

3. Tecnologías de Comunicación

A continuación, realizaremos una revisión de las tecnologías y protocolos de comunicación que se están contemplando en implantaciones o realizando investigaciones encaminadas al desarrollo de sistemas comerciales.

Algunas de estas tecnologías se utilizan tanto para la comunicación del nivel LAN, como WAN.

En primer lugar, analizaremos la tecnología y protocolos basados en PLC, que son las más habituales en las implantaciones comerciales para la comunicación entre los contadores y concentradores.

A continuación, realizaremos un repaso de las tecnologías wire-less, utilizadas habitualmente en la comunicación del nivel WAN. Por último, indicamos otras tecnologías wire-line que pueden ser base para futuros desarrollos pero que actualmente no se están considerando para desarrollos comerciales.

3.1. *PLC*

Las tecnologías basadas en PLC [6][7] (Power Line Communication) permiten el uso de las redes de distribución eléctrica para proporcionar redes de comunicación de alta velocidad. La utilización de un medio de transmisión que no está específicamente diseñado para la transmisión de señales hace que éste tenga una serie de características:

- El modelo del canal de comunicación, en este caso la red eléctrica es complicado debido a la variedad de conductores e impedancias.
- Alta dependencia de la localización del receptor y el transmisor y los posibles efectos en los ratios del error de transmisión
- Reflexiones, desvanecimientos, atenuaciones y el ruido presente en la red eléctrica en las diferentes frecuencias.

En función de la frecuencia de transmisión se distingue entre Narrowband y Broadband PCL. Las tecnologías basadas en Broadband PLC suelen tener unos

ratios de transferencia de datos bastante mayores, pero actualmente, tienen como inconvenientes el alcance de los dispositivos y los costes para el desarrollo de sistemas de telegestión. La utilización de estos sistemas con otro tipo de servicios, podría hacer que el uso de este tipo de tecnología fuese atractivo desde el punto de vista económico.

3.1.1. Narrowband PLC

En Europa, se encuentra definida para un rango de frecuencias de 3KHz a 148.5 KHz, mientras que para el resto del mundo, llega hasta los 500 KHz.

Los dispositivos que utilizan este tipo de tecnologías suelen tener un alcance que se encuentra entre unos cientos de metros y algunos kilómetros dependiendo de la tecnología, topología y terminación de los cables.

A continuación, analizaremos varios desarrollos y estándares que utilizan esta tecnología, ya que es uno de los medios que más auge están tomando en las implantaciones comerciales de sistemas de telegestión, tanto por su alcance como por su fiabilidad.

En primer lugar, analizaremos la especificación IEC 61334 como ejemplo de solución estandarizada.

Como ejemplo de solución abierta no estandarizada analizaremos la propuesta del proyecto PRIME, que es un consorcio formado por diversas utilities y empresas del sector eléctrico europeo.

Por último, veremos como ejemplo de solución propietaria el desarrollo de Enel, que es la primera implantación a gran escala de sistemas de telegestión. Este sistema se ha implantado en Italia y comenzará en breve el proceso de implantación masiva en España. En Octubre de 2.009, se ha abierto el protocolo para realizar una estandarización del protocolo.

IEC 61334

El modelo de referencia de esta especificación es denominado como EPA (Enhanced Protocol Architecture) y consta de tres capas según la Fig. 3.

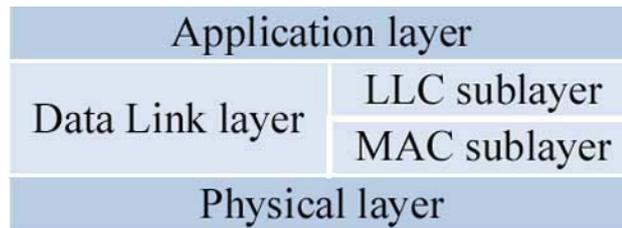


Fig. 3: Capas del protocolo EPA

Esta especificación define en detalle las tanto la capa física como de enlace, mientras que define una serie de ideas básicas para la capa de aplicación.

La capa de aplicación soporta DLMS, que es un estándar abierto que puede ser utilizado por contadores de electricidad, agua, gas o calor.

Los objetivos básicos de la asociación de usuarios de DLMS son:

- Compatibilidad entre los contadores de distintas compañías.
- Independencia del medio de comunicación.
- Estandarización de los protocolos de comunicación.
- Realización de pruebas de conformidad para los nuevos dispositivos para etiquetarlo como producto compatible DLMS.

