyecto que se va a estudiar.

- *El método de realización:* se trata de establecer, previamente a cualquier cálculo, un escenario de realización que incluya las opciones entre las diferentes hipótesis:
 - opciones técnicas entre soluciones posibles
 - opciones de medios a utilizar (medios propios o subcontratantes)
 - opciones de organización.

Una vez compilados los resultados de estas opciones, el establecimiento de la planificación de realización indicará la duración de movilización de los diferentes medios.

- *Coste correspondiente:* la valoración de los volúmenes de prestaciones y los medios correspondientes se realiza gracias a bibliotecas:
 - actualizadas de forma constante a nivel de la sociedad

Figura 2 - Arquitectura de Orchid II



- susceptibles de incluir particularidades para un asunto dado.

Los cálculos se efectúan al menos en dos monedas, por ejemplo el franco francés y la moneda local. Este método de cálculo del CDP se aplica también a las prestaciones como los estudios, la estructura de la gestión de proyecto y la formación.

Cálculo del precio de venta (PV)

La herramienta debe dar todas las posibilidades de desglosar los diferentes costes, gastos y margen que permiten pasar del CDP al PV, en función de los criterios propios de cada contrato. El objetivo consiste en obtener la edición de los precios en la forma solicitada por el cliente.

El módulo de obras

Se trata de la herramienta utilizada a partir de la entrada en vigor del contrato. Las características generales son:

- introducción permanente del real y previsión en valor "CDP" y en valor "PV", es decir en precio de coste y en precio de venta.
- cálculo de las diferencias entre una referencia y la última previsión del resultado al final del contrato (ver a continuación la "puesta en plano").

Las etapas de aplicación son, por orden cronológico:

La "puesta en plano"

La historia de un proyecto entre el cálculo inicial de la oferta y la entrada en vigor, a veces es agitada. Durante las negociaciones, se modifican frecuentemente los volúmenes y los niveles de precio y las responsabilidades son transferidas del responsable comercial al responsable de realización, quien informa del resultado. En consecuencia, una de las prioridades del encargado de negocios de rea-

lización consiste en volver a calcular la economía del conjunto del proyecto, a partir de sus propias hipótesis y de la realidad del contrato firmado. A continuación, se compromete, ante su propia dirección, a obtener un resultado al final del contrato.

En esta etapa, los mecanismos utilizados son los mismos que los empleados para el cálculo de la oferta, pero es posible una mayor precisión.

Presupuesto cuantitativo

Es la introducción del resultado de los estudios. Debe respetar la estructuración del proyecto. Las funcionalidades ofrecidas son de dos tipos:

- valoración de cada conjunto determinado en PV, de forma que se determine un presupuesto para el cliente
- valoración del conjunto correspondiente en CDP, definiendo las necesidades en suministros (alimentación de la cadena compras/stocks), las necesidades en recursos (previsiones de personal y de subcontrataciones) y la posibilidad de nutrir el módulo de planificación.

Introducción del avance

Se trata de la herramienta de registro diario del avance. Cada equipo indica:

- la cantidad de materiales consumidos,
- la naturaleza y la duración de los recursos utilizados (mano de obra, vehículos, etc.),
- la cantidad de trabajos realizados.

La introducción de estos datos permite calcular las síntesis de las cantidades por zona, diaria, semanal y mensualmente. Pueden establecerse:

- en términos de avance de los trabajos, para alimentar la facturación
- en términos de costes, para conocer la situación de los gastos

- en términos de suministros consumidos, para alimentar la gestión de los stocks.

La facturación

Gracias a los datos introducidos por el QS y en función de las condiciones contractuales, este módulo permite establecer la facturación de las prestaciones realizadas, generalmente según el avance mensual.

El módulo de gestión

Es la función de síntesis la que, para un conjunto dado (conjunto geográfico o proyecto completo), permite:

- consolidar lo que ha sido realizado con lo que queda por realizar
- comparar la "puesta en plano" con las previsiones establecidas hasta el final del contrato.

Es el módulo de gestión por excelencia, que permite al jefe del proyecto analizar las diferencias y decidir las acciones correctivas.

El módulo de planificación

En materia de herramientas informatizadas de planificación, existen en el comercio numerosos productos de elevadas prestaciones, perfectamente rodados y capaces de ser adaptados a nuestro trabajo. Por este motivo, se ha optado por elegir un producto existente y que trabaje en interfaz con ORCHID II.

El carácter fundamental de la planificación y de su seguimiento así como las técnicas y herramientas de análisis y de representación gráfica son suficientemente conocidas para no precisar un desarrollo específico.

El módulo logístico

Las funciones que debe cumplir hacen que se distinga:

- un *subsistema de aprovisionamiento* que sirve para captar las necesidades en materiales, pro-

poner los suministros posibles, calcular los plazos de aprovisionamiento y emitir los pedidos,

- un *subsistema de gestión de stocks*.

Se ha dedicado una atención especial a la gestión del parque de tambores de cables, producto "noble" en la red.

Situado en el centro del sistema de información del proyecto, ORCHID II genera naturalmente los datos que deben utilizarse para tareas administrativas de contabilidad y de nómina. Estas funcionalidades no forman parte naturalmente de ORCHID II. En efecto, la ejecución de estas tareas está sometida a reglas particulares, variables de un país a otro, y sujeta a exigencias que desbordan la noción de PM. Pero las informaciones necesarias para su funcionamiento están disponibles en la base de datos de ORCHID II y pueden utilizarse en perfecta armonía con el software de PM.

Conclusión

La gestión de los grandes proyectos de telecomunicaciones es una actividad que se debe apoyar en una herramienta informática potente y bien adaptada a este trabajo. Es con este objetivo que ACC ha desarrollado ORCHID II. El almacenamiento de las informaciones en una base de datos relacional ofrece, además, la posibilidad de extraer fácilmente estadísticas suplementarias no previstas en los módulos de base. Por último, esta herramienta es lo suficientemente evolutiva como para adaptarse a la evolución futura de las competencias del ACC.

Claude Bertrand nació en 1938. Es diplomado de la Escuela Nacional Superior de Artes y Oficios en 1960 y de la Escuela Superior de Técnicas Aeroespaciales en 1961. Se incorporó a Câbles de Lyon en 1968, donde trabajó sucesivamente en la planta de Lyon y después en la Dirección

industrial. Participó, en particular, en el diseño y la realización de las fábricas de cables de redes de Salles du Gardon (Francia) y de cables domésticos e industriales de Autun (Francia). Con la creación del departamento de Ingeniería e Instalación, en 1981, se encargó de desarrollar la actividad de ingeniería. En la actualidad, asume la dirección en el seno de ACC.

¹Ver artículo de *C. Guthmann* en este número

²Ver artículo de *J. Swetchine*, publicado en la revista técnica de Alcatel, volumen 63, nº3 - 1989

Circée: una herramienta de CAD de Alcatel Cable Contracting

Ch. Guthmann

Alcatel Cable Contracting, Clichy, Francia

Introducción

El diseño asistido por ordenador es indispensable para el estudio eficaz de las redes. La calidad de una red telefónica *llave en mano* puede mejorarse considerablemente utilizando herramientas informáticas adaptadas a las necesidades de cada contrato. La asistencia al diseño de una red constituye uno de los principales campos de aplicación de estas herramientas. Alcatel Cable Contracting (ACC) ha creado una herramienta de CAD con el nombre de Circée, desarrollada de forma interna, que cubre todos los campos de estudios y permite optimizar la explotación ulterior de la base de datos.

Los proyectos de telecomunicación siempre han requerido la producción de una abundante documentación. No es raro establecer de 5000 a 10000 planos para un proyecto de 150 000 líneas, sin contar los formularios y elementos cuantitativos asociados. Por lo general, toda esta documentación se realiza por duplicado en diferentes servicios que se encargan de su validación, archivado y actualización. Esta tarea, considerada como ingrata y compleja, (la misma información se encuentra en varios documentos) se subestima con gran frecuencia. Sin embargo, mediante una gestión rigurosa de la documentación existente es como puede mejorarse considerablemente la productividad de la explotación de la red.

Conscientes de la importancia de la gestión de la documentación, los explotadores de redes intentan hoy en día informatizarlo todo, sabiendo que es necesario reestructurar el flujo de informaciones.

A esto hay que añadir que la coyuntura internacional obliga a optimizar los equipos de telecomunicación, provocando la aparición de nuevos conceptos y productos, como la fibra óptica, las centrales digitales distantes, el sistema de ganancia de pares, etc. Entonces, el diseño de redes locales se vuelve más delicado. El empleo de aplicaciones informáticas como ayuda al diseño de estas redes permite garantizar el respeto de las reglas de ingeniería, las cuales de esta forma se difunden de forma coherente. Así se garantiza la calidad de los estudios y, debido a ello, el conocimiento de ACC se enriquece y capitaliza.

No obstante hay que hacer destacar que, si bien la documentación gráfica continúa realizándose sobre todo de forma tradicional, otros datos inherentes al diseño de una red telefónica ya son gestionados por programas informáticos: la gestión de abonados o la de peticiones de abono son los ejemplos más significativos. Para optimizar el diseño de las redes, es necesario utilizar estos numerosos datos y esto será mucho más sencillo si las informaciones digitalizadas están automáticamente disponibles y son tomadas en cuenta en una aplicación cuyo diseño permita trabajar perfectamente en interfaz con las bases de datos existentes.

Por último, en el contexto muy particular de la instalación de redes de telecomunicación llave en mano, las sujeciones de plazo imponen una *organización de ingeniería paralela*.

Las herramientas informáticas asociadas a los proyectos llaves en mano deben poder no sólo integrar este nuevo concepto sino también facilitar su aplicación y generaliza-

ción. Por este motivo, ACC se ha comprometido muy pronto en la utilización de herramientas informáticas para el diseño de redes [1]. Para aumentar nuestra flexibilidad y nuestra aptitud para reaccionar frente a las exigencias de nuestros clientes, hemos decidido desarrollar nuestra propia aplicación, que adaptamos con facilidad a los requisitos de cada contrato.

Historia

Desde 1986, la implantación del Plan de TV Cable en Francia nos ha dado la ocasión de estudiar a más de 570 000 abonados de los 700 000 abonados potenciales. Una primera versión de nuestro software nos ha permitido controlar este gigantesco contrato en el transcurso del cual se han instalado 800 centros de distribución, así como 7600 km de cables que corresponden a 148 000 km de fibras ópticas. Durante este período, una treintena de personas ha utilizado diariamente nuestra aplicación.

Reconfortados por los resultados de esta pequeña experiencia, hemos desarrollado una versión *Télécom de exportación* entre 1989 y 1991, denominada internamente *Circée*. Un contrato con Pakistán nos dio la oportunidad de concretar nuestra estrategia en materia de estudios informatizados, al mismo tiempo que llevábamos a Circée a una fase "adulta". En la actualidad disponemos de un equipo de diez operadores encargados de producir la documentación de comprobación.

Así pues, en Tailandia hemos instalado una versión mucho más evolucionada para participar en el estu-

dio del nuevo contrato de un millón de líneas en este país, excluyendo la zona metropolitana de Bangkok. Ha sido en el transcurso de los primeros tramos de este proyecto (aproximadamente 80 000 líneas) cuando hemos terminado la adaptación de la versión de base a los múltiples requisitos técnicos así como a las normas gráficas bajo un estricto control del cliente.

Por motivos de similitudes técnicas, hemos partido de la versión tailandesa para instalar Circée en Filipinas en octubre de 1993. En la actualidad estamos estudiando una red de 155 000 pares primarios principalmente localizados en Manila y Cebú.

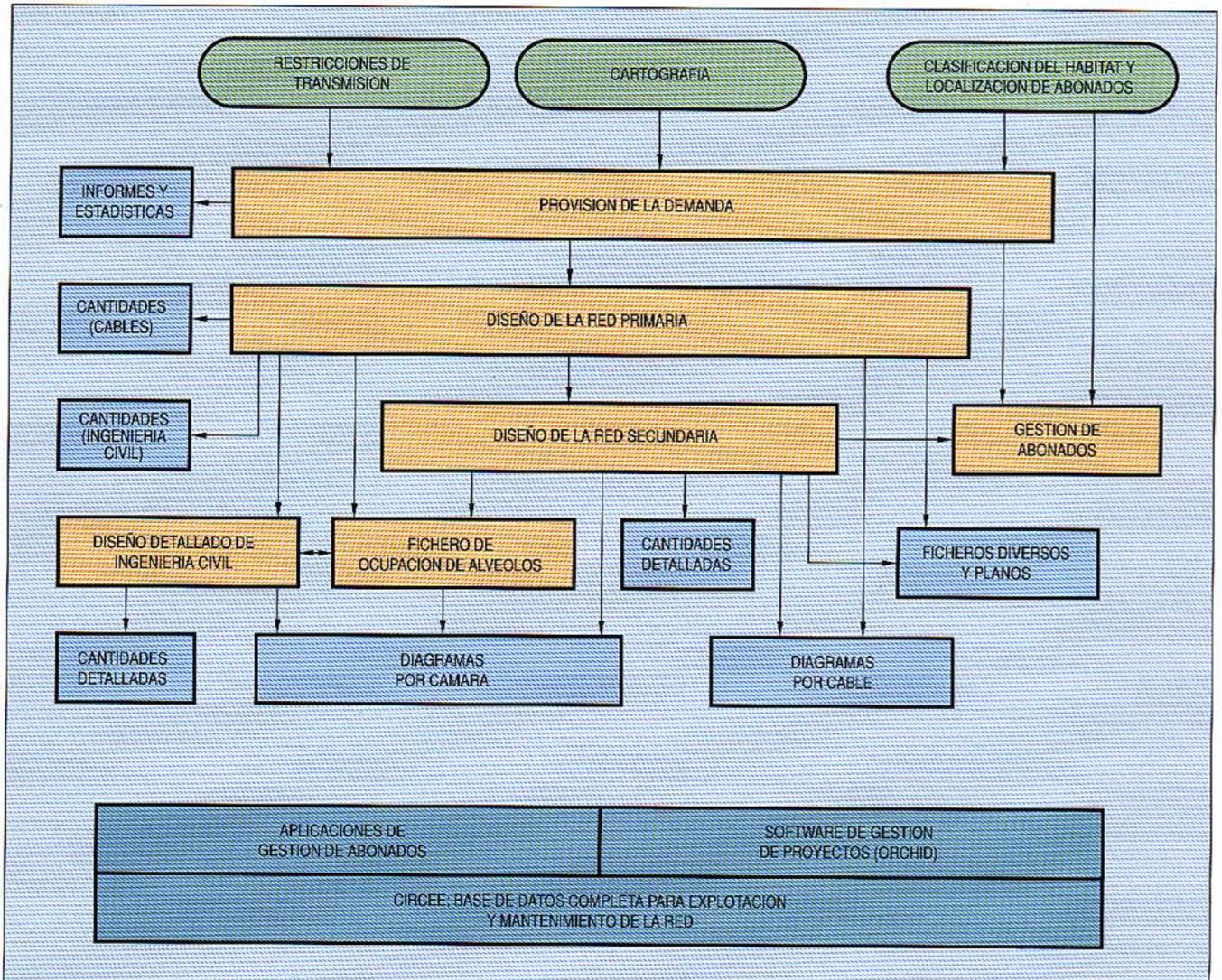
Sin embargo, hay que destacar que en 1991 se había instalado en Marruecos una versión simplificada, desarrollada en microordenador, donde hemos documentado una red de 147 000 abonados. Esta versión, denominada IRIS en ACC, se sigue manteniendo y se utiliza para pequeños contratos, así como para procedimientos de Circée remotos desde una estación de trabajo hacia microordenadores.

Configuración hardware y software

Circée es un aplicación a medida, desarrollada a partir de un software

gráfico de reputación internacional, CADD5 de Computervision. Teniendo en cuenta que podíamos almacenar informaciones alfanuméricas en estos ficheros, nos ha parecido más oportuno utilizar una base de datos relacional (ORACLE™) y desarrollar un interfaz entre las entidades gráficas y sus datos alfanuméricos asociados. La potencia de la estructura relacional otorga una mayor flexibilidad en el tratamiento de datos pero también nos ha permitido poner en práctica procedimientos de ingeniería paralela. Por último facilita el trabajo en interfaz de Circée con bases de datos externas.

Figura 1 - Los diferentes módulos de Circée cubren el conjunto de las prestaciones de estudios de una red de telecomunicaciones y preparan la base de un auténtico sistema de información necesario para los instaladores y los explotadores.



Hemos querido adoptar desde el principio los productos informáticos estándar del mercado: Unix como lenguaje sistema, Ethernet TCP/IP como protocolo de comunicación en red, C como lenguaje de desarrollo y SQL como lenguaje de interrogación de los datos alfanuméricos. Pese a utilizar numerosos y complejos lenguajes (seis en total), *Circée* no es una torre de Babel. El diálogo entre el software y el usuario se realiza mediante un interfaz gráfico muy sencillo que incluye iconos explícitos que, si se seleccionan, lanzan programas de creación de datos, de tratamiento de informaciones o de publicación de documentos.

La elección de las plataformas hardware está vinculada a las homologaciones anunciadas para el software gráfico de base: en 1993, *Circée* funciona en estaciones de trabajo SUN, DEC y HP. En 1994 se homologarán otros constructores.

Principales funciones de *Circée*

Nuestra aplicación se subdivide en cinco módulos principales.

El módulo Cartografía

Los fondos de planos existentes se digitalizan en microordenadores, y después se transfieren a las estaciones de trabajo por medio de disquetes o de una red Ethernet. Las zonas de estudios no cubiertas por la documentación existente son levantadas por equipos de topógrafos. A partir de este momento, las funciones específicas de nuestro módulo de digitalización en microordenador permiten crear directamente el fondo del plano que falta. No obstante, estas funciones no sustituyen a una aplicación completa de topografía: los requisitos de precisión de nuestra actividad son diferentes a los de la cartografía convencional.

Por otra parte, cabe destacar que *Circée* no gestiona fondos de planos *escaneados*, aunque esta función esté disponible en el software gráfi-

co de base: estimamos que el contenido y la calidad exigidos de la documentación necesaria para el establecimiento de fondos de planos no se prestan por el momento a este método de introducción, cuyas funciones de filtrado aún no son satisfactorias.

Los fondos de planos existentes se posicionan, ajustan y rectifican para realizar un cuadro de ensamblaje, sobre el que se podrá superponer un sistema de cuadrícula adaptado a las normas del cliente. De este modo, la cartografía se recorta y manipula sobre la base de esta cuadrícula.

Es posible gestionar un fichero de nombres de calles, introducido en el momento de la creación de la base cartográfica y utilizado a lo largo de todo el proceso de estudios, a partir del momento en que debe localizarse de forma precisa un elemento de la red: abonado, punto de concentración, cámara, etc.

Al disponer de un fondo cartográfico homogéneo y coherente, entonces podemos pasar al estudio de las previsiones de la demanda.

El módulo Previsiones de la demanda

Las unidades de vivienda se clasifican en varias categorías según criterios socioeconómicos. Las zonas edificables, repartidas en el tiempo, siguen la misma clasificación. La localización geográfica de los abonados y de las demandas de conexión nos permite calcular la tasa de equipamiento real, por tipo de clasificación, de cualquier zona de la central. Esta zona es determinada por un polígono dibujado por el diseñador, en tiempo real.

Si lo desea, el operador puede introducir datos muy detallados referentes a estas unidades de vivienda y sus abonados para su explotación ulterior: dirección completa, números de teléfono o de identificación, etc. Volveremos sobre estas posibilidades al final del artículo.

Las tasas de penetración reales obtenidas, de este modo, son para el diseñador el punto de partida de

proyecciones de las necesidades futuras que permiten optimizar el dimensionado del repartidor y los sub-repartidores. Esta proyección en el tiempo, es decir sobre quince años en general, puede realizarse con tablas que indican los factores de penetración que deben aplicarse, año por año, a los diferentes tipos de clasificación. *Circée* también dispone de un algoritmo de cálculo por curva logística¹.

En todos los casos, estas previsiones se realizan de acuerdo con el cliente, quien compara los datos nacionales con los resultados limitados a cada central. *Circée* permite modificar rápidamente los parámetros de cálculo y realizar varias simulaciones en las que podrán basarse los interlocutores antes de tomar las decisiones finales.

Además, el diseñador dispone de una función que permite conocer los centros de gravedad de cualquier zona, año por año. La evolución de estos puntos en el tiempo y en el espacio permite elegir la posición "ideal" de una central telefónica, es decir, la que minimiza la longitud media de la línea de abonado².

Una vez dominada la evolución de la zona de influencia de la central telefónica, el usuario puede pasar al diseño de la red propiamente dicha.

El módulo Red de telecomunicaciones

Las previsiones calculadas anteriormente se asocian por lo general a los sub-repartidores existentes. Las nuevas necesidades requieren la redivisión de las zonas de influencia de estos equipos y la implantación de nuevos sub-repartidores. Estas instalaciones pueden ser inmediatas o diferidas. *Circée* permite no sólo que el operador dibuje la zona de influencia de un sub-repartidor, sino también, que gestione su evolución en el tiempo con la ayuda de datos previstos disponibles en la pantalla en forma de cuadros o curvas. Múltiples funciones de verificación de coherencia garantizan la calidad de la red propuesta por el diseñador.



Foto A - Un interfaz de usuario asequible, informaciones gráficas vinculadas a una base de datos relacional permiten un diseño de la red en tiempo real. En este caso, estudio de la zona de influencia de un sub-repartidor en función de la demanda prevista.

Es evidente que una red optimizada saca partido de las redes de ingeniería civil y de cableado existentes. Es por ello que cada entidad que forma la red puede ser considerada como existente, a modificar, propuesta, diferida o a retirar. De este modo, el software dispone de las entidades gráficas en capas diferentes, lo que permite visualizar de forma selectiva los elementos componentes de la red.

Para garantizar la coherencia de los elementos lineales (cables e itinerarios), *Circée* calcula la longitud de los cables en función de las longitudes de los itinerarios que recorren³. No obstante, a cada cable se le pueden asociar varias longitudes: estimadas, calculadas, tendidas, medidas, etc. En el momento de efectuar el balance, esta flexibilidad permite utilizar a *Circée* para análisis estadísticos y comparaciones entre los estudios y la instalación.

El enlace entre la red de los itinerarios y la red de cables no sólo permite garantizar la coherencia de los datos sino que también genera una

ganancia de tiempo apreciable en el momento de las múltiples actualizaciones y modificaciones. Además, el módulo permite calcular todas las cotas parciales y acumuladas de cada elemento de la red, así como verificar el respeto de los parámetros de transmisión.

Este módulo también genera los alvéolos de conductos multitubulares. La ergonomía de esta función ha sido cuidada especialmente: el operador elige gráficamente un conducto. Aparece una ventana con el esquema de la estructura alveolar en los dos extremos del conducto, así como la lista exhaustiva de los cables que toman este itinerario. El operador sólo tiene que indicar con el ratón el emplazamiento de los diferentes cables. Los controles de coherencia permiten validar en tiempo real la elección del diseñador.

La conexión de cables a los equipos de extremo se hace por un interfaz hombre/máquina muy asequible. El operador visualiza los equipos de una central o de un sub-repartidor tal y como serán instalados en reali-

dad. Sólo tiene que elegir las cabezas de salida de cada cable para que se asignen automáticamente todos los pares de este cable en la base de datos⁴. A continuación puede visualizarse la numeración de los pares en los textos asociados a cada tramo del cable.

El diseño de la red de una central requiere la participación de varios diseñadores. Estos últimos pueden tener que trabajar en el mismo momento en una tarea común, como el estudio de la red primaria, por ejemplo. Estos requisitos de ingeniería paralela han sido tenidos en cuenta en la estructura de la aplicación. La aportación de una base de datos relacional y de funciones de visualización simultánea de varios ficheros gráficos activos, ha sido determinante en la puesta en práctica de este concepto, elemento esencial de nuestra competitividad.

El diseño de la red secundaria se realiza con las mismas bases que las de la red primaria: los puntos de concentración se dimensionan y posicionan según los resultados de los cálculos de las previsiones establecidos en tiempo real respecto a la zona de influencia que haya sido dibujada por el diseñador. Es interesante hacer destacar que todas las unidades de vivienda de la zona se asocian automáticamente a este punto de concentración, el cual está conectado a su vez a los equipos de sub-reparto por medio de pares claramente identificados de un cable.

El módulo Documentos anexos

La riqueza de las informaciones contenidas en la base de datos nos permite generar automáticamente cierto número de documentos necesarios para la instalación y el mantenimiento ulterior de la red.

Así pues, hay disponible una ficha para cada cámara de la red, que indica, gracias a la gestión detallada de los alvéolos anteriormente citada, los emplazamientos de los cables, la estructura de las máscaras, la presencia de juntas y los equipos de lle-

gada de cada itinerario que parten de esta cámara.

Otro formulario presenta los equipos contenidos en cada sub-repartidor así como la forma en que se han conectado los cables.

Un último esquema presenta, en forma sinóptica, el encaminamiento de cada cable de la red, precisando para cada junta, su tipo, su localización y su posición lineal en el cable: cotas acumuladas en los puntos de concentración, identificación de las cámaras o postes en donde se sitúan las divisiones, balances de transmisión, etc.

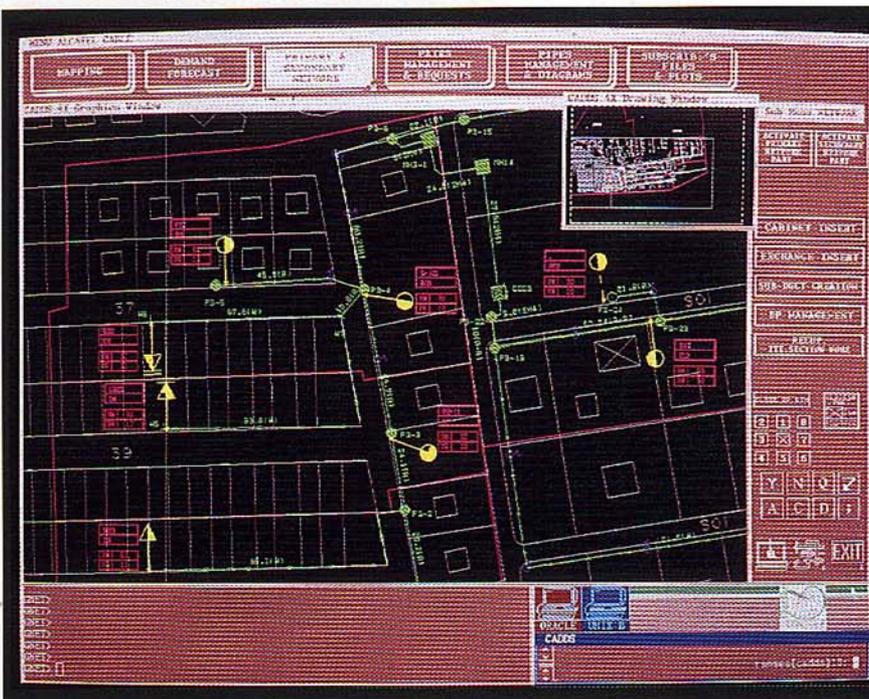
Aunque todos estos datos sean reconocidos universalmente como indispensables para una correcta instalación y explotación de la red, su presentación varía mucho de un país a otro, incluso a veces en el seno de una misma organización nacional. La adaptación a las exigencias gráficas se convierte entonces en una dificultad más que hay que resolver en el momento de la implantación del producto para un contrato

determinado. La segunda dificultad técnica se refiere, por lo general, a los cuantitativos asociados a los planos.

El módulo Elementos cuantitativos, planos y abonados

El número de planos-tipo puede variar desde el simple al triple entre dos contratos, mientras que las informaciones que figuran son aproximadamente las mismas. Cuantas más redundancias de informaciones haya, más delicada es la adaptación. Para preservar la unicidad de los datos en la base, *Circée* gestiona los planos que proceden de un módulo específico, creando de este modo "imágenes" en un tiempo T de los datos de la base. A continuación, estas imágenes se completan según las normas de cada contrato. Cuando las modificaciones requieren la difusión de una nueva versión, los elementos procedentes de *Circée* se regeneran y las partes completadas se conservan.

Foto B - Las entidades de la red de cableado están asociadas a los itinerarios utilizados por los cables: de este modo se garantiza la coherencia. Las informaciones asociadas a los abonados (en este caso, en los cuadros de color rosa asociados a los puntos de concentración, en amarillo) completan la descripción de la línea de abonado.



Los elementos cuantitativos se extraen directamente de la base de datos relacional. La agrupación puede ser geográfica: entonces el operador dibuja en la pantalla la zona de la que quiere extraer las informaciones. Los datos también pueden ser pedidos por reagrupación técnica: por rama de cableado primario y por sub-repartidor. Entonces el operador indica cuáles son los criterios de selección deseados. La principal dificultad para realizar los programas de extracción adaptados a cada contrato reside en el hecho de que los capítulos de la lista del cliente no siguen forzosamente una realidad técnica, sino más bien sujeciones de facturación: así pues los conectores en los empalmes se gestionan de forma diferente según si están asociados a un punto de concentración, una derivación o una división en línea, aunque el material inducido sea el mismo.

Por otra parte, existe un elemento cuantitativo particular: el de los abonados. *Circée* produce listas en las que se encuentran, agrupados por zona de influencia de puntos de concentración, todos los datos asociados a las unidades de vivienda introducidos en el momento de la previsión de la demanda.

También están disponibles ficheros que describen, par por par, todas las líneas de abonados, desde el repartidor hasta los puntos de concentración. Así pues, la base de datos está lista para acoger un módulo de gestión comercial de abonados, ya que la gestión técnica es inicializada por los datos de *Circée*.

Futuras orientaciones

Circée es en la actualidad un producto que ha alcanzado un grado de madurez que satisface las exigencias de una instalación de red llave en mano. Pero sigue siendo verdad que su evolución no ha terminado y que nuestras nuevas versiones van a seguir tres ejes principales:

- Una mayor apertura hacia las tareas de instalación, como por ejemplo la introducción gráfica de las comprobaciones⁵ diarias, permitiendo de este modo verificar eficazmente las cantidades ejecutadas, una actualización simultánea de los planos de cotejo y una mayor facilidad para el operador.
- Una apertura voluntarista hacia los productos del exterior, ya nos sean impuestos por el cliente o ya mejoren sensiblemente nuestra oferta: así pues se ha previsto un interfaz con los productos de gestión de abonados utilizados en France Télécom para proponer a nuestros clientes un servicio que, evidentemente, procede de dobles fuentes pero cuya eficacia y su know-how se completan de forma óptima.
- Una apertura hacia los demás productos informáticos de ACC, como Orchid [2], hacia los que ya transferimos nuestros cuantitativos, pero también hacia los módulos administrativos y contables instalados en los diferentes servicios de la sociedad.

Estas nuevas orientaciones deberían asociar de forma dinámica a *Circée* con nuestro sistema de información de empresa, basado en *Orchid*. Pero también tienen la ambición de proponer a nuestro cliente la base de su propio sistema de gestión y explotación de los datos técnicos de su patrimonio.

Conclusión

Nuestra experiencia de *Circée* en los últimos contratos llave en mano nos ha permitido desarrollar un planteamiento muy concreto del CAD en las redes. *Circée* debe ser una auténtica herramienta de diseño pero no puede sustituir al diseñador. El éxito de una aplicación informática en nuestro contexto depende de tres elementos:

- La técnica, que impone numerosas adaptaciones de nuestro pro-



Foto C - Pese a la sofisticación de *Circée*, la competencia de los usuarios en el campo de las telecomunicaciones es indispensable para obtener mejores resultados en materia de CAD.

- ducto a los requisitos encontrados en cada contrato.
- Las personas, ya que un software a medida sólo es realmente eficaz si es utilizado por profesionales del diseño de redes telefónicas, cuya eficacia aumentará al dotarles de una herramienta informática. Su función es primordial. Debe ser esmerada y finalizar antes de pasar a la etapa de producción efectiva.
- La metodología de la utilización de la aplicación, que debe evitar las vacilaciones del operador frente a las múltiples opciones propuestas por el producto, pero también garantizar su utilización óptima en la organización general de los estudios y del trabajo.

El éxito de *Circée*, herramienta potente y eficaz, sólo puede estar garantizado por la combinación controlada de los tres elementos anteriormente citados. La misión del servicio de ingeniería de ACC consiste en ser el garante de esta coherencia.

Referencias

- [1] C. Guthmann, Ingeniería de redes asistida por ordenador, Revista técnica de Alcatel, Volumen 63, n°3, pág. 279-285

- [2] C. Bertrand - Gestión de proyectos: Orchid II, una herramienta de segunda generación, Comunicaciones Eléctricas, este número

Christian Guthmann nació en 1960. Diplomado de la Escuela Nacional Superior de Artes e Industrias de Estrasburgo en 1983, participó en los estudios topográficos de los templos de Karnak, en Egipto, por cuenta del Centro Nacional de Investigaciones Científicas Francés en 1984 y 1985. En 1986 se incorporó al Departamento Chantiers de Cables de Lyon en donde instaló las primeras actividades de Diseño Asistido por Ordenador destinadas a las redes cableadas de videocomunicación. En 1992 asumió la responsabilidad de la sección de desarrollos informáticos de Alcatel Cable Contracting.

¹ Sin embargo es necesario definir las tasas que deben alcanzarse al final del período de estudio (por lo general quince años), así como sus tasas de saturación asociadas.

² Aunque disponible para cualquier zona de estudio, esta función está menos recomendada para la localización óptima de un sub-reparto, en donde hay que tener en cuenta otros elementos.

³ La longitud de un cable depende de la longitud de los itinerarios subterráneos o aéreos que utilice, pero también del número y tipo de cámaras o de postes, así como de ciertos excesos de longitud propias a cada sección de cable.

⁴ También están disponibles opciones de conexión manual por intervalo a fin de poder gestionar las situaciones existentes.

⁵ Una comprobación es un documento de control de ejecución de los trabajos firmado por el cliente.

Tecnología de cable de cintas de fibra óptica

J.-P. Bonicel

Centre de Compétence d'Alcatel Cable, Bezons, Francia

Introducción

La tecnología de cintas de fibra óptica, que ofrece cables compactos con un gran número de fibras y las ventajas de los empalmes masivos, ha tenido un amplio uso internacional. Las especificaciones difieren de un país a otro, lo que da como resultado una gran variedad de estructuras de cintas y cables. No obstante, existe una base técnica común, y además basándose en ello se ha establecido un programa internacional de desarrollo de cintas. Los aspectos de las cintas que se han investigado son los siguientes:

- tipos de fibra
- recubrimientos primarios de la fibra
- coloración de las fibras
- número de fibras en la cinta
- tipo de estructura de cintas (encapsuladas ó unidas por el borde).

Además, se han analizado varias estructuras de cables ensamblados, entre las cuales se incluyen configuraciones unitubo, multitubo, de núcleo ranurado y estructura adherente.

Para obtener buenos resultados con este tipo de cable en particular hay que resolver los problemas fundamentales que conciernen a los materiales y al proceso. Se han desarrollado diferentes familias de cables de cintas a partir de la plataforma técnica común, y algunos de estos cables se están fabricando normalmente en diferentes unidades de fabricación de Alcatel Cable. Se ha analizado a fondo, para diferentes tipos de fibra, el empalme de

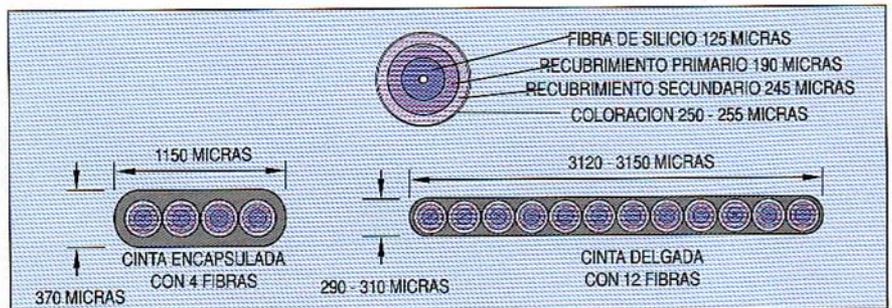


Figura 1 - Estructuras de cinta

las cintas, haciendo un énfasis especial en las técnicas de empalmes por fusión masivos. Con la introducción de la fibra en el bucle (FTTL), se está pidiendo la mejor solución técnico-económica para los sistemas de telecomunicación de la próxima generación. El uso de la tecnología de cinta está siendo considerado cuidadosamente como una posible solución para los sistemas emergentes.

Características de la cinta multifibra

La Figura 1 muestra los dos tipos básicos de estructuras, *encapsulada* y *delgada*, que están en uso para la

producción de la cinta de fibras. El número de fibras puede ser de 2 a 16 para cada uno de los tipos.

Algunas de estas cintas están ya especificadas ó utilizadas por operadores de telecomunicaciones de varios países, y están siendo tomadas en cuenta en otros países. Una visión general de los requerimientos principales que se aplican a las cintas y a los cables de cintas se da en la **Tabla 1**. Naturalmente, cada cliente individual tiene requerimientos específicos, y algunos de estos, como la *prueba de inmersión en agua* de SIP en Italia, tienen una gran influencia en el desarrollo de los materiales y técnicas adecuadas.

Tabla 1 - Requerimientos principales de los cables de cintas

DIMENSIONES TRANSVERSALES
APLANAMIENTO
ESPACIADO DE FIBRAS
CODIFICACION DE COLORES
ATENUACION
SENSIBILIDAD A LA FLEXION
SENSIBILIDAD A LA MICROFLEXION
TOLERANCIA DE TEMPERATURA Y HUMEDAD
RESISTENCIA A LA TENSION
RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO E IMPACTOS
RESISTENCIA A LA TORSION
ROTURA Y SEPARACION

Programa de desarrollo para cinta de fibras

Teniendo en cuenta el amplio número de áreas involucradas, las diferentes unidades Alcatel se han comprometido en un programa general de I+D para el desarrollo de cintas y cables de cintas. En este artículo se presentan aspectos de este trabajo con cintas y cables de cintas.

Las actividades I+D se han orientado hacia cintas con 4 a 16 fibras por cinta; las actividades principales

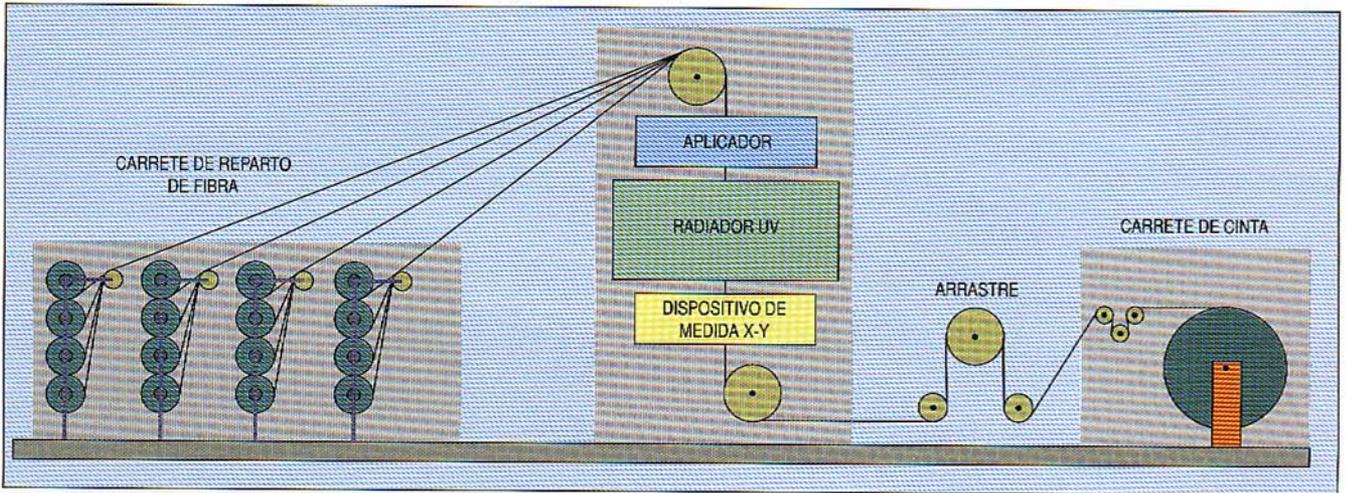


Figura 2 - Línea de producción de cintas

se han concentrado hasta ahora en cintas con 4, 6, 8 y 12 fibras. A partir de la pruebas exhaustivas realizadas sobre los dos tipos de encapsulado de cintas, se ha encontrado que las cintas encapsuladas son menos sensibles a la microflección y que el material de la capa de cintas da una mejor protección mecánica a la fibra que en el caso de cintas delgadas.

Este punto es de esencial importancia en aplicaciones tales como la fibra en el bucle (FITL). No obstante, en el ejemplo de una cinta de 4-fibras, una cinta encapsulada requerirá dos ó tres veces más material curable por UV que la misma cinta delgada, y esta clase de material es caro. Así, un cable con cinta delgada será menos caro por dos razones:

utiliza un cantidad más pequeña de material caro en la cinta y al ser las cintas un 25% más delgadas es posible reducir el tamaño del cable para un determinado número de fibras. Durante esta investigación se demostró que es muy importante mantener la geometría de la cinta tan simétrica como sea posible para evitar la tensión diferencial debida a las diferencias en las características termomecánicas del material (módulo de Young, comportamiento tiempo/temperatura, etc.).

La Figura 2 ilustra una máquina de línea de producción capaz de fabricar cintas de hasta 16 fibras. El recubrimiento de la cinta se añade a las fibras agrupadas mediante el aplicador y se cura en el radiador UV. Las tolerancias dimensionales se controlan automáticamente y con precisión. La codificación de color de las fibras se realiza durante la producción colorando unidades añadidas en tándem a la línea de producción.

Gran parte de la investigación se ha enfocado hacia las propiedades de los materiales para determinar su impacto individual y combinado en la calidad de la cinta. La Tabla 2 resume las características de los materiales que se necesitan en cada elemento de la cinta, indicando sus efectos. Se dan ejemplos que muestran como el rendimiento final de una cinta puede depender de las

Tabla 2 - Características de los materiales para cintas

MATERIAL	PARAMETRO	IMPACTO
FIBRA	DIAMETRO DEL CAMPO MODAL λ_c PERFIL DEL INDICE	MICRO- Y MACROFLEXION
RECUBRIMIENTO PRIMARIO	MODULO DE YOUNG TEMPERATURA DE TRANSICION DE CRISTAL ADHESION DE LA FIBRA SENSIBILIDAD AL AGUA Y AL RELLENO PROCESABILIDAD	SENSIBILIDAD A MICROFLEXION ESTABILIDAD TERMICA ESTABILIDAD DE ENVEJECIM. EMPALMES CORROSION DE PRESION
RECUBRIMIENTO SECUNDARIO	MODULO DE YOUNG TEMPERATURA DE TRANSICION DE CRISTAL COMPATIBILIDAD CON RECUB. PRIMARIO COMPATIBILIDAD CON SISTEMA DE COLOR SENSIBILIDAD AL AGUA Y AL RELLENO PROCESABILIDAD ADHESION A RECUBRIMIENTO PRIMARIO	SENSIBILIDAD A MICROFLEXION ESTABILIDAD TERMICA ESTABILIDAD DE ENVEJECIM. ROTURA EMPALMES
COLORACION	VISCOSIDAD VELOCIDAD DE CURADO CALIDAD DEL COLOR MODULO DE YOUNG COMPATIBILIDAD CON RECUBRIM. SECUNDARIO Y MATRIZ DE CINTAS SENSIBILIDAD AL AGUA Y AL RELLENO SUPERFICIE LISA PROCESABILIDAD	SENSIBILIDAD A MICROFLEXION ESTABILIDAD TERMICA ESTABILIDAD DE ENVEJECIM. ROTURA EMPALMES
MATRIZ DE CINTAS	VISCOSIDAD MODULO DE YOUNG COMPATIBILIDAD CON COLORACION SENSIBILIDAD AL AGUA Y AL RELLENO	GEOMETRIA DE LA CINTA ROTURA SEPARACION ESTABILIDAD DE ENVEJECIM.

características de los materiales, así como la forma en como pueden manejarse y empalmarse.

