

## **Planificación y Puesta en Marchas de Redes de Comunicación para Sistemas ITS.**

Autores: D.I. Fernando Fariña.  
Ing. Miguel Gallego.

Nicolás Rodríguez Peña 145 piso 7 depto. C  
C1020ADC  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires  
Argentina  
Tel: 5491143720429  
Cel: 5491151859353  
fofernando@yahoo.com.ar

## 1. Resumen.

El trabajo tiene el objetivo de describir las acciones a realizar para la planificación de una red de comunicaciones para sistemas ITS y la presentación de dos casos prácticos de implementación en La Ciudad de Comodoro Rivadavia – Provincia del Chubut y Municipio de La Matanza – Provincia de Buenos Aires.

El manejo y transporte de la información es un tema de discusión permanente en distintos ámbitos y no es ajeno al ámbito vial, la instalación de nuevas tecnologías para el control de tránsito obliga a un mejor diseño de redes de comunicación que se adecúen a estos modernos requerimientos.

Los sistemas ITS son un conjunto de dispositivos utilizados para el control del tránsito que, con inteligencia local y capacidad de comunicación permiten la toma de decisiones interpretando múltiples datos. Estos dispositivos incluyen entre otros los sistemas semafóricos, de control de estacionamiento y priorización de transporte público.

Los mismos se pueden agrupar según su funcionalidad en:

- Sistemas Centrales.
- Equipos de Campo.
- Redes de Comunicación y Transmisión de Datos
  - Medios Físicos de transporte.
  - Equipos de comunicación.

Dadas las particulares características que poseen las redes para sistemas ITS, se observa en la mayoría de los casos, que las soluciones encaradas no se adaptan a sus requerimientos, generando así fallas de operación o altos costos de implementación. Es importante entonces analizar las características de las tecnologías disponibles y evaluar los resultados obtenidos a fin de encontrar las soluciones que mejor se adecúen a las necesidades de la operación centralizada.

La confiabilidad de los medios de transporte de la información es un tema central en el diseño de los sistemas ITS. El desarrollo de metodologías proyectuales y especificaciones técnicas adecuadas son aspectos fundamentales para la mejora de las capacidades de las vías y el aumento de su seguridad.

## **2. Introducción.**

### **Evolución de las comunicaciones para los sistemas ITS**

La evolución de la tecnología ha incidido notablemente en los sistemas de comunicación de los sistemas ITS, los controladores de los semáforos fueron los primeros dispositivos de ordenamiento vehicular que requirieron de algún mecanismo de enlace que les permitiera el funcionamiento dentro de una red, el objetivo inicial fue el de optimizar su operación sincronizando las denominadas ondas verdes.

Con ese fin es que se fueron estableciendo especificaciones según los recursos técnicos disponibles, tal el caso de los primeros equipos que aparecieron en el mercado como los del tipo electromecánico donde la vinculación eléctrica se realizaba con cables con suministro de tensión de 220 Volt y un único pulso de sincronismo para todo el equipamiento de la red, estableciéndose el desfase u offset en forma local. Esta forma simple de coordinar los sistemas ha demostrado una eficiencia notable por su sencillez y que aún hoy, a pesar de los años transcurridos, continúa utilizándose.

En una etapa inicial los equipos electrónicos no tenían una base de tiempo confiable para su operación independiente y a su vez sincronizada, no obstante a partir de la incorporación de los microprocesadores esto ha introducido una relativa mejora. En estos casos es posible observar el mantenimiento de los sincronismos entre controladores aun cuando se encuentran aislados de la subordinación con el sistema maestro, pero luego de transcurrido un tiempo; que es variable según la tecnología, el sistema termina descoordinado con los problemas derivados en la operación de las ondas verdes.

Es indudable que las limitaciones de este sistema, obligaron a proyectar variantes que permitieran un mayor grado de actuación a la distancia especialmente en la supervisión de su estado operativo y de los cambios programados o de emergencia en el funcionamiento de los semáforos. Es así que se pasó a utilizar la tecnología de cableado telefónico que permitía el acceso mediante uno o más pares en forma independiente a cada equipo. Utilizando entonces esos mismos ductos se tendieron cables multipares (10, 20, 50 y 100 pares según las necesidades), con lo que se dispuso una organización en las redes de comunicación que facilitó el ingreso de los, cada vez más poderosos, sistemas de control especialmente con el uso de las Computadoras de Comando.