DLMS define una jerarquía de objetos, denominado VDE (Virtual Distribution Equipment) que es el primer paso para cumplir el proceso de estandarización. Un dispositivo deberá estar compuesto de uno o varios VDE's dependiendo del número de aplicaciones que puede soportar. En la Fig. 4 podemos ver la estructura DLMS.

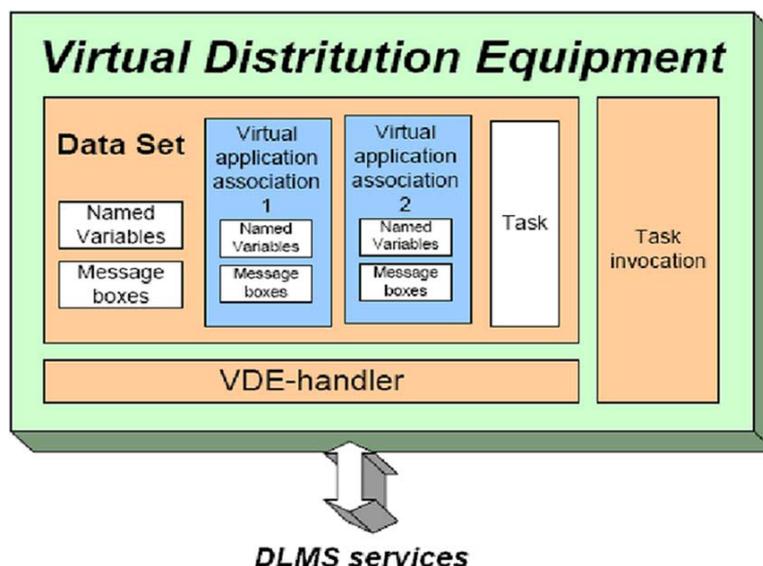


Fig. 4: Estructura DLMS basada en VDE

El estándar define una cantidad de servicios pero no como interaccionan entre ellos.

Para la definición de la capa de enlace de datos y la capa física se definen cinco especificaciones distintas que tienen las siguientes características:

- **IEC 61334-5-1** usa modulación S-FSK, tiene una arquitectura maestro-esclavo y no necesita conocer la topología a priori.
- **IEC 61334-5-2** usa modulación FSK. La subcapa MAC incorpora mecanismo para resolver problemas de transmisión debidos a atenuación de la señal. Utiliza enrutamiento y una arquitectura maestro-esclavo.
- **IEC 61334-5-3** utiliza modulación (SS-PM). La subcapa MAC define de dos caminos de comunicación, controlados por una señal que define la estación que tiene el control de la red en cada momento.
- **IEC 61334-5-4** utiliza modulación MCM. La red se divide en dominios, en la que hay un maestro y uno o varios esclavos. En este estándar existe enrutamiento pero no se especifica el tamaño de la trama, que depende del la capa física sobre la que se implemente.
- **IEC 61334-5-5** utiliza modulación SS-FFH y tiene una arquitectura

maestro esclavo. Como método de encaminamiento utiliza un algoritmo de inundación.

PRIME

PRIME [8][9] (Powerline Intelligent Metering Evolution) es un proyecto que describe las capas MAC y Física (ver Fig. 5) según convenciones IEEE para proporcionar un canal de comunicación en las aplicaciones AMR. Se basa en un canal OFDM que transmite en la parte alta de la banda de frecuencia conocida como CENELEC-A (restringida a operadores eléctricos).

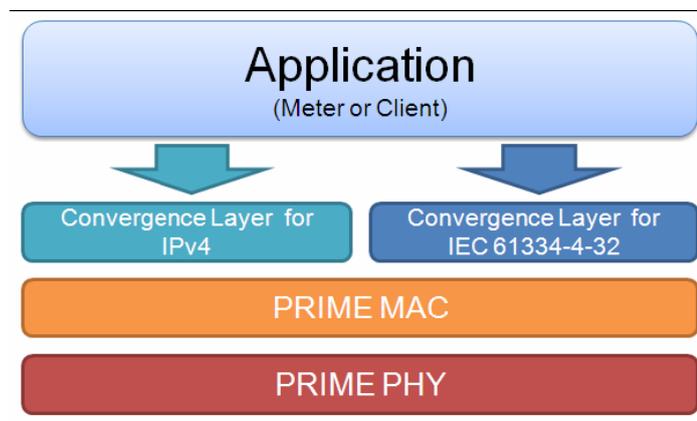


Fig. 5: Capas del sistema PRIME

La capa física utiliza un esquema de modulación BPSK, QPSK ó 8PSK. La tasa de transmisión esta entre 70 y 120 Kbps usando un ancho de banda de 47.363 KHz.