Ramificación

Una buena ramificación de las fibras coloreadas indica que, cuando las fibras se separan de otra, la separación es limpia, sin adhesión del material de la matriz de la cinta. Cumpliendo este requerimiento hemos determinado que existe una estrecha relación entre el recubrimiento secundario, la capa coloreada y la matriz de cintas. La capa coloreada debe estar bien curada y unida al recubrimiento secundario, y la matriz de cintas debe tener una baja adhesión a la capa coloreada. Por tanto es importante controlar cuidadosamente la calidad de la tinta y su procesabilidad. En el caso de tintas curables UV es fundamental controlar la evolución de los enlaces dobles de carbón (C = C), pero hay que indicar que la velocidad de curado es función de las tintas (matriz, opacidad de los pigmentos a los rayos UV, uso ó no de TiO₂, cinética de fotocurado, inhibición por oxígeno, etc.). El mecanismo de inhibición del fotocurado por oxígeno se muestra en la **Figura 3**.

Todos los materiales fotocurables (protecciones de la fibra, coloración UV, matriz de cinta) se han analizado intensivamente mediante absorción infrarroja y algunos análisis se han realizado in situ mediante análisis microscópico asociado a un sistema infrarrojo.

Prueba de inmersión en agua

Para cumplir los requerimientos de la prueba de inmersión en agua ($\Delta \alpha$ a 1550 nm \leq 0,1 dB/km durante 22 días en agua a 22°C y a 60°C) es también necesario desarrollar materiales especiales para la protección de la cinta, las tintas y la matriz de cintas. Todos estos materiales y su procesabilidad han sido analizados exhaustivamente. La **Figura 4** muestra resultados típicos de la prueba de

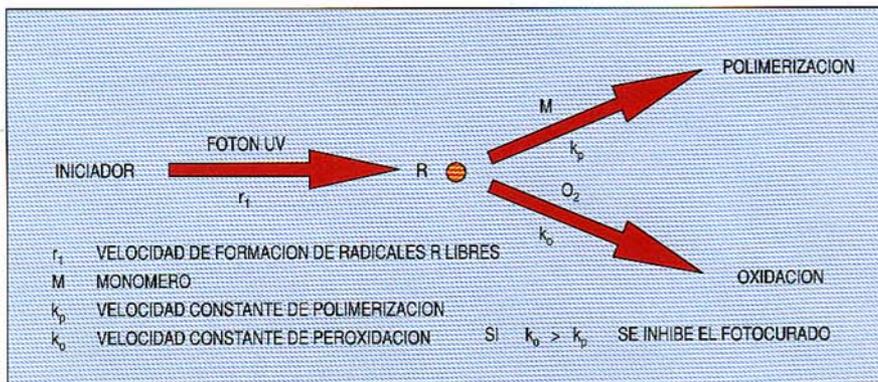


Figura 3 - Inhibición del fotocurado por oxígeno

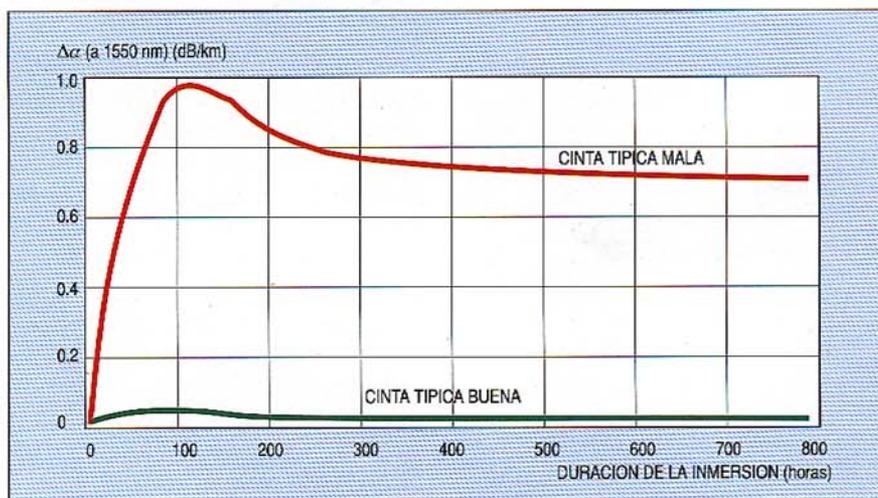
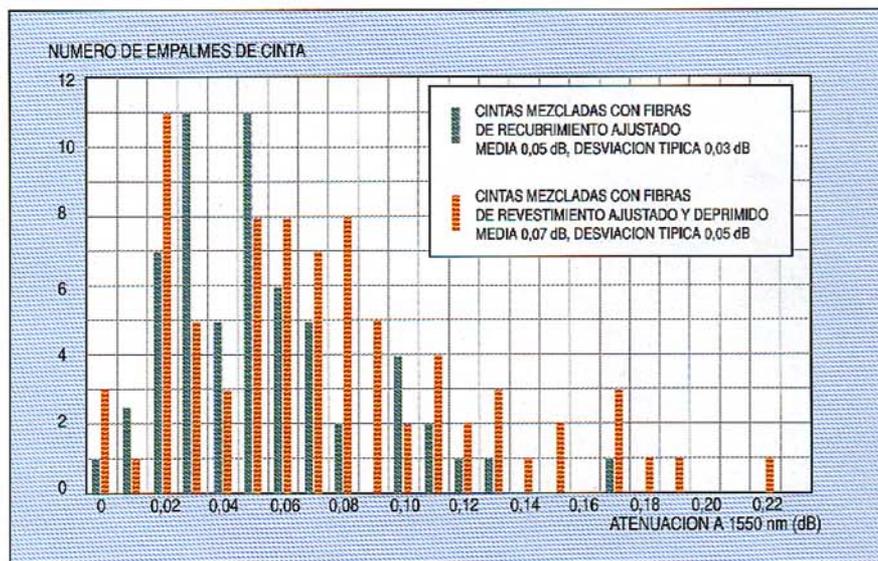


Figura 4 - Resultados de la prueba de inmersión en agua de la cinta

Figura 5 - Resultados del empalme por fusión masivo de cintas



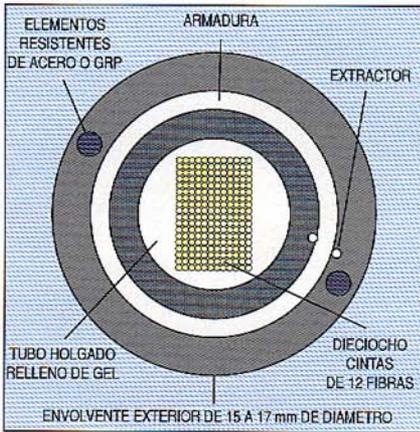


Figura 6 - Cable de cintas unitubo

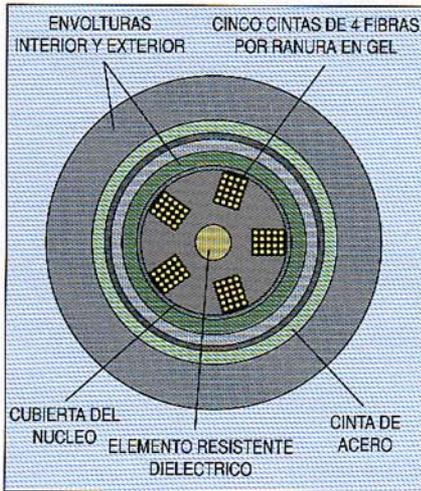
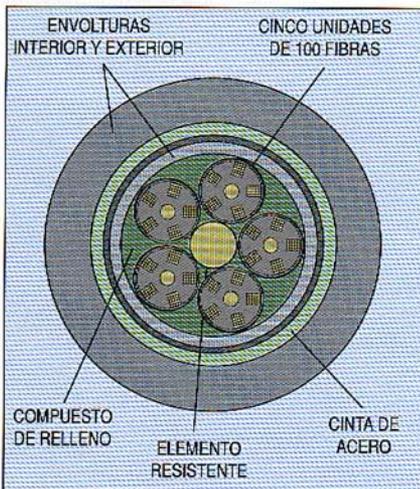


Figura 8 - Cable de cintas de núcleo ranurado de hasta 100 fibras

Figura 9 - Cable de cintas de núcleo ranurado de hasta 500 fibras



inmersión en agua, donde el incremento de la atenuación a 1550 nm es de 0,1 dB en cintas buenas y de 1,0 dB para cintas malas.

Pruebas estándar

Las cintas también se han sometido a pruebas estándar, tales como:

- prueba de estiramiento
- prueba de torsión
- prueba de giro
- prueba de envejecimiento
- separación
- empalmes.

Como ejemplo, la Figura 5 muestra los resultados obtenidos en una prueba de empalme por fusión masivo con cintas encapsuladas de 4-fibras hechas con diferentes tipos de fibras (recubrimiento ajustado y recubrimiento deprimido). Los dos histogramas se obtuvieron en un laboratorio utilizando una máquina automática de empalme por fusión de cintas.

Desarrollo del cable de cintas

Tomando en cuenta los requerimientos específicos de un grupo de clientes, se han desarrollado diferentes familias de cables de cintas. Las Figuras 6 a 10 muestran secciones transversales de una selección de cables, de los cuales algunos están en producción y otros aún están en desarrollo. Actualmente algunos de estos cables los utilizan frecuentemente los operadores en aplicaciones de red estándar.

Las diferentes cintas desarrolladas se han probado con varias estructuras de cable. La Tabla 3 presenta los resultados obtenidos con el cable de cintas de 100 fibras mostrado en la Figura 8. Las cualidades de cinta evaluadas en esta prueba son:

- diseño de la fibra de cristal
- recubrimiento primario
- tintas
- matriz de cintas.

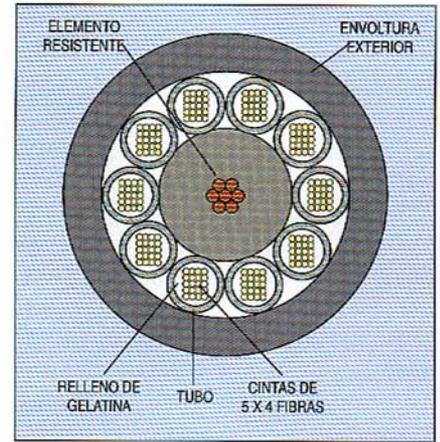
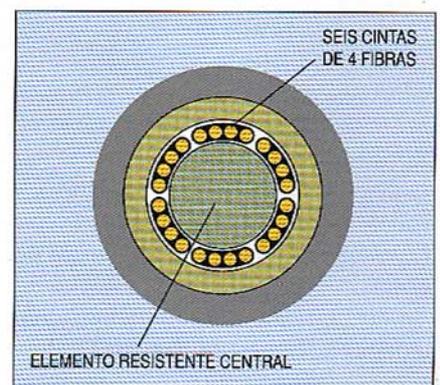


Figura 7 - Cable de cintas multitubo

Las fibras A y B (Tabla 3) dan malos resultados ya que sus recubrimientos primarios no son adecuados para las aplicaciones de cinta. Se puede ver que los mejores resultados corresponden a la fibra E y a la cinta 5. Nuestras fibras se han utilizado para producir esta cinta; sus características principales se presentan en la Tabla 4. Estas fibras utilizan un recubrimiento especial desarrollado para las aplicaciones de cinta.

Con las fibras C, D y E y las cintas 3, 4 y 5 se han producido cables de cintas de 100 fibras. La Figura 11 muestra los resultados de la prueba térmica de estos cables, con un cambio máximo en la atenuación a 1550 nm de 0,07 dB/km en el intervalo de temperatura de -40 a 70°C. Este tipo de cable ha pasado una prueba de estiramiento con una longitud estimada de 200 m. La Figura 12 muestra

Figura 10 - Cable de estructura de cintas densas



la relación entre tensión y elongación del cable. La tensión de las fibras se mide por el método de cambio de fase. El cambio en la atenuación de las fibras a 1550 nm es menor que 0,05 dB/km, en el margen de tensión de cable mostrado en la figura.

La elongación del cable bajo tensión es claramente función de las partes rígidas incluidas en él, por lo que es un parámetro fácilmente ajustable. Lo más importante es un cambio pequeño en la atenuación en las diferentes fibras cuando se incrementan la tensión del cable y de la fibra. Las unidades de Alcatel Cable han realizado una gran cantidad de pruebas mecánicas y de envejecimiento sobre diferentes cables de cintas (siguiendo principalmente las especificaciones IEC 794-1 y Bellcore TR TSY 000020).

Fibra en aplicaciones en el bucle

El reto más importante de los operadores de telecomunicaciones para finales del siglo 20 y comienzos de 21 es el uso del FITL en aplicaciones de banda estrecha y de banda ancha. Todos los suministradores de grandes equipos de telecomunicaciones están trabajando en ello. Se han hecho muchas pruebas de campo en todo el mundo, y en Francia ya han sido instaladas 600 000 líneas de abonado para la aplicación de TV por cable con fibra al hogar[10]. Actualmente, los objetivos principales son:

- incrementar la capacidad de transmisión de la red de distribución de cobre
- mantener la misma fiabilidad en la transmisión de banda estrecha por fibra, igual que la de la actual red de cobre
- intentar evitar obras de ingeniería civil específicas para introducir el FITL
- ser competitivos en coste con el sistema estándar de cobre
- tener un FITL flexible donde sea fácil conectar nuevos abonados durante el ciclo de vida del sistema.

FIBRA	CINTA	$\Delta\alpha$ A 1550 nm EN EL CABLE 10 CICLOS - 40 +70°C (dB/km)	
		MEDIA	MAXIMA
A	1	0,23	0,70
B	2	0,30	0,76
C	3	0,05	0,07
D	4	0,04	0,05
E	5	0,035	0,06

Tabla 3 - Pruebas térmicas sobre cables de cintas

CARACTERISTICAS		VALOR	UNIDAD
PROPIEDADES GEOMETRICAS	NO CIRCULARIDAD DEL NUCLEO	6 MAX	%
	DIAMETRO DE LA CUBIERTA	125 +/- 2	μm
	NO CIRCULARIDAD DE LA CUBIERTA	2 MAX	%
	CONCENTRICIDAD NUCLEO/CUBIERTA	1 MAX	μm
	DIAMETRO DEL RECUBRIMIENTO	245 +/- 10	μm
PROPIEDADES OPTICAS	CONCENTRICIDAD CUBIERTA/RECUBRIMIENTO	15 MAX	μm
	DIAMETRO DE CAMPO MODAL	9.1 +/- 0.5	μm
	LONGITUD DE ONDA DE CORTE	1150 - 1280	nm
	LONGITUD DE ONDA DE DISPERSION CERO	1310 +/- 10	nm
	INCLINACION EN LONG. DE ONDA A DISP. CERO	0.093 MAX	ps/nm ² .km
	DISPERSION CROMATICA A 1285 - 1330 nm	3.5 MAX	ps/nm.km
	DISPERSION CROMATICA A 1550 nm	19 MAX	ps/nm.km

Tabla 4 - Características de las fibras

El análisis de estos objetivos pueden dar diferentes soluciones para la planta de cables basadas en:

- red en estrella (punto a punto)
- red en estrella con derivadores (punto a multipunto)
- red en anillo.

Dependiendo de los diferentes sistemas el número de fibras por cable puede ser radicalmente diferente. Algunos sistemas requieren planta de cables con cables de alto número de fibras (200 ó más); para otros con una alta relación de compartición podría ser necesario utilizar sólo cable de bajo número de fibras (100 ó menos). Con ello se ve que la elección del sistema FITL determinará la estructura de cables que se necesita. Con cables de cintas es posible tener un gran número de fibras en un cable pequeño. Por ejemplo, es posible tener 200 fibras en un cable con diámetro menor de 17 mm. Y si pueden utilizarse empalmes masivos, los cables de cintas pueden ser muy buenos candidatos,

Figura 11 - Resultados de prueba térmica sobre cable de cintas de 100 fibras

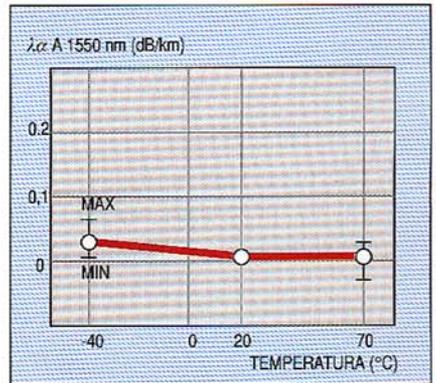
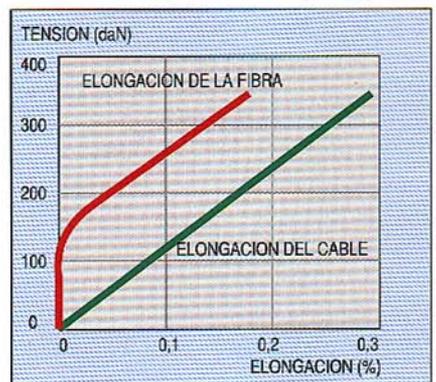


Figura 12 - Elongación del cable bajo tensión



especialmente para la transmisión punto a punto. Por otro lado, si las fibras compartidas se utilizan con diferentes relaciones de derivación y con diferentes puntos de derivación es necesario preguntarse si el cable de cintas es la mejor elección. Los mejores casos de aplicación de estructuras de cintas son:

- cables número de fibras muy alto
- planta de cables de estructura fija.

En los casos de empalmes masivos y/o preconexión son convenientes y es una forma de reducir el coste de la conexión en el campo. No obstante, la considerable experiencia obtenida con el cable de cobre y cable óptico preconnectados ha mostrado que hay que resolver una gran cantidad de problemas para mejorar la eficacia de la preconexión (longitud del cable, planificación de la planta de cable, etc.). Por tanto la preconexión de cables ópticos para aplicaciones FTTL debe ser analizada muy cuidadosamente.

Conclusiones

En este artículo se ha presentado el desarrollo de una base internacional para una tecnología de cinta óptica, que tiene en cuenta los requerimientos específicos de los diferentes países involucrados. Alcatel Cable ha desarrollado una familia de cintas y una familia de cables, presentándose los principales parámetros que influyen en la calidad del producto. La tecnología de cintas forma ahora parte integral del mundo de las fibras ópticas. Se utiliza en varios países y parece ser especialmente conveniente en los cables de alto número de fibras. Su aplicabilidad para el FTTH aún está en estudio, pero es ciertamente un factor importante en la evolución de las redes de fibras ópticas. Con este objetivo, se pueden anticipar futuros desarrollos como las mejoras de cinta o las posibles novedades que se presentan en la **Figura 10** (estructura de cintas densas).

Reconocimientos

El autor desea agradecer a las siguientes personas su inapreciable cooperación en la preparación de este artículo: **David A. Keller**, Alcatel NA; **Goran Kylene**, Alcatel IKO Kabel; **J. Schulte**, Alcatel Kabelmetal; **Giovanni Paternostro**, Alcatel CAVI; **G. Berthelsen**, Alcatel Kabel Norge; **Carlos G. Cortines**, Alcatel Cable Ibérica; **Claude Lasne**, Alcatel Alsthom Recherche.

Bibliografía

- 1 F. Legros, J-L Rochefort, Y. Roussel, D. Brault "Câbles à rubans de fibres optiques", OPTO 92.
- 2 JP. Bonicel, PJ. Giraud, M. de Vecchis "Overview of optical fibre ribbon technology", OPTO 92.
- 3 HG. Haag, GF. Hög, PE. Zamzow, "Optical fiber cable for subscriber loop", *Journal of Lightwave Technology*, vol. 7, no 11, Noviembre 1989.
- 4 G.D. Maltz, "Stranding of strength members in F.O. cables". Proceedings, Nr 12 of FOCA 90. Symposium for the Telecom. cable trade, 27 y 28 Septiembre 1990, Ginebra.
- 5 F. Esposito, F. Montalfi, F. Nanni "OF ribbon cable system technology : the Italian experience" 40th IWCS, 1991.
- 6 T. Matsuo, Y. Sataka "Development of single mode optical fiber cable for NTT", Sumitomo Electric technical review, no 29, Enero 1990.
- 7 S. Tomita, M. Matsumoto, T. Yabuta, T. Uenoya "Preliminary research into ultra high density and high count optical fiber cable" 40th IWCS, 1991.
- 8 L. Sundeman "First trial of optical fibre in local network", Swedish Telecom publication TELE, Issue 2, 1991.
- 9 KW. Jackson, PD. Patel, ML. Pearsall, JR. Petisce, GA. Lochkovic "An enhanced ribbon structure for high fiber count cables in the loop" 38th IWCS, 1989.
- 10 JP. Boinet, M. de Vecchis, J. de Vitry "Fibre to the Home : No more a trial, an operational reality" ISSLS April 1991, Amsterdam.

Jean Pierre Bonicel nació en 1952. Obtuvo su título de ingeniero en el Institut des Sciences de l'Ingénieur de Montpellier (ISIM) en 1976. En 1977 entró en Les Câbles de Lyon, ahora Alcatel Câble, donde se encargó de los materiales y problemas mecánicos en los cables de telecomunicaciones. Actualmente es el responsable del laboratorio de cables de telecomunicaciones y jefe de Alcatel Optical Fiber Cable Competence Center, y Director Técnico del Departamento de Telecomunicaciones.

Cable compuesto tierra-óptico y cable de fibra óptica de dieléctrico universal

J.-P. Bonicel

Alcatel Cable, Bezons, Francia

Introducción

Un gran número de diferentes estructuras OPGW (cable compuesto tierra-óptico) se han desarrollado, probado e instalado teniendo en cuenta las características de la fibra óptica (tiempo de vida frente a la tensión, sensibilidad de macro y microrefracción, estabilidad térmica), las características mecánicas de la línea

(torres, vanos, senos, etc.), los parámetros eléctricos de la línea (tensión, corriente de cortocircuito, descargas eléctricas), el ambiente climático local (viento, hielo, baja temperatura, atmósfera corrosiva), el acoplamiento entre el OPGW y sus accesorios, los requisitos específicos de las diferentes compañías productoras de energía eléctrica (máxima tensión de estiramiento del cable sin fatigas de

las fibras, diámetro máximo del cable, número de fibras, accesorios, seno, tendido del cable bajo tensión mecánica, máxima longitud del cable), el tiempo de vida del OPGW, etc.

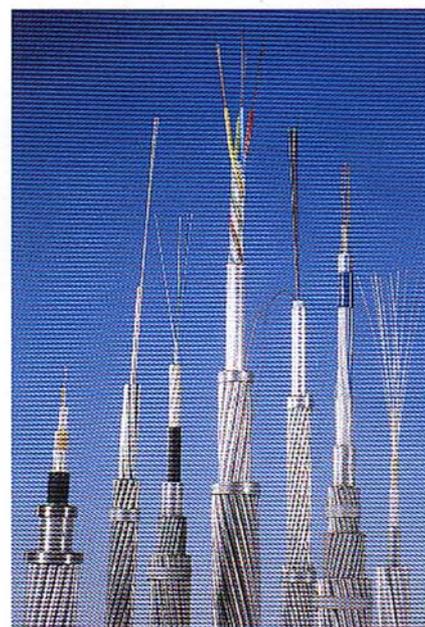
Todas esas estructuras tienen ventajas e inconvenientes, pero para las empresas productoras de energía eléctrica la fiabilidad y el tiempo de vida son los problemas fundamentales ya que el OPGW se utiliza hoy ampliamente en las modernas redes de alimentación de alta tensión para telesupervisión, telecontrol, así como en telecomunicaciones.

Además del OPGW, que básicamente integra las fibras ópticas como un componente necesario dentro de los sistemas de distribución de energía eléctrica, existen los cables de fibra óptica de dieléctrico-universal (ADFOC), los cuales debido a que

Tabla 1: Visión general de estructuras típicas de núcleo óptico del OPGW

ESTRUCTURA	COMENTARIOS	EVALUACION
ESTRUCTURA ADHERENTE	FIBRA SIEMPRE BAJO FATIGA O TENSION Y PARTICULARMENTE EN SOBRECARGA DIFICULTAD PARA GARANTIZAR UNA BAJA ATENUACION (≤ 0.22 dB/km) A 1550 nm COMPACIDAD (NUCLEO OPTICO PEQUEÑO)	--- FIABILIDAD --- ++
ESTRUCTURA HOLLGADA CON TUBOS DE PLASTICO TRENZADOS O NUCLEO DE PLASTICO RANURADO	FIBRA PRESENTA UN NIVEL DE FATIGA O DE TENSION MUY BAJO HASTA UNA SOBRECARGA MUY ELEVADA (HASTA EL 70% DE LA CAPACIDAD DE TENSION FINAL DEL CABLE) BAJA ATENUACION A 1550 nm RESISTENCIA DE COMPRESION REQUIERE NUCLEO OPTICO MAYOR QUE EL DE LA ESTRUCTURA ADHERENTE	+++ FIABILIDAD ++ - ---
ESTRUCTURA HOLLGADA CON TUBO DE PLASTICO CENTRAL	FIBRA PRESENTA UN NIVEL DE FATIGA O TENSION MUY BAJO HASTA UNA ALTA SOBRECARGA BAJA ATENUACION A 1550 nm RESISTENCIA DE COMPRESION	++ FIABILIDAD ++ -
ESTRUCTURA HOLLGADA CON TUBO DE ACERO CENTRAL O TRENZADO	FIBRA PRESENTA UN NIVEL DE FATIGA O TENSION MUY BAJO HASTA UNA ALTA SOBRECARGA BAJA ATENUACION A 1550 nm COMPACIDAD (NUCLEO OPTICO PEQUEÑO) IMPERMEABILIDAD RADIAL	+++ FIABILIDAD ++ +++ +++
ESTRUCTURA HOLLGADA CON TUBOS DE PLASTICO TRENZADOS EN NUCLEO DE ALUMINIO RANURADO	FIBRA MUESTRA UN NIVEL DE FATIGA O TENSION MUY BAJO HASTA UNA MUY ALTA SOBRECARGA (HASTA EL 70% DE LA CAPACIDAD DE TENSION FINAL DEL CABLE) BAJA ATENUACION A 1550 nm COMPACIDAD RESISTENCIA DE COMPRESION	+++ FIABILIDAD +++ ++ +++

Foto A - Selección de cables OPGW



ESTRUCTURA	COMENTARIOS	EVALUACION
UNA CAPA	POSIBLE OBTENER CABLES PEQUEÑOS	+++
	NECESARIO PARA USAR HILOS ACS Y LA CAPA DE ALUMINIO DE LOS HILOS PUEDE ESTROPEARSE EN LA INSTALACION	---
	EL CABLE NO ES ANTI-TORSION, DANDO DIFICULTADES DE INSTALACION	--
	MENOR RESISTENCIA DE COMPRESION QUE CON DOS CAPAS	--
	BAJA CAPACIDAD DE CORTA CORRIENTE AL COMPARAR CON CABLE DE DOBLE ARMADURA	--
DOS O TRES CAPAS	CABLE MAS GRANDE QUE CON UNA CAPA	--
	SE USAN EN LA PRIMERA CAPA HILOS DE ACERO GALVANIZADO O HILOS ACS O GALFAN. PROBLEMAS DE CORROSION MUY PEQUEÑOS	+++
	MEJOR RESISTENCIA A LA COMPRESION QUE LA ARMADURA DE UNA CAPA	++
	EL CABLE ES CASI ANTI-TORSION	++
	RESPECTO A LA DE UNA CAPA SE MEJORA LA CAPACIDAD DE CORTA CORRIENTE	+++

Tabla 2: Visión general de estructuras típicas de armadura de OPGW

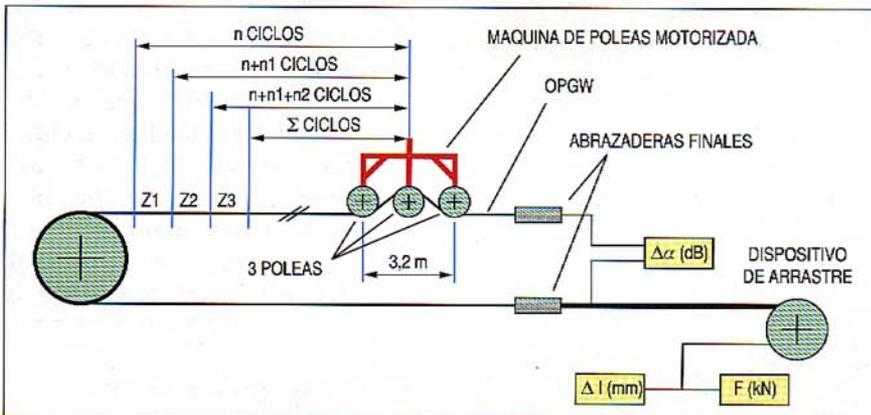


Figura 1 - Prueba de polea

son completamente no conductores se pueden tirar a lo largo de las rutas de las líneas de energía de alta tensión. El reto es producir, sin utilizar componentes metálicos, un cable capaz de soportar grandes vanos en condiciones climáticas adversas.

Requisitos de los conductores ópticos terrestres

Consideraciones generales

Teniendo en cuenta las diferentes especificaciones de OPGW disponibles en todo el mundo no es posible cumplir con todos los diversos requi-

sitos utilizando exclusivamente un producto. Por ello hemos desarrollado distintos cables con diferentes núcleos ópticos, vainas metálicas y armaduras compatibles con los diferentes sistemas de accesorios disponibles (Foto A). Durante estos desarrollos las líneas directrices han sido la fiabilidad de los cables.

Las Tablas 1 y 2 proporcionan una visión de la estructuras típicas del OPGW con sus principales ventajas y desventajas. El OPGW se usa a menudo en ambientes hostiles (corriente de cortocircuito, tormentas, climas extremos) y su tiempo de vida debe ser elevado (25 años ó más); de mane-

ra que se debe ser extremadamente cuidadoso a la hora de la elección del diseño del cable.

Estado de las normas

En la mayoría de los países industrializados hay especificaciones nacionales para las empresas de producción de energía eléctrica con grandes diferencias entre los procedimientos de prueba de cada país y los equipos recomendados. Considerando los problemas creados por esta situación, particularmente en el caso del mercado internacional, se ha decidido comenzar algunos trabajos de normalización en el IEC TC7/WG8[1]. Básicamente este borrador de especificación establecerá los procedimientos de prueba para los siguientes elementos considerados en el WG8:

- verificación de la tensión
- compresión
- torsión
- prueba de polea
- vibración eólica
- movimientos rápidos
- movimiento lento
- ciclo de temperatura
- cortocircuito
- descarga eléctrica
- penetración del agua
- máxima temperatura permitida.

La mayoría de nuestros cables han sido sometidos a estas pruebas, usando iguales o parecidos procedimientos. Muchas de estas pruebas son muy importantes para proporcionar alguna garantía sobre la fiabilidad de los cables. La Figura 1 y la Foto B muestran el equipo utilizado en la prueba de revestimiento realizada sobre el OPGW en nuestros laboratorios.

Influencia de los principales requisitos en el diseño de cables

Hace unos 15 años algunas empresas productoras de energía eléctrica comenzaron a usar el OPGW tras dis-

tintas investigaciones de laboratorio. Se han realizado un gran número de presentaciones de las diferentes estructuras de cable. Algunos de los trabajos más recientes en este área los ha realizado el comité de estudios CIGRE 35[2], que ha dedicado una parte del libro del CIGRE al OPGW. Algunas normas han sido también dirigidas por el IEEE[3].

La mayoría de las estructuras de cable presentadas en el libro del CIGRE se han desarrollado y probado en el Grupo Alcatel Cable, y algunas de ellas está actualmente en fase de producción.

La **Figura 2** muestra dos familias de estructuras de cable. Naturalmente, la sección transversal de la armadura del cable se puede modificar (naturaleza de los hilos, diámetro del hilo, número de capas de armadura, con o sin componentes de relleno sobre las capas internas, trenzado, etc.). Aquí no podemos presentar todos los productos, pero sí unos pocos para dar una idea de las tendencias actuales.

En las seis estructuras de cable presentadas en la Figura 2 se pueden ver las siguientes tendencias:

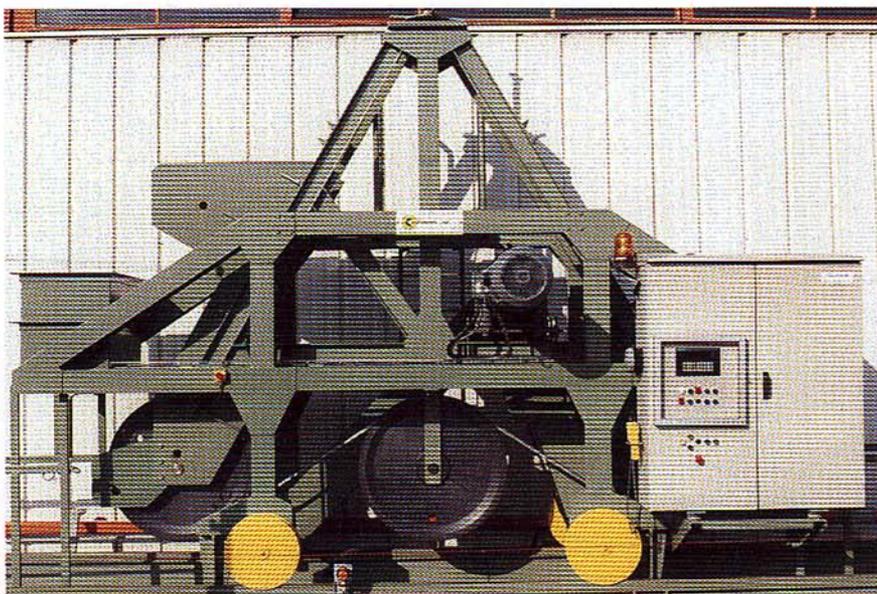
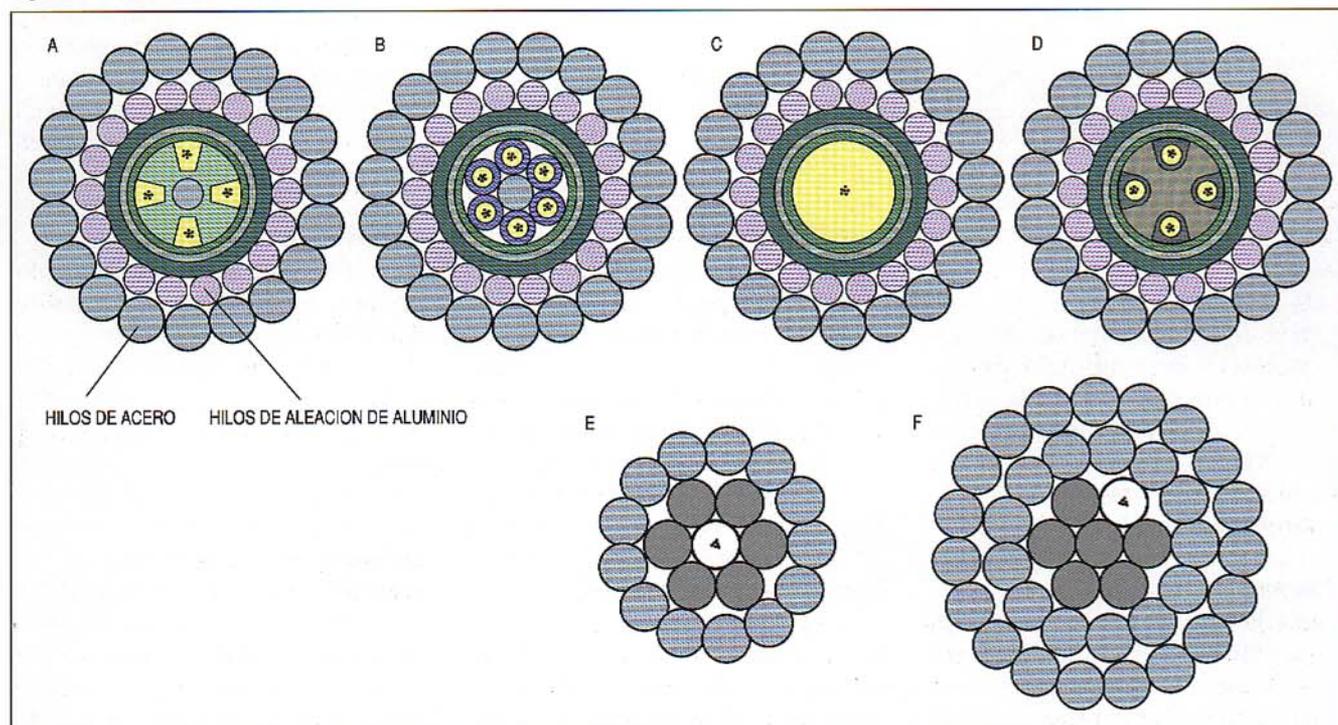


Foto B - Equipo de prueba de polea

- Es fácil obtener una mayor extensión de la fibra en las estructuras trenzadas con núcleo ranurado o tubo holgado (estructuras A, B y D)
- Es más difícil obtener una amplia extensión de la fibra con una estructura unitubo (comprimida directamente o helicoidalmente, estructura C).
- El núcleo ranurado termoplástico proporciona algunas mejoras de la resistencia de compresión comparado con la estructura de tubo holgado, pero no son muy significativas. En comparación, la varilla ranurada de aluminio con tubo holgado dentro de las ranuras (estructura D) proporciona una elevada mejora del comporta-

Figura 2 - Diseño de cables OPGW



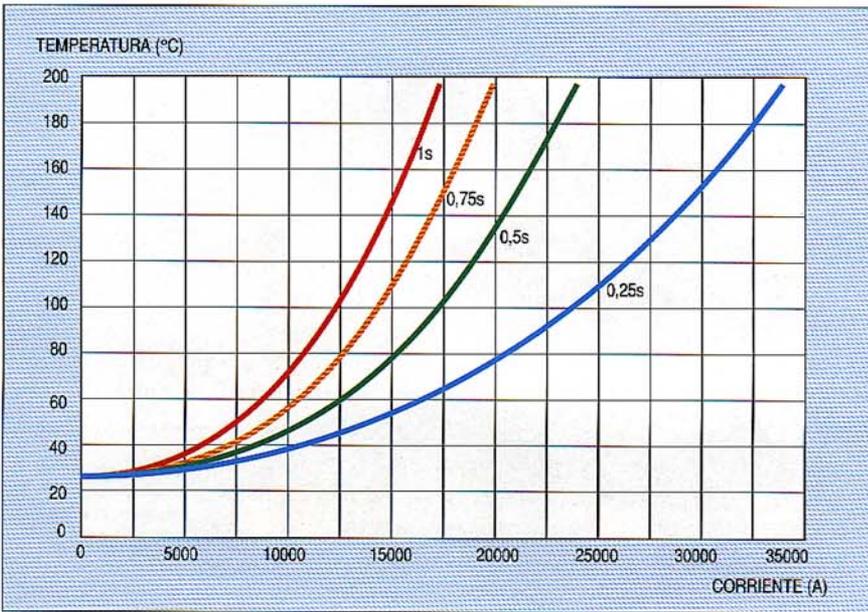


Figura 3 - Incremento de la temperatura con la intensidad y tiempo de cortocircuito

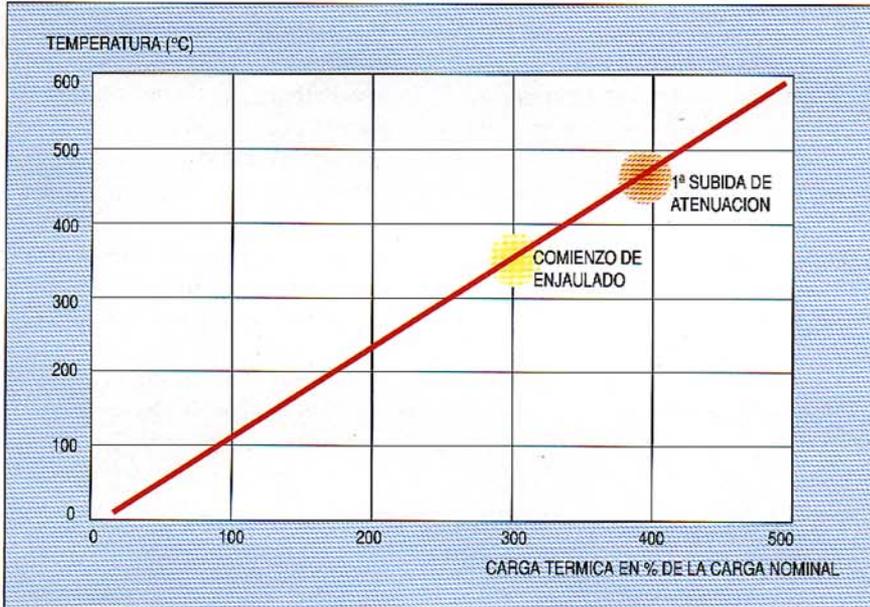


Figura 4 - Carga térmica como % del valor nominal frente a la temperatura

miento en la resistencia de compresión. Dependiendo de los accesorios empleados y de la técnica utilizada en la instalación podría ser muy importante tener un cable de alta resistencia de compresión. En este caso las fibras están muy bien protegidas contra la fatiga lateral.

- En la estructura unitubo podría ser difícil tener simultáneamente una amplia extensión de fibra (0,7%) y una buena estabilidad de

atenuación a baja temperatura (-40°C).

- Con la estructura de tubo de acero es posible realizar un OPGW con un diámetro similar al cable terrestre normal sin fibra óptica.

Corriente de cortocircuito

La corriente de cortocircuito es un aspecto importante del OPGW. Esta clase de cable tiene que soportar

altos niveles de corriente según las características de la línea y el tiempo de respuesta de la red eléctrica (p. ej., 0,25, 0,5, 0,75 ó 1 seg). El cálculo teórico de la subida de la temperatura durante la corriente de cortocircuito se realiza por la siguiente ecuación:

Fichier Coreldraw
OPGWMATH.CDR

siendo I la corriente de cortocircuito (A), α_0 el coeficiente de resistencia a la temperatura (1/°C), R_0 la resistencia eléctrica en condiciones iniciales (Ω/cm), t la duración (s), C la capacidad calorífica (J/cm°C), y $\theta_c - \theta_0$ el incremento de la temperatura (°C).

La Figura 3 muestra el incremento de temperatura frente a la intensidad y el tiempo de cortocircuito para cables como los de la Figura 2 y para una temperatura inicial de 25°C.

La Figura 4 da la carga térmica como un porcentaje del valor nominal frente a la temperatura para una corriente de cortocircuito de 1 seg de duración y para cables como los de la Figura 2F.