El crecimiento de este tipo de operación remota, continuó ampliándose aún más con el surgimiento de los nuevos sistemas ITS, tal el caso de los equipos de medición del tránsito mediante detectores vehiculares y los sistemas de Video Control.

La aparición de la fibra óptica para el uso de las comunicaciones es relativamente reciente en la progresión del tiempo de la historia narrada, pero como fue en su oportunidad el cableado telefónico, este nuevo sistema revolucionó también la tecnología de control aumentando la capacidad y velocidad de transmisión de datos con las ventajas ya conocidas. Esto ha sido especialmente útil en determinadas aplicaciones tales como el enlace de alta capacidad entre Centros de Control o computadoras de tránsito para la

transmisión de imágenes registradas en las cámaras del sistema de supervisión visual y en todo otro tipo de uso que requieran el manejo de altos volúmenes de datos.

En el caso de los sistemas para el control de los equipos semafóricos, la fibra óptica no se implementó masivamente para la comunicación con los equipos de campo ya que éstos, por su tecnología, prácticamente disponen de capacidad de trabajo autónoma sin necesidad de intercambio de un volumen de datos significativamente alto, sumado esto a lo complejo que resulta la necesidad de interceptar la fibra en múltiples puntos a cortas distancias.

Por ese motivo la tecnología de pares telefónicos en los sistemas semafóricos migró hacia los sistemas inalámbricos los cuales resultaron una solución con una relación costo beneficio significativamente favorable. Si bien ésta es una tecnología existente hace ya varios años, la mejora de la misma fundamentalmente en cuanto a la optimización del manejo de los datos y su confiabilidad ha extendido su aplicación a múltiples ámbitos.

Los sistemas de comunicaciones de radio frecuencia (en Bandas no licenciadas en 900 MHz, 2.4 GHz y 5.8 GHz.) y enlace de antenas con distintas alternativas de protocolos abiertos y propietarios, pueden ser entre otros del tipo Radio Enlace como el ZigBee (que es una tecnología propietaria en 2.4 GHz.) muy utilizada en ámbitos industriales o el Radio Enlace con Protocolos IP abierto que es una tecnología inalámbrica basada en el WiFi hogareño la que se ha ampliado para espacios exteriores y a grandes distancias.

Las principales frecuencias utilizadas en microondas se encuentran alrededor de los 12 GHz, 18 y 23 GHz, las cuales son capaces de conectar dos localidades entre 1 y 25 kilómetros de distancia una de la otra. El equipo de microondas que opera entre 2 y 6 GHz puede transmitir a distancias entre 30 y 50 kilómetros, que pueden ser utilizada como reemplazo de la fibra óptica para enlaces que requieran alta capacidad de transmisión de datos.

Por último se pueden destacar los sistemas de comunicación inalámbrica del tipo GSM / GPRS que efectúan la comunicación utilizando la red de teléfonos celulares, de bajo costo de implementación pero que implica depender del mantenimiento, disponibilidad y costos de uso en redes de terceros. Este último tipo de enlace es recomendable para puntos de acceso en lugares alejados de las redes troncales de los sistemas.

Otra tecnología complementaria son los sistemas de "GPS" Global Positioning System, su traducción sería Sistema de Posicionamiento Global, la que permite mediante la triangulación de varios satélites establecer la posición para cualquier ubicación geográfica como también así fijar una base unificada de tiempos. Este dispositivo ha permitido la sincronización de los sistemas a bajo costo. En este caso con la incorporación de un simple dispositivo, el equipo ajusta su reloj interno al del GPS y se facilita que todos los dispositivos de una red se sincronicen sin necesidad de una interconexión física mediante cableado de enlace. También es de avanzada una mejora adicional para los sistemas semafóricos en la que el equipo opera automáticamente con GPS cuando se interrumpe la vinculación con el sistema de supervisión y deje de hacerlo cuando éste se rehabilita.