Para el diseño de las especificaciones de la capa MAC se han tenido en cuenta los siguientes objetivos:

- Dispositivos de medida de baja complejidad.
- Conexión con una configuración maestro-esclavo
- Características opcionales como retransmisión, agregación de paquetes y seguridad.
- Diferentes niveles de complejidad, permitiendo tanto IPv4 como sólo opciones simples de medida

- Preparación para aplicaciones de gestión de la demanda

La capa MAC utiliza una conexión en la que cada terminal tiene una dirección MAC de 48 bits. El esquema de acceso al canal es CSMA/CA.

Telegestore-DLC

Sistema propietario desarrollado por Enel [10] y que será instalado por Endesa. Se basa en el protocolo SITRED. Este protocolo se ha abierto en octubre de 2.009 para su estandarización. Las comunicaciones en el nivel WAN se realizan a través de la red de comunicaciones pública (GSM/GPRS, PSTN y satélite) y en el nivel LAN utiliza DLC.

En la capa física, utiliza una modulación BPSK y transmite en la banda CENELEC-A.

La capa de enlace de datos, el protocolo SITRED implementa una serie de características para mejorar la accesibilidad a los contadores y maneja múltiples capas de aplicación.

3.1.2. Broadband PLC

Los dispositivos desarrollados con esta tecnología se comunican en un rango de frecuencias de 2-32 MHz y hasta el momento, el uso habitual es para conexiones de Internet de alta velocidad.

Uno de los problemas que presenta para la instalación de sistemas comerciales de telegestión es que es una tecnología que no está madura y que se encuentra en proceso de estandarización. La propuesta de estándar existente, IEEE P1901, incluye en el mismo tres soluciones que anteriormente eran propietarias, mientras que OPERA es una tecnología que no ha sido estandarizada, quedando como una propuesta abierta para la implantación de sistemas BPL.

IEEE P1901

Estándar de tecnología BLP que pretende cubrir entre otras, las aplicaciones de medida y redes inteligentes.

Este estándar cubre tres opciones para la capa física:

- Homeplug AV que usa una señal FFT-OFDM, con esquema FEC (Forward Error Correction).
- Basada en la tecnología de Panasonic, que usa Wavelet-OFDM proporcionando una mayor eficiencia de transmisión que los sistemas tradicionales FFT OFDM.
- Introducida por DS2, que usa FFT-OFDM y un código LDPC (Low-Density Parity-Check).

Las capas MAC de las tres opciones también difieren, así que se deberá ver cuál de las tres opciones sale más favorecida en el mercado para su implantación efectiva tanto para sistemas de telegestión, como para proporcionar otra serie de servicios.

Opera

Proyecto impulsado por la Comisión Europea que tiene como objetivo impulsar la tecnología BPL (Broadband PLC) convirtiéndola en una alternativa competitiva. Opera define tres elementos de red distribuidos en una topología en árbol:

- HE (Head End) que controla la red, asigna recursos y tiene acceso a la red del proveedor de servicios.
- REP (REPeater) que se utiliza para incrementar el nivel de la señal para que llegue a punto lejanos al HE.
- CPE (Customer Premises Equipment) que facilita la conexión de los clientes a la red.

La técnica modulación utilizada es OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) que permite velocidades de transmisión nominal de 200 Mbps. El acceso a los canales se realiza mediante un protocolo de tipo token-pass. El HE decide cuál de los CPE transmite datos, en qué orden y por cuanto tiempo.

OPERA define otras características, como calidad de servicio, gestión de

congestiones, reserva de recursos y seguridad.

3.2. *Tecnologías Wireless*

Las tecnologías wireless o inalámbricas han sufrido una gran expansión durante los últimos años. Cada solución inalámbrica ofrece una determinada banda de transmisión, costes y cobertura que dependen de acuerdo con la utilidad para la que fue creada.

A continuación, analizaremos algunas tecnologías que pueden ser utilizados en sistemas de telegestión. En el cuadro 1, podemos ver un resumen en el que se indica la banda de transmisión, la cobertura y el posible uso en los sistemas de telegestión.