La Figura 5 proporciona el incremento del seno frente a la temperatura del cable y la velocidad del viento para un vano de 500 m y tipos de cable como los de la Figura 2.

La Figura 6 da el alargamiento del cable frente a la temperatura de éste y la velocidad del viento con un vano de 500 m, en cables como los de la Figura 5.

De la Figura 5 se deduce que el incremento del seno es muy alto cuando el cable alcanza elevadas temperaturas: el incremento del seno es de aproximadamente 10 m cuando la temperatura sube de 25°C a 300°C. Este elevado incremento del seno puede crear grandes problemas, por ejemplo hacer contacto con los conductores de fase. También, en la Figu-

ra 6 el alargamiento es de casi 0,5% a 300°C, y debido a tal elevada temperatura la mayoría de los cables de aleación de aluminio disminuyen parte de sus características mecánicas. Todos estos aspectos son muy negativos para la fiabilidad de una línea de alta tensión, por lo que es muy importante limitar la temperatura máxima a unos 170°C y ajustar el diseño del cable para que sea compatible con el nivel de corriente de cortocircuito.

Cables de fibra óptica de dieléctrico-universal

Los cables ADFOC son un concepto relativamente nuevo, que descansa en materiales en el estado del arte que proporciona fortaleza sin necesidad de utilizar hilos de acero que permite vanos de 400 m e incluso de 1000 m sin soportes intermedios. Existen dos diseños básicos, tubo holgado y núcleo ranurado, ilustra-

dos en las Figuras 7 y 8. El material exterior de revestimiento tiene propiedades aislantes, que permite la instalación del cable ADFOC en la proximidad de cables de alta tensión operando hasta 150 kV.

Para desarrollar tales cables y garantizar una buena fiabilidad, hay que probar una gran cantidad de parámetros sobre el cable, sobre los accesorios (abrazadera final, abrazadera de suspensión y puente de anclaje), y sobre los materiales, especialmente los materiales de revestimiento que trabajan en campos de alta tensión.

El principio de los accesorios utilizados en el ADFOC es el mismo que el de los usados en el OPGW. La Figura 9(a) muestra un dispositivo de anclaje (final y abrazadera con puentes de anclaje). La Figura 9(b) presenta un doble dispositivo de anclaje, que se utiliza normalmente

Figura 5 - Incremento del seno con la temperatura del cable

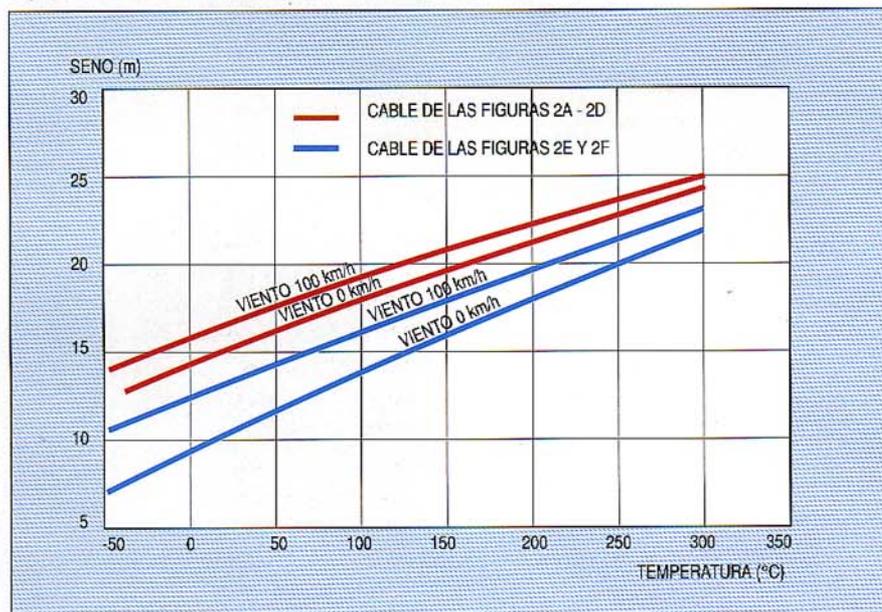


Figura 6 - Alargamiento del cable con la temperatura del cable

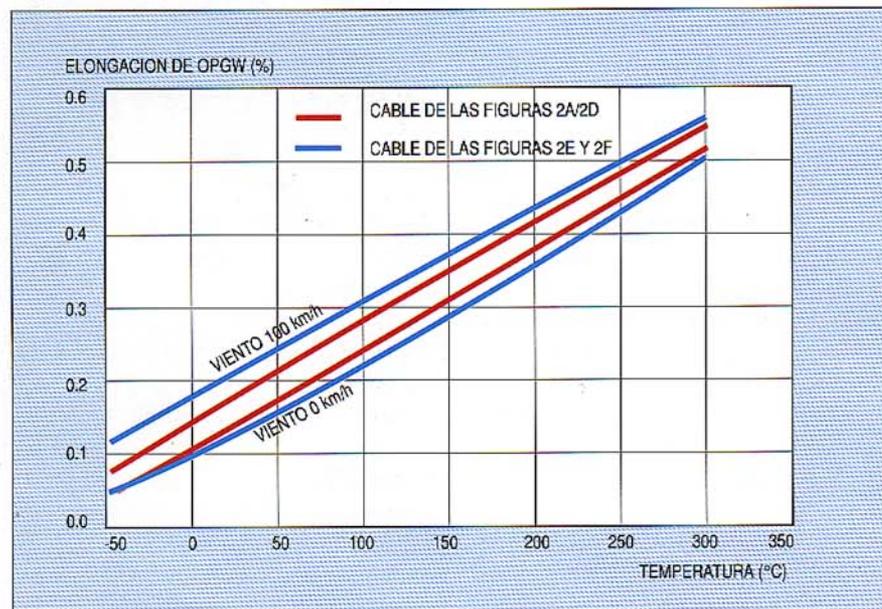


Figura 7 - Cable ADFOC, diseño de tubo holgado

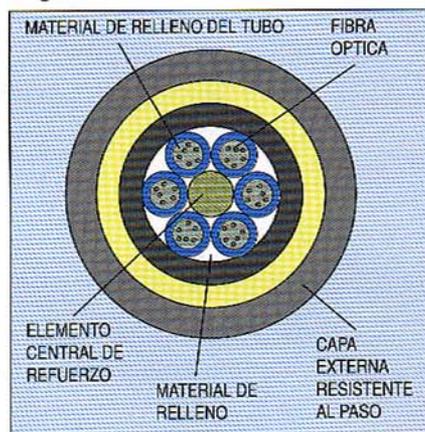
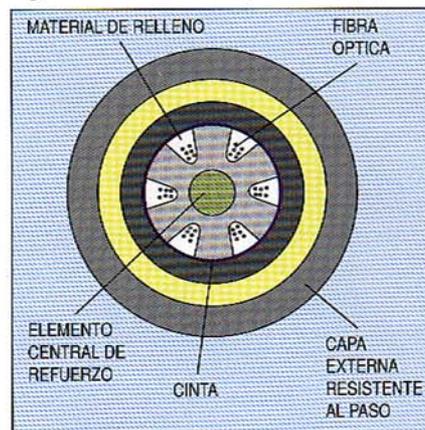


Figura 8 - Cable ADFOC, diseño del núcleo



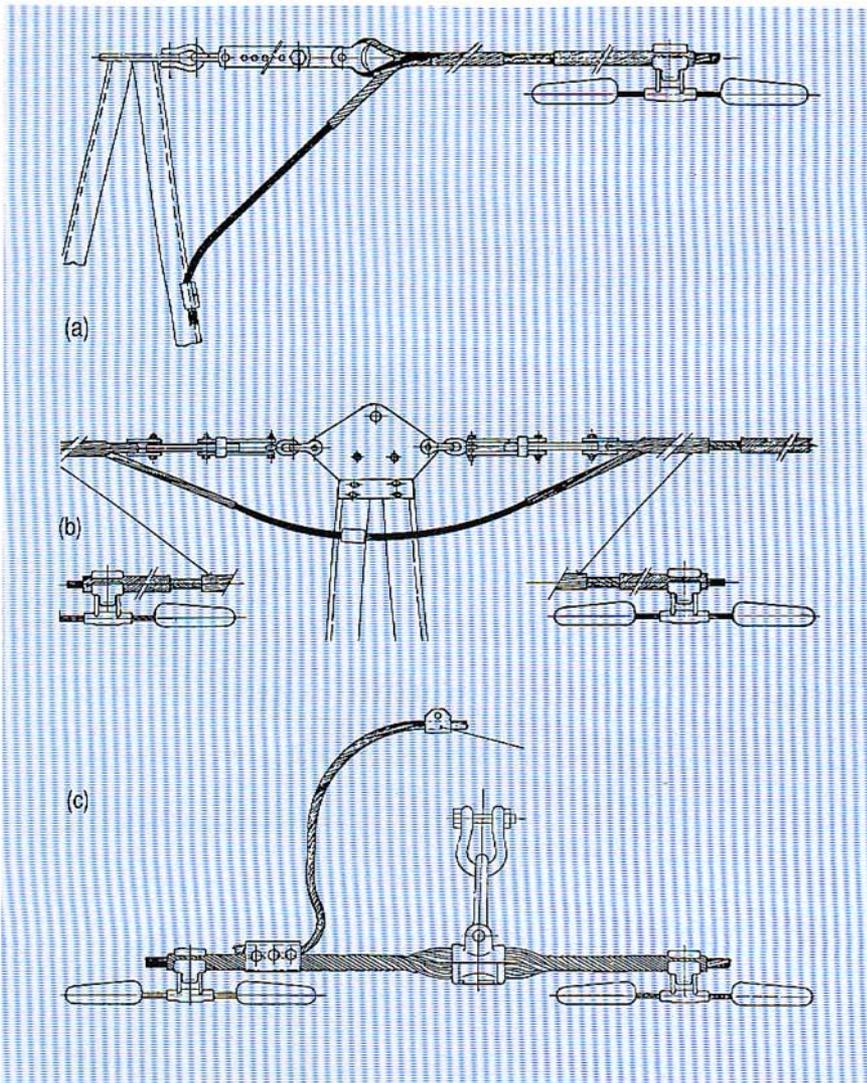


Figura 9 - Accesorios ADFOC

cuando la línea de alimentación presenta un ángulo agudo. La Figura 9(c) muestra un dispositivo de suspensión con puentes de anclaje.

Conclusiones

Este artículo presenta los resultados obtenidos con las diferentes familias de OPGW. Las directrices de nuestro trabajo ha sido la fiabilidad del cable y de la línea de alta tensión. De esta manera se han mejorado algunas de las características del cable tales como la resistencia de compresión y se ha conservado una alta independencia a la fibra en el cable para mantenerla casi sin fatiga en todas las cir-

cunstancias de utilización del cable. Basados en los resultados de las diferentes pruebas y cálculos, y para asegurar una buena garantía de la fiabilidad del cable, se deduce que la temperatura máxima en el cable durante la corriente de cortocircuito se debe limitar a un máximo de unos 170°C.

Al no ser posible un control completo de todos los puntos específicos durante la instalación del cable, la estructura del cable se debe seleccionar teniendo en cuenta las distintas tensiones que se podrían aplicar al cable, particularmente:

- la resistencia de compresión
- las tensiones en los puntos de suspensión y de anclaje

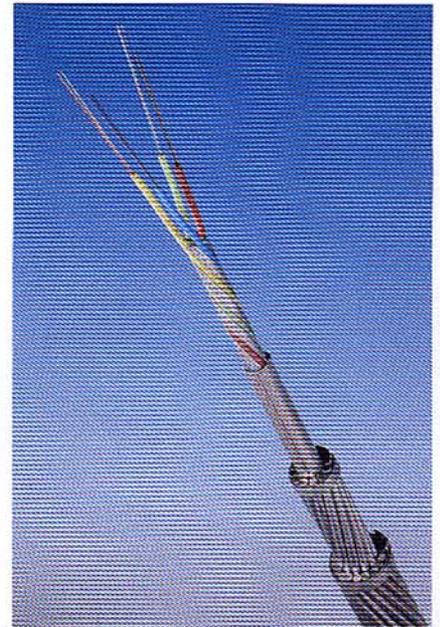


Foto C - Cable OPGW de núcleo de aluminio ranurado

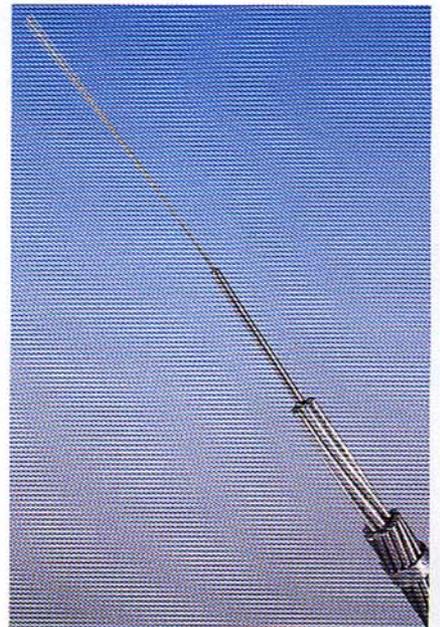


Foto D - Cable OPGW de tubo de acero inoxidable

- la abrasión sobre la capa de armadura exterior
- el doblado y la torsión
- la capacidad de empalme (doblado del cable ó el núcleo óptico sin riesgo para las fibras).

Actualmente, las configuraciones de OPGW más adecuadas son las de

cables con estructuras holgadas que utilizan un núcleo ranurado de aluminio (**Foto C**) o las de tubo de acero inoxidable (**Foto D**). Se han desarrollado otras familias de OPGW que incluyen otros diseños de cable aún bajo prueba; los resultados se presentarán en el futuro y se compararán con los resultados incluidos en este artículo.

Los cables ADFOC ofrecen una alternativa para añadir canales de comunicación en la red energética aérea. Al estar fabricados completamente con materiales no conductores se pueden instalar con seguridad en campos eléctricos elevados (de hasta 150 kV), aunque el material de revestimiento debe ser cuidadosamente seleccionado para que sea compatible con el entorno del campo de alta tensión. El reforzamiento de los materiales modernos permiten una fortaleza suficiente a la tracción incluso para grandes vanos, teniendo en cuenta las condiciones climáticas adversas tales como el hielo y los fuertes vientos.

Reconocimientos

El autor agradece la cooperación de las siguientes personas en la preparación de este artículo: **S. Ponilly**, **O. Tatat**, **D. Keller**, Alcatel Cable, Clichy, Francia; **C.G. Cortines**, Alcatel Cable Ibérica; **J.C. Delomel**, Câbleries de Lens; **G. Hög**, **P.E. Zamzov**, Kabel Rheydt, AG

Bibliografía

- 1 Norma OPGW del IEC < 2º borrador> Mayo 1993
- 2 Optical Fiber Planning Guide for Power Utilities, CIGRE Comité de Estudios 35/Grupo de Trabajo 4, Septiembre 1992
- 3 IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), Norma P 1138 para prueba de cortocircuitos.
- 4 H. Haag, G. Hög, y al. por AEG Kabel, Self Supporting Optical Fiber Aerial Cable Construccions..., IWCS 1991, páginas 206-217
- 5 A. Vicaud, P. Kouteynikoff, P. Trombert, P. Chéron "Optical ground wire communications on high voltage transmission lines", OPTO 85, París
- 6 F. Duchateau, T. Hamet, P. Kouteynikoff, N. Recrosio "Silica optical fibers links at EDF", Revue Générale d'Electricité, 1989, nº5, págs 18-25.
- 7 P. Kouteynikoff, M. de Vecchis, J.P. Bonicel "Single mode FOGW using dispersion shifted fibers". EFOC/LAN 88, Amsterdam, 27- de Julio - 1 de Agosto de 1988.
- 8 "Natural site mechanical tests" LAB'ECHO Vol.1, nº3, Abril de 1983.
- 9 P. Kouteynikoff, M. Pays, Y. Moller, A. Pannier, J.P. Bonicel, P. Trombert, "Optical Fiber Telecommunications on the Electricity Transmission Network (Teleprotection, Teleoperation, Telecontrol) Equipment and Operating Experience", CIGRE 35-103/1990 session.

Jean Pierre Bonicel nació en 1952. Obtuvo su título de ingeniero en el Institut des Sciences de l'Ingénieur de Montpellier (ISIM) en 1976. En 1977 entró en Les Câbles de Lyon, ahora Alcatel Câble, donde se encargó de los materiales y problemas mecánicos en los cables de telecomunicaciones. Actualmente es el responsable del laboratorio de cables de telecomunicaciones y jefe de Alcatel Optical Fiber Cable Competence Center, y Director Técnico del Departamento de Telecomunicaciones.

Interfaces ópticos en las redes de cables

B. Joly

Mars-Actel, Bezons, Francia

Introducción

En las redes de telecomunicaciones ofrecidas por Alcatel, Alcatel Cable es la responsable de todos los elementos pasivos, especialmente de los cables y de sus interfaces con el equipo.

Consecuentemente, el apoyo dado por Alcatel Cable ofrece una gran variedad de productos, alguno de los cuales incluyen desarrollos de alta tecnología. Este artículo describe dos de dichos desarrollos realizados con contratos de investigación. El primero está relacionado con una máquina automática para la conexión metálica flexible de fibras a componentes ópticos integrados; es un resultado del programa de investigación Eureka/ASSYSTO, presentado aquí por primera vez. También se describen máquinas de empalmes por fusión automáticas ASP. Se desarrollaron bajo un contrato de investigación de France Telecom.

También son responsabilidad de Alcatel los multiplexores y acopladores de fibras fusionadas y afiladas. Estos componentes permiten compartir fibras o la comunicación multicanal. Canstar, subsidiaria de Alcatel, ha diseñado acopladores dobles Mach Zehnder que muestran una excelente uniformidad en el espectro 1300 - 1500 nm. Sus características de prestaciones se presentan por primera vez en este artículo.

Con este equipo y componentes, Alcatel Cable puede asegurar la compatibilidad entre cables y el equipo que se necesita conectar. Después de todo, ¿para que sirven los constantes esfuerzos en mejorar el propio cable si se va a usar con interfaces degradados?.

Sistema automatizado para acoplar fibras a componentes optoelectrónicos

La era de las telecomunicaciones ópticas ha anunciado una nueva generación de componentes pasivos (acopladores, multiplexores, divisores, aisladores, filtros) y de componentes activos (amplificadores, duplexores). Las modernas técnicas ópticas integradas y planares han permitido que estos componentes se produzcan masivamente. Sin embargo, el acoplamiento de las fibras ópticas a las guíaondas del chip óptico integrado es una etapa difícil en el proceso de fabricación.

El punto de conexión fibra/guía es crítico por dos razones principales: primero, las características de las prestaciones ópticas del componente se pueden deteriorar ya que la pérdida de inserción de línea crece con el desalineamiento del núcleo de la fibra y de la guíaonda, necesitando una precisión de posicionamiento submicral; segundo, el punto de conexión es la parte del componente más sensible al entorno.

Aparte de estos problemas técnicos existe el problema del coste. Aunque las técnicas ópticas integradas facilitan la producción automática de grandes cantidades de chips multicanal, todos con características de prestaciones idénticas y rigurosamente apantallados, cada canal se debe de acoplar con cuidado. El tiempo de producción de componentes está por ello estrechamente ligado a su funcionamiento final, que limita la capacidad de producción y que afecta al precio. Mars-Actel, como responsable de la estrategia de I+D de los componentes pasivos de

Alcatel Cable y como experto en interfaces de conexión, ha desarrollado su propia técnica de acoplamiento.

Este proyecto forma parte del programa Eureka Famos Eu 456 ASSYSTO (Automated aSsembly SYSTem for Optoelectronic components).

Para entender la originalidad de este nuevo sistema, es importante revisar las técnicas existentes, que se dividen en tres categorías:

- **Acoplamiento activo** de cada fibra, que maximiza la transferencia de energía para cada conexión cada vez. Con esta técnica, se puede alcanzar una pérdida de empalmes mejor que 0,2 dB. Los más importantes inconvenientes son el tiempo que dura y la complejidad de los posicionadores.
- **Acoplamiento activo global**, o acoplamiento "semiactivo", en el que todas las fibras de una faceta se acoplan en la formación de cintas. Las fibras se refinan todas juntas y no por separado como en el acoplamiento activo. El tiempo necesario para preparar la "cinta", y el coste del soporte se debe de tener en cuenta. Sin embargo, renunciar por un procedimiento más simplificado implica alguna pérdida de uniformidad. No obstante, se han alcanzado recientemente pérdidas de 0,3 dB.
- **Acoplamiento pasivo** es una técnica de posicionamiento mecánico global que requiere un soporte de fibra extremadamente preciso. El tiempo de acoplamiento es mínimo, independientemente del número de fibras. Sin embargo, las características de

prestaciones se deterioran. Además, hay que tener en cuenta el coste de las estructuras de posicionamiento y el tiempo que lleva en ensamblarlas con el chip electrónico.

El principio de acoplamiento que hemos adoptado combina técnicas activas y pasivas:

- ETAPA 1: el chip óptico integrado se ensambla con un sustrato único que incorpora acanaladuras de precisión (**Figura 1**)
- ETAPA 2: las fibras se posicionan y pegan en estas acanaladuras
- ETAPA 3: si los resultados de esta etapa de acoplamiento puramente pasivo no son satisfactorios, cada fibra se acopla empleando técnicas activas.

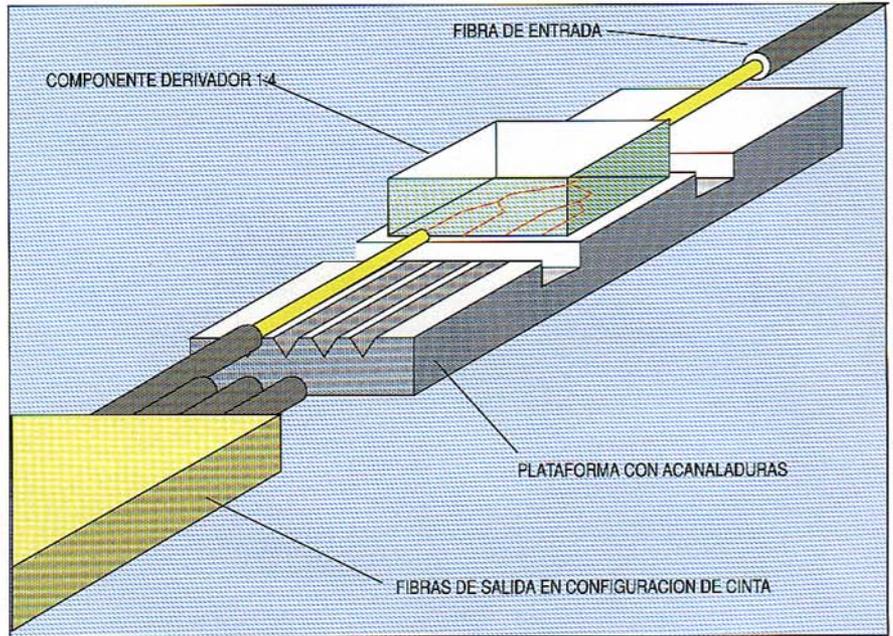


Figura 1 - Principios de unión de fibras ópticas a un chip optoelectrónico

Además se puede ver que hemos sido capaces de dividir el proceso de acoplamiento en tres simples etapas, empleando tres módulos especializados.

Los sustratos de silicio se graban en el Centre Suisse d'Electronique et de Microtechniques (CSEM), y los componentes se fabrican en Intergrierte Optik Technologie, ambos socios en el proyecto ASSYSTO.

En la primera etapa, Mars-Actel ha desarrollado una máquina que conecta la superficie del chip integrado a la del sustrato de silicio. Los dos objetos se posicionan con precisión alineando las marcas grabadas en cada uno de ellos. Esta técnica suele obtener una precisión de posicionamiento de 0,5 µm. El conjunto se pega con puntos de pegamento. Este método evita la necesidad de aplicar una película de pegamento, cuyo espesor es difícil de controlar.

En la segunda etapa, el conjunto componente-sustrato se sitúa en el segundo módulo del sistema automático. Las fibras se disponen en una formación en cinta en un carro. Las operaciones preparatorias (eliminación y adherimiento) se realizan simultáneamente sobre todas las

fibras empleando herramientas multifibra desarrolladas para procesos de empalmes masivos.

Cuando los extremos de las fibras están 10 µm cerca de la faceta del componente, un electroimán activa un dispositivo de retención. Las fibras situadas en las acanaladuras se aseguran firmemente y se pueden pegar en la posición.

La operación dura aproximadamente cinco minutos y medio. Las pérdidas de inserción para los dos divisores 1:8 prototipos se dan en la **Figura 2**. Si se tienen en cuenta las pérdidas intrínsecas del chip, la pérdida media de acoplamiento es de aproximadamente 0,5 dB por interfaz. La uniformidad varía de 1 a 2 dB. Estos resultados son especialmente

Figura 2 - Resultados de la pérdida de inserción de dos componentes que emplean solamente unión pasiva

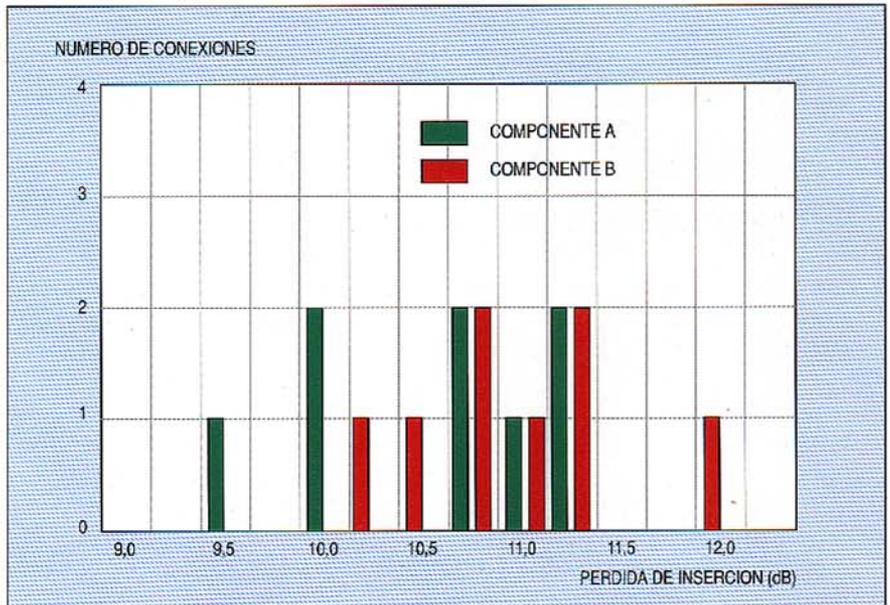




Foto A - Empalmador de fusión automático ASP10M

esperanzadores en vista de que los factores (precisión de substratos y componentes, resolución de alineamiento) aún se pueden mejorar.

Sin embargo, para la prestación máxima, la mejor solución es optimizar cada canal individualmente. Un tercer módulo realiza esta función, que es objeto de la tercera etapa del procedimiento. Está totalmente automatizado para que esta particular

operación de larga duración se pueda realizar en tiempos "muertos". Es importante acentuar que el posicionamiento preliminar obtenido en los dos módulos precedentes se hace realidad aquí. Ello simplifica considerablemente los procedimientos de identificación, ya que se conoce sus posiciones; se elimina la dificultad de determinar el apareamiento fibra/guíaonda. Por ello se reduce el acoplamiento

para llevar una fibra - transmitiendo energía radiante - y sintonizarla finalmente en su posición. Para hacer esto se ha desarrollado una herramienta de tratamiento extremadamente compacta pero rígida que retiene la fibra y la asegura en su sitio durante la etapa de curado, resistiendo las presiones ejercidas por el pegamento.

El método adoptado consiste en emplear puntas térmicas de 100 µm cubiertas con un pegamento termoplástico temporal. Este pegamento temporal inicialmente funde y humedece la fibra.

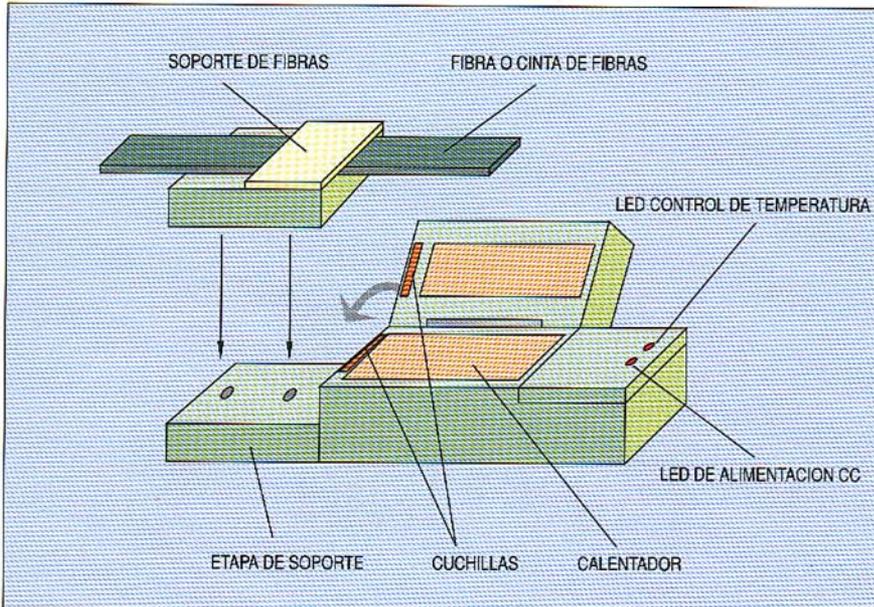
El pegamento actúa cuando se enfría y asegura la fibra. Cuando se completa la optimización y la fibra está pegada en su sitio, la punta térmica se libera por recalentamiento del pegamento por encima de su punto de fusión (150°C). Con este novedoso proceso, las nueve fibras de un divisor 1:8 se pueden acoplar ahora en aproximadamente 30 minutos.

Finalmente, con los prototipos existentes hemos sido capaces de validar los principios de acoplamiento y demostrar su importancia. Estos principios se pueden aplicar a toda clase de componentes de óxido de silicio sobre silicio, niobato de litio, vidrio y otros substratos. Ahora podemos acoplar automáticamente componentes ópticos integrados y garantizar altas prestaciones.

Los dos primeros sistemas se pueden usar para un acoplamiento pasivo satisfactorio en aplicaciones de bajo coste.

Estas características de las prestaciones se mejorarán más adelante según progresen las técnicas de posicionamiento (flip chip) y el trabajo químico con máquinas de los substratos de silicio.

Figura 3 - Pelador de fibra de cintas



Empalmador por fusión automático

Nuestra meta, definida junto a France Telecom, fue desarrollar una máquina automática totalmente simplificada para empalmar por fusión fibras simples y de cintas de la actual generación.

También se requería una dura prueba de la máquina para su empleo en campo. Teniendo en cuenta todos estos parámetros, Mars-Actel ha desarrollado el empalmador por fusión automático ASP10M. En la Foto A se muestra una visión general de esta nueva máquina.

Proceso de empalme

El propio proceso, apropiado para fibras monomodo, es idéntico tanto para fibras simples como para cintas de fibras de hasta seis fibras.

- primera etapa: cargar en un soporte de fibras universal
- segunda etapa: eliminación por calor del recubrimiento de la cinta (eliminación mecánica para una fibra simple)
- tercera etapa: corte global e inspección automática
- cuarta etapa: empalme por fusión masivo, prueba de resistencia, pérdida de empalme estimada
- quinta etapa: canalización contraible por calor del refuerzo del empalme.

El pelador de fibras de cintas, con un elemento térmico controlado por temperatura ajustable, se muestra en la Figura 3.

El cortador mostrado en la Figura 4 puede cortar tanto una simple fibra como una cinta de fibras de hasta seis fibras, usando el mismo soporte de fibras.

Empalme por fusión

El empleo intensivo de un microprocesador interno da al ASP10M las siguientes características:

- inspección permanente a través de un sistema de video interactivo
- supervisión de la alineación del motor
- programación de la fusión (capacidad de 20 programas).

Los principios de la operación de fusión se muestran en la Figura 5.

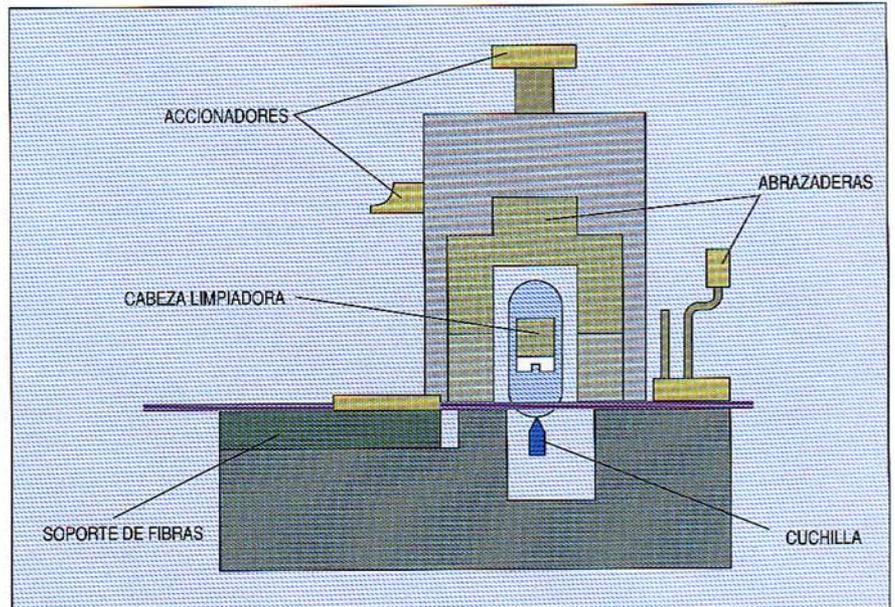


Figura 4 - Cortador de fibra de cintas

Presionados y alineados en un bloque común acanalado en V, las fibras se mantienen alineadas simétricamente en el área de fusión. La fusión se hace por calentamiento de las fibras con una descarga eléctrica de CA entre un par de electrodos.

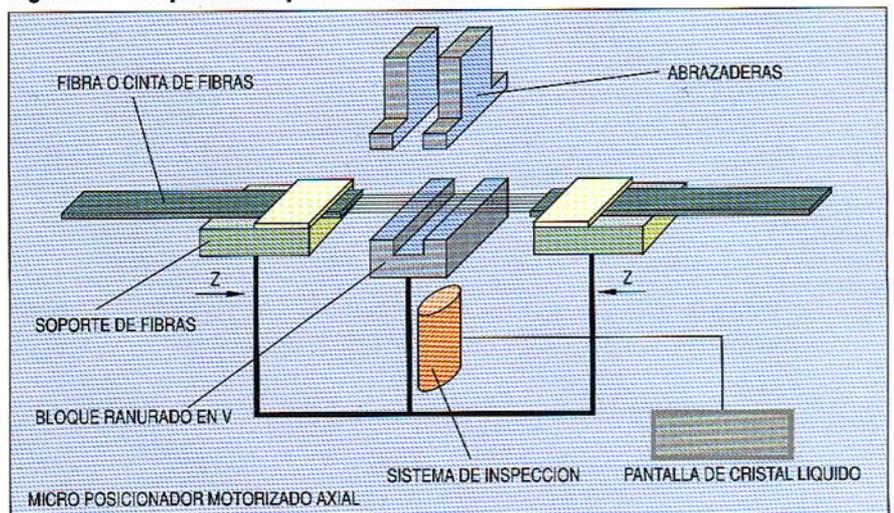
Durante todas las etapas de fusión, las fibras se observan con el sistema analizador bidireccional de la Figura 6. Las imágenes se controlan y visualizan en una pantalla LCD encima de la máquina; esta característica es particularmente útil durante la inspección del corte de la fibra.

Programa de fusión

Además de los diez programas pre-determinados de fusión, las diferentes condiciones de fusión se pueden ajustar por el operador mediante otros diez programas. Los parámetros que se pueden ajustar son:

- la intensidad del arco durante el pulido y la fusión
- la duración de la fusión durante el tiempo de subida y bajada se puede ajustar paso a paso
- la alimentación Z antes y durante el tiempo de fusión.

Figura 5 - Principios de la operación de fusión



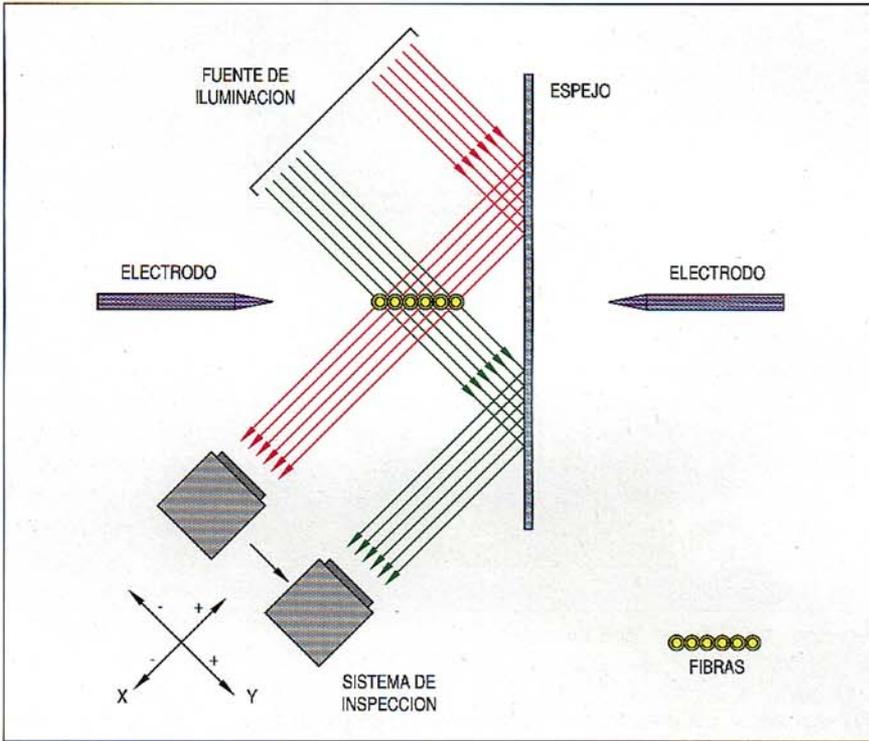


Figura 6 - Sistema de análisis direccional

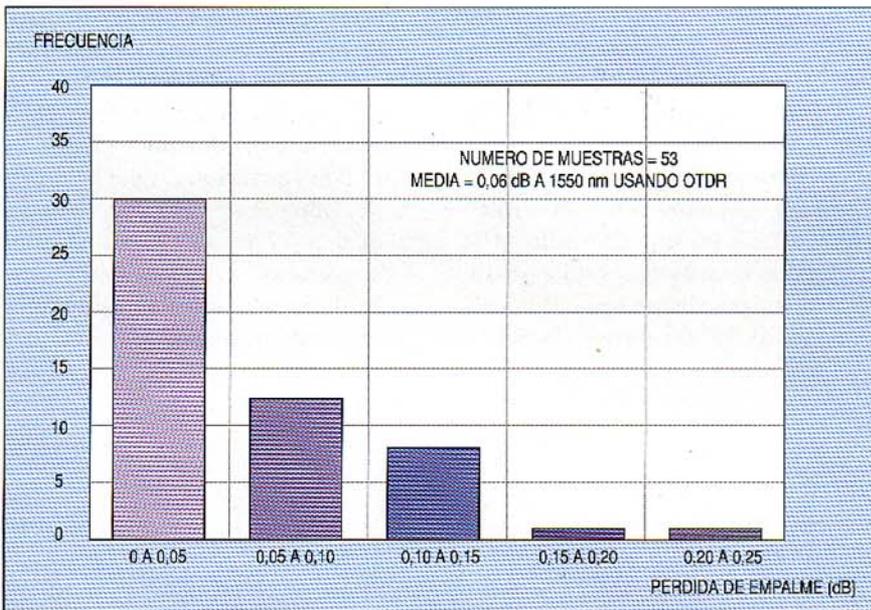
Hay que añadir que una acción dual sobre la fusión y el posicionamiento lleva a capacidades extremadamente interesantes.

Prueba de apantallado

Tras la fusión, el ASP10M realiza automáticamente una prueba de apantallamiento.

Estimación de pérdidas

Aunque no es una evaluación totalmente fiable, el ASP10M proporciona una estimación de pérdidas en los empalmes bidireccional. La tolerancia es de aproximadamente $\pm 0,07$ dB de la pérdida real hasta 0,5 dB, de aquí que no pueda sustituir las medidas LID ó OTDR. Lo que el estimador realmente hace es eliminar los fallos, burbujas o empalmes no satisfactorios durante la fusión o prueba de apantallamiento.



Características del empalme

Las características de los empalmes de fibras monomodo se muestran en la Figura 7, con una eficacia de empalme total del 90% en diferentes fibras monomodo. El objetivo para una cinta de seis fibras es alcanzar una pérdida de empalme menor de 0,2 dB con un máximo de 0,5 dB en condiciones de campo.

Protección del empalme

Se instala un tubo contraíble por calor usando un horno térmico situado en el empalmador por fusión. El proceso se realiza automática y simultáneamente con el proceso de fusión del siguiente empalme.

Figura 7 - Histograma de pérdidas de fusión para diferentes fibras monomodo

Figura 8 - Estructura Mach-Zehnder

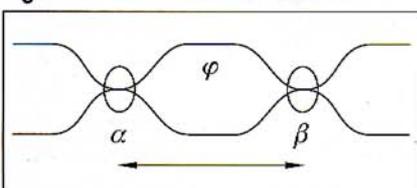
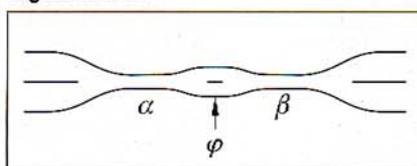


Figura 9 - Acopladores hechos en la propia región de fusión



Tiempo de operación global

El tiempo necesario para empalmar y evaluar una cinta de seis fibras es menos de cuatro minutos.

Prueba de campo de la máquina

Se han definido completas pruebas de campo para dar una total garantía

al usuario. En consecuencia, las prestaciones del ASP10M frente a vibraciones, golpes y temperatura son muy elevadas.

Mars-Actel ha desarrollado un empalmador por fusión de bajas pérdidas, compacto y competitivo en el mercado internacional. El empalmador automático ASP10M proporciona buenas prestaciones en condiciones de campo, gracias a un sencillo diseño adaptado a los múltiples y variados requisitos para la unión de fibras monomodo.

Acopladores ópticos de fibra de respuesta uniforme

En las aplicaciones de telecomunicaciones, necesitamos obviamente componentes con bajas pérdidas ópticas, que sean compactos y estables en el entorno. Además es obligatoria una dependencia espectral baja en un sistema de multi-longitud de onda. Esto hace particularmente atractivo la construcción de fibras bicónicas unidas por fusión.

Los acopladores ópticos de fibras monomodo unidas por fusión se hacen juntando por fusión dos fibras ópticas casi idénticas y afilando la estructura por calor y por tracción, creando así un perfil bicónico longitudinal. La transmisión del acoplador es oscilante, mostrando transferencias de energía completas, en función del alargamiento y de la longitud de onda. La dependencia de la transmisión de energía con el alargamiento hace posible fabricar divisores de potencia de cualquier relación de ramificación. La dependencia espectral se usa para realizar acopladores de multiplexación por división de longitud de onda (WDM), que son componentes fundamentales de los sistemas multi-longitud de onda.