TECNOLOGÍA	BANDA DE TRANSMISIÓN	COBERTURA	USO
WLAN/WiFi	2,4 GHz	100m	LAN
WPAN	868 MHz 915 MHz 2,4 GHz	100m	HAN/LAN
WiMAX	2.3GHz 2.5GHz 3.5GHz 5.8GHz	20 Km	LAN/WAN
GSM/GPRS/3G	800MHz 900MHz 1800MHz 1.9GHz 2.1GHz 2.6GHz	Según Operador	LAN/WAN

Cuadro 1: Tecnologías Wire-less

3.2.1. WLAN/WiFi

En los últimos años las tecnologías WLAN, estandarizadas en la familia de estándares IEEE 802.11 [11] se han convertido en una de las tecnologías más utilizadas.

Se especifica la capa física y MAC para la transmisión en la banda de 2,4 GHz.

Standard	Description
IEEE 802.11	WLAN; up to 2 Mb/s; 2.4 GHz
IEEE 802.11a	WLAN; up to 54 Mb/s; 5 GHz
IEEE 802.11b	WLAN; up to 11 Mb/s; 2.4 GHz
IEEE 802.11g	WLAN; up to 54 Mb/s; 2.4 GHz
IEEE 802.11e	New coordination functions for QoS
IEEE 802.11f	IAPP (Inter-AP Protocol)
IEEE 802.11h	Use of the 5 GHz band in Europe
IEEE 802.11i	New encryption standards
IEEE 802.11n	MIMO physical layer

Cuadro 2: Estándar IEE 802

En la capa de enlace, el protocolo fundamental, que debe ser implementado en cada estación utiliza un esquema CSMA-CA. Para las técnicas de redes malladas se ha definido el estándar 802.11s [12], que puede proporcionar una solución tecnológicamente interesante para los sistemas de telegestión.

Las características técnicas de este tipo de redes más destacadas son su topología, enrutamiento, seguridad, calidad de servicio y eficiencia. En la figura 6 se observa la topología y componentes funcionales de una red de este tipo.

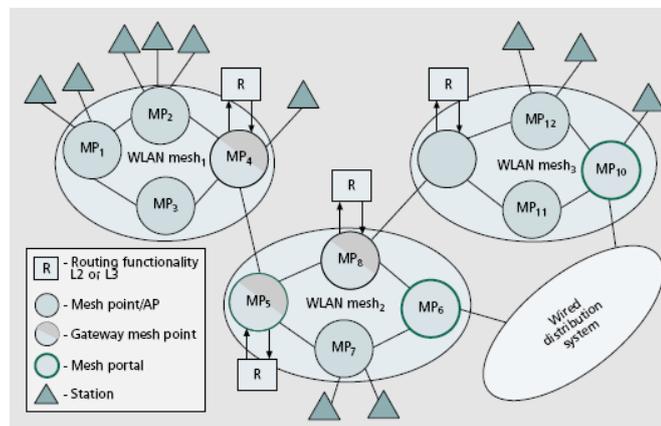


Fig. 6: Topología Mesh Radio

3.2.2. Wpan

Generalmente, cuando hablamos de WPAN (Wireless Personal Area Network) se identifican con una serie de estándares en el IEEE 802.15. Nos centraremos en el estándar IEEE 802.15.4 [13] que especifica la capa física y MAC para LR-WPAN

(Low-Rate WPAN) y que es utilizado por tecnologías propietarias como ZigBee [14] para sus dos primeros niveles tal y como se puede observar en la figura 7.

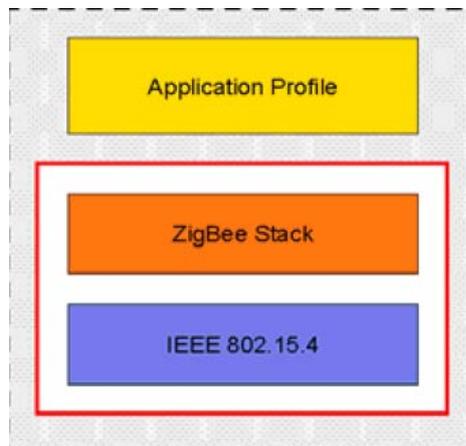


Fig. 7: Esquema ZigBee

El estándar proporciona especificaciones para operar en tres bandas de frecuencia:

- 868 MHz en Europa, que proporciona 20 Kbps y un único canal.
- 915 MHz en EEUU, que proporciona 40 Kbps y diez canales disponibles.