Para multiplexar dos longitudes de onda dadas, se puede ajustar la respuesta de longitud de onda sinusoidal de un acoplador moderadamente alargado controlando cuidadosamente el grado de fusión y los parámetros de alargamiento. Por

otro lado, también se pueden usar acopladores ligeramente alargados que no muestran oscilaciones de intercambio de potencia en una banda de longitud de onda estrecha para fabricar multiplexores especiales. Sin embargo, estos sistemas requieren también divisores independientes de longitud de onda.

La mejor solución para fabricar acopladores con una pequeña dependencia de la longitud de onda es construir una estructura Mach-Zehnder (MZ), compuesta por dos acopladores simétricos 2x2 en serie[1]. Tradicionalmente, se han usado interferómetros MZ de fibra en los componentes de fibra óptica de aplicaciones de sensores y moduladores. Sin embargo, controlando cuidadosamente la dependencia de la longitud de onda de cada acoplador y la diferencia de fase del interferómetro se puede, con una estructura MZ, obtener respuestas de longitud de onda no alcanzables con simples acopladores simétricos y asimétricos.

En este artículo se presentan tres aplicaciones particulares, el divisor 50%/50%, el divisor 95%/5% y los WDM de banda ancha.

Técnicas de fabricación

La estructura MZ de fibra se compone de dos acopladores en serie separados por una distancia d . Se puede construir una estructura Mach-Zehnder como la mostrada esquemáticamente en la **Figura 8**, es decir dos acopladores bien separados o en la misma fibra o empalmado ambos. La transmisión de cada acoplador se determina por su parámetro de acoplamiento α , que depende de la longitud de onda. La transmisión de la estructura MZ completa depende de los dos parámetros del acoplador (α y β) y de la diferencia de fase φ del interferómetro MZ. Si esta fase φ es cero, la transmisión MZ es idéntica a la de un simple acoplador caracterizado por $\alpha+\beta$, creando así una estructura aditiva. Si $\varphi = \pi$, la transmisión MZ es idéntica a la de un simple acoplador caracterizado por $\alpha-\beta$,

que la hace una estructura sustractiva. En este caso, la dependencia de la longitud de onda de α se puede compensar por β , dando como resultado una respuesta uniforme de longitud de onda[1].

Se puede hacer una estructura MZ que controle esta pequeña diferencia de fase. El primer método que se empleó para realizar una diferencia de fase pequeña y estable fue fabricar dos acopladores sobre la misma fibra con una distancia muy pequeña entre ellas, es decir, no mayor que unos pocos milímetros. Los dos acopladores se hacen en la misma región de fibras no cubierta cambiando la posición central de la llama. Para que sean más compactos, los acopladores pueden realizarse en la propia región de fusión, como se muestra en la **Figura 9**. En este caso, la longitud total de la estructura MZ es unos pocos milímetros mayor que la de un simple acoplador, y así el encapsulado puede ser idéntico al de un acoplador de fusión.

La proximidad de los acopladores hace que el control de la fase sea mucho más sencilla, pero aún tiene que ser ajustada. Pero si la región fusionada conserva la simetría transversal del acoplador, entonces la diferencia de fase entre las dos armaduras MZ es cero y toda la estructura es una estructura aditiva como se vio en la sección anterior. Para alcanzar un desplazamiento de fase π , se puede plegar la estructura Mach Zehnder en el plano definido por las dos fibras empujando la sección central, con un pequeño punzón. Una vez obtenida la fase correcta, toda la estructura conjuntamente con el punzón se puede pegar en su sitio. Como la diferencia de fase es muy pequeña, esta estructura es muy estable.

El segundo método para conseguir un desplazamiento de fase pequeño es crear una asimetría transversal pequeña en la región fusionada. El desplazamiento de fase entre los acopladores es entonces controlado por la longitud de la sección central. La estructura total es muy similar en apariencia a la de un sim-

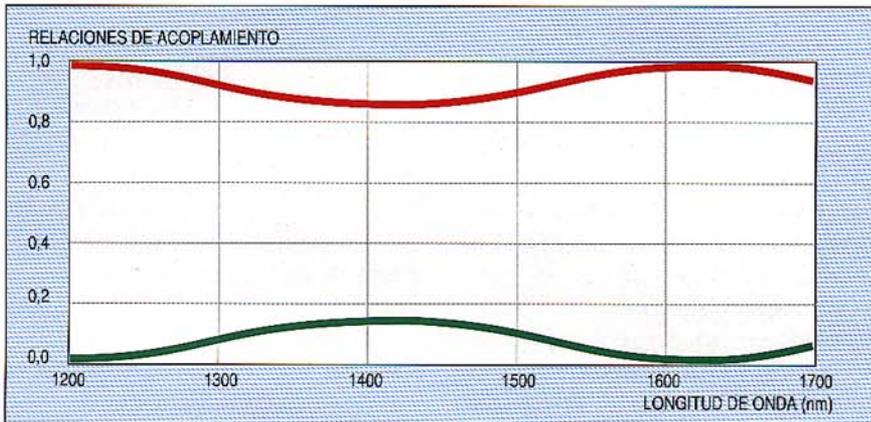


Figura 10 - Respuesta de longitud de onda del acoplador

ple acoplador pero produce el efecto uniforme MZ de longitud de onda. En este caso, el encapsulado es absolutamente idéntico al de un acoplador fusionado monomodo estándar.

Acoplador de longitud de onda uniforme 50%/50%

Tras completos estudios matemáticos, experimentos y empleando técnicas de fabricación rigurosas, somos capaces de fabricar acopladores uniformes 50%/50% con solamente un 0,5% de desviación de la relación de acoplamiento en la anchura de banda de 450 nm (Figura 1). Su pérdida es ligeramente mayor que la del acoplador asimétrico y su uniformidad es de lejos mejor.

Este acoplador también ofrece una mayor flexibilidad y sintonizabilidad. La longitud total de la estructura

es de 2,5 cm y se fija en un encapsulado de 5,5 cm. El acoplador tiene una uniformidad muy buena y baja pérdida (<0,1 dB). Se han hecho otros acopladores con relaciones de acoplamiento cercanas a 50%/50% que son ligeramente menos uniformes.

Acoplador de longitud de onda uniforme 95%/5%

Elijiendo cuidadosamente la fusión y el perfil longitudinal, se puede realizar un acoplador que transfiera el 5% de la luz a 1300 nm y un segundo acoplador que no acopla la luz a 1300 nm pero que transfiere la luz suficiente a 1550 nm para compensar la dependencia de la longitud de onda del primer acoplador a 1550 nm.

La respuesta de longitud de onda de este acoplador se presenta en la Figura 10. Aunque no es perfecta-

mente independiente de la longitud de onda, las relaciones de acoplamiento son de $95 \pm 2\%$ en ambas ventanas, es decir, de 1280 a 1320 nm y de 1520 a 1560 nm, con pérdidas menores de 0,2 dB. Este acoplador MZ se encapsuló de la misma forma que un acoplador estándar, lo que lleva a una resistencia ambiental muy buena.

Multiplexores de banda ancha

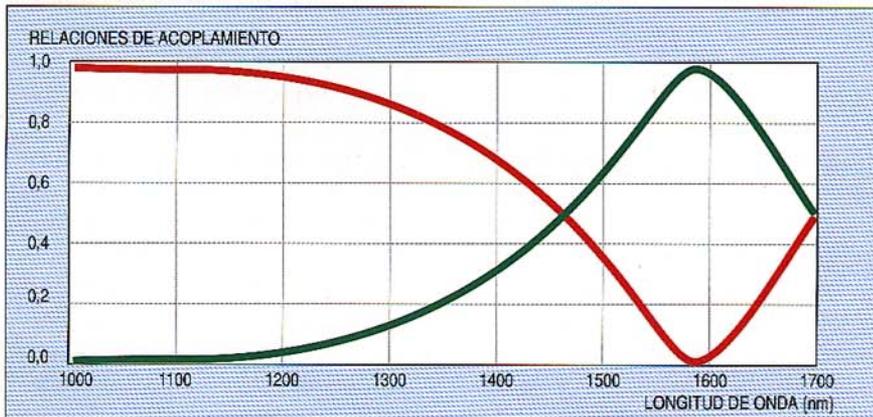
Sumando las fases de acopladores que no tienen acoplamiento para todas las longitudes de onda inferiores a 1200 nm[2] se puede diseñar un multiplexor de longitud de onda para telecomunicaciones con una anchura de banda muy grande a 1300 nm, lo cual es imposible realizar con un simple acoplador.

El resultado experimental se muestra en la Figura 11. La anchura de banda, dos veces mayor que la anchura de banda de un simple acoplador, puede ser explotada por amplificadores de fibra dopada con Er^{3+} .

Conclusiones

En conclusión, la estructura MZ proporciona una gran flexibilidad para respuestas de longitud de onda a medida, haciendo posible el diseño de respuestas no alcanzables con un simple acoplador, tanto simétrico como asimétrico. La estructura MZ combina la respuesta espectral de los dos acopladores para crear uno nuevo. Se ha demostrado la eficacia de la estructura MZ realizando un acoplador de longitud de onda uniforme 50%/50% de 1200 a 1700 nm. Para mostrar la flexibilidad del método, y en particular para demostrar que la estructura MZ puede alcanzar cualquier relación de acoplamiento, se ha fabricado un acoplador 95%/5% a 1300 y 1550 nm. Todos los componentes realizados tienen un exceso de pérdidas por debajo de 0,2 dB. Además, las dimensiones del acoplador MZ son pequeñas, haciendo que la completa estructura sea lo bastan-

Figura 11 - Resultados experimentales del multiplexor de longitud de onda



te compacta como para ser encapsulada en un substrato acoplador estándar, siendo consecuentemente muy estable con el entorno.

Referencias

1. F. Gouthier, D. Ricard, S. Lacroix and J. Bures: Wavelength flattened 2x2 splitters made of identical single mode fibers: *Optics Lett.*, 16 (15) págs 1201 - 1203, 1991
2. F. Gouthier, D. Ricard, S. Lacroix and J. Bures: 2x2 multiplexing couplers for all-fiber 1.55 μm amplifiers and lasers: *Elect. Lett.*, 17 (1) págs 42 - 43, 1991

Reconocimientos

El autor agradece a las siguientes personas su colaboración en la preparación de este artículo:

Roland Hakoun, de 39 años, es ingeniero electromecánico graduado. Ingresó en Alcatel en 1980 siendo ahora jefe de Producto del grupo de Investigación y Marketing en el departamento de óptica de Mars-Actel.

Jean François Bourhis, de 29 años, es Dr. Ingeniero del INPG. Ingresó en Alcatel en 1989 siendo actualmente líder de proyectos de investigación en el departamento de óptica de Mars-Actel.

Valerie Mignot, de 28 años, es ingeniero de microtecnología del Jules Richard Institute. Ingresó en Alcatel en 1990 y trabaja ahora en el grupo de investigación de conexionado flexible de dispositivos I/O en el departamento de óptica de Mars-Actel.

Michel Reslinger, de 36 años, es ingeniero de microtecnología de la universidad Cluse. Ingresó en Alcatel en 1982, y desde entonces ha sido líder de proyectos sobre empalmes de fibras ópticas en el departamento de óptica de Mars-Actel.

François Gonthier, de 25 años, está actualmente en el Integrated Optics Departement de la escuela politécnica de Montreal con un contrato de Canstar

Bertrand Joly nació en 1941 en Francia. Se graduó en la escuela de ingeniería aeronáutica en 1964, consiguiendo más tarde un master. Estuvo dos años en la Universidad de California en Berkeley como NASA Fellow, obteniendo un master y un PhC en ingeniería eléctrica. Desde entonces ha estado involucrado en gestión de I+D. El Sr. Joly ha sido Deputy General Manager de Mars-Actel desde 1992, encargándose de desarrollos de empresas en el campo de las redes de fibra y de cobre para telecomunicaciones. El 1991 fue nombrado jefe del Telecommunications Cable Accessory Competence Centre del grupo Alcatel Cable. Como tal el Sr. Joly está a cargo de la coordinación de I+D de las subsidiarias de Alcatel Cable.

Cables de comunicaciones en el entorno submarino

G. Berthelsen

Alcatel Kabel Norge, Oslo, Noruega

Introducción

Los cables de comunicaciones han encontrado nuevas y retadoras aplicaciones en el entorno submarino del mar del Norte, en donde los requisitos son totalmente diferentes de los que son válidos en las comunicaciones terrestres.

Las compañías petrolíferas internacionales, al igual que los operadores nacionales de telecomunicaciones y autoridades de defensa, han sido las fuerzas motoras en el desarrollo de nuevas soluciones técnicas

y en el establecimiento de nuevos y más importantes estándares para productos y servicios. Entre todas las zonas de petróleo y gas del mundo, las reservas del mar del Norte han sido unas de las más desafiantes, debido a las grandes profundidades y a las rigurosas condiciones climáticas de la zona. Por ello el trabajo en esta zona ha traído muchos productos y estándares nuevos en diferentes disciplinas, que incluyen las comunicaciones y la transmisión de datos.

Todo ello se ha desarrollado con plataformas marinas (**Foto A**), tenien-

do en la actualidad las plataformas más grandes una altura de más de 350 metros. Cada plataforma se considera como una unidad de producción y, como tal, tiene facilidades para la perforación de pozos, la producción de petróleo o gas, el procesamiento del producto, el almacenamiento y el transporte. Sin embargo, para gestionar estas operaciones, las plataformas deben tener facilidades para la supervisión, control y adquisición de datos desde los procesos, así como sistemas de seguridad, de gestión de personal, de administración, de automatización de oficinas, servicio normal de interfonos y teléfonos, entretenimiento y ayudas a la navegación para el movimiento de barcos y helicópteros en las cercanías de la plataforma. Todo ello requiere una gran cantidad de canales de comunicación de datos y de telecomunicaciones, dentro y entre plataformas, en donde los cables tienen un papel muy importante.

Los cables de comunicación también juegan un papel importante en áreas seleccionadas de las operaciones submarinas, tanto en producción de tecnología como en mantenimiento de estructuras submarinas.

Cables de plataforma

Las compañías petrolíferas han estado extremadamente comprometidas en la seguridad del personal de las plataformas, y han implantado gran número de aspectos de seguridad en las especificaciones. En lo tocante a los cables, hay dos aspectos importantes relacionados con las situaciones de emergencia:

Foto A - Plataformas en el mar del Norte



- En caso de fuego, los cables no deben propagar el fuego, ni generar gases tóxicos que puedan comprometer las vidas humanas.
- En caso de incendio, los cables usados en sistemas que son vitales, como la parada de procesos, la megafonía, y el sistema contra incendios, deben continuar funcionando por un período de tiempo lo suficientemente largo que permita al personal evacuar la plataforma.

Estos requisitos son aplicables tanto a los cables de fibra óptica como a los eléctricos.

Para cumplir con el primer requisito ha sido necesario usar componentes muy complejos en vez de los materiales de cable tradicionales tales como el polietileno y el PVC. Además, estos complejos componentes no deben contener halógenos y tener un índice de oxígeno muy alto. Esto se debe a que los halógenos, cuando se liberan durante un proceso de combustión y se combinan con la humedad, causarían un excesivo daño al equipo electrónico mediante la corrosión. Por otra parte, el índice de oxígeno es una medida de la capacidad de un material para contener al fuego, y la clave es usar materiales que requieran más oxígeno para la combustión que el que está disponible en el entorno del cable.

Los cables se instalan en las plataformas en grandes haces, como se ve en la **Foto B**. Se requiere por ello que toda la prueba del fuego se lleve a cabo con secciones transversales de cable similares a aquéllas instaladas en una escalerilla portacables, para asegurarse que no hay un incremento del fuego debido a la cantidad de cable. Estas pruebas están internacionalmente normalizadas por el IEC y requieren de hornos muy grandes (de más de cuatro metros de altura) para su realización.

Sin embargo, el requisito más importante es su funcionalidad durante un incendio. También existe una prueba del IEC para este requisito, pero básicamente se hace para cables

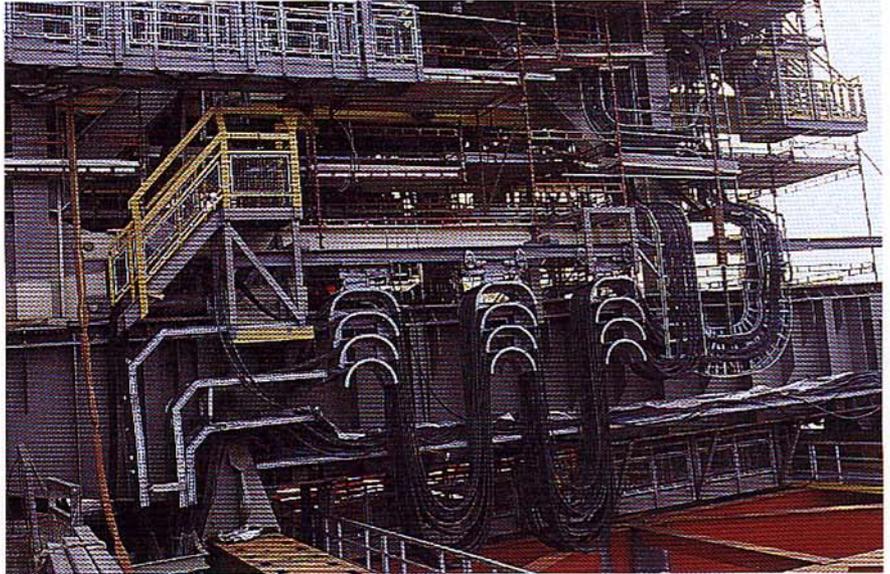


Foto B - Cables instalados en una plataforma submarina

de energía y es válida para incendios de materiales de construcción normales. La prueba específica que no deberá haber cortocircuitos entre los conductores durante un período de 3 horas en un fuego de 750°C y que la longitud del fuego de prueba deberá ser de 0,6 metros.

Un incendio en una plataforma petrolífera lleva, inherentemente, la combustión de hidrocarburos que generarán temperaturas por encima de 1000°C. Por otra parte, se reconoce que en una plataforma se tarda alrededor de una hora en cerrar la producción y en evacuar a todo el personal, por lo que el requisito de prueba de los cables más vitales es que deben ser funcionales durante 2 horas en un fuego de 1000°C.

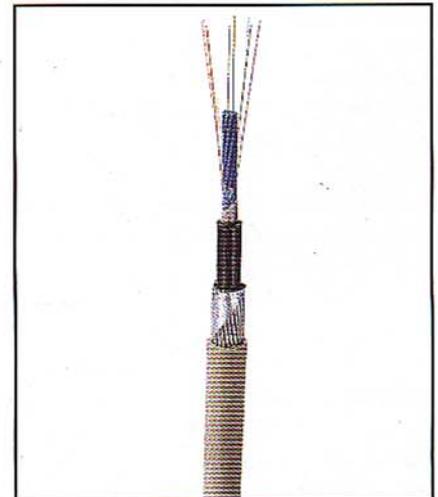
El último requisito de una compañía petrolífera es que la prueba se debe llevar a cabo con una muestra de 25 metros de cable en el incendio, ya que ésta es una longitud representativa de los módulos de los que se componen las plataformas.

En términos de comunicaciones de datos, un incendio cambiará las propiedades eléctricas de los materiales de aislamiento y, por ello, las propiedades de transmisión. Los cables eléctricos pueden funcionar en CC ó con velocidades de datos bajas, pero

a velocidades de datos altas este requisito es extremadamente difícil de cumplir con cables metálicos.

Sin embargo, en un cable de fibra óptica, las propiedades de transmisión no están influenciadas directamente por el fuego, sino solo indirectamente a través de una pérdida de fuerza mecánica. Así, es posible construir un cable de fibra óptica resistente al fuego para que una cierta fuerza mecánica quede retenida durante el fuego.

Foto C - Cable de fibra óptica para instalaciones superiores en plataformas submarinas



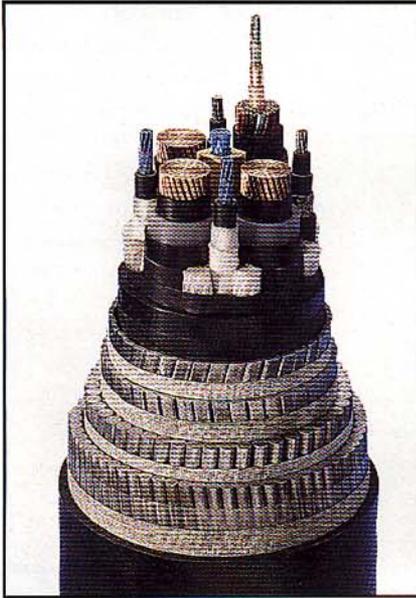


Foto D - Cable de comunicaciones y energía combinado usado para enlazar plataformas flotantes y fijas

La **Foto C** muestra un cable de fibra óptica que puede tolerar 25 metros de cable quemándose a 1000°C, con una atenuación aceptable durante más de dos horas.

Cables entre plataformas

Al comienzo de los desarrollos en el mar del Norte, cada plataforma era una unidad completamente independiente, pero según las plataformas fueron más altas, se tuvo que poner atención en la carga útil de todo el equipo para reducir las dimensiones de la estructura base (las patas de la plataforma). Una unidad muy pesada es el equipo de generación de energía, y en algunos de los nuevos campos, esta función se ha centralizado en una plataforma y la energía se distribuye mediante cables a las plataformas vecinas.

La comunicación entre plataformas ha sido, generalmente, a través de satélite o de radioenlaces. Esto ha suministrado una anchura de banda de hasta 2 ó 34 Mbit/s respectivamente, que ha sido suficiente ya que los operadores han diseñado siste-

mas con esta restricción (una situación del "huevo y la gallina").

Sin embargo, al introducir los cables de energía entre plataformas, se consideró lógico incluir fibras ópticas para comunicaciones en dichos cables. Los dos primeros cables combinados de cables de energía y de fibra óptica se instalaron entre las plataformas Gullfaks A y Gullfaks B en 1987, incluyendo cada uno 12 fibras. De esta manera, se aumentó la capacidad entre las plataformas varias veces en comparación con los sistemas tradicionales.

El uso de estos cables combinados con una anchura de banda alta ha abierto la posibilidad de centralizar también funciones basadas en electrónica, como una sala de control de la producción, la adquisición de datos y supervisión, los receptores de satélite, etc. Desde 1987 se han instalado diferentes cables combinados tanto entre plataformas fijas como entre plataformas flotantes y fijas.

Aunque las fibras ópticas son las principales portadoras para datos de alta capacidad, también se usan conductores de cobre en algunos cables entre plataformas para llevar señales de baja velocidad de datos, información de control de encendido/apagado de conmutadores, válvulas, detectores, etc. Un ejemplo de un cable usado entre una plataforma fija y otra flotante en el campo de Veslefrikk, que contiene tres fases de energía, una unidad con conductores de cobre y dos unidades con 12 fibras ópticas, se muestra en la **Foto D**. Este cable particular cuelga de una catenaria entre las dos plataformas junto a un gran número de líneas de flujo, y lleva todos los datos y comunicaciones entre las plataformas. Su diámetro externo es de 136 mm.

El entorno dentro de un cable de energía establece una serie de requisitos especiales sobre los elementos de comunicación. Esto se debe a hechos tales como el que la temperatura en los conductores pueda ser

tan alta como 90°C, y que en el caso de un cortocircuito, la temperatura podría crecer hasta alrededor de 250°C en cuestión de milisegundos.

En caso de un cortocircuito, el cable estará expuesto a fuerzas mecánicas muy grandes que influirán en todos sus componentes. En cierto proyecto hubo un requisito para que el cable superviviera y operara adecuadamente después de una corriente de cortocircuito de 120 kA. Este requisito necesitó una facilidad de prueba muy sofisticada, una prueba muy espectacular, e impuso algunos requisitos con impacto en el elemento de fibra óptica en el cable.

Otro aspecto especial es que los cables se instalan verticalmente en las patas de la plataforma con una longitud de 300 metros o más. En un diseño libre de cable de fibra óptica es importante asegurar que las fibras no se desprenden, considerando especialmente las temperaturas involucradas.

La idea de la centralización de la generación de energía se ha llevado incluso más lejos, y la primera plataforma está siendo ahora planificada con el suministro de energía desde el continente. Esta plataforma estará situada a casi 70 km de la costa, y se alimentará mediante un cable combinado equipado con 24 fibras ópticas. Las fibras se usarán para la comunicación plataforma-costa en vez de los sistemas de difusión troposférica y por satélite de las viejas plataformas, y facilitarán la centralización de distintas funciones en la costa para reforzar a aquellas que estaban previamente en la plataforma reduciéndose, por tanto, los costes en equipos y personas.

Como los campos son cada vez más profundos y las soluciones de plataformas más y más caras, se ha hecho un gran esfuerzo en el desarrollo de soluciones submarinas controladas remotamente, donde una plataforma central sirve a diferentes unidades sobre el lecho marítimo. Obviamente, estas soluciones requieren soluciones de cables muy sofisticados, involucrando tanto a conducto-

res eléctricos para comunicación y energía, mangueras polímeras o tuberías de acero para energía hidráulica o control, y recientemente, también fibras ópticas para comunicaciones.

Sistemas de supervisión de pozos

El entorno más hostil en el campo submarino se encuentra, con diferencia, en los verdaderos depósitos de gas o de petróleo. Las reservas que hasta ahora se han explotado, han sido a profundidades de 1 ó 2 km bajo el fondo del mar donde las temperaturas han sido de hasta 100°C y las presiones de hasta 300 bar. Al mejorarse la tecnología de producción y barrenado, ahora se están planeando pozos mas profundos (5 km bajo el lecho marítimo). En estos pozos, la temperatura puede alcanzar más de 200°C y la presión 1000 bar.

Para los ingenieros de producción, es de importancia vital el tener conocimiento sobre cualquier cambio en la presión y en la temperatura del depósito para ser capaces de usar el depósito al máximo. Por medio de un cuidadoso control de estos parámetros se pretende poder extraer un 5% extra de petróleo o gas del depósito, y con un valor base del orden de varios cientos de billones de ECUS, lo que significa enormes ingresos extras.

La temperatura y la presión se han medido hasta ahora ya sea descendiendo dentro del depósito un calibrador que registra los parámetros y después recuperándolo, o bien instalando un equipo sensor electrónico permanentemente en el pozo. La primera solución tiene la desventaja de que el pozo ha de cerrarse y así se pierden varios días de producción, y que la medida es solo posible a intervalos infrecuentes. La segunda solución es mucho mejor, pero hasta ahora ha tenido un registro de vida muy pobre debido a que un sistema electrónico solo es capaz de operar continuamente a temperaturas alrededor de 130°C. Por encima de esta

temperatura, la propia circuitería electrónica empieza a deteriorarse y no esta estable el tiempo requerido.

Para compensar estas deficiencias se ha desarrollado, conjuntamente con una gran compañía petrolífera, un sistema de fibra óptica de supervisión de pozos (FOWM). El sistema se basa en un sensor modulado en frecuencia pasiva donde la frecuencia de oscilación se cambia

por tensiones mecánicas debidas a cambios de presión o temperatura. La frecuencia se transmite a la plataforma a través de una fibra monomodo donde se computa a una presión o temperatura absoluta. La **Figura 1** muestra el sistema de manera esquemática.

El ensamblado mecánico del sensor ha sido un gran desafío debido al hecho de que el propio sensor debe

Figura 1 - Esquema de un sistema de fibra óptica de supervisión de pozos (FOWM)

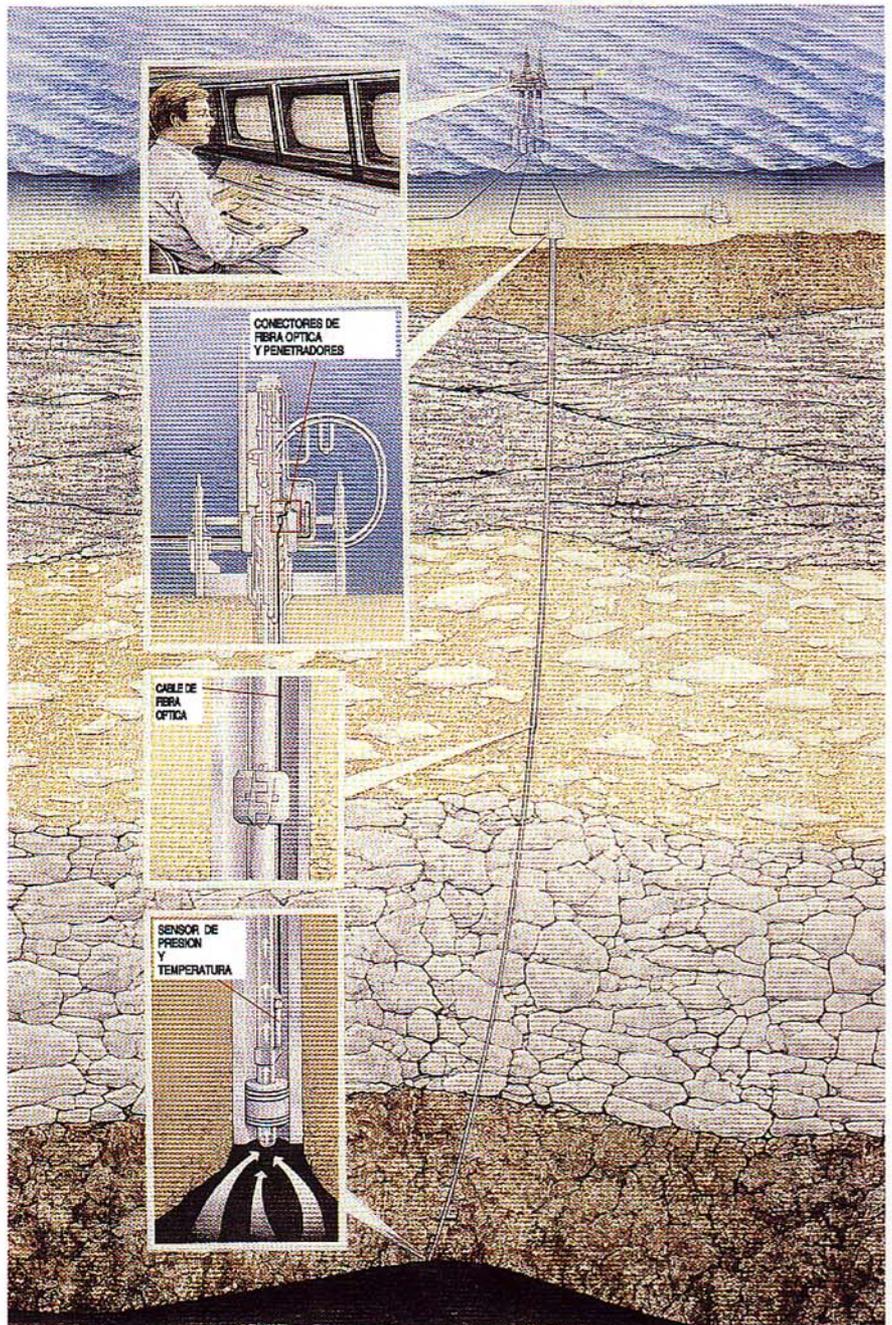




Foto E - Cable para sistema de fibra óptica de supervisión de pozos



Foto F - ROV de gran capacidad listo para la botadura

manifestar un vacío (10^{-5} torr), con una presión de 1000 bar en el exterior, una penetración de fibra de un lado al otro, y una temperatura ambiente de 200°C . Un sensor de temperatura y otro de presión se colocan en un calibrador de 25 mm de diámetro y 370 mm de largo.

También el diseño del cable ha requerido soluciones especiales debido al entorno. Las cubiertas estándares de la fibra comienzan a deteriorarse alrededor de los 100°C y, por lo tanto, hubo que buscar nuevos materiales para cubiertas. La

cubierta también tiene que ser compatible con el diseño del penetrador de alta presión requerido en el sistema.

Dado que el cable se tiene que instalar en un pozo muy estrecho, existe un requisito muy estricto sobre el diámetro del cable. El cable se instala en el pozo junto con una tubería aislante de producción masiva de tal manera que también se requiere una considerable resistencia a la tracción y a la compresión. Como el cable se instalará verticalmente, se necesita asegurar que las fibras no se deslicen durante su vida operacional.

El cable, mostrado en la Foto E, contiene dos fibras en minúsculos tubos de acero, trenzados junto con cables de acero de alta tracción y con una funda especial que es resistente a los elementos químicos relevantes y a la temperatura. El diámetro exterior es de 10 mm.

Debido al poco espacio disponible para el sistema en el pozo, se restringe el tamaño del calibrador que contiene los sensores de presión y temperatura, y el compartimento de empalme de fibra dentro del calibrador tiene un diámetro interior de sólo 20 mm. Se necesita un diseño de alojamiento especial, junto con una técnica de empalme especial para la conexión del cable de fibra al calibrador.

En el caso en que el pozo se barrene desde una instalación submarina y no desde una plataforma, se requiere un conector de forma que el equipo en el lecho marítimo se pueda recuperar para mantenimiento. El conector se sitúa en el interfaz entre las unidades fijas y recuperables, y tiene que operar durante largos períodos en una posición desacoplada, posiblemente cubierto con arena, lodo o cualquier otro contaminante del fondo marítimo. El conector debe ser aparejado sin la ayuda de un buzo ó de un vehículo controlado remotamente (ROV).

El primer sistema FOWM real se instaló en un pozo activo en Holanda en octubre de 1993.

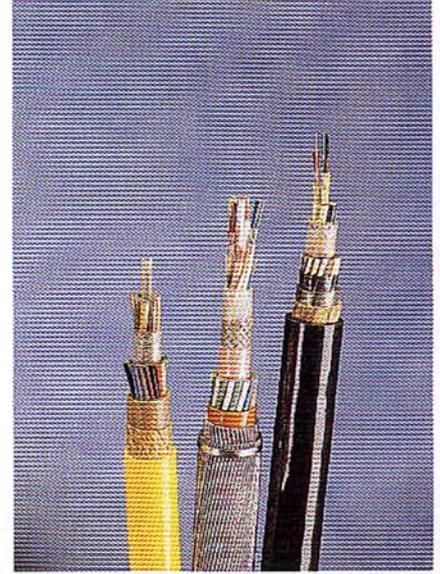


Foto G - Una selección de cables de ROV

Cables para ROV

Como la mayor parte de las estructuras usadas en campos submarinos están bajo el agua, es muy importante el tener herramientas para llevar a cabo operaciones submarinas, y de largo alcance sin buzos. Una importante herramienta es el ROV. Un ROV es, en principio, un submarino sin tripulación controlado por cable que puede llevar a cabo operaciones que van desde la simple inspección por video, hasta la soldadura y el movimiento de paquetes de instrumentos y herramientas dentro y fuera de la posición. El vehículo consiste de una parte de propulsión y flotación y de una parte de herramientas, y está controlado por un buque de superficie por medio de un cable flexible llamado umbilical.

El ROV se conecta directamente al buque por medio del umbilical o también se puede conectar a una estación de anclaje por medio de un cable flexible llamado atadura. La estación de anclaje cuelga del buque en otro umbilical. En la Foto F se muestra un ROV de gran capacidad en una posición anclada en la cubierta, listo para la botadura. El cable amarillo en el tambor es la atadura y el cable gris desde la polea es el umbilical.

Como un ROV puede tener muchos y diferentes grados de funcionalidad, el diseño de los cables también puede variar considerablemente. Un cable a una cámara de vídeo "nadadora" obviamente es diferente de aquél de un ROV con múltiples brazos manipuladores. Los distintos umbilicales contienen varios medios de comunicación tales como coaxiales, pares de cobre y fibras ópticas, dependiendo de la complejidad del vehículo y de los sistemas involucrados. Los vehículos se alimentan eléctricamente desde la superficie y los requisitos de energía son muy diferentes de una unidad a otra, teniendo en cuenta diferentes secciones transversales de cobre para la fuente de alimentación.

Como puede verse en la Foto F, la atadura está sobre un tambor de pequeño diámetro y, obviamente, se enrolla y se desenrolla cada vez que se usa el vehículo, presentando grandes retos a la flexibilidad y resistencia del cable. Este cable es estirado por el ROV y debe tener una flotación neutral en el agua de tal forma que no interfiera con la operación del vehículo.

El umbilical entre el buque de superficie y la estación de anclaje también se enrolla similarmente sobre un tambor, y este cable también debe ser capaz de elevar la completa estación de anclaje y el ROV, lo que requiere así una alta resistencia a la tracción junto a flexibilidad y resistencia.

En la Foto G se muestra un grupo de diferentes cables de ROV, que contienen diferentes elementos y que están blindados con cables de acero o hilos de aramida dependiendo de la aplicación.

tenido que desarrollar muchas soluciones nuevas, y muchas de las cuales sólo han sido posible con fibras ópticas. Muchas de las nuevas soluciones han sido viables solo al poderse combinar en un cable varias aplicaciones de comunicaciones y de energía.

El desarrollo continuo de campos "marginales" y la introducción de campos hasta y más allá del círculo Artico, llevará incluso a una mayor demanda de soluciones innovativas en instalaciones submarinas controladas remotamente y en la supervisión y control de los procesos. Se espera que la distancia entre el centro de control y las unidades remotas de producción continuarán aumentando para reducir el número de instalaciones sobre el agua.

Esto requerirá a su vez nuevas soluciones para los cables de comunicación (a menudo en combinación con el transporte energético) y dispositivos de control y sensores especiales que, debido al entorno hostil, necesitarán todos estar basados en fibras ópticas.

Gunnar Berthelsen tiene 46 años. Obtuvo un BSc de la Heriot-Watt University en Edimburgo, Reino Unido, en 1971. Desde 1977, ha trabajado en puestos relacionados con la fibra óptica. Actualmente es el responsable técnico en la división de cables de comunicación en Alcatel Kabel Norge en Oslo, Noruega.

Conclusiones

El desarrollo de campos submarinos complejos ha llevado a grandes demandas en capacidad de datos y comunicaciones para su control. Debido al entorno especial que está presente en estas instalaciones se han

Cables radiantes - aplicación en el túnel del Canal de la Mancha

A. Levisse

Compagnie Générale de Télécommunications - International,
Trignac, Francia

Introducción

Las comunicaciones de radio móvil presentan hoy en día las siguientes tendencias:

- hacia frecuencias más altas: las aplicaciones pasan de la banda de 50 a 150 MHz a la de 450 a 1800 MHz
- hacia enlaces de mayor calidad: transmisión digital, velocidad binaria alta
- hacia una mayor densidad de integración en zonas urbanas y áreas aisladas: túneles, autopistas medio subterráneas, aparcamientos subterráneos, etc.

Debido a los caminos múltiples y a la absorción en estas áreas, la transmisión por medio de antenas es a menudo difícil, esta es la razón por la que en los últimos años ha crecido el interés en dispositivos como los cables radiantes. Los cables radiantes permiten una comunicación fiable independientemente de la calidad intrínseca del entorno de propagación. Hace algunos años, el grupo Alcatel Cable lanzó un amplio programa de investigación para resolver las normales limitaciones de los cables radiantes (línea de alimentación con fugas):

- elevada pérdida de acoplamiento, que aumenta con la frecuencia
- fuertes influencias ambientales, que llevan a la necesidad de altos "factores de seguridad" en los presupuestos de alimentación
- alta dispersión de campos, que no es apropiada en enlaces de alta calidad.

Las direcciones de la investigación fueron:

- producir ranuras largas en vez de pequeñas aperturas en el conductor externo del cable coaxial. Las ranuras largas se debían comportar como mejores antenas
- determinar si los *modos radiantes*, que se calculan teóricamente, se podrían encontrar experimentalmente y producirse por una red periódica de ranuras radiantes.

Se ha recogido una gran cantidad de datos de equipos informáticos de prueba que muestran la influencia de diferentes parámetros: distancia, polarización, entorno, fenómenos del efecto de punta, frecuencia, etc.

Se ha logrado la evidencia experimental de los modos radiantes y la teoría ha quedado totalmente confirmada. Los modos radiantes han mostrado importantes ventajas:

- las ranuras actúan "en fase", llevando a una eficacia radiante muy buena (baja pérdida de acoplamiento)
- solo se propaga un modo definido, evitándose los nulos y la dispersión de los campos
- la sensibilidad al entorno se reduce fuertemente
- se soporta el uso de la banda ancha (p. ej., 100 a 1800 MHz), y se asegura la operación ininterrumpida de los dispositivos receptores-transmisores.

Este artículo es una introducción a los cables de modo radiante. Se muestran rápidamente las ecuaciones de Maxwell para emplear luego

un enfoque más intuitivo basado en los lóbulos de diagramas radiantes de antena larga. Se presenta el diseño de la nueva generación de cables radiantes, y se sigue con los aspectos de sus aplicaciones a escala real en el túnel del Canal de la Mancha entre Gran Bretaña y Francia.

Enfoque teórico

Modos acoplados - modos radiantes

Las coordenadas cilíndricas se pueden definir aplicando las ecuaciones de Maxwell que gobiernan los campos que existen alrededor de los cables radiantes (Figura 1). Se comienza por la ecuación de Helmholtz en el espacio libre:

$$\Delta^2 H - \frac{1}{c^2} \frac{\delta^2 H}{\delta t^2} = 0$$

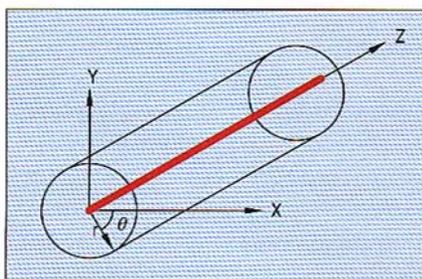
siendo H el vector del campo magnético, t el tiempo, y c la velocidad de la luz, $= 3 \cdot 10^8$ m/s.

Con soluciones de la forma:

$$H(r, \theta, z, t) = M(r) e^{-j\beta z} e^{j\omega t}$$

siendo r la distancia al eje del cable, z la distancia a lo largo de este eje, w la

Figura 1 - Coordenadas cilíndricas



frecuencia angular de la onda, t el tiempo y β la velocidad de fase a lo largo del eje z . $M(r)$ describe la disminución del campo con la distancia. La ecuación de Helmholtz se transforma en una expresión que depende solo de $M(r)$:

$$(k^2 = \frac{\omega^2}{c^2}):$$

$$\frac{\delta^2 M}{\delta r^2} + \frac{1}{r} \frac{\delta M}{\delta r} + (k^2 - \beta^2) M = 0$$

La solución $M(r)$ que cumple la ecuación (2) se puede expresar en términos de funciones de Bessel, lo que es normal al utilizar coordenadas cilíndricas. El comportamiento de estas funciones depende fundamentalmente del signo de la expresión (3):

$$k_r^2 = k^2 - \beta^2$$

Si es negativa, $M(r)$ es similar a una disminución exponencial de r : es el caso del campo de propagación; si es positiva, $M(r)$ es similar a una exponencial imaginaria de r ($\cong e^{-jk_r r}$): es el caso del campo de propagación.

Modos acoplados: Si el valor de (3) es negativo (k_r es imaginario puro), estamos hablando de modos acoplados. Estas soluciones muestran una transmisión de potencia que es paralela al eje del cable (Figura 2). La energía electromagnética se concentra en la proximidad del cable y disminuye rápidamente con la distancia. Esta es la razón por la que estos modos se denominan en ocasiones "ondas de superficie". Los modos, confinados alrededor del eje del cable, son parcialmente difractados por los obstáculos y discontinuidades circundantes (abrazaderas, vallas): una fracción de la potencia se radia radialmente de forma aleatoria[1].

Modos radiantes: Si el valor de (3) es positivo (k_r real), entonces hablamos de modos radiantes. Estos modos corresponden a una adición en fase de todas las aperturas. Aparecen solo para conjuntos de ranuras muy bien definidas, y para una "frecuencia de modo radiado" F_r bien

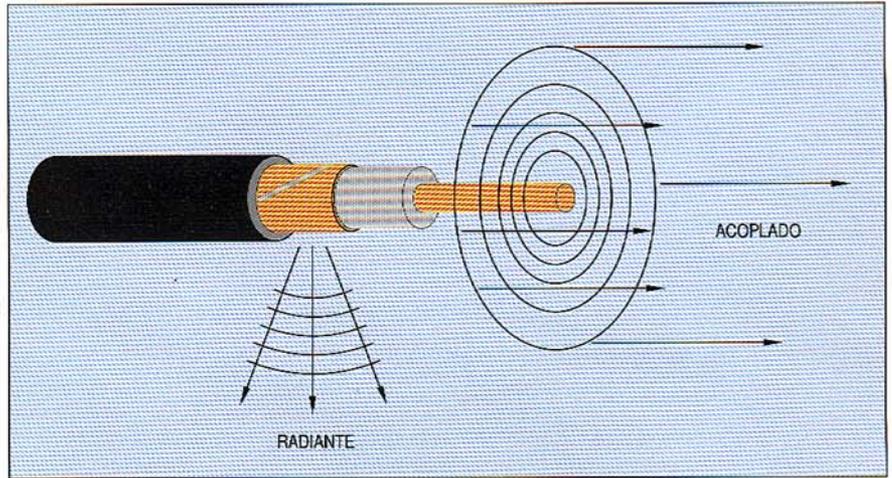


Figura 2 - Modos acoplados y radiantes

definida, pero no son de banda estrecha, no existe un efecto de sintonía comparable al encontrado en una antena.

Lóbulos y modos

La mayoría de los cables radiantes se basan en una antena periódica de ranuras realizadas en el conductor externo de un cable coaxial. Hasta ahora hemos dado las definiciones básicas de los modos de un cable radiante. Para estas estructuras periódicas ya podemos abandonar las ecuaciones de Maxwell para adoptar un enfoque más intuitivo basado en el siguiente principio:

Un MODO es equivalente, para un cable radiante, a un LOBULO sobre un diagrama de radiación de campo lejano.

Para ello, consideremos la radiación en una dirección caracterizada por el ángulo " θ ", de un array infinito de aperturas, alimentado por una onda progresiva. La radiación de todas las aperturas se sumarán según su retardo de fase viene dada (Figura 3) por:

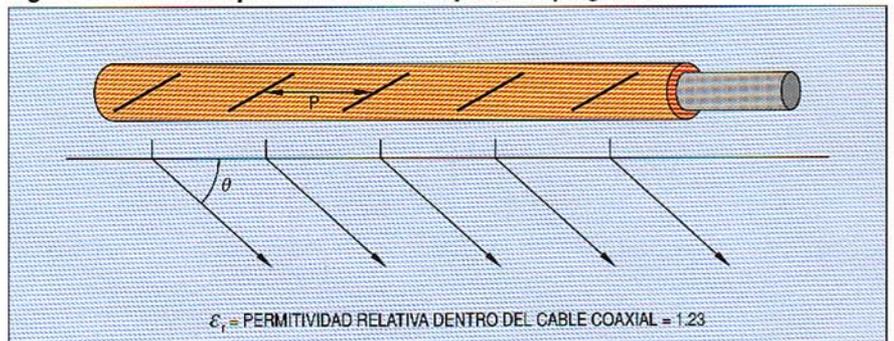
$$k(\sqrt{\epsilon_r} - \cos \theta) P$$

siendo P la periodicidad espacial de cada ranura.

En cada punto receptor, se puede representar cada contribución de radiación por una pequeña flecha cuya longitud representa la amplitud de la radiación, y cuya dirección representa la fase. Cuando nos alejamos de la antena, todas las longitudes son iguales.

Si la diferencia de fase entre dos aperturas adyacentes es distinta de 360 grados, las flechas girarán constantemente, y la radiación total se anulará: no hay radiación en esta dirección (Figura 4a).

Figura 3 - Antena de aperturas alimentadas por onda progresiva



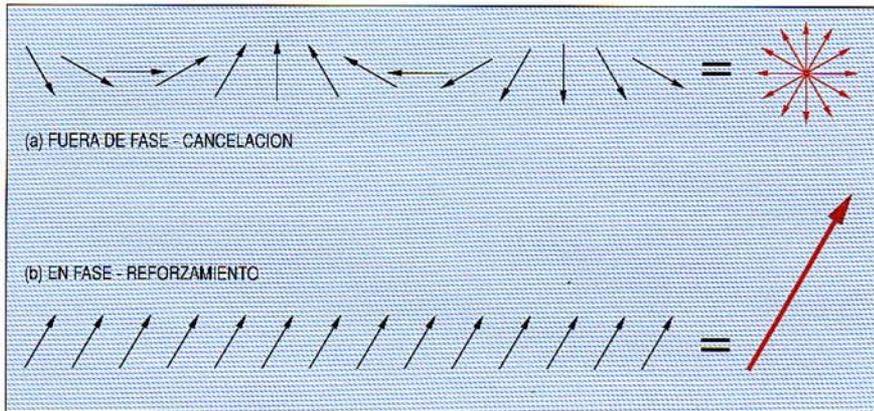


Figura 4 - Representación de la radiación: (a) aperturas adyacentes distintas de 360 grados, (b) aperturas adyacentes iguales a 360 grados

Si el retardo de fase entre dos aperturas adyacentes es igual a 360 grados, todas las radiaciones se sumaran proporcionando una enorme radiación en la dirección correspondiente: un lóbulo (Figura 4b).

Si la distancia entre ranuras es pequeña comparada con la longitud de onda, el retraso de fase entre dos aperturas adyacentes será siempre menor de 360 grados, y los campos no se sumarán: se está ahora en la configuración de modo *acoplado* (Figura 5) caracterizada por:

- baja radiación
- alta dispersión.
- baja dispersión
- ondas independientes
- alta radiación.

Esto es típico a bajas frecuencias.

Sin embargo, si la longitud de onda es comparable a la distancia entre dos aperturas, a la frecuencia F_r definida por:

$$F_r = \frac{c}{(1 + \sqrt{\epsilon_r}) P}$$

existe un lóbulo principal, y entonces el comportamiento cambia drásticamente (Figura 6):

Sintonía de banda ancha

Siguiendo con este enfoque, encontramos alguna dificultad: el lóbulo de radiación de un array de antenas cambia de dirección cuando cambia la frecuencia: este array es de banda estrecha. ¿Como puede esto ser compatible con los cables radiantes de banda ancha?

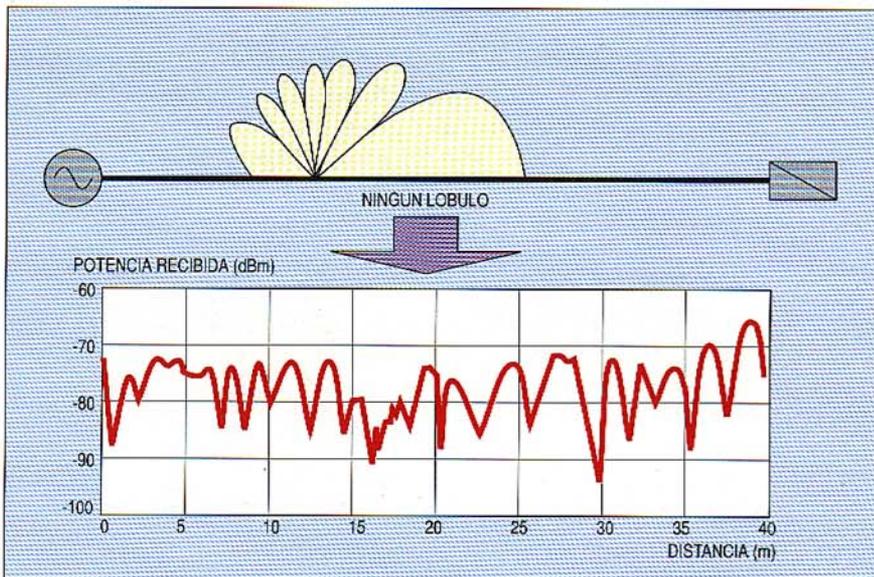
Consideremos el mismo array anterior, a una frecuencia definida. Supongamos que presenta un lóbulo al infinito en la dirección de 45 grados. Esto significa que en esta dirección, la radiación de las ranuras se suman, y que en las otras direcciones de alguna manera se cancelan. Volvamos ahora a una distancia finita, por ejemplo a 5 pies del cable y tratemos de contestar a la pregunta "¿que parte del cable realiza la principal contribución a la potencia recibida por la antena?"

La respuesta, naturalmente, es que es el grupo de ranuras que radia en un ángulo de 45 grados hacia la antena receptora (Figura 7). La radiación de todas las otras ranuras se puede casi despreciar. Este grupo de ranuras está alrededor de $5/\text{coseno}(45) = 7$ pies alejado de la antena. Para otra frecuencia, el lóbulo del array gira, por ejemplo, 60 grados, porque la relación de fase entre aperturas ha cambiado. El grupo de ranuras que radia en la dirección correcta también ha cambiado, pero encontramos otro a una distancia de 6 pies.

Tan pronto como el ángulo se hace lo suficientemente grande, se puede encontrar un grupo de ranuras que actúa casi "en fase" cerca de la antena receptora; la potencia resultante no se ve significativamente afectada por la frecuencia. Esto es lo que llamamos "sintonía de banda ancha": sintonía porque las ranuras actúan en fase y banda ancha porque su acción cooperante es independiente de la frecuencia.

Aquí se usan las matemáticas del cálculo de la fase estacionaria[2]. El cálculo preciso de cuantas ranuras hay en este importante grupo, y la

Figura 5 - Modo acoplado (dispersión de Rayleigh)



predicción precisa de la pérdida de acoplamiento, requieren un análisis profundo, que no forma parte del presente artículo.

Hemos visto como se pueden hallar fácilmente las propiedades básicas de los cables radiantes:

- alta eficacia (baja pérdida de acoplamiento) debido a la radiación en fase de las ranuras
- baja dispersión debido a la propagación de una onda independiente
- insensibilidad al entorno al depender la radiación del propio array y no de una excitación del entorno.

Veremos ahora como esta característica se puede obtener prácticamente con un cable coaxial ranurado.

Diseño avanzado

Modos mas altos

Hasta ahora se ha evitado cuidadosamente una dificultad: sabemos lo que ocurre cuando existe un modo/lóbulo cero ó uno, pero ¿que sucede si aparecen varios lóbulos?.

Con los conceptos anteriormente desarrollados, ya es fácil encontrar la respuesta (**Figura 8**):

- tenemos dos lóbulos distintos, caracterizados por dos ángulos de radiación diferentes
- conseguimos dos grupos distintos de ranuras que radian en fase
- según se mueve la antena receptora, se revela el diagrama de interferencia entre las dos fuentes.

Esto sucede cuando la frecuencia aumenta y podría haber suprimido una de las ventajas fundamentales de los modos radiantes: su estabilidad de campo. Tras este análisis, el objetivo de los diseñadores de cables radiantes de Alcatel Cable fue:

- obtener un modo radiante
- evitar la obtención de muchos de ellos.

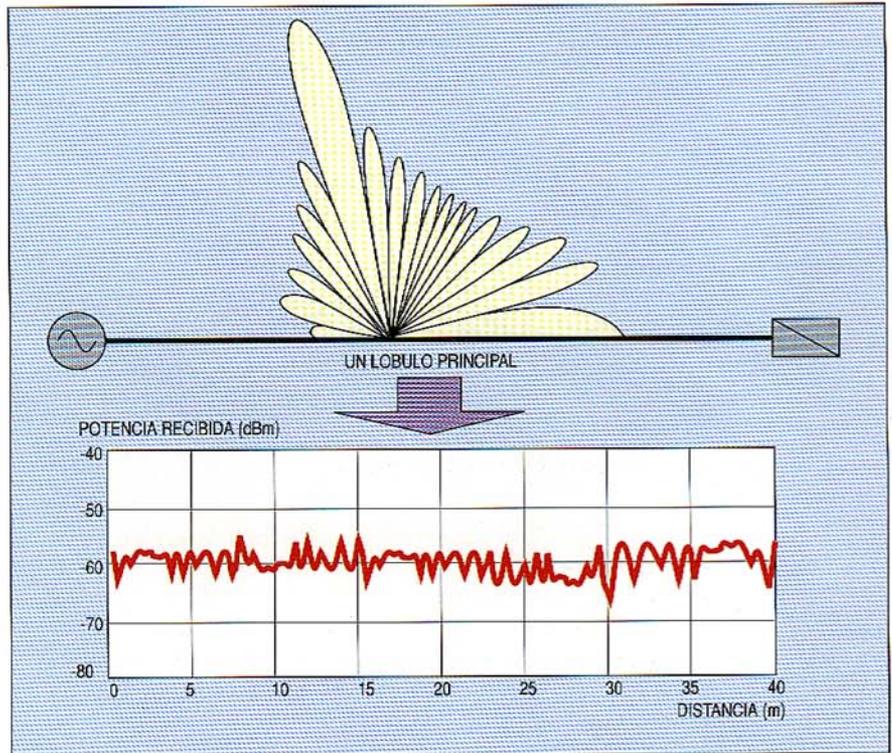


Figura 6 - Modo radiante (baja dispersión) corresponde a la adición en fase de la radiación de las aperturas; esto explica su elevada eficacia

Por esto, se decidió utilizar una muestra de ranuras en vez repetir una única ranura.

Diseño

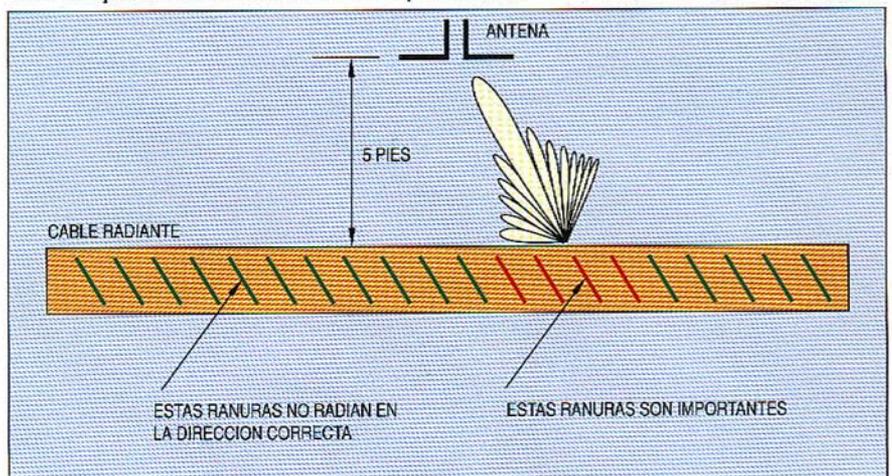
El nuevo cable radiante se compone de un conductor interno de cobre, un aislante de goma de polietileno de bajas pérdidas y un conductor

externo de cobre en el que se fabrican las ranuras. Los diámetros de los cables varían desde 5/8 de pulgada hasta 1 5/8 de pulgada.

Las ranuras largas y delgadas son típicamente de 150x3 mm, con un ángulo de paso elegido cuidadosamente.

El nuevo diagrama usado aquí es exclusivo, patentado y optimizado.

Figura 7 - Modo radiante: la antena receptora siempre puede encontrar un grupo de ranuras que radian en fase cerca de su proximidad



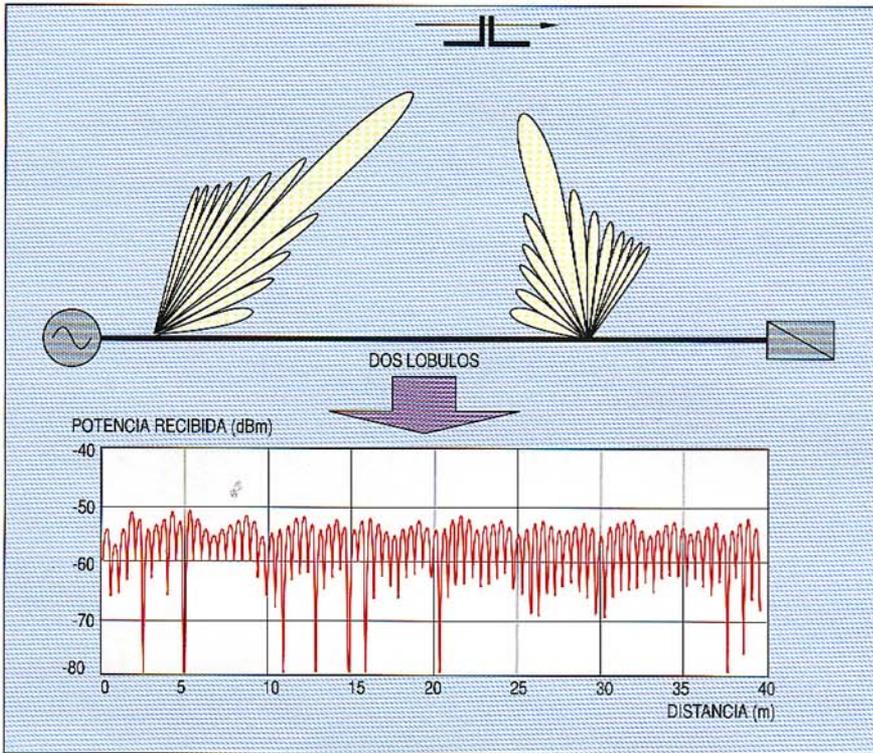


Figura 8 - Interferencia (variaciones periódicas)

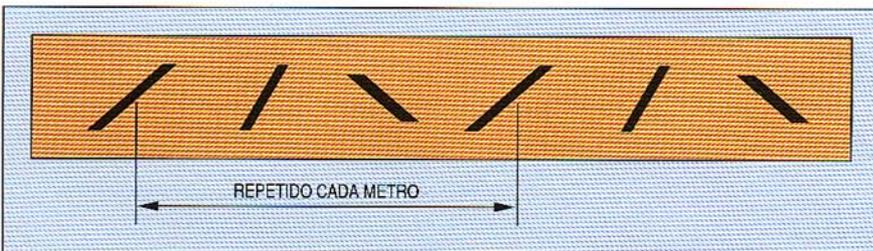
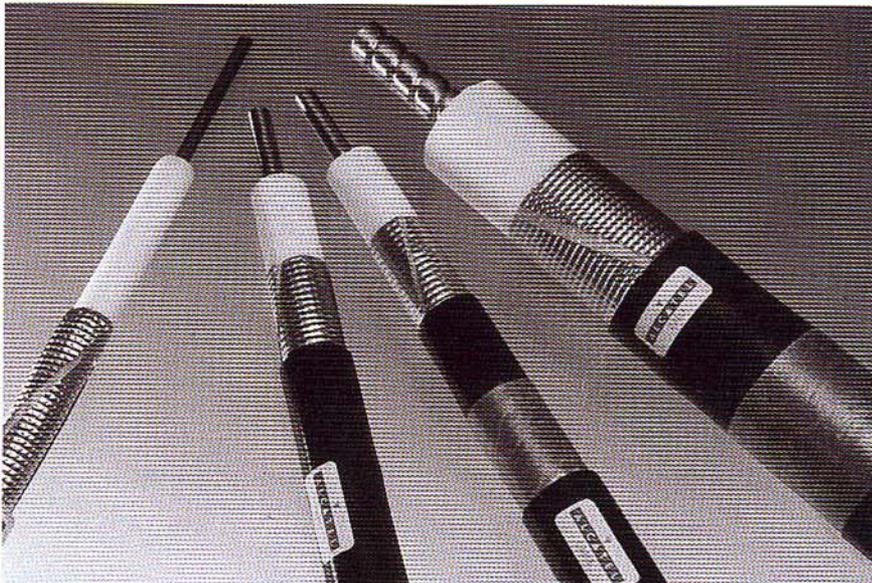


Figura 9 - Un ejemplo de un cable de cobre con un diagrama de tres ranuras

Foto A - Nueva generación de cables radiantes: diferentes tamaños y cubiertas. En la derecha, versiones con película de mica contra el fuego



Optimizado quiere decir que los modos radiantes se obtienen en un margen de frecuencia determinado (p. ej., 100-1600 MHz ó 400-2000 MHz) usando un número mínimo de ranuras en un diagrama. Todas las otras posibles soluciones serían más complicadas, conduciendo por tanto a diseños más costosos y a mayores pérdidas eléctricas. Se utiliza un número impar de ranuras, como 3, 5 y 7.

Estas muestras se repiten cada metro o menos. Ello asegura la existencia de un modo radiante desde 90 MHz hasta 2000 MHz dependiendo de la tecnología del cable. Algunos cables están más específicamente diseñados para su uso entre 400 y 1800 MHz; presentan unas mejores prestaciones en esta banda, pero se pueden utilizar en otras frecuencias.

Como ejemplo, el cable radiante de 7/8 de pulgada que se presenta en la siguiente sección está construido en base a un diagrama de tres ranuras repetidas cada $P = 50$ centímetros (Figura 9). La expresión (4) da $F_r = 281$ MHz. Hay que enfatizar que tales cables se pueden utilizar incluso por debajo de esta frecuencia de modo radiante: trabajan como cables normales (con fugas). Cuando están presentes varios cables radiantes, la operación es posible con la mayoría de las interesantes propiedades de los cables radiantes, pero con una baja dispersión.

Prestaciones

Las medidas se han realizado de acuerdo con el método del IEC 96. La **Tabla 1** proporciona los valores obtenidos para la pérdida de acoplamiento y para la pérdida longitudinal sobre un cable de 7/8 de pulgada. Una pérdida de acoplamiento del 95% caracteriza un nivel por debajo del cual solo caen un 5% de los puntos receptores.

La **Figura 10** da la gráfica de las pérdidas de acoplamiento del 50% en función de la frecuencia. Revela claramente la influencia de la transición modo acoplado a modo radiante: la magnitud de las pérdidas de

acoplamiento se reduce drásticamente (de 15 a 20 dB); también se nota de que en la primera zona (frecuencias bajas) la pérdida de acoplamiento crece con la frecuencia, mientras que para los modos radiantes disminuye cuando la frecuencia crece: esto es especialmente interesante ya que ello compensa el aumento de la pérdida longitudinal.

Aprécie en la tabla el pequeño intervalo entre las pérdidas de acoplamiento al 50% y al 90%; para mostrar los aspectos cualitativos de los campos recibidos se presentan en la **Figura 11** los resultados a 450 MHz y 900 MHz. Hay que enfatizar el hecho de que a 900 MHz, están presentes tres modos y se podrían interferir. La suave pendiente de la gráfica confirma que los modos más altos se suprimen casi perfectamente por la nueva generación de diagramas de ranura.

Aplicaciones en el túnel del Canal de la Mancha

El túnel del Canal de la Mancha entre Francia y Gran Bretaña es uno de los más importantes túneles construidos últimamente. Tres conductos, cada uno de más de 50 kilómetros de largo, asegurarán un enlace de muy alta velocidad entre Inglaterra y el continente europeo para mediados de 1994. En esta estructura, las comunicaciones son fundamentales por lo que se estudiaron cuidadosamente los siguientes aspectos:

- fiabilidad de las comunicaciones
- tiempo de vida
- seguridad contra incendios.

Sistema del túnel

Durante el periodo de construcción, antes de la instalación del sistema de cables radiantes definitivo, se utilizaron sistemas de comunicaciones provisionales. Se han utilizado más de 250 kilómetros de cable radiante de 7/8 de pulgada para la cobertura de todos los servicios del túnel del Canal de la Mancha, desde los túneles prin-

	450 MHz	900 MHz
Pérdida longitudinal	10,4 dB/1000ft	18,6 dB/1000ft
Pérdida de acoplamiento 50%	60 dB	55 dB
95%	63 dB	59 dB

Tabla 1 - Pérdida de acoplamiento y longitudinal para un cable radiante de 7/8 de pulgada

Figura 10 - Pérdida de acoplamiento con la frecuencia

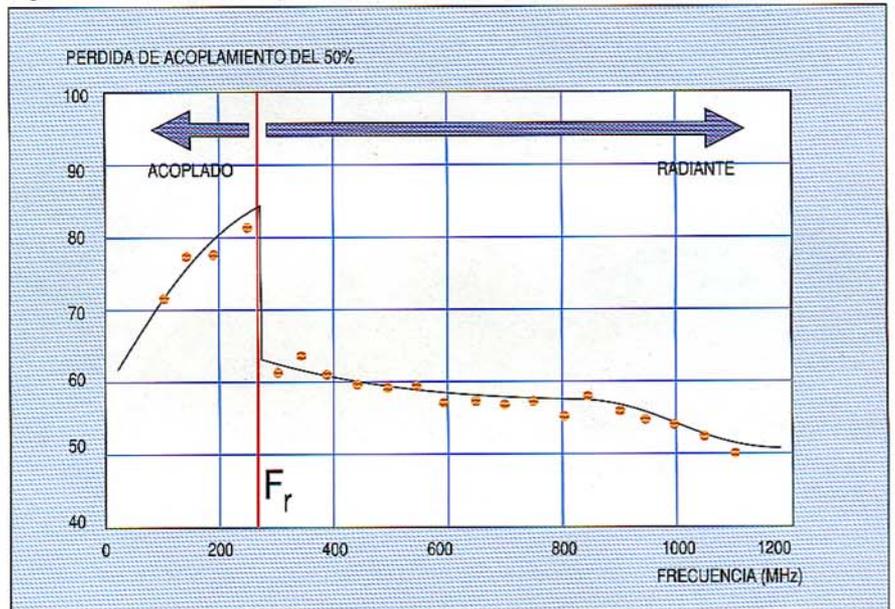
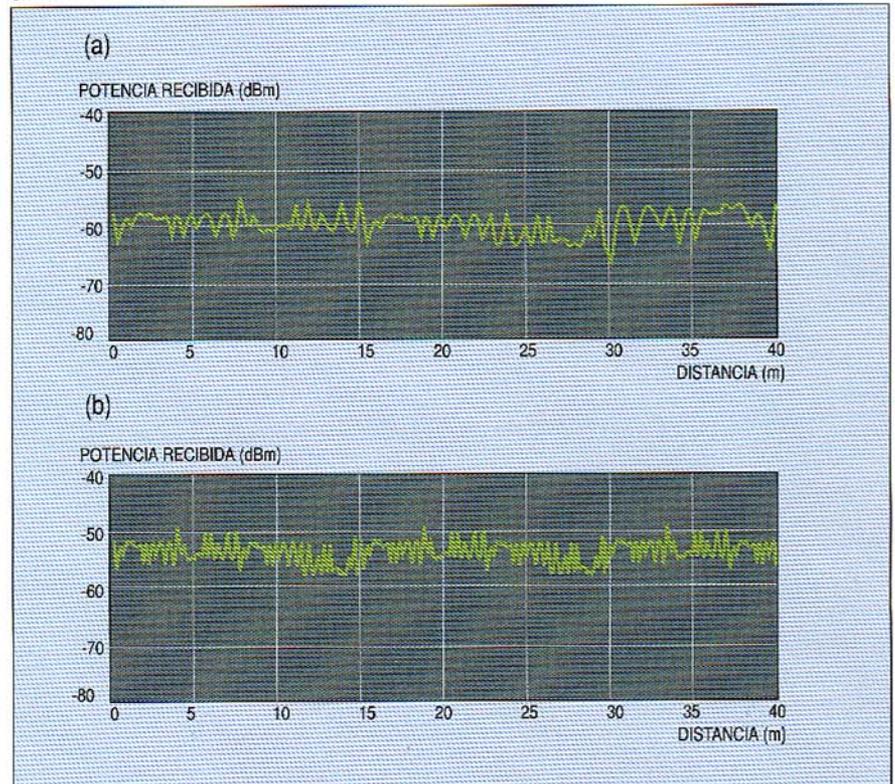


Figura 11 - (a) 450 MHz - pérdida de acoplamiento de 50% = 59,4 dB, (b) 900 MHz - pérdida de acoplamiento de 50% = 54,1 dB



"Foto: Eurotunnel - Q.A."

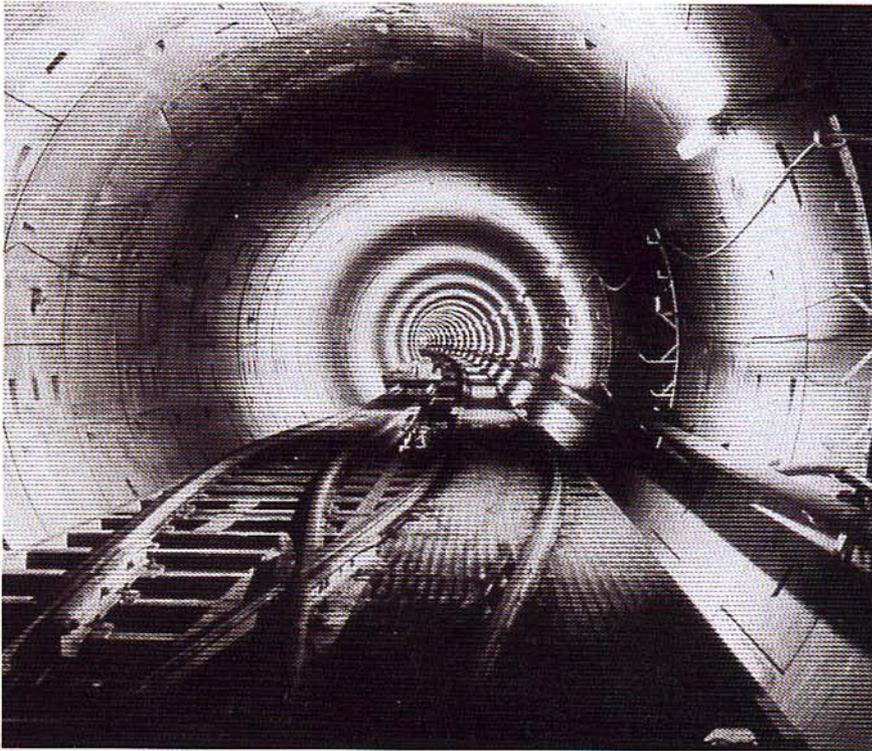


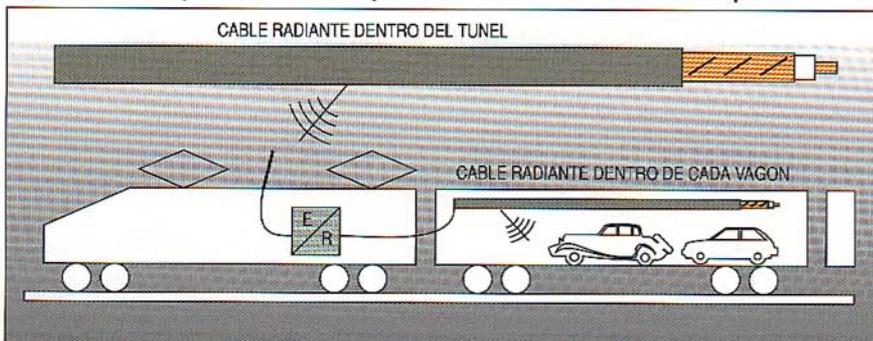
Foto B - Túnel del Canal de la Mancha: uno de los tres conductos, totalmente equipado con cable de modo radiante de 7/8 de pulgada.

cipales a las pequeñas galerías de servicio. La gama de frecuencias previstas va desde 100 MHz (FM) hasta 450 MHz, con posibles extensiones hasta 900 MHz. Cualquier persona, en cualquier área dentro del recinto, se puede comunicar por medio de un radio móvil en la banda de 450 MHz. Naturalmente, el control de tráfico, el video y las conversaciones pueden ir por la misma instalación.

Para poder asegurar una vida mínima de veinte años en un entorno hostil, se han cumplido drásticos niveles de seguridad y calidad:

- resistencia mecánica: los cables radiantes deben separarse de los muros una cierta distancia; por ello están más expuestos a las vibraciones y a los torbellinos de aire que otros cables. El cable y los conectores se diseñan para que soporten el paso de trenes de alta velocidad durante 20 años
- entorno hostil: el agua salada, el 100% de humedad, y el polvo no deben afectar al rendimiento y la fiabilidad a lo largo del tiempo
- caída de la catenaria: se proporciona protección contra la sobre-

Figura 12 - Principio de transmisión por cables radiantes dentro de transportes



carga y conexión a tierra para evitar desgracias personales en el caso de sobrecargas inducidas o cortacircuitos

- fuego y humo: dos envolturas hechas de un compuesto sin halógeno y separadas por una película de mica aseguran que en caso de incendio no se emitan humos opacos y gases tóxicos, y que el fuego no se propague a lo largo del cable
- calidad garantizada: todas las bobinas se miden completamente durante su aceptación en fábrica, incluyendo la medida de muestras de parámetros tales como la pérdida de acoplamiento y la pérdida longitudinal. Otras pruebas complementarias se realizan en el sitio.

Hasta el verano de 1993, se habían tirado y probado más de 260 kilómetros de cables radiantes. Las medidas electromagnéticas "in situ" se ajustan totalmente a los requisitos especificados.

Sistema de transporte

Si no se considera su tamaño, dificultad e importancia simbólica, el subsistema anteriormente descrito es bastante clásico: comunicación por radio dentro de un túnel. Presentaremos ahora una aplicación muy original de los cables radiantes.

El túnel del Canal de la Mancha es exclusivamente un túnel ferroviario: los coches y camiones se embarcan en grandes vagones para su transporte en un trayecto de treinta minutos de duración. Durante este tiempo, los pasajeros permanecen sentados en sus vehículos y los administradores del túnel necesitan proporcionales información, entretenimiento y avisos.

Para permitir la transmisión de RF hacia los radios de los coches en entornos aislados tales como los vagones de aluminio, sin reflexiones, efectos de enmascaramiento y perturbaciones, se han elegido los cables radiantes. El sistema completo se ilustra en la Figura 12.

Sólo para esta función, se han empleado alrededor de ocho kilómetros de cable radiante. Tales sistemas son actualmente muy innovadores pero se utilizarán ampliamente en un futuro próximo.

Conclusiones

Los modos radiantes son un avance importante por sus propiedades electromagnéticas:

- baja pérdida de acoplamiento, debida a la adición en fase de los campos radiados por todas las ranuras
- solo una onda independiente se propaga a lo largo del cable
- pequeña disminución radial de los campos
- baja dispersión
- baja sensibilidad al entorno: los alrededores del cable no están relacionados con sus características radiantes.

Los modos radiantes son también interesantes debido a que permiten predecir con buena precisión los valores de las pérdidas de acoplamiento: simulaciones por ordenador para una configuración de ranuras están de acuerdo en ± 3 dB con las medidas realizadas en nuestro margen de prueba.

El ejemplo de aplicaciones tales como la transmisión dentro de trenes muestra que la transmisión por radio móvil en cualquier área, independientemente de las condiciones de propagación, se pueden conseguir mediante el uso de cables radiantes.

Bibliografía

- 1 P. Delogne "Leaky feeders and subsurface radio communications", IEE Electromagnetic waves series 14, Peter Peregrinus Ltd.
- 2 L.B. Felsen y N. Marcuwitz, "Radiation and scattering of waves", Prentice Hall 1973, capítulo 4
- 3 CGTI, "Radiating cable handbook", resumen del trabajo de CGTI sobre cables radiantes, 1991. Disponible a petición
- 4 D.A. Hill y J.R. Wait "Electromagnetic characteristics of a coaxial cable with periodic slots" IEEE Trans. Electrom. Compat., Nov 1980, págs 303-307
- 5 D.J.R. Martin "A general study of the leaky feeder principle". Radio and Electron. Engr. Mayo 1975, vol 45 págs. 205-214
- 6 M. Abramowitz y I.A. Stegun, "Handbook of Mathematical Functions", Nat. Bur. of Standards, 1980, págs. 355-379

André Levisse graduado en matemáticas y telecomunicaciones por la French Ecole Polytechnique y por la Ecole Nationale Supérieure de Télécommunications (París). Comenzó a trabajar en antenas de FM en RFS Cablewave Systems (CT, EE.UU.), y participó en el desarrollo de sistemas de cables radiantes siendo actualmente responsable de la División de Antenas del CGTI en Trignac, Francia.

Pesaje de vehículos en movimiento usando sensores de fibra óptica

J. Boby

S. Téral

J.-M. Caussignac

M. Siffert

Alcatel Cable, Bezons, Francia

Alcatel Cable Contracting, Clichy, Francia

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris, Francia

CCT, Trappes, Francia

Introducción

Nuevas técnicas están reemplazando y complementando a las actuales tecnologías usadas por los diferentes métodos de pesaje de vehículos en movimiento y en la supervisión del flujo de tráfico.

El "Laboratoire Central des Ponts et Chaussées" (laboratorio central de puentes y caminos francés) consultó a Alcatel la idea de investigar la viabilidad de usar sensores de fibra óptica para detectar y pesar un vehículo en movimiento. Tras los exitosos experimentos iniciales, se llevaron a cabo pruebas reales usando elementos sensores de 55 cm acoplados a la superficie de una carretera.

Este artículo explica los principios del sistema sensor y describe su evolución desde el período de investigación hacia el producto final.

Principios básicos del sensor

La estructura sensora[1] que se investigó consta de una fibra óptica monomodo birrefringente sin cubierta comprimida entre dos placas de metal y soldadas mediante una técnica de unión a presión (Figura 1).

La fibra se carga previamente con una fuerza de compresión relacionada con la cantidad desviada por las placas metálicas entre las que está colocada. El eje neutral de la fibra se orienta en un ángulo de 45 grados para producir la misma potencia óptica en las dos componentes de polarización, teniendo la entrada del sensor una polarización lineal.

Cuando se aplica una fuerza hay un cambio en la birrefringencia, lo

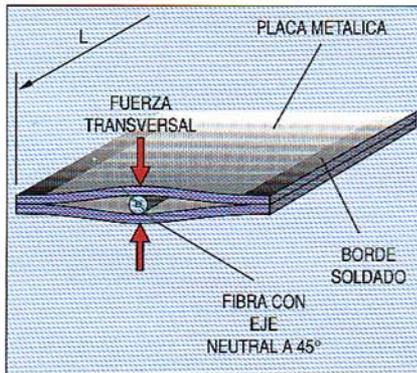


Figura 1 - Construcción de una banda sensora

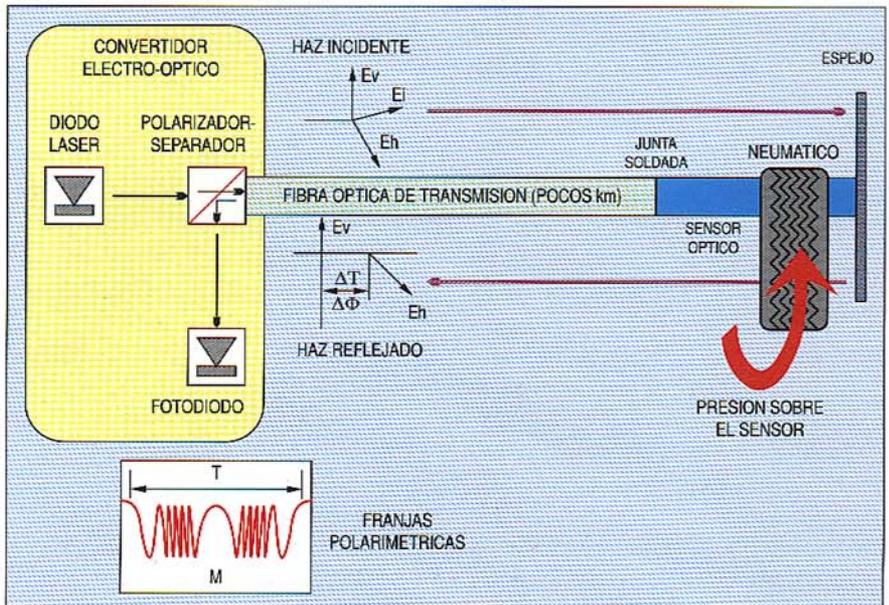
que causa una diferencia de fase entre los dos modos de polarización directamente proporcional a la carga. Este efecto se denomina fenómeno polarimétrico. El cambio en la birrefringencia se debe a la naturaleza fotoelástica de la fibra óptica, que está realizada mediante silicio,

modificada por los elementos de dopaje del núcleo, el revestimiento y la cubierta. Cada tipo de fibra se clasifica en términos de sus coeficientes fotoelásticos, módulo de Young, tasa de Poisson e índice de refracción.

Fundamentos de la medida

La Figura 2 muestra el sistema sensor con sus diferentes componentes. La emisión del diodo láser se inyecta en la fibra óptica de transmisión después de atravesar un polarizador que produce un rayo incidente linealmente polarizado E_i . En el diagrama, E_v y E_h son los componentes ortogonales polarizados del campo E_i debidos a la birrefringencia intrínseca de la fibra óptica. Un cambio en la birrefringencia

Figura 2 - Diagrama simplificado de bloques del sistema sensor



causa una diferencia de fase entre dichos componentes.

Una fibra de alta birrefringencia transporta la luz linealmente polarizada a la entrada del sensor y los dos componentes aparecen en la fibra sensora. La luz se refleja en un espejo en el extremo del sensor; el doble paso de la luz por el sensor incrementa la sensibilidad introduciendo un desplazamiento de fase adicional. La explicación matemática del modo de actuar del sensor se muestra en la **Figura 3**.

El rayo reflejado se devuelve al polarizador y se analiza mediante un fotodiodo detector. La intensidad óptica resultante viene dada por la siguiente fórmula:

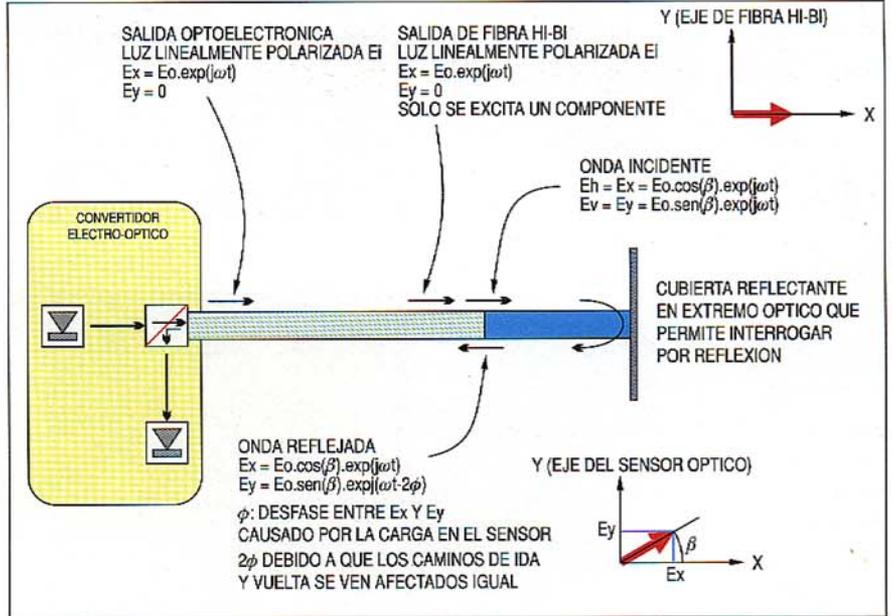


Figura 3 - Forma de actuar del sensor

$$I = EE^* = E_0^2(1 + \sin(2\beta) \cdot \cos(2\phi))$$

La carga sobre el sensor se traduce en una sucesión de máximos y mínimos, conocidas como franjas polarimétricas, que corresponden a la intensidad óptica detectada (**Figura 4**). Para determinar el cambio en la birrefringencia se cuentan las franjas, relacionadas con el peso de una rueda.