En 2006, se introduce un nuevo esquema de modulación permitiendo ratios de hasta 250 Kbps para estas dos bandas de frecuencia.

- 2.4 Ghz para todo el mundo, que proporciona ratios de hasta 250 Kbps por canal y hasta 16 canales disponibles.

Utiliza un esquema FDM (Frequency Division Multiplexing) para permitir la coexistencia de varias redes en el mismo canal. En la capa de enlace se utiliza un esquema CSMA-CA y se pueden implementar tanto una topología en estrella como una per-to-per.

3.2.3. WiMAX

WiMAX [15][16] es una tecnología de acceso de banda ancha que permite aplicaciones móviles de internet a bajo costo. WiMAX está basado en los estándares

IEEE 802.16, aprobado por la UIT. Las características técnicas comunes a esta familia de estándares son [15]:

- Esquema OFDMA con diferentes ancho de banda de subida y bajada en el rango de 1,25 a 20 MHz [16] y modulación QPSK, 16-QAM ó 64-QAM.
- Permite tecnología MIMO (múltiples entradas- múltiples salidas) beamforming y diversidad de código a través de la codificación espaciotemporal (codificación en tiempo y con diversas señales disponibles) y la multiplexación espacial.
- Arquitectura de red All-IP soportando diferentes modelos de implementación y permitiendo la gestión de los operadores tradicionales y los nuevos servicios de Internet.

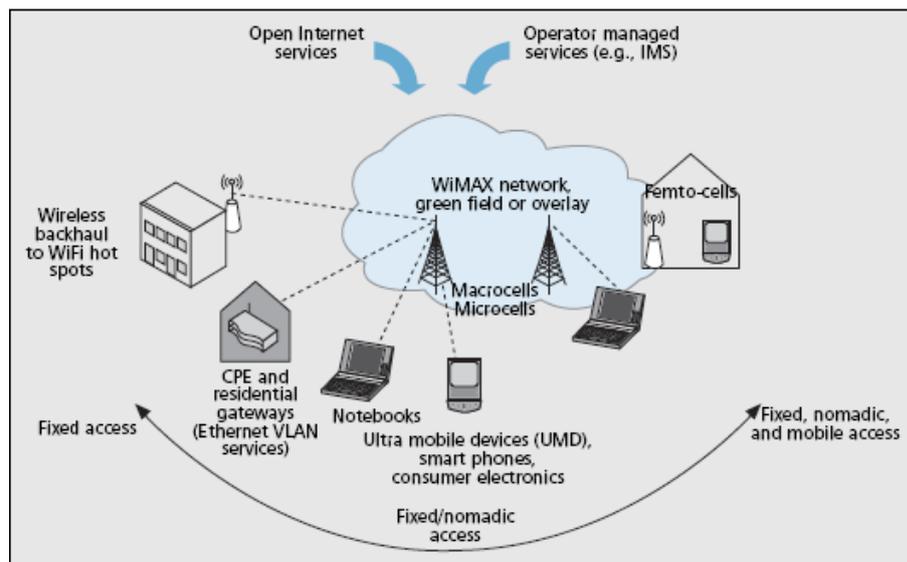


Fig. 8: Red WiMAX

3.2.4. GSM/GPRS/EDGE/3G

Este tipo de tecnología se encuentra implantada en la mayoría de las zonas habitadas en las que se está considerando el despliegue de sistemas de telegestión, por lo que es una opción muy a tener en cuenta.

GPRS [17] (General Packet Radio Service) es el servicio de datos wireless más

común. Un aspecto destacado de GPRS es la total compatibilidad con la arquitectura GSM.

Es una tecnología recomendada para aplicaciones en las que el trasiego de datos de los usuarios del servicio tiene un factor de actividad en el rango del 1-5%.

La idea básica de funcionamiento es la asignación de los recursos en función de la demanda. Esta asignación se realizará de forma dinámica dependiendo del número de usuarios que requieren una determinada calidad de servicio y de cuántos recursos están disponibles en ese momento (responsabilidad del operador del servicio).

EDGE ó EGPRS [18] es una interfaz radio GSM/GPRS que incluye una serie de mejoras para proveer mejor rendimiento de datos.

El rendimiento teórico máximo es de 473 kbps usando una modulación 8-PSK. El problema de este tipo de servicios es que necesita mejores condiciones de propagación, que no siempre se puede conseguir para las aplicaciones de telegestión.