Una señal típica de un vehículo se caracteriza por un número de franjas M, las cuales dependen del peso, tiempo de paso T (función de la velocidad) e inflado del neumático (**Figuras 5 y 6**). Cuando un vehículo pasa sobre el sensor, la señal se interpreta de la siguiente manera:

- la primera sucesión de franjas se corresponde con la carga creciente que ejerce el neumático cuando avanza por el sensor.
- una señal continua indica una presión cuasi estática mientras el neumático está sobre el sensor.
- la segunda sucesión de franjas se corresponde con la carga decreciente que ejerce el neumático cuando sobrepasa el sensor.

La carga dinámica total del vehículo se calcula como la suma de los pesos individuales de las ruedas.

Sensibilidad

Expresada en términos del número de franjas, la diferencia de fase entre los dos modos de polarización es directamente proporcional al cambio en la birrefringencia.

Se obtiene una mayor sensibilidad ajustando el campo óptico polarizado incidente E_i para que tenga una potencia dividida igualmente entre los dos componentes ortogonales E_h y E_v . Esto se logra con una correcta orientación del eje neutral de la fibra, con $\beta = 45$ grados, dentro de las placas metálicas.

La sensibilidad también depende de la fuerza transversal necesaria para mantener unidas las placas, del tipo de cubierta de la fibra óptica usada en el diseño del sensor, y del tipo de material (módulo de Young) usado para cubrir el sensor cuando se instala en la carretera.

En general la sensibilidad es alta, típicamente 0,025 MPa por franja, con un margen dinámico que se extiende desde 0 MPa hasta 10 MPa, desde un peatón hasta un camión pesado. Los cálculos muestran que la estructura sensora, representada en la Figura 1, es aproximadamente 85 veces más sensible que la de una

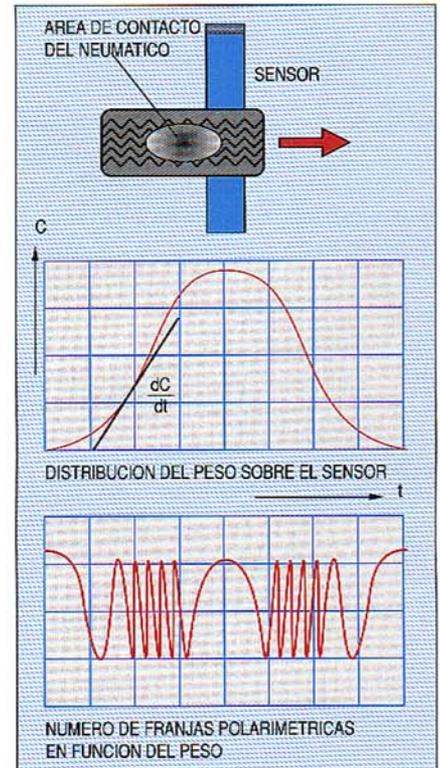


Figura 4 - Respuesta del sensor al peso

simple fibra en un interferómetro de Mach-Zehnder[2].

Para lograr esta alta sensibilidad es necesaria, por tanto, una optimización cuidadosa del diseño de cada componente teniendo en cuenta el uso y las condiciones ambientales.

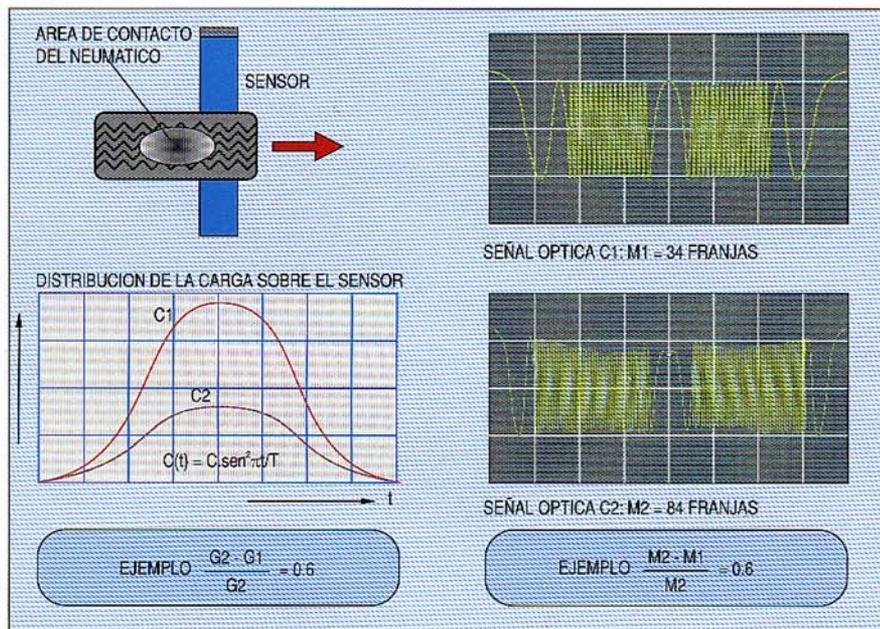


Figura 5 - Efecto de la velocidad del vehículo en la respuesta del sensor

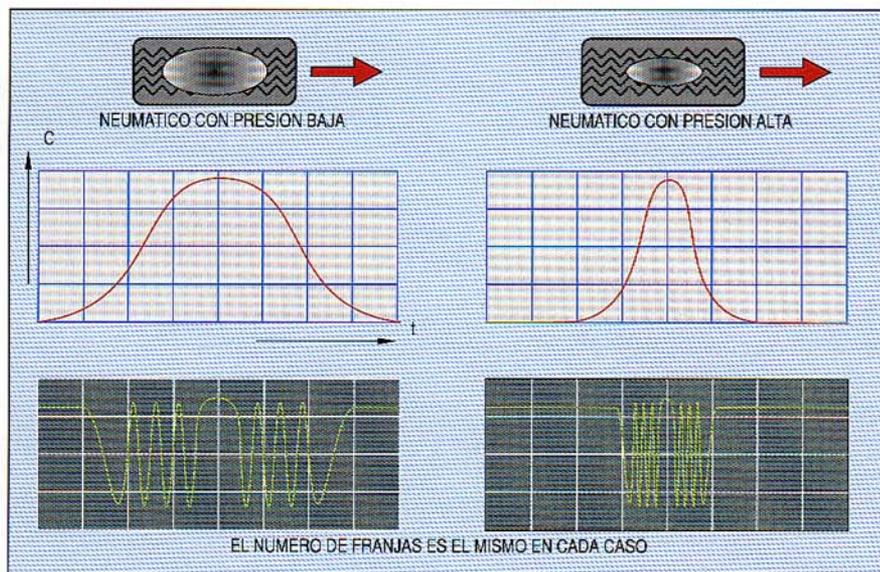
Resultados de las pruebas

Los sensores, colocados en ranuras efectuadas en el asfalto, han sido colocados en carreteras con tráfico real. Se han realizado experimentos con diferentes tipos de vehículos, incluyendo coches y camiones. En general, se han hecho las siguientes observaciones:

— la respuesta del sensor no depende de la profundidad de la ranura

- la duración de la señal es, aproximadamente, inversamente proporcional a la velocidad del vehículo.
- El número de franjas crece con la carga del vehículo, pero su dispersión está relacionada con los efectos dinámicos (suspensión del vehículo)
- Una configuración de ruedas iguales tiene una señal específica.

Figura 6 - Efecto de la presión del neumático en la respuesta del sensor



Se ha probado continuamente durante dos años en autopistas la fiabilidad estructural del sensor.

Supervisión del tráfico

El número de franjas M y la duración T se pueden extraer de una señal; los análisis teóricos muestran que la carga es proporcional a M. Así, una vez que el sensor ha sido calibrado, es suficiente una simple multiplicación para proporcionar el valor de la carga.

Sin embargo, para la supervisión del tráfico se necesitan más parámetros. Afortunadamente, la señal óptica contiene abundante información, la cual se puede extraer mediante un procesador digital que analiza la señal, usando una nueva teoría específica que hemos desarrollado. De esta manera se puede efectuar la detección del tráfico y su recuento, además de medir los siguientes parámetros:

- peso del vehículo en movimiento, por rueda
- peso del vehículo en movimiento, por eje
- distribución del peso en movimiento
- suma de los pesos (en movimiento)
- velocidades altas y bajas del vehículo
- calibrado de la rueda por eje
- distancia entre ejes.

Con la información de una señal de este tipo llegamos a la idea de que el proceso de los datos de los parámetros anteriores nos permite supervisar el tráfico con los objetivos siguientes:

- clasificación del vehículo
- anomalía en la presión del neumático
- anomalía en la amortiguación del vehículo
- medida de la fluctuación de la temperatura de la carretera.

Conclusiones

Se ha diseñado, construido y probado un sensor piezo-óptico sencillo que está actualmente en la fase de su comercialización. Está cercano al sensor ideal, que ofrece sensibilidad y precisión, al mismo tiempo que es robusto e inmune a las interferencias ambientales. Presenta claros beneficios si se compara con las técnicas anteriores e incluye:

- información completa
- respuesta en tiempo real
- información digital
- no es necesaria alimentación eléctrica a lo largo de la carretera
- alta sensibilidad, exactitud y fiabilidad
- inmunidad a la descarga eléctrica
- inmunidad electromagnética
- fácil instalación.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su más sincera gratitud a las autoridades francesas - *Ministère de la Recherche et de la Technologie y Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de la Mer* - por los ánimos y apoyos prestados.

Referencias

- [1] Patente francesa nº 88 02 765 (4 Abril 1988)
- [2] A. Tardy, M. Jurczynszyn, J.M. Caussignac, G. Morel, G. Briant: "High sensitivity transducer for fiber optic pressure sensing applied to dynamic mechanical testing and vehicle detection on roads": *Springers Proceedings in Physics, "Optical Fiber Sensors"*: Vol. 44, págs. 215-221, Springer-Verlag, Berlín, Heidelberg, 1989.

Joël Boby nació en Francia en 1942. Recibió el diploma de Ingeniero de ECTE y se especializó en propagación y antenas con Philips. Se incorporó a Alcatel Cable Group en agosto de 1980. Actualmente, dirige un

equipo de ingeniería en Alcatel Cable, encargado de los sistemas de protección de luz, y un equipo de investigación y desarrollo en CGTI (subsidiaria de Alcatel Cable), encargado de las nuevas guías de onda, cables coaxiales y de difusión, y desarrollo de sistemas que usan cables radiantes y fibras ópticas.

Stéphane Téral nació en Francia en 1964. Ha recibido un Master en Electrónica de la Universidad de Orsay, un Master en Óptica de la Ecole Supérieure d'Optique en Junio de 1987 y un Diploma de Ingeniero del Institut National des Télécommunications en Junio de 1989. En Septiembre de 1989 se incorporó a Alcatel Cable Group como ingeniero de I+D en sistemas de fibra óptica. Actualmente es experto en optoelectrónica dentro del departamento de Sistemas de Alcatel Cable Contracting y coordina el programa de I+D del Fiber Development Group de Alcatel Telecommunications Cable (EE.UU.).

Jean-Marie Caussignac está en el Public Works Research Laboratory (LCPC) desde 1978 siendo ahora jefe de la División Optoelectrónica. Inicialmente trabajó en varios proyectos relacionados con aplicaciones de holografía en ingeniería civil, particularmente en el modelado del comportamiento de puentes y carreteras bajo carga. Durante diez años estuvo realizando actividades de desarrollo basadas en sensores de fibra óptica y más generalmente en pruebas no destructivas, usando métodos ópticos aplicados al dominio anteriormente citado. El pesaje en movimiento por sensores de fibra óptica muestra un ejemplo concreto realizado con Alcatel Cable como socio industrial.

Marcel Siffert ha estado trabajando para el Ministerio de Equipamiento, Transportes y Turismo francés desde 1965. Está a cargo del tráfico y gestión de autopistas en el Centro de Coordinación de Laboratorios Regionales de Puentes y Caminos. Es responsable, dentro de su campo de acción, de la programación, puesta en marcha y explotación de campañas de supervisión de carreteras, síntesis de la condición y evolución de

la estructura de autopistas, y gestión de equipos de medida de alta capacidad. Desde 1974, sus actividades abarcan análisis del tráfico y pesaje de vehículos en movimiento, ambos en investigación (detectores de carga de fibra óptica y piezocerámicos) y en el área operacional (recogida y síntesis de datos de tráfico pesado, e implantación de operaciones de control de cargas pesadas).

Sistemas telefónicos celulares para áreas rurales

R. Larkin, M. Testa

Celwave RF, Corvallis, Oregón, EE. UU.

Introducción

La dirección en que evolucionan los sistemas de telefonía celular se dirige hacia el uso de células geográficamente pequeñas que cubran áreas pobladas. Las células de tamaño más pequeño se asocian con la capacidad de mayor tráfico ya que permiten la reutilización de los canales de frecuencia de las áreas vecinas. La implantación del tamaño pequeño de célula se hace combinando alturas reducidas de antena, la colocación cuidadosa de la antena y el uso de transmisores de baja potencia.

En paralelo con esta tendencia de células pequeñas para áreas pobladas, está el desarrollo de sistemas celulares para áreas rurales con baja densidad de población. En estas aplicaciones las células pueden ser muy grandes mientras que los requisitos de equipo están en la dirección contraria. Por esta razón se ha aumentado la altura de las antenas, las posiciones de las antenas se eligen para que tengan un cobertura clara a larga distancia y se ha elevado la potencia de los transmisores. En la banda de frecuencias de 900 MHz utilizada en los actuales sistemas celulares, se puede suministrar una cobertura fiable en un radio de 30 a 60 km, dependiendo del terreno [1,2].

En las áreas rurales de Estados Unidos, las normas del FCC (comisión federal de comunicaciones) permiten una potencia efectiva radiada (ERP) de hasta 500 W. Los estudios del sistema han mostrado que estos altos niveles de potencia se pueden necesitar para la comunicación con unidades móviles de 3 W en el radio máximo. Una ERP de 500 W se obtiene con una ganancia de antena de

10 dB con pérdidas de transmisión de 6 dB y un transmisor que genere 200 W. Los actuales sistemas celulares trabajan en la banda de frecuencias de 900 MHz, en donde los transmisores de 200 W son técnicamente competitivos.

Celwave RF ha sido el principal suministrador de componentes para receptores y transmisores celulares de radio frecuencia (RF) desde hace muchos años. Hace varios años inició un programa de desarrollo de componentes específicamente orientados al mercado rural. Las claves de este programa fueron los preamplificadores de recepción de bajo ruido montados en torre y los subsistemas de amplificador transmisor multicanal de alta potencia. Estos componentes están diseñados para ser utilizados conjuntamente con el equipo celular existente y adaptarlo al entorno rural.

Este artículo describe la parte de transmisión de este equipo y mues-

tra las soluciones específicas de diseño que se requirieron para cumplir los severos requisitos de fiabilidad del equipo de radio celular.

Configuración del sistema

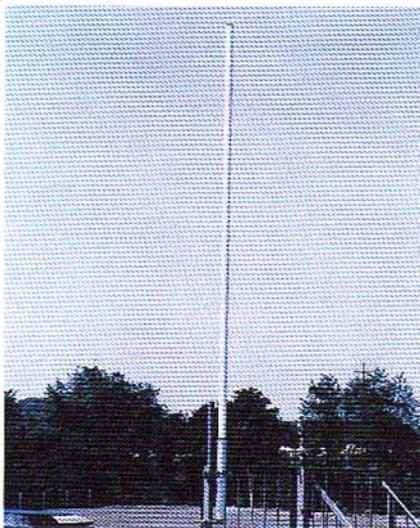
En la **Figura 1** se muestra un configuración típica de sistema celular rural con énfasis particular en el equipo de RF. La adaptación de un sistema celular urbano convencional a un sistema rural que cubra una gran área requiere añadir:

- antenas de alta ganancia bien apoyadas sobre el suelo
- amplificadores receptores sensibles localizados en las antenas
- un combinador de transmisores de alta potencia
- amplificadores de alta potencia.

Antenas

Típicamente la antena tiene una ganancia entre 10 a 14 dBi, con su haz dirigido hacia el horizonte. Celwave RF fabrica antenas de este tipo diseñadas específicamente para esta aplicación. La **Foto A** muestra la antena PD10183 que suministra una cobertura acimutal de 360 grados con una ganancia de 12 dBi, es decir es un radiador isótropo. Esta formada por un array de dipolos colineales con transposición que utilizan elementos radiantes de cobre centralmente alimentados en un cubierta de antena de fibra de vidrio de 70 mm de diámetro. Esta construcción se diseñó para proteger a la antena de los riesgos del entorno y resistir velocidades del viento de hasta 300 km/h. Es compatible con

Foto A - Antena celular omnidireccional PD10183 de Celwave RF



los sistemas rurales de alta potencia ya que es capaz de transmitir hasta 1500 W de potencia.

En recepción se emplean normalmente dos antenas separadas. Este sistema de "recepción múltiple" permite que la señal más fuerte de la antena se pueda utilizar en cualquier momento. Por esta razón se minimiza el desvanecimiento asociado a la propagación de la señal, con una importante mejora en la recepción.

Amplificadores de recepción

Los filtros y amplificadores de selección de banda de recepción se colocan en lo alto de la torre de la antena. Esto evita las pérdidas en los cables de transmisión que bajan por la torre y mejora la sensibilidad del receptor. Los amplificadores receptores requieren valores de ruidos bajos para hacer frente a las señales débiles. El filtro de selección de banda utilizado con el amplificador debe tener una pérdida muy baja, ya que esta se añade al ruido del amplificador y puede degradar la sensibilidad.

Al mismo tiempo, el filtro debe suministrar una gran rechazo a las señales fuera de banda ya que la presencia de transmisores potentes, para servicios como la televisión, presenta una gran fuente de interferencias. Los receptores múltiples se alimentan por señales de un sistema divisor de potencia llamado multiacoplador de receptor. Está formado por un amplificador adicional, un divisor de potencia y fuentes de alimentación asociadas y un circuito de protección contra descargas eléctricas.

Celwave fabrica diferentes amplificadores de recepción montados en torre con multiacopladores de recepción asociados. La Foto B muestra un producto típico. La caja montada en torre usa un filtro paso banda de seis polos seguido por un amplificador redundante, de margen dinámico alto y bajo ruido. Se han tomado medidas elaboradas para maximizar la fiabilidad en presencia de descargas eléctricas.

Receptores normales de estación base, como los utilizados en emplazamientos urbanos, se usan como

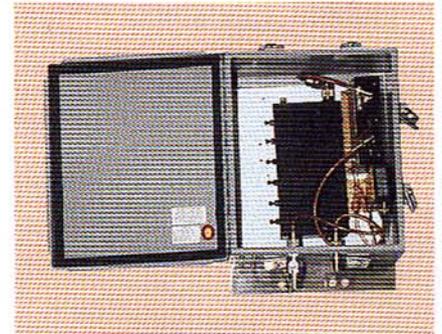


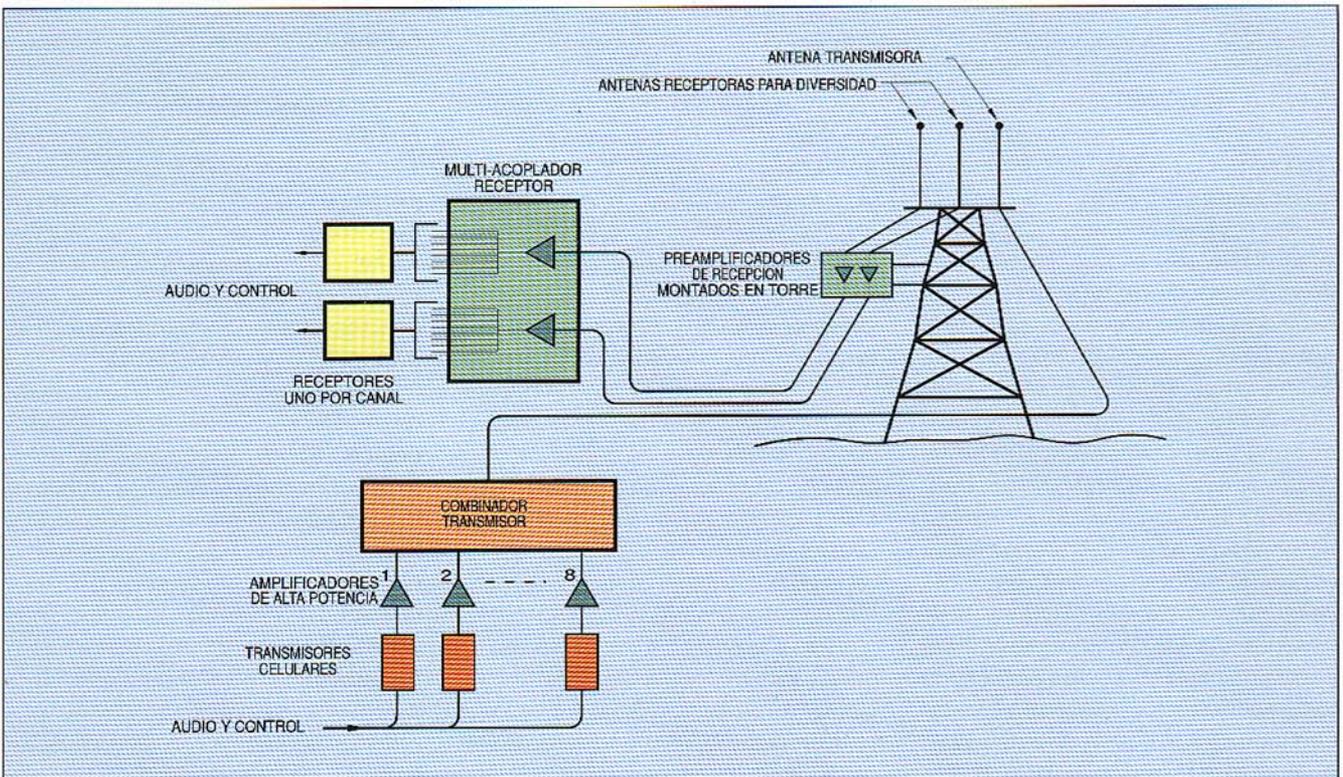
Foto B - Filtro y amplificador montados en torre

interfaz entre en el equipo de RF y las líneas de control y audio.

Amplificadores de transmisión

La parte transmisora de un emplazamiento rural típico utiliza una única antena con los transmisores localizados en la base de la torre. La línea de transmisión que baja por la torre debe tener una pérdida de varios dB. De cuatro a dieciséis salidas del transmisor se colocan a través de una única antena. La interacción entre los transmisores se minimiza

Figura 1 - Configuración típica de sistema celular rural



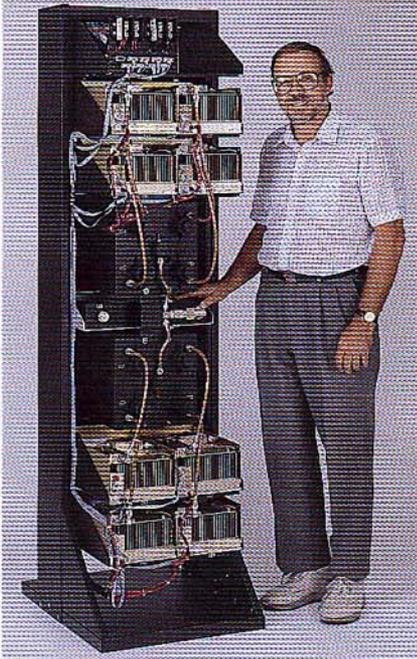


Foto C - Bastidor de amplificador y combinador celular rural

con usando un *combinador de transmisor*. Esta unidad tiene resonadores de cavidad múltiples, uno por transmisor, con las salidas de los filtros colocadas en paralelo. La red que pone en paralelo las salidas de los resonadores se construye con líneas de transmisión cuyas longitudes se eligen para evitar la interacción entre canales. Dos aislantes de ferrita se colocan en cada vía de transmisión para asegurar que la potencia no regrese por los otros transmisores y cause intermodulación.

Para las aplicaciones rurales, Celwave RF ha diseñado el combinador de transmisión de la serie RSA880 que es capaz de manejar hasta 200 W por canal y hasta 16 canales. Una unidad patentada de sintonía central "barbell" permite que el calor desarrollado internamente sea eliminado de los resonadores de cavidad. Esta configuración, junto a técnicas de compensación de temperatura, impide la desintonización cuando la potencia del transmisor aparece y desaparece. Las cavidades de baja pérdida permiten que los canales de los transmisores se puedan espaciar cerca de 630 kHz, estándar de espaciado corrientemente usado.

La potencia de las señales transmitidas proviene de los amplificadores de alta potencia (HPA), que se describen más detalladamente más adelante. La Foto C muestra un bastidor con nueve amplificadores y el combinador de transmisión asociado.

La conversión de las señales de control y de audio a señales de radio transmitidas se realiza por transmisores celulares convencionales.

Amplificadores de alta potencia

Los amplificadores para la operación celular rural tienen típicamente las siguientes características:

- frecuencia de 869 a 894 MHz
- potencia generada de hasta 200 W
- control preciso del bucle cerrado de la potencia de salida
- ganancia de 23 dB
- eficiencia total de conversión de alimentación CC del 35 al 40%
- operación de 20 a 30 V CC, 21 A
- supervisión total de fallos
- capacidad de operación continua con alta fiabilidad.

Se requieren transmisores múltiples para producir la potencia necesaria. Como la ganancia de cada transmisor está entre 6 y 8 dB, se requiere un transistor para dirigir cuatro. Por este motivo, el HPA de Celwave está formado por cuatro transistores de salida, cada uno capaz de producir al menos 60 W de potencia con un transistor similar que controla los cuatro. Los transistores múltiples en la etapa de salida también permiten que el amplificador continúe la operación con un dispositivo en fallo, aunque con alguna reducción en la potencia. Uno o dos transistores de baja potencia se utilizan en la entrada del HPA. La Figura 2 muestra un diagrama de bloques del amplificador.

Tiene gran importancia en el diseño del HPA el control del calor. Cerca de 350 W se disipan en un volumen de aproximadamente 15 litros. Para lograr una alta fiabilidad

es necesario eliminar el calor del amplificador y distribuir las fuentes de calor alrededor del amplificador para evitar los puntos de calor [3].

La eliminación del calor requiere un diseño cuidadoso del sistema de circulación del aire y de las aletas de refrigeración que se utilizan para transferir el calor desde la superficie de montaje del transistor al aire. Se ha llegado a un compromiso entre el área de las aletas, incrementando la transferencia térmica al aire, y el espacio ocupado por las aletas que reduce el flujo de aire hacia las aletas. El diseño cuidadoso del sistema de transferencia térmica permite un diferencial de temperatura de alrededor de 10°C entre el aire y la superficie de montaje del transistor. Esto contribuye significativamente a la fiabilidad total.

Para distribuir las fuentes de calor es necesario diseñar la circuitería del HPA de forma que haya separación física entre las fuentes de calor del transistor. Adicionalmente, las superficies de montaje se deben construir con un material que sea térmicamente altamente conductor.

Entorno de operación

Los sistemas telefónicos celulares tienen períodos de ocupación definidos cuando los transmisores están en un alta parte del tiempo, y otros períodos donde los transmisores sólo están en un ciclo "on" ocasionalmente. El esquema completo de funcionamiento es de períodos "on" de pocos minutos seguidos por períodos "off" de una hora ó más.

Este esquema "on/off" crea calentamientos y enfriamientos alternativos en el HPA. Y además crean tensiones mecánicas considerablemente más grandes que la que hay en una operación continua del transmisor.

Fiabilidad

Los sistemas telefónicos celulares requieren una alta fiabilidad. Los clientes esperan que la calidad de su servicio sea tan alta como la de los

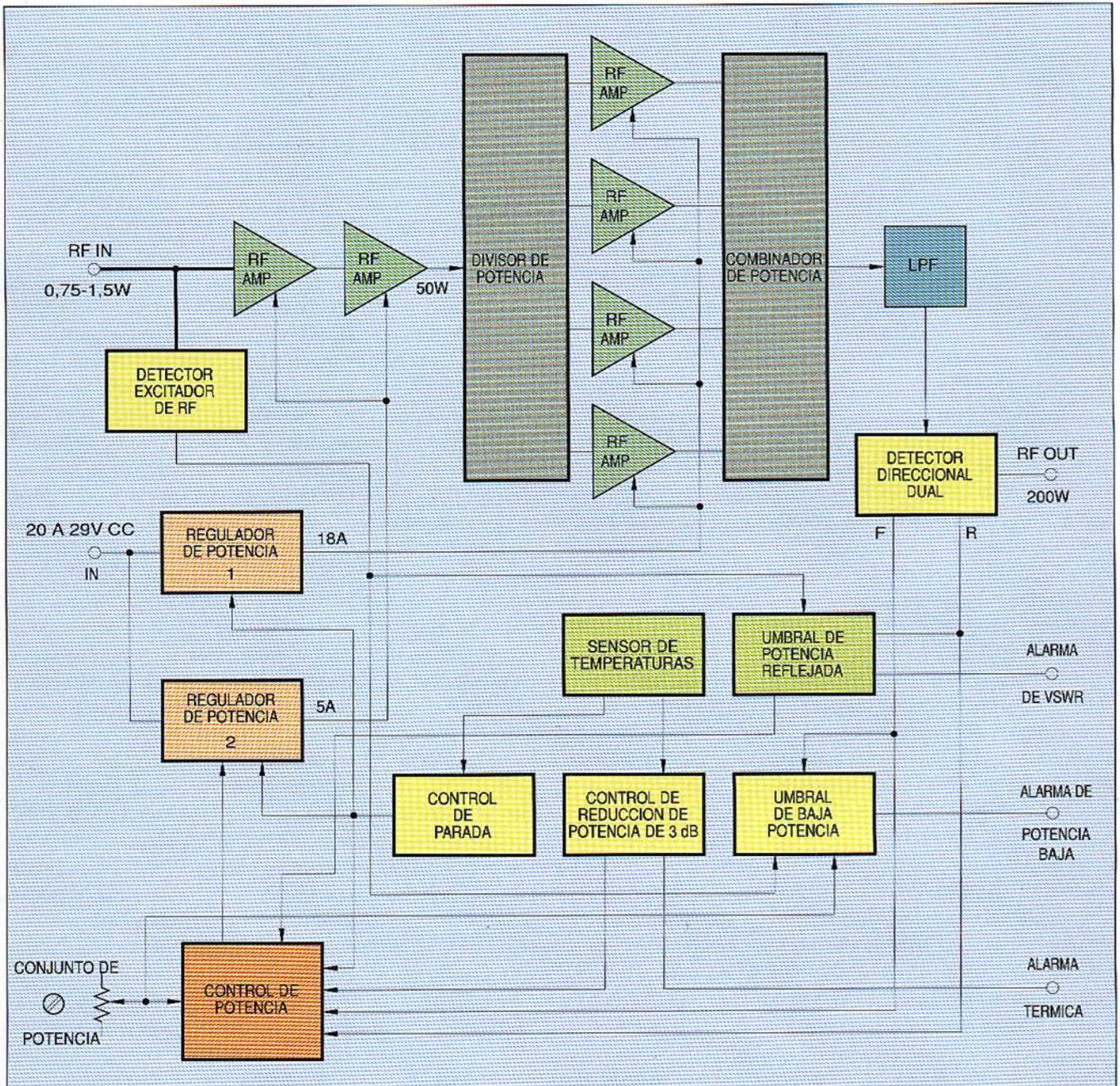


Figura 2 - Diagrama de bloques de amplificador rural de alta potencia

servicios basados en cables. Los emplazamientos son generalmente no atendidos y los costes de servicio son altos. Por estas razones se reconoció al comienzo del programa de desarrollo del HPA que la fiabilidad debería ser un parámetro de diseño clave.

El diseño para conseguir alta fiabilidad es un procedimiento iterativo. Los elementos clave del diseño, como la eliminación del calor, se

incluyen como parámetros de diseño hasta donde alcance el conocimiento. Se han realizado pruebas para determinar el éxito del diseño. Frecuentemente estas muestran que se requiere la necesidad de mejorar el diseño con nuevas pruebas. Continuando con este proceso, se mejorará la fiabilidad del diseño.

La prueba directa de fiabilidad a largo plazo es, naturalmente, impracticable. El equipo está pensado para

muchos años de servicio y verificaciones de total fiabilidad requerirían similares períodos de tiempo. Esto requiere el uso de métodos acelerados de prueba y un diseño cuidadoso del experimento.

Los mecanismos de fallo que son dependientes de la temperatura se pueden acelerar frecuentemente incrementando la temperatura. Esta técnica ha sido muy empleada por los fabricantes de semiconductores

FUNCIONAMIENTO REAL	PRUEBA ACELERADA
70 CICLOS ON/OFF POR DIA	1200 CICLOS ON/OFF POR DIA
300 MINUTOS POR DIA	600 MINUTOS POR DIA
FUNCIONAMIENTO A 25°C	FUNCIONAMIENTO DE 25°C A 60°C

Tabla 1 - Prueba acelerada del ciclo de vida, suministrando una aceleración de 10 a 20 veces

para predecir las tasas de fallo a largo plazo. Estos métodos tienen aplicabilidad en el diseño de fiabilidad del HPA y fueron muy utilizados en las etapas iniciales para verificar el diseño y buscar modos de fallo no previsible. Se construyó una cámara especial de prueba para permitir que 6 HPA funcionasen a temperaturas elevadas con instrumentación detallada para registrar cualquier secuencia de fallos que ocurriese.

Según progresaba el diseño se hizo aparente que las tensiones asociadas al aumento de calor y al enfriamiento del HPA eran aún más importantes que la operación a temperaturas elevadas. Se diseñaron pruebas que utilizaban un ciclado frecuente del HPA para producir tensiones.

Conexiones eléctricas

Un equipo electrónico como el HPA involucra miles de conexiones entre los caminos conductores. La total fiabilidad del equipo está muy determinada por estas conexiones. Se vio que este era el caso del HPA, donde las densidades eléctricas reales pueden ser muy altas y los niveles de tensión mecánica de la operación cíclica severos.

La fiabilidad de estas conexiones de alto tensión es complicada por la necesidad para conectar metales con diferentes características de expansión. Además, sí se utiliza soldadura ó soldadura fuerte para hacer la conexión se introduce un tercer material y se crean múltiples interfaces metal-a-metal. Los estudios metalúrgicos de estas conexiones han mostrado que la complejidad del interfaz se ve además incrementada

por el carácter no homogéneo del material del interfaz y la inevitable presencia de contaminantes en la aleación del metal [4].

Para superar las dificultades de las conexiones soldadas ó fuertemente soldadas, Celwave RF ha desarrollado técnicas de conexiones puramente mecánicas que son adecuadas para su uso con circuitos RF de alta frecuencia. Esto elimina todo el material del interfaz y suministra un conexión metal-a-metal hermética. La presión mecánica muy alta se utiliza para asegurar una conexión impermeable al gas capaz de una conductividad muy elevada.

Las técnicas de conexión mecánica se han incorporado en el HPA con una mejora más grande de la fiabilidad. Se realizaron pruebas aceleradas con resultados, mostrados en la **Tabla 1**, que predicen una mejoras más grandes de la fiabilidad. El funcionamiento en el campo ha verificado posteriormente la eficacia del método de conexión.

Fiabilidad de los componentes

Otras áreas del diseño del HPA se exploraron de manera similar para detectar las debilidades de la fiabilidad. Los componentes se pusieron bajo condiciones de tensión máxima con medidas por infrarrojos del calor. Los componentes fueron esforzados al punto de fallo, hasta donde fue posible, para llegar a conocer los márgenes de operación. Se investigaron materiales aislantes por su habilidad para resistir tanto las intensidades de los campos eléctricos asociados a la alta potencia de operación como las altas temperatu-

ras [5]. Se probaron caminos en las placas de los circuitos para encontrar los límites de funcionamiento y las formas de fallo. Los dispositivos semiconductores se forzaron hasta el fallo para determinar sus limitaciones. Según avanzaba el proceso de selección de componentes se modificaba el diseño del amplificador para incluir aquellos elementos que pasaban con éxito las pruebas. Después se cambiaron las pruebas de esfuerzo al nivel de amplificador donde de nuevo se utilizaron masivamente estudios con infrarrojos.

Cuando el diseño del HPA y la selección de componentes se estabilizó se creó un programa de pruebas a largo plazo. El ciclado acelerado se utilizó de nuevo. Como la fiabilidad se había elevado hasta tal punto que los fallos eran improbables, el esfuerzo se dirigió a examinar periódicamente los amplificadores, tanto física como mecánicamente, para buscar posibles áreas de deterioro. Este programa se espera que continúe como parte del aseguramiento de la fiabilidad a largo plazo.

Tan pronto fueron puestos en producción los HPA, se comprobó que muchas de las etapas de fabricación eran componentes críticos en la fiabilidad total. Esto llevó a poner controles cuidadosos en los procedimientos de fabricación e inspección y a dar un entrenamiento detallado al personal involucrado. Este es un programa continuo a causa de los cambios en el personal y en los procesos de fabricación.

Tomado en conjunto, este programa de fiabilidad del HPA ha tenido mucho éxito creando un producto que trabajará durante largos períodos de tiempo en un entorno difícil.

Control

Una parte clave de la fiabilidad del HPA es la operación con alta eficiencia. Por cada vatio de potencia RF generada por el amplificador hay dos vatios de potencia disipados en calor. La relación entre la salida de potencia y el total de potencia con-

sumida da la eficiencia, generalmente expresada en porcentaje. Para maximizar la eficiencia, el HPA tiene control separado de las tensiones aplicadas a cada etapa individual del amplificador. Esto permite llegar a compromisos entre la tensión suministrada y la potencia que se pasa en cada etapa. Como la salida de potencia se ajusta hacia abajo el punto de operación se puede mantener.

El circuito de control utiliza grandes dispositivos MOSFET para controlar la tensión aplicada a los transistores del amplificador. Estos dispositivos tienen una resistencia de trabajo muy baja que permite que la caída de tensión mínima sea muy pequeña, y por tanto que la disipación de potencia en el MOSFET sea baja. Esto contribuye de nuevo a la alta eficiencia. Los emplazamientos telefónicos celulares están la mayoría de la veces alimentados por baterías con acumuladores. Esto puede dar lugar a un amplio margen en la tensión de funcionamiento del equipo. Cuando la tensión está en la parte alta de este margen, los MOSFET realizan una función de regulación de la tensión y los circuitos de control establecen la tensión aplicada a los transistores del amplificador.

El circuito de control supervisa una serie de condiciones de operación:

- nivel de transmisión de salida
- potencia de salida
- potencia reflejada de salida
- consumo real del amplificador
- temperatura de operación.

Estas condiciones se utilizan para controlar las tensiones de la etapa amplificadora, no sólo para producir la salida de potencia deseada, sino que también para tomar acciones correctoras en caso de situaciones anormales de operación. Por ejemplo, si la temperatura del amplificador excede del punto de operación de seguridad, quizás a causa de un flujo de aire bloqueado, los circuitos de control reducirán la potencia de salida a la mitad de la existente. Esto

reducirá el calor generado y permitirá la operación continuada con alguna degradación. Si esta acción no tiene éxito manteniendo el HPA a una temperatura de seguridad entonces el circuito de control parará totalmente al HPA como prevención de averías.

Supervisión

Se suministra un interfaz de ordenador en el HPA para permitir la supervisión de fallos. Esto permite que el personal de mantenimiento disponga de un resumen del estado de operación alertándole de la necesidad de servicio en su caso. Los tipos de información de interfaz que se pueden suministrar son:

- salida de potencia de RF baja
- temperatura excesiva que causa la reducción de potencia
- temperatura excesiva que causa la parada
- potencia excesiva reflejada en la salida del HPA.

Conclusiones

Los requerimientos de cobertura celular en las áreas rurales obligan a tener un equipo de radio con receptores de alta sensibilidad y transmisores de alta potencia. El equipo celular estándar se puede adaptar al uso rural mediante cambios en las antenas, en los amplificadores de recepción RF y en los amplificadores de transmisión. Los amplificadores de alta potencia utilizados en la operación rural requieren muchas consideraciones especiales para asegurar su fiabilidad de la operación. La identificación de todos los puntos potenciales de fallo en aquellos amplificadores requiere una combinación sistemática de diseño y verificación experimental. A lo largo de este proceso ha sido posible producir equipos celulares de estación base capaces de una operación fiable a largo plazo.

La actual generación de equipos celulares RF para áreas rurales per-

mite la cobertura de grandes áreas con un número mínimo de emplazamientos de células. Esto reduce los costes del suministro en estas áreas. Además, el coste relativamente bajo del equipo celular tipo rural lo hace muy adecuado para su uso en países que actualmente no tienen sistemas telefónicos completos.

Referencias

1. R. J. Holbeche: Land Mobile Radio Systems, Peter Peregrinus Ltd., Londres, 1985
2. W. C. Y. Lee: Mobile Communications Design Fundamentals, Macmillan, Inc., Indianápolis, IN, 1986
3. E. C. Guyer: Handbook of Applied Thermal Design, McGraw Hill, Nueva York, 1989, Parte 7.
4. J. H. Lau: Solder Joint Reliability, Van Nostrand Reinhold, Nueva York, 1991, págs. 225-380.
5. T. S. Laverghetta: Microwave Materials and Fabrication Techniques, Artech House, Inc., Dedham, Mass, EE.UU., 1984, págs. 9-50.

Robert Larkin recibió el grado MS en ingeniería electrónica por la Universidad de Nueva York en 1964. De 1961 a 1973 estuvo en Bell Laboratories. De 1973 a 1991 ha sido director general de Janel Laboratories. En 1991 Janel fue adquirido por Celwave RF, donde el Sr. Larkin es actualmente Senior Staff Scientist.

Martina Testa recibió el grado Diplomingenieur en ingeniería electrónica por la Universidad de Karlsruhe, Alemania, en 1987. Empezó a trabajar en Janel, que más tarde pasó a formar parte de Celwave RF, en 1989, donde era responsable del diseño y desarrollo de los productos de amplificadores de potencia. Es actualmente directora de ingeniería del laboratorio Corvallis de Celwave RF.

Alcatel 4400, sistema de comunicación de empresa abierto y evolutivo

E. Barriot

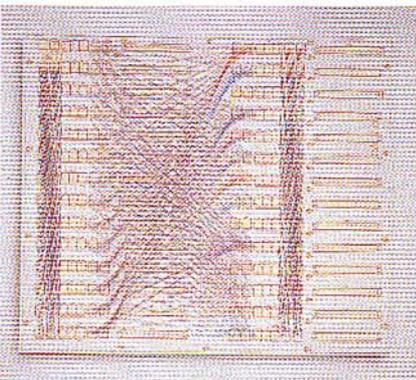
Alcatel Business Systems, Colombes, Francia

Introducción

Para mantener su competitividad, las empresas modernas deben adaptarse diariamente a su entorno económico y social en perpetua evolución. La globalización de los mercados, descentralización de la producción, multiplicación de las asociaciones, generalización de la liberalización, emergencia del trabajo a domicilio, tareas repartidas entre varios emplazamientos: son tantos los factores que actúan en el contexto en el que evoluciona la empresa y que la obligan a tener en cuenta un nuevo elemento decisivo de la competitividad, el *factor tiempo*. Frente a la complejidad creciente de su entorno y a su imperativa necesidad de reaccionar, la empresa de los años 90 debe disponer de un sistema de comunicación capaz de suministrar la información, en el plazo más breve posible y sea cual sea la fuente, a las personas que lo requieran allí donde se encuentren.

Por tanto, el sistema de los años 90 debe evolucionar y cumplir cinco nuevas misiones: ofrecer una infraestructura de transporte multimedia,

Foto A - Estructura interna multipunto a punto del ACT



adaptarse día a día a la organización en red de la empresa, dar acceso a servicios con valor añadido personalizables y ofrecer a los usuarios un gran confort de uso al tiempo que tiene en cuenta su movilidad.

Con Alcatel 4400, Alcatel aporta una contribución decisiva al reto que las empresas deberán aceptar durante el próximo decenio.

Una infraestructura de transporte multimedia

A lo largo de los años, las empresas han tejido una red telefónica accesible a cualquier usuario de un terminal, en cada punto de su organización. En el transcurso de los años 80, la generalización de los microordenadores y su puesta en red progresiva y después sistemática, ha hecho que, paralelamente, se multiplicaran las topologías, los flujos de transmisión y los protocolos de comunicación. Hoy en día todo ello constituye en la empresa unas "mejoras" difícilmente controlables, que hacen que busquen la integración. La integración deseada, que se alcanza raras veces, es sin embargo sinónimo de coherencia, transparencia e importantes economías, así como de seguridad para los responsables de la empresa, instantaneidad, permanencia y sencillez de acceso a la información, para los usuarios. Para poder integrar los diferentes flujos de comunicación y recibir pronto las muy altas velocidades permitidas por el ATM (modo de transferencia asíncrona), que será una realidad en un futuro muy cercano, era preciso ir más allá de la propia naturaleza de las centralitas (PABX) y poder con-

mutar indiferentemente voz, datos e imagen con los mismos derechos y la misma calidad de servicio. Para responder a esta necesidad de unificación, Alcatel Business System ha diseñado una arquitectura de transporte innovadora: el ACT™ (Alcatel Crystal Technology), patentada a nivel internacional.

Una interconexión con mallado completo

ACT es una técnica que permite la interconexión de los acopladores por mallado completo de los interfaces. Cada tarjeta de cada ranura que compone un sistema incluye un componente de acceso y de conmutación rápida que efectúa un enlace directo con cada una de las demás tarjetas. El mallado integral se realiza mediante un fondo de soporte en circuito impreso de 14 capas (**Foto A**). Esta tecnología presenta las ventajas siguientes.

Multitopología: pueden coexistir varias topologías: bus, anillo, estrella. El ACT permite adaptar la configuración a cada situación. Por ejemplo, se utiliza una topología en estrella para transportar la señalización entre periféricos y procesador de control y simultáneamente, se utiliza un bus Ethernet para intercambiar informaciones a 10 Mbit/s entre este mismo procesador y otros que soportan aplicaciones.

Velocidades elevadas: para que un sistema sea evolutivo debe tener, desde su diseño, la capacidad de ofrecer los servicios y medios de transmisión que estén progresivamente disponibles. Por tanto, la arquitectura ACT ha sido diseñada para soportar las

elevadas velocidades asociadas a la tecnología ATM. Se han realizado ensayos con éxito a velocidades que superan los 650 Mbit/s (**Foto B**).

Una técnica de conmutación no bloqueante

En su versión actual, el ACT interconecta las tarjetas de una ranura por medio de enlaces a 8 Mbit/s y un canal de paquetes de 256 kbit/s, utilizado para transportar la señalización entre periféricos y el procesador de control. En cada tarjeta, un componente C1 Alcatel gestiona los canales hacia las demás tarjetas. La conmutación está totalmente repartida y no es bloqueante. Un componente C2 permitirá ofrecer los servicios de conmutación de banda ancha en las próximas versiones del producto, al tiempo que asegurará la compatibilidad con los primeros acopladores disponibles.

Una infraestructura fiable y "a medida"

En las centralitas automáticas (PABX) tradicionales, las principales funciones están centralizadas. El diseño original de ACT asigna a cada tarjeta su procesador local, su capacidad de conmutación y sus auxiliares. La alimentación, los detectores de frecuencia y los de tono también están repartidos. Esto confiere al sistema una gran fiabilidad: el fallo de un enlace o de una tarjeta no perturba el funcionamiento del resto del sistema.

La infraestructura de transporte, asociada a la configuración de la empresa, se adapta fácilmente a su evolución, ya sea mono o multiemplazamiento gracias al diseño del ACT.

Servicios de red para todas las situaciones

La noción de red no está sistemáticamente asociada a la del tamaño. Una empresa de mediana dimensión está frecuentemente constituida por una sede central en una ciudad y un taller de producción y/o un área de

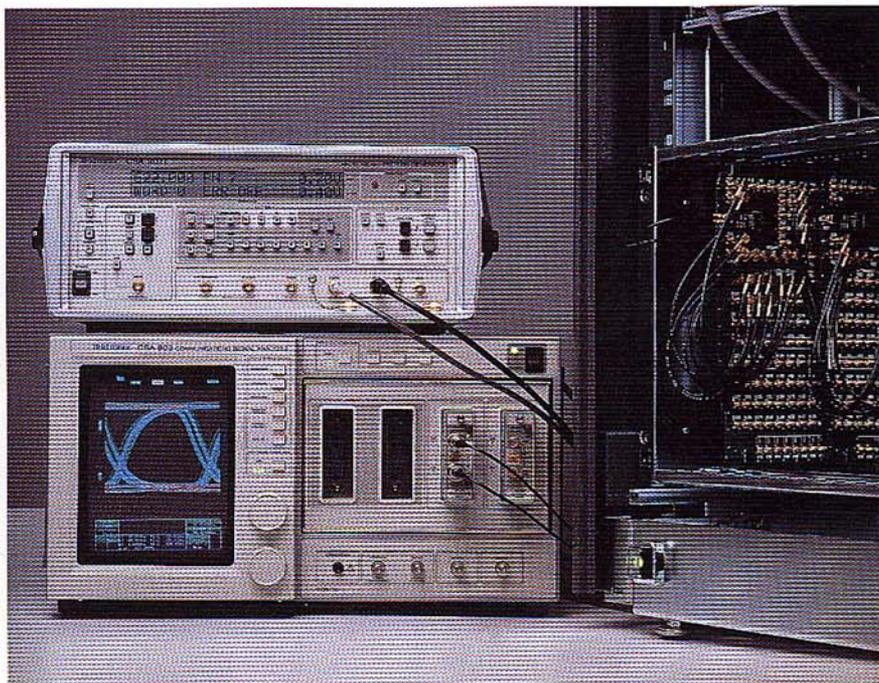


Foto B - Visualización del diagrama del ojo, que muestra las prestaciones del ACT a 622 Mbit/s

almacenamiento en la periferia. Un ayuntamiento posee enlaces con sus diversos anexos y un hospital o una universidad deben poner en comunicación varios edificios en un mismo campus.

Por su propio diseño, la arquitectura ACT responde perfectamente a la conectividad de los emplazamientos de una empresa o de una colectividad. Su estructura multitopológica reconfigurable permite la utilización de todos los tipos de redes, tanto en el interior de un único emplazamiento como en emplazamientos remotos, y facilita su evolución sin poner en tela de juicio la inversión inicial. Basándose en esta flexibilidad, el Alcatel 4400 se adapta a todas las situaciones: red virtual, red heterogénea y red homogénea.

La red virtual

Si un operador público dispone de un servicio de red virtual, la empresa lo puede utilizar. Esta solución satisface particularmente a las empresas con numerosos emplazamientos, de pequeño tamaño y repartidos en todo el territorio. En este caso, el

Alcatel 4400 se conecta a la red pública por medio de enlaces digitales T2 ó T0. La red virtual funciona en superposición con la red pública RDSI. El nivel de servicios depende del ofrecido por el operador.

La red heterogénea

Una red multiemplazamiento se construye generalmente de forma progresiva en el marco de una expansión o fusiones de empresas. Un gran número de empresas deben gestionar soluciones multiprovedores, tanto más extendidas cuanto más internacional sea la red. En este entorno, las normas son la clave de la conectividad que garantiza un nivel de servicio mínimo. Alcatel 4400 integra los protocolos e interfaces necesarios.

El protocolo Q.SIG del ETSI: la especificación IPNS (ISDN PABX Networking Specification) elaborada por Alcatel y Siemens en 1989 ha presidido el desarrollo de la norma Q.SIG (Q interface SIGnalling) del ETSI. Reconocido a nivel internacional por ISO, este protocolo pone en

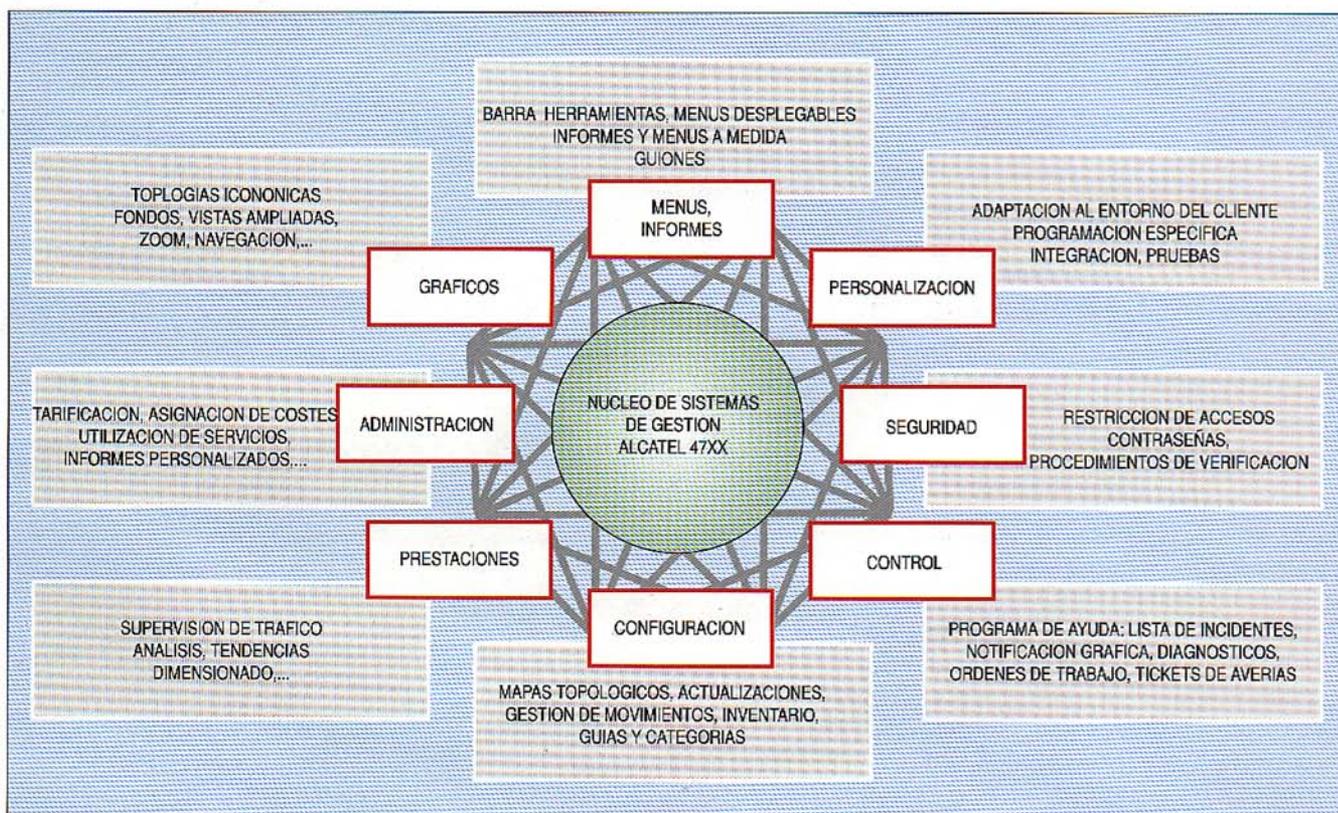
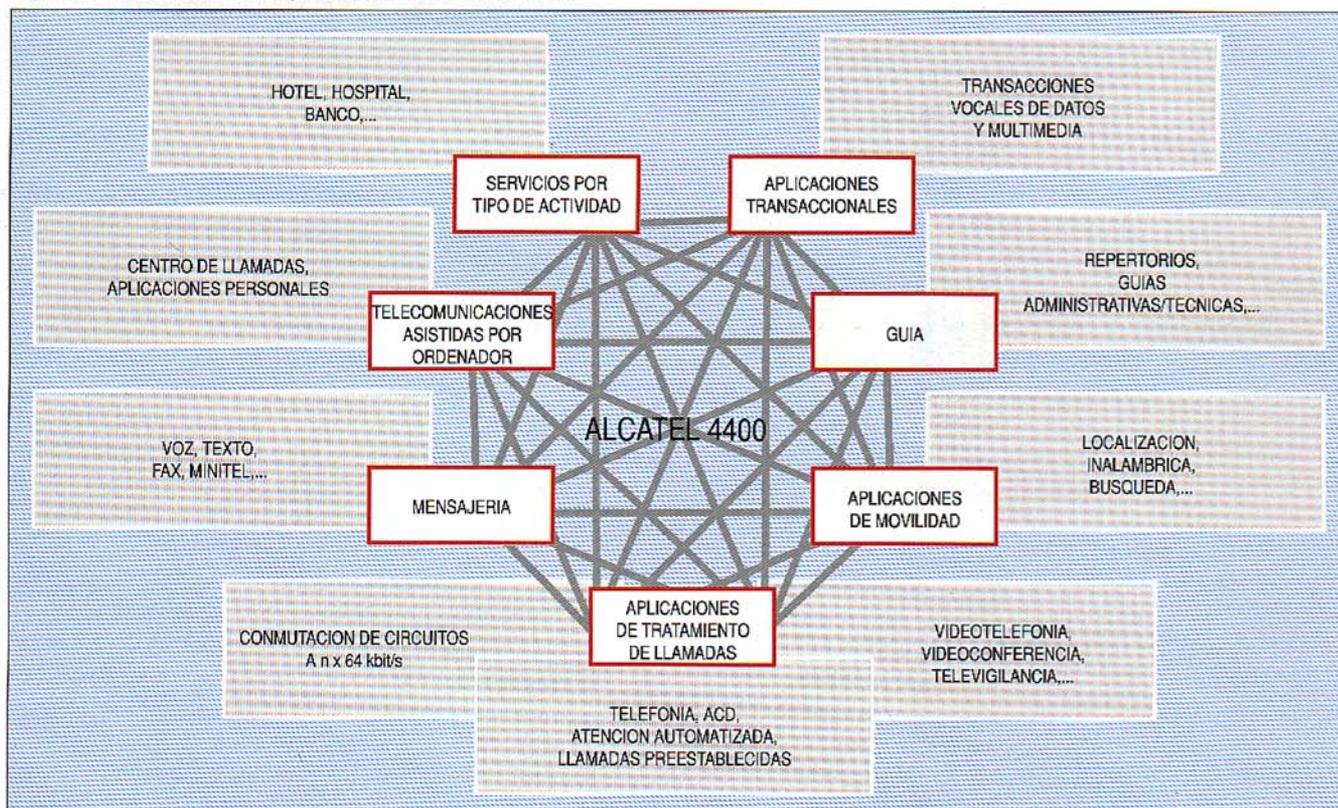


Figura 1 - Arquitectura de los sistemas de gestión de la gama Alcatel 47XX

Figura 2 - Arquitectura de aplicaciones del Alcatel 4400



aplicación mecanismos que permiten un nivel de funcionamiento entre máquinas de diferentes fabricantes sin obstaculizar que se empleen por máquinas exclusivas, permitiendo de este modo que cada fabricante desarrolle un diálogo enriquecido entre sus propios equipos. Esto es precisamente lo que hace Alcatel al desarrollar el protocolo ABC (Alcatel Business Communication), superconjunto de Q.SIG.

La red homogénea

El protocolo ABC garantiza la mayor calidad de servicio posible entre sistemas Alcatel, gracias a:

- la aplicación y la facilidad de empleo de las funciones telefónicas con ABC-F,
- la optimización del encaminamiento de las comunicaciones con ABC-R y
- la unificación de la gestión de la red con ABC-M.

ABC-F (Features) define los mensajes del control de llamadas y los pro-

cedimientos entre nudos de red privada, y contiene la misma señalización de núcleo que la definida por el UIT-T para el interfaz usuario-RDSI.

ABC-R (Routing) implanta mecanismos de encaminamiento adaptativos distribuidos que, al permitir que cada nudo tenga una visión completa de la topología de la red, autoriza, por cada llamada, el cálculo del canal más económico hacia cada uno de los otros nodos.

ABC-M (Management) permite la transmisión de los elementos de gestión de red a un sistema de gestión.

Gestión de la red

La gestión de red de Alcatel 4400 puede optimizarse utilizando un sistema de la gama 47XX (Figura 1). A título de ejemplo en los grandes sistemas, el Alcatel 4750 (Foto C) permite transmitir las informaciones de gestión a los planificadores, gestores y administradores de la red. Dotado de un sistema de explotación abierto, de una base de datos relacional y de

un software gráfico, el Alcatel 4750 ofrece a sus usuarios servicios de presentación de calidad y aplicaciones sofisticadas (ver *Comunicaciones Eléctricas*, 4º trimestre 1993).

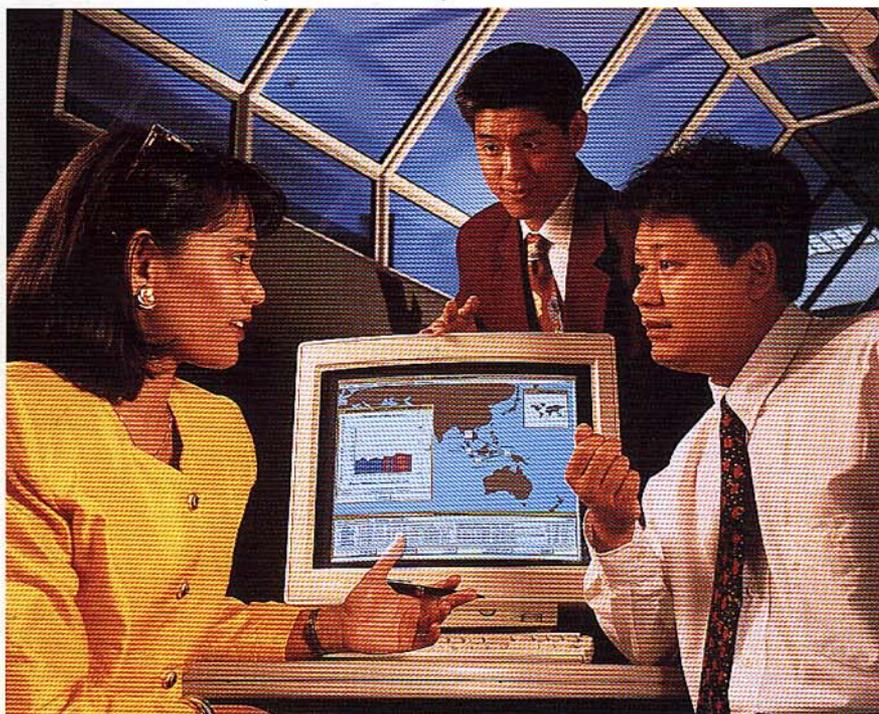
Un sistema de comunicación abierto a soluciones personalizadas

La evolución de las necesidades de comunicación influye en gran medida en la definición de dos componentes esenciales de la centralita, la matriz de conmutación y la unidad de control. Al igual que la red de conexión con el ACT, la unidad de control ve como se modifica su cometido: como los servicios solicitados son cada vez más complejos, debe reunir todas las aplicaciones que presenta el sistema y evolucionar con las necesidades del usuario. Alcatel 4400 pone en práctica una nueva arquitectura de aplicaciones basada en un sistema de explotación estándar.

Chorus-MiX, sistema de operación abierto y evolutivo

Hasta la fecha, las centralitas estaban diseñadas en torno a sistemas de operación (OS) exclusivos y rígidos. Para responder a las exigencias de apertura y evolución de las empresas, Alcatel se ha decidido por un nuevo OS en tiempo real, conforme con el estándar System V de UNIX™, Chorus-MiX™. Este estándar se está convirtiendo rápidamente en un estándar internacional que no sólo ha sido adoptado por Alcatel, también lo han adoptado empresas como AT&T, Cray Research, ICL, Olivetti, SGS Thomson, Siemens y Tandem Computers. Basado en la tecnología denominada del *micro-núcleo*, extiende el campo de aplicación de UNIX a nuevos contextos como la informática en tiempo real, las arquitecturas multiprocesadores o los sistemas con tolerancia de averías. Al permitir la utilización de paquetes de programas estándares, Chorus-MiX hace que nuestros

Foto C - Estación de trabajo del sistema de gestión Alcatel 4750



equipos de desarrollo software puedan concentrarse en el nivel de aplicación que aporta servicios eficaces a los usuarios.

Las aplicaciones de comunicación

Las aplicaciones de comunicación que presenta Alcatel 4400 (Figura 2) se pueden clasificar en tres categorías.

Comunicación en tiempo real: estas aplicaciones de comunicación se refieren a la comunicación punto a punto o punto a multipunto y se reagrupan bajo la terminología de tratamiento de llamadas. Cubren la comunicación en tiempo real de la voz, los datos y la imagen: telefonía, centralita automática, distribución automática de llamadas (ACD), pre-establecimiento de llamadas (para servicio de telemarketing), videotelefonía y videoconferencia.

Comunicación en tiempo diferido: esta categoría abarca las aplicaciones de mensajerías: vocal, telefax, texto y multimedia.

Servicios de valor añadido: Se trata de los servicios ofrecidos por aplicaciones que aportan los complementos necesarios para satisfacer necesidades de orden general o que responden a la demanda de sectores de actividades particulares, como la guía, las aplicaciones transaccionales (respuesta vocal interactiva), las oficinas, los hospitales, los hoteles y los bancos. La arquitectura de aplicación de Alcatel 4400 no se limita a una lista cerrada de servicios, sino que también brinda la posibilidad de colaborar con aplicaciones suministradas por otros socios para:

- ofrecer *nuevos servicios*,
- realizar *soluciones optimizadas* que asocien aplicaciones Alcatel con las de otros fabricantes. Esta cooperación se basa en la utilización de protocolos normalizados que eventualmente se pueden ampliar cuando el nivel de servi-

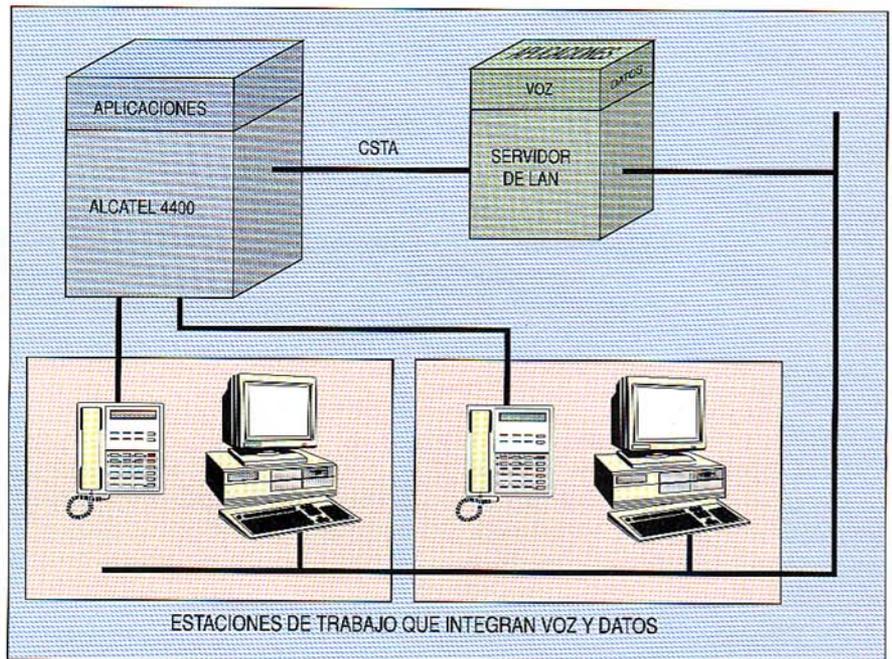


Figura 3 - Una empresa ya equipada con una red local puede beneficiarse de aplicaciones que integren voz y datos (p. ej., telemarketing) utilizando el CSTA

cio lo requiera. En este campo, Alcatel 4400 integra los protocolos, especificaciones e interfaces más utilizados del mercado.

Protocolos e interfaces adoptados por Alcatel:

- **Protocolo CSTA del ECMA:** Computer Supported Telephony Application (CSTA) es una especificación que el ECMA (European Computer Manufacturers Association) adoptó en 1992 y que se utiliza para la cooperación a nivel de aplicación entre equipos informáticos y de telecomunicaciones. Tiene como finalidad la normalización de los servicios (ECMA-179) y del protocolo (ECMA-180) entre las aplicaciones ofrecidas por centralitas y sistemas informáticos. Esta especificación (niveles 6 y 7 de ISO) implica el uso del ROSE (Remote Operations Services Element, Rec. X.219 del UIT-T). Por tanto, es una herramienta ideal para proponer soluciones en el campo de los centros de llamadas y de

las aplicaciones personales de oficina (Figura 3).

- **Interfaces de programación de aplicaciones (API)** Para facilitar el desarrollo de aplicaciones, Microsoft y Novell han anunciado en 1993 la disponibilidad de interfaces de programación API (Application Programming Interface) que permiten el acceso a los servicios de telecomunicación a aplicaciones WindowsTM o NetwareTM. **TAPI** para Microsoft y **TSAPI** para Novell. Estos interfaces, totalmente compatibles con CSTA, van a contribuir rápidamente al desarrollo de un oferta de aplicaciones muy amplia con las centralitas que los tengan en cuenta, como Alcatel 4400. De igual forma, IBM y DEC desarrollan pasarelas compatibles con la mencionada especificación. La oferta de aplicación de Alcatel 4400 permite que la empresa optimice sus recursos de información y comunicación, aumente la productividad de sus personal y ofrezca a sus interlocutores servicios de valor añadido.

Los terminales "naturales"

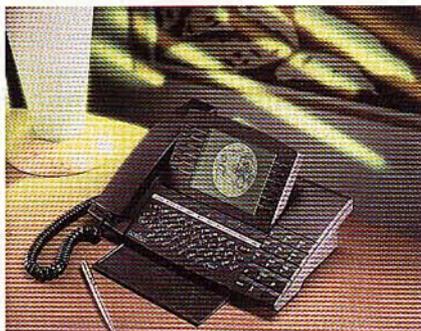
Los servicios ofrecidos por el sistema serán tanto más eficaces cuanto más fáciles sean de utilizar. Los terminales de Alcatel 4400 se han desarrollado sobre criterios de ergonomía y de eficacia: aparatos reflejos, estaciones de trabajo para operadores y terminales multimedia.

Los aparatos reflejos

Los nuevos terminales de Alcatel 4400 han sido diseñados para estimular permanentemente los reflejos de la empresa. La reacción suscitada por una información es tanto más espontánea cuanto más clara e inmediata sea su percepción: poniendo en aplicación esta idea, los aparatos reflejos explotan plenamente la coordinación del gesto y de la mirada (**Foto D**).

Diálogo simple: la pantalla principal del terminal comprende dos zonas de visualización. Una de información y otra de diálogo que propone un serie de acciones *en función del contexto*. Según el estado en que se encuentren los terminales en comu-

Foto D - Terminal reflejo Alcatel 4023 con teclado alfabético integrado y Alcatel 4040 con pantalla plana



nicación, se visualizan las posibles funciones. Basta con pulsar la tecla de función correspondiente a la función elegida para que se active.

Facilidad: para aumentar aún más la facilidad de los terminales reflejos, las teclas se han distribuido en cuatro zonas según el tipo de utilización:

- *teclas de confort* (altavoz, manos libres, micro),
- *teclas preprogramadas* que sirven para las funciones más utilizadas,
- *teclas de recursos* asignadas a los accesos que caracterizan el flujo de comunicación de los usuarios (números directos, líneas privadas, supervisión de otros aparatos),
- *teclas programables* (marcaje automático de números, filtrado, intercepción de llamadas, reencaminamientos, etc.).

Comprensión inmediata: un juego de tres iconos que aparece frente a cada tecla permite comprender inmediatamente la información. Cada uno de los iconos puede parpadear, indicando así el estado de las llamadas (en curso, en espera, etc.) y la activación de las funciones.

Modularidad: el número de teclas de cada tipo varía según los modelos de aparato y puede ser ampliado por módulos de 20 a 40 teclas. Para facilitar la utilización de ciertas funciones (llamada por nombre o iniciales, mini-mensajería), se puede asociar al aparato un teclado alfabético.

Para facilitar el acceso a servidores y redes exteriores, los aparatos reflejos pueden ir equipados de tomas S0 y V24 que permiten la conexión de un ordenador, un telefax o un terminal de videotex.

Alcatel 4040: el modelo más evolucionado de la gama, este aparato ha sido estudiado para aportar una mayor accesibilidad a los servicios ofrecidos, con un teclado alfanumérico integrado y una pantalla gráfica

de 320 x 240 pixels retroiluminada asociada a 12 teclas de función. Esta pantalla permite utilizar numerosos iconos y su inclinación es ajustable para su perfecta legibilidad. De diseño modular, se le pueden añadir ciertas opciones, como una toma V24 ó S0 u otras que le permiten ampliar su capacidad de memoria o leer las informaciones contenidas en una tarjeta inteligente.

Los aparatos reflejos han recibido dos premios: "Valeur et design 93" y "Janus 93", recompensa al resultado de una investigación especialmente puntera en los campos de la estética y de la ergonomía.

Los terminales de operador

Están disponibles tres modelos de terminales de operador: la estación Alcatel 4034, una consola para invidentes y el terminal Alcatel 4058. Este último es una estación de trabajo que incluye un aparato reflejo del tipo 4034 al que va asociado un microordenador compatible IBM, cuyo software ha sido desarrollado bajo Windows. El conjunto de las informaciones se visualiza en una pantalla de color y el estado de los aparatos supervisados aparece en la pantalla mediante iconos apropiados a la función de centralita telefónica (**Foto E**).

Los terminales multimedia

La empresa debe poder integrar voz, datos o imágenes en un solo documento. A partir de ahora, será posible informar, formar, debatir, dialogar, producir, intervenir a distancia, todo a costes accesibles. Con los canales a de n x 64 kbit/s del Alcatel 4400, la comunicación multimedia se vuelve operacional y permite transportar imágenes animadas de calidad. Se basa en tres componentes del sistema: la infraestructura de transporte, las aplicaciones y los terminales.

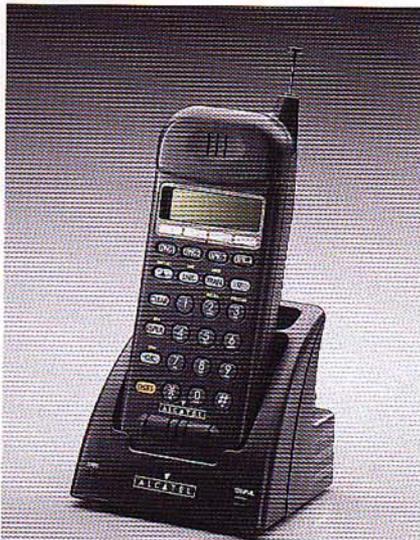
Alcatel 4054, estación de trabajo multimedia: Alcatel ha elegido como base de estación multimedia un



Foto E - Terminal de operador Alcatel 4058

microordenador (tipo PC) que funciona con Windows. Alcatel 4054 permite la videotelefonía, la videoconferencia y el acceso a distancia a servidores de imágenes fijas o animadas. De este modo, interlocutores distantes pueden trabajar en un mismo documento integrando el texto, gráficos o imagen. La compatibilidad con otros terminales o equipos multimedia del mercado así como la

Foto F - Terminal móvil de bolsillo Alcatel 4075



evolución están garantizados por el respeto de las normas H261, H320, JPEG y MPEG. Esta estación de trabajo es compatible con TAPI y puede recibir, además de los interfaces corrientes (ratón, impresora, etc.), interfaces con LAN, una segunda entrada y una salida de vídeo. Se pueden conectar un microteléfono, un micro separado y un altavoz exterior. Actualmente la versión básica de esta estación comprende un CD-ROM (disco óptico), un disco duro y un lector de disquetes. Se ha previsto ulteriormente un interfaz PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association).

Terminales de videotelefonía: Alcatel desarrolla actualmente dos productos, un terminal y un módulo que permiten al usuario la comunicación por videotelefonía y participa en una videoconferencia desde su despacho.

- *Alcatel 2838, terminal videotelefónica RDSI*

Destinado a enriquecer la comunicación de persona a persona y diseñado en base de tres crite-

rios, facilidad, eficacia y economía, este terminal es conforme a la norma H261 y transmite el vídeo en el canal B del enlace S0/T0. Dispone de una cámara integrada y una pantalla de color de cristal líquido, de 4 pulgadas. También permite visualizar la imagen local en una ventana (PIP: Picture in Picture).

- *Alcatel 4090, módulo videotelefónico*

Esta extensión videotelefónica diseñada para ser asociada a un aparato reflejo, se desarrolla respetando la norma H261 y permitirá integrar al vídeo en los servicios telefónicos.

La ergonomía y variedad de los terminales de Alcatel 4400 responde a las necesidades de los usuarios ofreciéndoles un acceso sencillo a los múltiples servicios del sistema.

Servicios de comunicaciones móviles

Los problemas planteados por la movilidad de los usuarios del sistema telefónico no pueden ser resueltos por una función única. Para un mismo individuo, las necesidades pueden variar en función de las circunstancias. Las soluciones dependen esencialmente del tipo de comunicación que se va a establecer, en tiempo real o en tiempo diferido. El sistema deber ser lo bastante inteligente para poseerlas todas y ofrecer la elección al usuario.

Servicios de movilidad en tiempo diferido

La necesidad de movilidad no es algo nuevo. Desde hace largo tiempo Alcatel ofrece servicios que responden a ella.

Servicios telefónicos: la primera solución consiste en utilizar funciones telefónicas básicas tales como el filtrado y el reencaminamiento, hacia un número interior, exterior o GSM. Otras funciones más elabora-

das, como la sustitución o la petición de rellamada, satisfacen una necesidad de movilidad reducida. Estas soluciones evitan a la empresa una inversión complementaria pero requieren una disciplina importante por parte del usuario.

Servicios de mensajería vocal: al ofrecer un nivel de comunicación más rico, la mensajería vocal permite que cada individuo se desplace libremente en un radio ilimitado. Todos los sistemas de mensajería vocal de Alcatel (4610, 4620, 4630) funcionan de forma integrada con el Alcatel 4400. Esto garantiza que las comunicaciones se realicen con toda seguridad y, por lo general, la inversión realizada por la empresa se amortiza con gran rapidez.

Servicios de movilidad en tiempo real

El Alcatel 4400 responde a esta necesidad optimizando la explotación de los sistemas de búsqueda de personas e integrando la nueva tecnología normalizada de comunicación inalámbrica DECT (Digital European Cordless Telephone).

Búsqueda de personas: el software del Alcatel 4400 integra las funciones necesarias para la utilización eficaz de esta solución: reencaminamiento temporizado a avisador sonoro, búsqueda directa de un avisador sonoro y avisos que informan al solicitante de las maniobras a efectuar. Esta solución es conveniente para personas muy móviles en la empresa, pero que deban gestionar pocas comunicaciones ya que implica que el usuario se desplace para responder.

Comunicación inalámbrica: las nuevas tecnologías permiten simplificar la utilización de los sistemas de comunicación inalámbrica. Con objeto de ofrecer una total libertad de movimientos así como un elevado nivel de servicio, Alcatel 4400 integra la tecnología DECT a dos niveles, el de los interfaces y el de los aparatos.

- **La estación de base**

En 1994, las estaciones que gestionen una treintena de terminales móviles y con una cobertura de radio de 30 a 200 m podrán conectarse al Alcatel 4400. La utilización de servicios de gama alta como la localización automática del móvil y la continuidad de la comunicación en caso de cambio de célula se extenderá a las redes multiemplazamiento. El sistema gestionará los terminales móviles al igual que los terminales con cable.

- **Los terminales**

EL primer terminal DECT de Alcatel, el Alcatel 4075 (**Foto F**) ofrece todos los servicios y facilidades de utilización asociados a los aparatos reflejos en un modelo de bolsillo: teclas de función, teclas programables, pantalla de dos líneas (una de 16 caracteres y una de iconos). Pesa 230 gramos y tiene una autonomía que va de 6 horas en conversación a 24 en reposo.

Al integrar todas las soluciones que responden a la necesidad de movilidad, el Alcatel 4400 permite que el usuario elija las más adaptadas en función de las circunstancias. Pero la movilidad no es un fin en sí, es la prolongación de la comunicación del ayer y el primer paso hacia la del mañana: la comunicación personal. Es en esta dirección en la que se desarrollarán nuevas aplicaciones en el Alcatel 4400.

Conclusión

Gracias a su original diseño, el Alcatel 4400 puede desempeñar las funciones múltiples y esenciales que se esperan del sistema de comunicación del mañana: simultaneidad de centralita, concentrador (hub), multiplexor, frontal de comunicación inalámbrico, integrador de comunicación multimedia y plataforma de aplicaciones. Responde a la necesi-

dad de unificación de los sistemas de información de las medianas y grandes empresas y les ofrece la ventaja de ser abierto y evolutivo. Apertura y evolución son las palabras clave que expresan a la vez las principales ventajas de este nuevo sistema y las llaves del éxito de las empresas, tanto hoy en día como mañana.

Bibliografía

- Alcatel 4400, autocommutateur privé large bande: Pierre Bachelet, A. Marchesin y R. Riff, *Commutation et Transmission*, 4, 1993.
- A state-of-the-art networking solution: F.Sévèque y W. Sussman, *L'onde Electrique*, septiembre/octubre 1991, volumen 71, nº 5.

Eve Barriot, diplomada del Centro de Estudios Superiores Industriales de Gif-sur-Yvette en Francia se incorporó al grupo en 1979 en el seno del departamento de exportación de la División de Telefonía Privada de Alcatel CIT. Dedicó varios años a la red de distribuidores en Africa y en Asia, y después asumió la responsabilidad de la zona de Extremo Oriente y en 1989 la del soporte de Marketing de una línea de productos. Después de haberse encargado de la promoción de productos de Alcatel Business Systems en el mercado internacional durante tres años, se incorporó al equipo de estrategia de productos de la División Productos y Tecnología del Business System Group, en el que está encargada de formalizar y difundir la estrategia de los productos en el seno del mismo grupo.

Notas de investigación

Breve repaso a algunos de los logros obtenidos en los laboratorios de investigación de Alcatel en todo el mundo

Filtro de microondas pasivas superconductor

Los nuevos descubrimientos de los superconductores de alta temperatura (HTS) ofrecen un gran potencial a las aplicaciones del espacio de microondas pasivas. Para demostrar las ventajas de sus enormes prestaciones, Alcatel ha iniciado un programa de investigación cuyo principal objetivo es evaluar la factibilidad de la tecnología de superconductores. Se ha elegido un filtro de microondas pasivas como probador: un filtro paso banda Chebychev de siete polos con una frecuencia central a 14 GHz y una anchura de banda de 4%.

Se depositan películas delgadas superconductoras de YBaCuO (de 300 nm) sobre MgO (100) usando la técnica de deposición por impulsos de láser (PLD) a una temperatura de deposición de 750°C y a una presión del oxígeno de 0,2 mbar, en un horno de Alcatel. Se logró el diseño del filtro con ayuda de software de Touchstone. Su geometría consta de líneas de transmisión típicas acopladas en paralelo de $\lambda/4$ y se realiza en tecnología de microcintas. La preparación de las películas se hace mediante técnica de litografía húmeda, empleando EDTA como reactivo. Se deposita una placa de tierra de oro usando crecimiento electrolítico con una capa intermedia de cromo de 20 Å. Para conseguir buenos contactos eléctricos, se usa una técnica de despegue que deposita contactos delgados de Au. Las medidas se efectúan con un equipo de cobre en un criostato de nitrógeno-helio, en una sala de pruebas de dieléctricos totalmente equipada.

Podemos dar aquí los primeros resultados obtenidos con un filtro YBaCuO/MgO. El filtro HTS muestra a 22K una pérdida de inserción paso-banda de -1 dB, mejor en -1,8 dB que un filtro de oro similar (de igual geometría) a igual temperatura realizado en tecnología al estado del arte de microcinta clásica. Fue necesario un factor de calidad de alrededor de 900 para obtener estos resultados, mientras que se necesitan 500 en la versión de oro.

Láser de impulsos de picosegundos integrado monolíticamente para aplicaciones OTDM de 20 a 40 Mbit/s

Los investigadores han realizado un primer láser de pozo multi-cuántico basado en InP integrado monolíticamente que genera impulsos luminosos periódicos ultracortos con una velocidad muy alta de repetición. Se necesitan tales fuentes de luz para los futuros transmisores de ultra alta velocidad de los sistemas ópticos de multiplexación por división en el tiempo (OTDM), a velocidades que van más allá de los 20 Gbit/s. El dispositivo tiene una longitud de 2 a 3,5 mm, con una estructura láser totalmente activa, que comprende una sección de amplificación óptica ampliado excitada por CC y una pequeña sección moduladora (150 μm). El umbral de corriente de este láser es de sólo 30 mA. Con una corriente de excitación sinusoidal aplicada a la sección moduladora, el láser genera impulsos ópticos de 16 ps a la velocidad de repetición de 20 GHz. La velocidad de repetición se varió entre 12 GHz y 21 GHz con diferentes longitudes de dispositivos.

Prueba ATM de Basilea

Alcatel ha instalado, con éxito, en Basilea un conmutador ATM A1000 en la prueba ATM de Basilea dentro del marco del proyecto 1022 del RACE. Esta prueba une el conmutador ATM de Alcatel con equipo ATM de importantes suministradores (ATT, Phillips), universidades y Administraciones telefónicas.

Módulo láser aislante de altas prestaciones

Se ha desarrollado recientemente una familia de encapsulados de láser de altas prestaciones. En la actualidad, la familia comprende dispositivos para la distribución de TV analógica, así como para aplicaciones digitales a 2,5 Gbit/s (STM16); es opcional una mejora para láseres de 10 Gbit/s y para chips moduladores de láser monolíticamente integrados.

Los encapsulados son en mariposa, con simple o doble aislante, y con un refrigerador Peltier. La eficacia de acoplamiento láser a fibra alcanza valores tan altos como el 70%, debido al empleo de óptica esférica.