3G o UMTS [19] y sus evoluciones suponen un cambio importante en las tecnologías basadas en GSM. Utiliza un esquema basado en CDMA y está especialmente diseñado para proporcionar servicios orientados a paquetes y basados en IP en condiciones económicas más competitivas que los servicios GPRS. Sin embargo, el proceso de implantación de estas redes está siendo más lento que el esperado.

3.3. *Tecnologías Wire-Line*

En este tipo de tecnologías, incluimos PSTN (Public Switched Telephone Network), ADSL y las tecnologías de fibra óptica.

La transmisión de datos sobre al PSTN (Public Switched Telephone Network) ha sido utilizada desde hace bastante tiempo. El principal problema de este tipo de servicios es el tener que contratar una nueva línea dedicada o en su defecto, compartir la que posee, con los problemas que puede ocasionar.

En cuanto a la tecnología ADSL el principal problema es que los proveedores de servicios de telecomunicaciones y energéticos deberían compartir la infraestructura.

Para las tecnologías de fibra óptica sólo existen estudios preliminares, pero tiene como principal inconveniente el coste de instalación de esta tecnología. Se puede utilizar como medio de transmisión del nivel WAN.

Para las zonas donde no hay ningún tipo de cobertura de las tecnologías indicadas, se podría realizar la comunicación vía satélite. El problema son los elevados costes de este tipo de medio.

3.4. *Análisis y Uso de las Tecnologías de Comunicación*

La elección de una o varias tecnologías de comunicación para la instalación de un sistemas de telegestión dependerá de las funcionalidades que se instalen o prevean instalar en cada uno de los sistemas, así como el coste de implantación y mantenimiento. Las características de dispersión población, nivel de implantación de comunicaciones y situación en los edificios de los contadores pueden ser factores a tener en cuenta.

Otros dos aspectos importantes a la hora de realizar la selección de la misma son tanto las funcionalidades actuales como futuras del sistema de gestión, así como el coste de implantación y mantenimiento del mismo.

En la siguiente figura, podemos observar un estudio preliminar de los costes anuales por tecnología. La tecnología PLC ofrece una buena relación de prestaciones

costes, pero esta tecnología suele usarse sólo en la parte LAN y debe usarse en combinación con otras. Por otra parte y como se puede observar en la Fig. 9 el coste de utilizar una tecnología broadband PLC depende si su uso es dedicado o no.

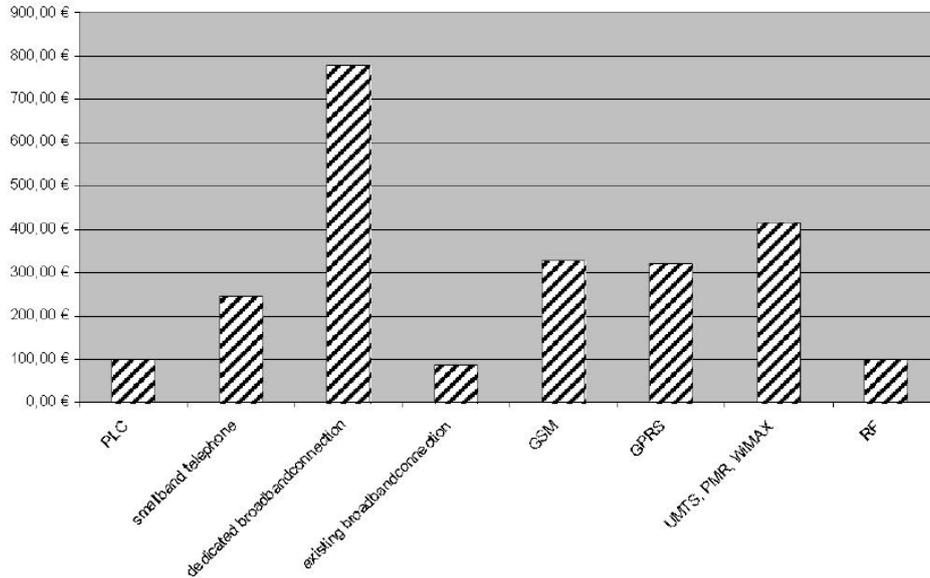


Fig. 9: Análisis de Costes Anuales por Tecnología

Para el primer nivel de comunicación o LAN, se suele elegir una solución basada en PLC (típicamente de tipo narrowband) tanto de tipo propietario como estándar, mesh radio o BLP en algún caso.

Para el segundo nivel de comunicación o WAN se suele elegir una comunicación basada en GPRS o comunicación radio.