Los encapsulados han resistido una serie de pruebas siguiendo las normas IEC-68-2 y MIL-883C, que incluyen pruebas de choque a una aceleración extremadamente alta (1500 g), pruebas de esfuerzo térmico de más de 2000 ciclos de temperatura entre -40 C y +70 C, y de almacenamiento a una temperatura de 70 C durante más de 10000 horas.

Mensajería por voz de bajo coste

Un sistema de mensajería vocal se ha construido en torno a un procesador de señal digital y a unos pocos circuitos de memoria. Ofrece un tiempo de grabación de veinte minutos hasta para ocho buzones, así como para guía del usuario y gestión de buzones por aviso acústico. El propietario del buzón puede grabar sus avisos para los llamantes individualmente.

Este modelo de prueba proporciona las bases técnicas para el sistema de mensajería vocal Alcatel 4610 de bajo coste, complementado por una atención automatizada. En extensiones ocupadas o sin respuesta, por la noche o durante sobrecarga de tráfico, la atención automática responde a las llamadas entrantes mediante avisos vocales o las dirige a un buzón.

El Alcatel 4610 es un sistema de un único puerto y se puede conectar a la centralita Alcatel 4100 ó a cualquier otra centralita o sistema de operadoras mediante una línea analógica.

Láser de anillo EDF con generación de impulsos ultra cortos

Con un láser de anillo de fibra dopada con erbio en modo bloqueado activamente, se han generado impulsos con una velocidad de repetición de hasta 40 GHz, con anchura inferior a 10 ps. Los trenes de impulsos son sintonizables entre 1520 y 1570 nm mediante un interferómetro Fabry-Perot incorporado en el anillo de la fibra.

Últimas solicitudes de patentes

Solicitudes de patentes recientemente registradas por Compañías del Grupo Alcatel (la lista no incluye patentes equivalentes en otros países).

Esta lista puede incluir solicitudes de Modelos de utilidad. Para España y EE.UU en lugar de solicitudes de patentes, se incluyen patentes concedidas. Esta solicitudes/patentes pueden solicitarse a las correspondientes oficinas nacionales de Patentes.

TITULO	INVENTORES	NUMERO DE SOLICITUD
SOLICITUDES DE PATENTES AUSTRALIANAS:		
Credit Validation Arrangement	P.A. Goode, R.C.S. Fox, I.M. Garth, J.P. Bae	PL 1231
A Payphone Arrangement	N. Jamons, I.E. Thompson	PL 2561
A Telephone Subset	N. Jamons	PL 2593
Tone detection Method for Telephone Subset	K.A. Crowe, R.C.S. Fox, R.M. Benham, P. Leece	PL 2088
Low Profile Elliptically Polarised Antenna	N. McDonald	PL 1818
Cord Grip Arrangement	C.J. Weiss	PL 3338
SOLICITUDES DE PATENTES FRANCESAS:		
Procédé amélioré pour commande automatique de gain dans un circuit récepteur, et système de mise en œuvre de ce procédé	P. Lopez, T. Podolak	92 03 756
Multiplexeur en longueur d'onde pour système optique intégré	C. Artigue	92 03 910
Installation de pompage pour pomper une enceinte contenant des gaz mélangés à des particules solides ou susceptibles de générer des particules ou condensats solides	E. Taberlet, A. Cacard	92 06 296
Borne de raccordement multi-contacts	A. Defrasne	92 06 428
Source d'impulsion optique et système de transmission optique à solitons comportant cette source	J. Chesnoy	92 04 652
Procédé d'élaboration d'une préforme pour fibre optique	J.P. Dumas, C. Belouet	92 05 811
Elément optique multifibre de câble	B. Joly	92 06 297
Procédé de fabrication d'un câble optique monovoie et procédé de fabrication d'un cordon spirale mixte, câble optique monovoie et cordon spirale mixte obtenus par ces procédés	P. Forget, J.M. Raimbeaux	92 05 936
Procédé de fixation d'un joint compressible sur une feuille réceptrice	J.L. Desmaison	92 05 458
Appareil électronique à touches et afficheur associé	C. Bourel, G. Dortu, M. Raffy	92 05 096
Terminal téléphonique apte à recevoir une carte électronique d'option facultative	C. Bourel, G. Dortu, M. Raffy	92 05 097
Poste ou terminal téléphonique comportant un boîtier auxiliaire inclinable muni d'un afficheur et de touches de fonction	C. Bourel, G. Dortu, M. Raffy	92 05 095
Substrat diélectrique pour hyperfréquences	A.L. Mehaute, S. Galaj, D. Cottevieille, P. Bernier, F. Heliodore, O. Remondière	92 04 811
Moule d'enrobage pour circuit électronique, procédé d'enrobage correspondant, et circuit enrobé au moyen de ce moule	P. Boulay	92 06 480
Circuit d'amplification haute fréquence asservi en puissance	R. Le Barillec	92 05 867
Amplificateur hyperfréquence comportant une boucle de régulation à très haute dynamique	P. Regnier, P. Herreros	92 04 556
Dispositif de démodulation de signaux numériques modulés selon une technique à constellations de modulation alternées	T. Podolak	92 04 101

TITULO	INVENTORES	NUMERO DE SOLICITUD
Matériaux synthétiques, notamment pour l'isolation électrique des câbles d'énergie haute tension	J.V. Barraud, S. Gervat, B. Boutevin, J.P. Parisi, Y. Parsie	92 04 175
Amplificateur optique à fibre et système optique comportant cet amplificateur	J. Chesnoy	92 04 505
Dispositif d'asservissement de la tension de polarisation continue d'un modulateur externe de lumière	O. Gautheron	92 04 649
Dispositif rayonnant à large bande passante	J. Boby, M. Devicque	92 04 650
Dispositif de terminaison de liaison optique	F. Marcel	92 05 300
Dispositif de transduction optoélectronique pour équipement de terminaison de liaison optique, et application à divers types de liaisons optiques	F. Marcel, C. Eldering, S. Allaire	92 05 299
Régénérateur de signaux numériques formés de trames, notamment pour installation de transmission numérique par voie hertzienne	P. Roux	92 05 233
Système optique configurable automatiquement pour le raccordement d'installations d'abonné à un centre de commutation d'un réseau de télécommunication	P. Vinel, P. Perrier	92 04 400
Système de raccordement optique d'installations d'abonné à un centre de commutation d'un réseau de télécommunication	P. Vinel, P. Perrier	92 05 398
Système optique de raccordement d'installations d'abonné à un centre de commutation d'un réseau de télécommunication assurant des services interactifs et des services non interactifs	P. Vinel, P. Perrier	92 05 399
Valise de contention et de transport de cartes électroniques ou autre petit matériel pour appareillage électronique	D. Noblet	92 04 427
Dispositif de contention pour cartes électroniques	D. Noblet	92 04 426
Procédé de télécommunication optique	B. Biotteau	92 03 244
Dispositif de traitement de signaux se présentant sous forme de paquets	P. Lopez, T. Podolak	92 03 755
Dispositif de commande de gain dans un récepteur de signaux d'information	T. Podolak, P. Lopez	92 03 754
Conducteur optique multiguide	J.P. Dumas, R. Jocteur	92 02 728
Matériaux polymère de type polyuréthane acrylate pour revêtement de fibre optique ou pour ruban à fibres optiques	J.V. Barraud, S. Gervat, V. Ratovelomanana, B. Boutevin, J.P. Parisi, A. Cahusac; R. Jocteur	92 04 222
Réseau de télécommunication réalisant séparément un traitement d'appel et un traitement de connexion	B. Vilain	92 09 393
Agrafe auto-dénudante de mise à la masse d'un câble	M. Fouquet	92 09 092
Procédé pour réduire la diaphonie entre une ligne différentielle et une ligne non différentielle raccordées aux bornes d'un connecteur multi-points	Y.-N. Le Nohaic, M. Speisser	92 09 049
Dispositif de raccordement d'une station à un réseau local comportant au moins un anneau	J. Guezou, J. Lassaux	92 08 613
Procédé d'allocation de fréquences porteuses pour la transmission simultanée, notamment sur une liaison optique, d'une pluralité de signaux modulés	L. Adnet	92 06 799
Système de transmission d'informations numériques, notamment sur une liaison optique	B. Le Mouel, F.-X. Ollivier, J.-L. Pamart	92 09 047
Source optique semiconductrice à prédistorcion	J.-P. Hebert	92 10 044
Elément d'extension pour boîtier	C. Delpech, F. Reptin	92 07 756

TITULO	INVENTORES	NUMERO DE SOLICITUD
Procédé de correction des cartes affectant un signal vidéo par une liaison de type paire de fils et interface dotée d'un agencement de correction correspondant	M. Chmielnicki	92 08 368
Système d'adaptation entre une fiche d'antenne et un socle d'un radiotéléphone	J.-C. Villain	92 09 171
Lecteur de cartes à puce	M. Hania, R.-C. Ozouf	92 07 575
Ensemble constitué d'un appareil et d'un tiroir destiné à recevoir cet appareil pour son utilisation, et appareil extractible faisant partie de cet ensemble	Y. Reze	92 06 777
Appareil électronique transformable pour montage mural ou en baie	Y. Reze	92 06 776
Dispositif de télécommande pour installation d'abonné d'un réseau numérique à intégration de services	G. Douhet, F. Kleiber, H. Rinié	92 07 810
Filin d'étanchéité pour câbles d'énergie et de télécommunication	G. Delaunoy	92 09 299
Toron conducteur allégé	M. Arrigoni	92 07 438
Procédé de fabrication d'une poudre de silice et application d'une telle poudre à la réalisation d'une préforme pour fibre optique	J.-F. Champion	92 08 369
Câble mixte pour la transmission de données et la transmission d'énergie	P. Pommard	92 07 965
Procédé de fabrication d'une multiferrule pour fibres optiques	C. Brehm, J.-P. Dumas, P. Dupont	92 06 919
Boîte de jonction de câbles optiques sous-marins	B. Daguet, G. Marlier	92 08 799
Câble cylindrique à fibres optiques	J.-P. Dumas, J.P. Bonicel, D. Brouard, R. Jocteur	92 08 612
SOLICITUDES DE PATENTES ALEMANAS:		
Einrichtung zur graphischen Darstellung	K.A. Turban	42 13 595
Strichcode-Anordnung	R. Klotz	42 10 698
Halbleiterlaser mit verteilte Rückkopplung	J. Haisch	42 12 153
Durchstimmbarer Halbleiterlaser	K. Dütting, O. Hildebrand, D. Baums, W. Idler, M. Schilling, K. Wünstel	42 12 152
Anordnung zur Dämpfung der Rückflußleistung in einem optischen Übertragungssystem	G. Maltz, W. Heitmann, E. Becker	42 16 922
Vorrichtung zur Signalübertragung zwischen zwei relativ zueinander bewegbaren Endstellen	F. Schauer, A. Neuner	42 16 526
Vorrichtung zum Aufteilen von Lichtwellenleitern eines optischen Kabels	G. Kochmeier, Z. Wielgolaski	42 14 039
Elektrischer Steckverbinder	H.H. Wiemeyer, D. Zimmer	42 12 564
Abzweigmuffe für Niederspannungskabel	F. Grajewski	42 12 101
Verfahren zum Befestigen eines Kontaktelementes	H.H. Wiemeyer, D. Zimmer	42 11 977
Kontaktelement für einen elektrischen Litzleiter	H.H. Wiemeyer, D. Zimmer	92 04 831
Vorrichtung zur Signalübertragung zwischen zwei relativ zueinander angeordneten bewegbaren Endstellen	F. Schauer, W. Chille, A. Neuner, D. Persson	42 16 157
Verfahren zur Regelung des Schweißstromes in Abhängigkeit der Schweißgeschwindigkeit bei Lichtbogenschweißeinrichtungen	W. Klebl, J. Metz	42 16 594
Verfahren und Vorrichtung zum Ziehen einer optischen Faser aus einer festen Vorform	F.P. Bartling, J.J. Lysson, J. Rosenkranz	42 15 475

TÍTULO	INVENTORES	NUMERO DE SOLICITUD
Lichtwellenleiter sowie Verfahren und Vorrichtung zu seiner Herstellung	D. Weber	42 12 602
Verfahren zur Herstellung einer Lichtwellenleiter-Grundvorform	D. Weber	42 12 601
Optisches Flachkabel	P. Zamzow, G. Hoeg	42 15 476
Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung einer Lichtwellenleiter-Vorform	D. Weber	42 09 004
Baugruppenträger mit Einschüben	H. Wiegand	42 12 294
Elektronische Objektkamera	C. Garcia-Victoria	92 05 664
Verfahren und Vorrichtung zur Übertragung von Datenpaketen	U. Käuffert	42 13 593
Schaltungsanordnung zur Reduzierung von Stromverbrauch	E. Foth	42 17 857
HF-dichtes Gehäuse	B. Fischer	92 06 130
Digitales optisches Nachrichtenübertragungssystem mit einem bei der Betriebswellenlänge dispersionsbehafteten Lichtwellenleiter	B. Wedding	42 16 790
Optisches Nachrichtenübertragungssystem mit optischem Filter zum Schutz von Riesenimpulsen	G. Veith	42 22 208
Schaltungsanordnung zur Übertragung nachrichtentechnischer Signale	M. Still, W. Fritz, J. Niehoff, T. Bratschke	42 16 266
Faseroptischer Verstärker mit rückwirkungsunempfindlichem Pumplaser	R. Heidemann, J. Otterbach	42 14 766
Optisches Nachrichtenübertragungssystem mit Überwachungsvorrichtung zur Vermeidung von Riesenimpulsen	R. Heidemann	42 15 338
Optisches Nachrichtenübertragungssystem mit einem Leistungsbegrenzer für Riesenimpulse	T. Pfeiffer	42 29 292
Optischer Parallel-Seriell-Umsetzer und optischer Seriell-Parallel-Umsetzer	D. Böttle	42 12 603
Schaltungsanordnung für einen optischen Empfänger	R. Jung	42 12 934
Schaltungsanordnung für einen optischen Empfänger	R. Jung	42 12 933
Schaltungsanordnung zur Übertragung nachrichtentechnischer Signale	M. Still, W. Fritz, J. Niehoff	42 16 265
Verfahren und Schaltungsanordnung zum Wiederherstellen der richtigen Anzahl von Zellen einer gestörten ATM-Verbindung	S. Kaminski, W. Froberg	42 17 003
Verfahren, Sender und Empfänger zur Informationsdatenübertragung mit veränderlichem Verkehrsaufkommen und Leitstation zur Koordinierung mehrerer solcher Sender und Empfänger	K.A. Turban	42 10 305
Füllstandsüberwachungsschaltung	P. Schmidtke	42 24 421
Bussystem für ein lokales Operationsnetzwerk	B.X. Weis, H. Schlesinger, A. Schmietainski	42 24 339
Rahmenstrukturiertes Bussystem	B.X. Weis, A. Schmietainski	42 24 340
Schaltungsanordnung zur Überwachung des Schaltzustandes eines in einem Laststromkreis angeordneten Schalters	H. Uebel	42 21 916
Schaltungsanordnung zur frequenzabhängigen Kompensation des Klirrens zweiter Ordnung in einem Übertragungssystem	U. Steigenberger	42 26 494
Schaltungsanordnung zur Kompensation nichtlinearer Verzerrungen in einem Übertragungssystem	U. Steigenberger	42 26 493
Verfahren zur digitalen Nachrichtenübertragung	B. Poggemann, G. Schniedewind	42 20 557
Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung von optischen Sternkopplern	R. Rossberg	42 23 176

TITULO	INVENTORES	NUMERO DE SOLICITUD
Verfahren zur Herstellung eines Kopplers	W. Stieb, A. Kämper, G. Knake	42 22 118
Relais-Funksystem und Funkgerät dafür	W. Smitka, R. Schmid	42 24 422
Zellulares Mobilfunksystem und Funkfeststation dafür	P. Hupperich, B.X. Weis	42 22 237
Verfahren zur Korrektur von durch Zeitabweichungen von Taktgebern hervorgerufenen Meßfehlern in einem Sekundär-Radarsystem	G. Höfgen, R. Zeitz	42 24 645
Zweifrequenz-Sendevorrichtung mit Tonfrequenz-Modulationsphasung für eine Instrumentenlandeanlage	G. Greving	42 20 101
Verfahren und Vorrichtung zum schnellen Datenaustausch	F. Bergler, U. Käuffert	42 26 332
Verfahren und Vorrichtung zur Gebührenverrechnung und zur Identifikation eines Benutzers eines Telekommunikationsendgerätes	H. Heuss	42 22 235
Teilnehmergerät für Bildfernsprechen	C. Garcia-Victoria	92 08 670
Halteteil für Leistungsbaulemente	W. Häusser	93 10 154
Gehäuse mit beleuchteter Flüssigkristallanzeige	H. Höpfl	92 08 636
Verfahren und Mittel zur Fehlerprüfung in Echtzeit	M. Ashby	42 20 099
Verfahren zur Herstellung eines längswasserdichten Kabelementes	W. Wenski	42 19 607
Elektrisches Kabel mit im Schichtenaufbau angeordneter Abschirmung	D. Scholz	42 20 614
Verfahren zur Herstellung eines Lichtwellenleiters	D. Weber	42 19 483

SOLICITUDES DE PATENTES ITALIANAS:

Dispositivo per impilare oggetti piatti su una o più colonne in un contenitore scatolare	A. Passero	MI92A001309
Cordatrice statica a rotore leggero	V. Russo, A. Marsilia	MI92A000838
Metodo e sistema per aiutare la progettazione e la manutenzione di reti di cavi di tipo dati e fonia da installarsi in aree geografiche limitate, in particolare in edifici	M. Salemme, S. Susini	MI92A001229
Sistema per l'immunizzazione da scariche elettrostatiche di apparati di telecomunicazione con piastre a circuito stampato, in particolare a schede estraibili	G. Consonni, C. Facincani, G. Bonfanti	MI92A000556
Sistema di interconnessione fra subtelai e telaio per apparati di telecomunicazione	G. Brambilla, S. Barbagallo, S. Cadario	MI92A000555
Disposizione per confrontare due raffiche di segnale, temporalmente separate ed a due differenti frequenze	D. Biella	MI92A001230
Metodo per fornire servizi corrispondenti ad un protocollo di comunicazione di livello applicativo utilizzando servizi forniti da una rete non-OSI, e rete utilizzante lo stesso	P. Boscolo, A. Taddei	MI92A000941
Metodo per la realizzazione di una rete di connessione per segnali appartenenti alla gerarchia sincrona SDH (Synchronous Digital Hierarchy), e circuiti integrati per l'implementazione del metodo	A. Lometti, R. Valussi	MI92A000108
Metodo e dispositivi per il controllo automatico di guadagno in un sistema di trasmissione radiodigitale in diversità di spazio e/o angolo	A. Conti, R. Nobili, P. Troyer	MI92A001269
Metodo e dispositivo per ottimizzare il collegamento radio per un sistema di trasmissione radiodigitale in diversità di spazio e/o angolo variando il livello di attenuazione relativo tra due canali	A. Conti, R. Nobili, P. Troyer	MI92A001270

TITULO	INVENTORES	NUMERO DE SOLICITUD
Metodo per processare ed ottimizzare la funzione ber analogica in un sistema di trasmissione radio digitale in diversità di spazio e/o angolo	A. Conti, R. Nobili, P. Troyer	MI92A9001271
Metodo e circuiti per la riduzione della potenza di picco del segnale filtrato trasmesso in un collegamento di tipo numerico	A. Sandri, A. Spalvieri	MI92A001819
Sistema demodulatore completamente digitale per segnalazioni qam in collegamenti di piccola capacità	M. Bolla, M. Gelichi, F. Guglielmi, M. Leuratti	MI92A001820
Processore di controllo, in particolare per applicazioni di telecomunicazione, apparecchiatura per emularlo e metodo per realizzare una emulazione	L. Lisca	MI92A001513
SOLICITUDES DE PATENTES NORUEGAS:		
Fremgangsmate og anordning for	H. Stromsoyen	922657
PATENTE ESPAÑOLA:		
Terminal telefónico sin hilos	J.L. Gabaldon Martinez, M. Tamburrino	127.303
SOLICITUDES DE PATENTES SUECAS:		
Förfarande og anordning vid tilverkning av en elektrisk kabel	C.H. Bogren, K.G. Persson, B. Thunwall	9201329-1
PATENTES DE ESTADOS UNIDOS:		
SONET Transmit Signaling Translator	E. Baydar, T.J. Williams	5 214 651
Fiber-Optic Cable System and Method for Dispersion Compensation at Nodes Between End Points	J.M. Dugan	5 218 662
Multiple Wavelength Division Multiplexing Signal Compensation	J.M. Dugan	5 224 183
Optical Fiber Cable having Spliced Fiber Branch and Method of making the same	R. Nilsson, G. Edmundson, J. Nelson	5 210 812
1:N Ring-Type Signal Protection Apparatus	V.J. Stalick	5 216 666
Variable Location Connector For Communicating High Frequency Electrical Signals	W.F. Weber, L. Jinich	5 215 477
In Line Piece-Wise Linear Desynchronizer	W.B. Weeber	5 200 982
SONET Pointer Interpretation System and Method	W.B. Weeber	5 210 762
SOLICITUDES DE PATENTES EUROPEAS:		
Switching Network	H.J.P. Peeters	92201552
Routing Logic Means	C.F.M. Johann	92201314
Netzwerk aus Sprach- und/oder Faxspeichersystemen	J.A. Ferraz de Oliveira, J.L. Rodrigues Costa, R.M. Vogel, L.M. Faria D. Filipe, R. Bonberowitz	92105841
Error detection and correction device	W.J.C. Stessens	92202148

Abreviaturas en este número

ABC	protocolo Alcatel Business Communication	FTTH	fibra al hogar
ACC	Alcatel Cable Contracting	HPA	amplificadores de alta potencia
ACD	distribución automática de llamadas	IEC	Comisión electrotécnica internacional
ACT	Alcatel Crystal Technology	IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ADFOC	cables de fibra óptica de dieléctrico-universal	IPNS	ISDN PABX Networking Specification
API	Interfaces de programación de aplicaciones	JPEG	Joint Photographic Expert Group
ASSYSTO	automated assembly system for optoelectronic components	LAN	red de área local
ATM	modo de transferencia asíncrona	MCVD	depósito químico en fase vapor modificado
CA	corriente alterna	MPEG	Motion Picture Expert Group
CAD	diseño asistido por ordenador	MZ	estructura Mach-Zehnder
CC	corriente continua	NYCTA	New York City Transit Authority
CD-ROM	disco óptico	ONPT	Oficina nacional de correos y telecomunicaciones
CDP	coste directo de producción	OPGW	cable compuesto tierra-óptico
CIGRE	conférence internationale des grands réseaux électriques	OS	sistemas de operación
CSEM	Centro Suisse d'Électronique et de Microtechniques	OTDR	reflectómetro de dominio temporal óptico
CSTA	Computer Supported Telephony Application	PABX	centralitas automáticas
DECT	Digital European Cordless Telephone	PCM CIA	Personal Computer Memory Card International Association
DPC	coste directo de producción	PIP	Picture in Picture
ECMA	European Computer Manufacturers Association	PM	gestión de proyectos
ECU	unidad monetaria europea	PV	precio de venta
EMS	aplicaciones de mensajería	Q.SIG	Q interface SIGNalling
ERP	potencia efectiva radiada	RF	radio frecuencia
FCC	Comisión federal de comunicaciones	ROSE	Remote Operations Services Element
FITL	fibra en el bucle	ROV	vehículo operado remotamente
FMA	Fernmelde Anlagenbau	TAPI	interfaz de aplicación telefónica
FOWM	sistema de fibra óptica de supervisión de pozos	WDM	multiplexación por división de longitud de onda

Oficinas editoriales

Cualquier asunto relativo a las distintas ediciones de *Electrical Communication* se debe dirigir al editor adecuado (las peticiones de suscripciones se deben enviar por fax o por correo):

Edición inglesa :

Rod Hazell
Electrical Communication
ALCATEL
54, rue La Boétie
75382 Paris Cédex 08
Francia
Tel.: (33-1) 40.76.13.47
Fax: (33-1) 40.76.14.26

Edición francesa :

Catherine Camus
Revue des Télécommunications
ALCATEL
54, rue La Boétie
75382 Paris Cédex 08
Francia
Tel.: (33-1) 40.76.13.48
Fax: (33-1) 40.76.14.26

Edición italiana :

Egisto Corradini
Prospettive di Telecomunicazioni
ALCATEL ITALIA, Div. Alcatel Telettra
Via Trento, 30
20059 Vimercate (MI)
Italia
Tel.: (39-39) 686.3072
Fax: (39-39) 608.1483

Edición alemana :

Andreas Ortelt
Elektrisches Nachrichtenwesen
ALCATEL SEL AG
Department ZOE/FP
70430 Stuttgart
Alemania
Tel.: (49) 711.821.46.90
Fax: (49) 711.821.60.55

Edición española :

Gustavo Arroyo
Comunicaciones Eléctricas
ALCATEL STANDARD ELECTRICA
Ramirez de Prado 5
28045 Madrid
España
Tel.: (34-1) 467.30.00 ext. 1857
Fax: (34-1) 468.78.32

Sandro Frigerio
Tel.: (39) 2.80.52.434
Fax: (39) 2.72.01.08.62

En este número

Comunicaciones Eléctricas 1er trimestre de 1994

Comunicaciones Eléctricas. 1er trimestre 1994, págs. 5-10

El cable submarino: una tecnología puntera

Reinaudo, Ch.

Este artículo presenta las recientes evoluciones técnicas que se han producido en el contexto de los cables submarinos, destacando en particular las nuevas tecnologías de cable con minitubo de acero soldado longitudinalmente con láser. Además, el autor se ha dedicado especialmente a evidenciar las estrechas relaciones existentes entre los desarrollos referentes al cable y la fibra óptica por una parte y los equipos sumergidos o terminales por otra, así como con el diseño de los sistemas submarinos y su destino final: el fondo de los mares y de los océanos.

Comunicaciones Eléctricas. 1er trimestre 1994, págs. 11-14

Procedimiento de MCVD-plasma de fabricación de fibras ópticas monomodo para aplicaciones terrestres

Carrat, M.; Walker, S.

El procedimiento de fabricación de fibras ópticas monomodo para las aplicaciones terrestres se utiliza en las factorías del grupo Alcatel. La realización de la preforma se basa en la utilización de la técnica MCVD después de la deposición de plasma. Se presenta la definición de los equipos y se detalla el ciclo de manufacturación. Las principales características del producto muestran su muy buena adaptación a las limitaciones técnicas y económicas del mercado internacional.

Comunicaciones Eléctricas. 1er trimestre 1994, págs. 17-23

Evolución de la competencia de ACC: algunas etapas de proyectos

Swetchine, J. Nordmann D.S.; Teslö, H.; Carrasco, J.; Laes R.;

El artículo presenta la evolución de ACC hacia la capacidad de integración global de proyectos Alcatel, sea cual sea su tamaño. Esta capacidad se basa en la competencia y la experiencia de sus personal así como en las herramientas específicas de CAD y de gestión de proyectos. Integrando cada vez los recursos locales, ACC ha llevado a cabo proyectos de todas las magnitudes en numerosos países. Basándose en ejemplos concretos que constituyen etapas de su evolución, el artículo muestra cómo ACC ha accedido a la competencia de sistema-instalador al servicio de los clientes y en el seno de Alcatel. La acción de ACC, demostrada en telecomunicaciones públicas, se desarrolla en los sistemas privados.

Comunicaciones Eléctricas. 1er trimestre 1994, págs. 24-27

Construcción llave en mano de enlaces interurbanos de fibra óptica

Boinet, J.P.

La utilización de la fibra óptica se ha generalizado desde hace unos años para las aplicaciones de enlaces interurbanos. El planteamiento llave en mano de la construcción de estas redes es una de las actividades de base de ACC. El autor describe las diferentes fases de realización, en las que los aspectos de ingeniería civil constituyen un factor esencial.

Comunicaciones Eléctricas. 1er trimestre 1994, págs. 28-32

Gestión de proyectos: ORCHID II, una herramienta de segunda generación

Bertrand, C.

Para la gestión de los grandes proyectos "llave en mano" de telecomunicaciones se necesita gestionar un gran número de datos. Sólo una herramienta potente y especializada permite llevar a cabo esta tarea. Es con esta perspectiva con la que la sociedad ACC ha desarrollado su propia herramienta, ORCHID II, cuyo autor describe la metodología de diseño. A continuación se describen las principales funcionalidades de esta aplicación, tanto para la parte "estudio de oferta" como para la parte "ejecución de contrato". Por último, se consideran someramente las posibilidades de evolución.

Comunicaciones Eléctricas. 1er trimestre 1994, págs. 33-38

Circée: una herramienta de CAD de Alcatel Cable Contracting

Guthmann, Ch.

Alcatel Cable Contracting se basa en potentes herramientas informáticas para asistir a los equipos que instalan las redes de telecomunicación llave en mano a nivel internacional. Una de ellas, bautizada *Circée* en ACC, es utilizada en cada fase de estudio de estas redes. El autor describe los envites asociados al uso del diseño asistido por ordenador en el contexto de contratos "llaves en mano". Después de describir las principales funciones disponibles en la aplicación se abre hacia las soluciones integradas, que es lo que busca todo operador de telecomunicación para conseguir una explotación optimizada.

Comunicaciones Eléctricas. 1er trimestre 1994, págs. 39-44

Tecnología de cable de cintas de fibra óptica

Bonice, J.P.

Este artículo muestra el desarrollo de la tecnología de cinta de fibra óptica sobre una base internacional, tomando en cuenta los requerimientos específicos de los diferentes países involucrados. La premisa básica ha sido definir unos fundamentos tecnológicos comunes para las cintas de fibra óptica que puedan ser utilizados por las diferentes unidades internacionales de fabricación de cables. El trabajo sobre el desarrollo detallado específico para cada país ó las especificaciones será responsabilidad de cada unidad de fabricación.

Electrical Communication - 1st Quarter 1994, pp. 24-27
Turnkey Construction of Trunk Links Using Optical Fibers
Boinet, J.P.

The use of optical fiber in trunk link networks has been generalized for several years now. A turnkey approach to construction of such networks is one of ACC's main activities. The author describes the different implementation phases of this approach, where civil engineering aspects are an essential factor.

Electrical Communication - 1st Quarter 1994, pp. 28-32
Project Management: ORCHID II, A Second Generation Tool
Bertrand, C.

The management of large "turnkey" telecommunication projects requires the management of a large amount of information. This is only possible with a powerful and specialized computer tool. It is with this in mind that the company ACC developed its own tool, ORCHID II, whose design methodology is described here. The main functionalities of this application, both for the "offer study" phase and for the "contract implementation" phase, are then examined. Lastly, the author takes a brief look at future evolution possibilities.

Electrical Communication - 1st Quarter 1994, pp. 33-38
Circée: A CAD Tool from Alcatel Cable Contracting
Guthmann, Ch.

Alcatel Cable Contracting makes use of powerful computer tools to help teams installing turnkey telecommunication networks at an international level. One of these tools, known as Circée at ACC, is used at every stage in the study of such networks. The author describes the challenges of computer-assisted design in the context of 'turnkey' contracts. Having described the main functions provided by the application, he looks at the integrated solutions that all telecommunications operators are striving to find in their search for optimized operations.

Electrical Communication - 1st Quarter 1994, pp. 39-44
Optical Fiber Ribbon Cable Technology
BoniceI, J.-P.

This paper reports the development of optical fiber ribbon technology on an international basis, taking into account the specific requirements of the different countries involved. The basic premise has been to define a common technology foundation for optical fiber ribbons which can be used by the different international cable manufacturing Units. Work on detailed development specific to individual countries or specifications will be the responsibility of each manufacturing Unit.

Electrical Communication - 1st Quarter 1994, pp. 5-10
Undersea Cables: A State-of-the-Art Technology
Reinaudo, Ch.

This article presents the recent technical advances made in the field of undersea cables. Particular attention is paid to new technologies where the cable is protected by a steel minitube welded lengthways using a laser. The author also examines the close relation between developments in the field of cables and optical fibers on the one hand, and undersea equipment or terminals on the other, as well as the design of undersea systems and their final destination: the bottom of the seas and the oceans.

Electrical Communication - 1st Quarter 1994, pp. 11-14
MCVD-Plasma Process for Manufacturing Single-mode Optical Fibers for Terrestrial Applications
Carratt, M.; Walker S.

Fabrication of single mode optical fibers for terrestrial applications is carried out in Alcatel's own factories. The manufacture of the preform is based on the use of the MCVD technique followed by plasma overcladding. The equipment is described, and details of the fabrication cycle are given. The resulting product is well adapted to the technical and commercial requirements of the international marketplace.

Electrical Communication - 1st Quarter 1994, pp. 17-23
The Growing Skill of Alcatel Cable Contracting: Some "Milestone" Projects
Swelchine, J.; Nordmann, D.S.; Teslö, H.; Carrasco, J.; Laes, R.

This article presents the way in which ACC has evolved and achieved its present capacity for global integration of Alcatel projects, whatever the size. This capacity relies on the skill and experience of the staff as well as on specific CAD and project management tools. Always integrating local resources, ACC has completed projects of varying sizes in numerous countries. By providing concrete examples which are milestones in this evolution, the article shows how ACC has acquired the necessary knowhow to become an integrator/orchestrator at the service of its customers and within Alcatel. Already renowned in the public telecommunications sector, ACC is now developing its action in the field of private systems.

Comunicaciones Eléctricas. 1er trimestre 1994, págs. 45-51

Cable compuesto tierra-óptico y cable de fibra óptica de dieléctrico universal
Bonichel, J.P.

Durante aproximadamente 25 años, los hilos terrestres para telecomunicaciones han sido ampliamente utilizados en líneas aéreas de alto y muy alto voltaje. Después de la primera generación de hilos de cobre terrestres (cuadrangulares o coaxiales) una nueva generación de hilo ópticos terrestres se han utilizado en los últimos 10 a 15 años. Se han desarrollado, probado, y algunas estructuras OPGW instalado. Este artículo presenta las principales estructuras OPGW utilizadas en el mundo con sus ventajas y cuales podrían ser las mejores estructuras asociadas con los accesorios para garantizar una elevada fiabilidad. Los cables de fibra óptica de dieléctrico universal (ADFOC) han sido también desarrollados para cubrir vanos de hasta 1000 m, pero es más difícil garantizar los mismos niveles de fiabilidad con productos como el OPGW.

Comunicaciones Eléctricas. 1er trimestre 1994, págs. 74-77

Pesaje de vehículos en movimiento usando sensores de fibra óptica
Boby, J.; Téral, S.; Caussignac, J.M.; Siffert, M.

La luz polarizada de un láser se hace pasar a través de una fibra óptica de alta birrefringencia. La carga sobre esta fibra sensora por el paso de un vehículo causa cambios en la birrefracción relacionados con las propiedades fotoelásticas de la fibra. Las franjas de interferencias se generan por desplazamiento de fase entre el haz incidente linealmente polarizado y los componentes perpendiculares reflejados. El procesamiento de la "señal de franjas" permite extraer información sobre la suspensión del vehículo y anomalías en la presión de los neumáticos así como la carga por rueda, carga por eje, carga total y velocidad. Este sistema, ofreciendo varias ventajas respecto a las técnicas alternativas de medida, ha sido experimentado en procesos reales y estará próximamente en producción.

Comunicaciones Eléctricas. 1er trimestre 1994, págs. 52-59

Interfaces ópticos en las redes de cables

Joly, B.

Los cables ópticos y los componentes optoelectrónicos ya están bien establecidos y son parte indispensable de la estructura de telecomunicaciones. Sus prestaciones, en términos de atenuación reducida y funcionalidad incrementada, han mostrado una mejora constante. Pero al final, todos estos elementos se tienen que unir, tanto para conexiones cable a cable como para conexiones cable a componente. Para garantizar una baja atenuación y una alta fiabilidad de estas pequeñas pero vitales uniones se requieren técnicas altamente especializadas. En este artículo el autor explica como se hace la conexión mecánica flexible automática de los chips optoelectrónicos, el empalme por fusión automático de simples fibras y cintas de fibras, y los acopladores y multiplexores de fibras.

Comunicaciones Eléctricas. 1er trimestre 1994, págs. 78-83

Sistemas telefónicos celulares para áreas rurales

Larkin, R.; Testa, M.

Los sistemas celulares para uso en áreas rurales requieren antenas altas, receptores sensibles y transmisores de alta potencia. Alcanzar distancias de 30 a 60 km a una frecuencia de 900 MHz requiere de antenas con una ganancia de 10 dB y de transmisores que generen potencias de alrededor de 200 W. Un equipo que es específico para estos requerimientos ha sido diseñado por Celwave RF. Se muestran los detalles específicos de este equipo. Un esfuerzo intensivo se describe como resultado de la operación de alta fiabilidad de los amplificadores de alta potencia. Se puso especial énfasis en las conexiones eléctricas en el amplificador que estaban sujetas a altas tensiones debidas a la operación cíclica de los transmisores. Se muestran detalles del control y de la supervisión de fallos.

Comunicaciones Eléctricas. 1er trimestre 1994, págs. 60-65

Cables de comunicaciones en el entorno submarino

Berthelsen, G.

El desarrollo de los campos de gas y petróleo en el mar del Norte ha traído un número de nuevas aplicaciones para cables de datos y comunicación y en combinación, muy a menudo, con la transmisión de cable de alto voltaje. Cuatro aplicaciones diferentes han sido los cables para instalación de plataforma, los cables entre plataformas, los cables para vehículos submarinos remotos y finalmente, los cables y sistemas para supervisar la presión y la temperatura en el fondo de un pozo

Comunicaciones Eléctricas. 1er trimestre 1994, págs. 84-91

Alcatel 4400, sistema de comunicación de empresa abierto y evolutivo

Barriot, E.

El artículo presenta las ventajas de Alcatel 4400, infraestructura de transporte multimedia diseñada para funcionar en red, un sistema de explotación abierto que funciona bajo System V de UNIX, con terminales ergonómicos y servicios de movilidad. Este sistema reúne los componentes indispensables que permiten que la empresa evolucione constantemente con su entorno, aumente su productividad y por consiguiente garantice su futuro.

Comunicaciones Eléctricas. 1er trimestre 1994, págs. 66-73

Cables radiantes - aplicación en el túnel del Canal de la Mancha

Levisse, A.

Los cables de modo radiante presentan importantes ventajas: baja pérdida de acoplamiento, estabilidad de campo, insensibilidad frente al entorno, etc. Son la solución de propagación de las ecuaciones de Maxwell y se corresponden en distancias finitas con los lóbulos de diagramas de radiación al infinito; Se basan en la adición en fase de los campos radiados por todas las ranuras. Esta característica es independiente de la frecuencia: no hay efecto de resonancia. La nueva generación de cables de modo radiante se basa en un diagrama periódico de ranuras que genera un único modo radiante sobre un banda de frecuencias muy ancha. Tales cables han sido muy empleados en importantes proyectos: más de 260 kilómetros de cables radiantes de 7/8 de pulgada forman el sistema de cable radiante del túnel del Canal entre Francia y Gran Bretaña.

Electrical Communication - 1st Quarter 1994, pp. 74-77
Weighing of Vehicles in Motion Using Fiber Optic Sensors
Boby, J.; Téral, S.; Coussignac, J.-M.; Siffert, M.

Polarized light from a laser is passed through an optical fiber having high birefringence. Loading of this sensor fiber by passing vehicles causes birefringence changes related to the photoelastic properties of the fiber. Interference fringes are generated by detection of phase shift between the linearly polarized incident beam and the reflected orthogonal components; the number of fringes is related to load. Processing of the "fringe signature" allows information such as vehicle suspension and tyre pressure anomalies to be extracted, as well as load per wheel, load per axle, total load and speed. This system, offering several benefits over the alternative methods of measurement, has undergone live trials and will soon be in full production.

Electrical Communication - 1st Quarter 1994, pp. 78-83

Cellular Telephone Systems for Rural Areas

Larkin, R.; Testa, M.

Cellular Systems for use in rural areas require high antennas, sensitive receivers and high powered transmitters. Achieving 30 to 60 km ranges at a frequency of 900 MHz requires antennas with 10 dB gain and transmitters generating power of about 200 W. Equipment that is specific to these requirements has been designed at Celwave RF. Details of this equipment are shown. An intensive effort is described that resulted in high reliability operation of the high power amplifiers. Particular emphasis was placed on the electrical connections in the amplifier that were subjected to high stresses due to the cyclic operation of the transmitters. Details of the control and fault monitoring are shown.

Electrical Communication - 1st Quarter 1994, pp. 84-91

Alcatel 4400: An Open-ended Business Communication System

Barriot, E.

The article presents the advantages of the Alcatel 4400: multimedia transport infrastructure designed to operate on a network configuration, an open operating system running under Unix System V, ergonomic terminals and mobile communication services. This system brings together the crucial components enabling the company to ensure that it adapts to the perpetual changes in its business environment, increasing its productivity and thus accompanying it into the future.

Electrical Communication - 1st Quarter 1994, pp. 45-51

Optical Ground Wires and Self-supporting All-dielectric Fiber Optic Cables
Bonicel, J.-P.

For approximately 25 years, telecommunication ground wires have been largely used on aerial, high and very high voltage lines. After the first generation of copper ground wires (quad or coaxial) a new generation, the optical ground wires, have been used during the last 10 to 15 years. Several OPGW structures have been developed, tested and some of them are installed. This article presents the main OPGW structures used around the world with their advantages and what could be the best structures associated with accessories to guarantee a high reliability. All-dielectric fiber optic cables (ADFOC) have also been developed for spans up to 1000 m, but it is more difficult to guarantee the same reliability level as products such as the OPGW.

Electrical Communication - 1st Quarter 1994, pp. 52-59

Optical Interfaces in Cable Networks

Joly, B.

Optical cables and optoelectronic components are now a well established and indispensable part of the telecommunications infrastructure. Their performance, in terms of reduced attenuation and increased functionality, has shown constant improvement. But at the end of the day, these elements still have to be joined together, both for cable-to-cable connections and cable-to-component connections. To guarantee low attenuation and high reliability for these tiny but vital junctions highly specialized techniques are needed. In this article the author talks about automated pigtailling of optoelectronic chips, automatic fusion splicing of single and ribbon fiber, and fiber couplers and multiplexers.

Electrical Communication - 1st Quarter 1994, pp. 60-65

Communication Cables in the Offshore Environment

Berthelsen, G.

The development of oil and gas fields in the North Sea has led to a number of new applications for communication and data cables, and very often in combination with high voltage cable transmission. Four different applications have been pursued which are cables for platform installation, cables between platforms, cables for unmanned underwater vehicles and finally cables and systems to monitor pressure and temperature at the bottom of a well.

Electrical Communication - 1st Quarter 1994, pp. 66-73

Radiating Cables - Channel Tunnel Applications

Levisse, A.

Radiating mode cables show major advantages: low coupling loss, field stability, insensitivity towards surroundings, etc. They are propagative solutions of Maxwell's equations and correspond at finite distances to radiation pattern lobes at infinity; they rely on in-phase addition of the fields radiated by all slots. This property is frequency-independent: there is no resonance effect. The new generation of radiating mode cables is based on a periodic pattern of slots that generates one single radiating mode over a very broad frequency range. Such cables have already been widely used in major projects: more than 260 kilometres of 7/8 inch radiating cable make up the radiating cable system of the Channel tunnel between France and Great Britain.