Dadas las particulares características que poseen las redes para sistemas ITS, nos encontramos en la mayoría de los casos con soluciones que no se adaptan a nuestros requerimientos redundando esto en fallas en el funcionamiento de los sistemas y/o en altos costos de implementación.

Por este motivo creemos que es importante analizar y profundizar en los aspectos y características de las redes para estos sistemas a fin de encontrar soluciones que se adecúen a estas necesidades optimizando así los recursos disponibles.

A lo largo de los años hemos ido desarrollando especificaciones técnicas particulares para la utilización de estas tecnologías en los sistemas descritos con el objetivo de mejorar el rendimiento de las mismas y de proveer a las distintas áreas que participan en los proyectos viales de herramientas adecuadas para su diseño, implementación y mantenimiento.

Empezaremos entonces describiendo brevemente en qué consisten los sistemas ITS y cuáles son los elementos que los comprenden para poder interpretar las necesidades antes descritas. Describiremos los modelos de redes utilizados, haciendo un recorte en el campo de estudio sobre aquellos que han dado un resultado positivo, ya que esta temática es significativamente amplia, y desarrollaremos por último los distintos aspectos a tener en cuenta para la planificación de una red para sistemas ITS mostrando dos casos de aplicación para verificar dichos conceptos.

### 3. Base Teórica.

Los sistemas ITS (por sus siglas en inglés “Intelligent Traffic Systems”) son un conjunto de dispositivos utilizados para el control del tránsito que, con inteligencia local y capacidad de comunicación, permiten la toma de decisiones interpretando múltiples datos de información.

Estos dispositivos incluyen entre otros, los siguientes:

- Sistemas Semafóricos mediante el Control Adaptativo o Selección de Planes por Medición de las variables del Tránsito.
- Control automático de reversibilidad de carriles.
- Control de accesos a áreas de circulación restringida.
- Control automático del estacionamiento.
- Priorización de circulación de vehículos de transporte de pasajeros.
- Equipos de Supervisión Visual del Tránsito.
- Carteles de Leyenda variable.
- Estaciones climatológicas – Detectores de Niebla.
- Sistemas de Detección de Incidentes

Dichos dispositivos pueden operar en forma autónoma o estar supeditados a **Sistemas de Gestión del Tránsito** que permiten su integración para el monitoreo desde una misma plataforma o, en un nivel superior de prestaciones, la acción coordinada de éstos; que ante un evento detectado por uno de los equipos de campo, se activen mecanismos de acción en

los otros dispositivos. Un ejemplo de esto podría ser la localización de un incidente en una vía por medio de un sistema de video-detección y que este active en forma automática una leyenda específica en un Cartel de Mensaje Variable y modifique adicionalmente los tiempos de las intersecciones semaforizadas en vías de recorrido alternativo.

Los sistemas ITS complejos están compuestos por múltiples equipos, los que incluyen Hardware y Software, para su interpretación los organizaremos según dos categorías: la primera según el tipo de función específica que cumplen dentro del sistema y la segunda según el nivel de jerarquía en la arquitectura de la red.

### **Ordenamiento según uso o función específica.**

- Sistemas Centralizados de tránsito.
  - Servidores Centrales y Computadoras de zonas.
  - Puestos de Operación local.
  - Puestos de Operación Remotos.
  
- Equipos de Campo.
  - Equipos de Captación de datos. (Conteos, Incidentes, Cond. Ambientales)
  - Equipos de Información al Usuario. (Semáforos, Carteles, Pilonas, etc.)
  - Equipos de supervisión de funcionamiento de los sistemas.
  
- Redes de Comunicación y Transmisión de Datos
  - Medios Físicos de transporte.
  - Equipos de comunicación.

### **Ordenamiento según nivel jerárquico.**

La organización según el nivel jerárquico dentro de la red describe los permisos para la toma de decisiones que posee o debe requerir a un nivel superior para actuar.

El **nivel 1** (más bajo) el equipamiento tiene una capacidad limitada de toma de decisiones, sería el caso de una intersección semaforizada y depende de un nivel superior para la actuación dentro de la red.

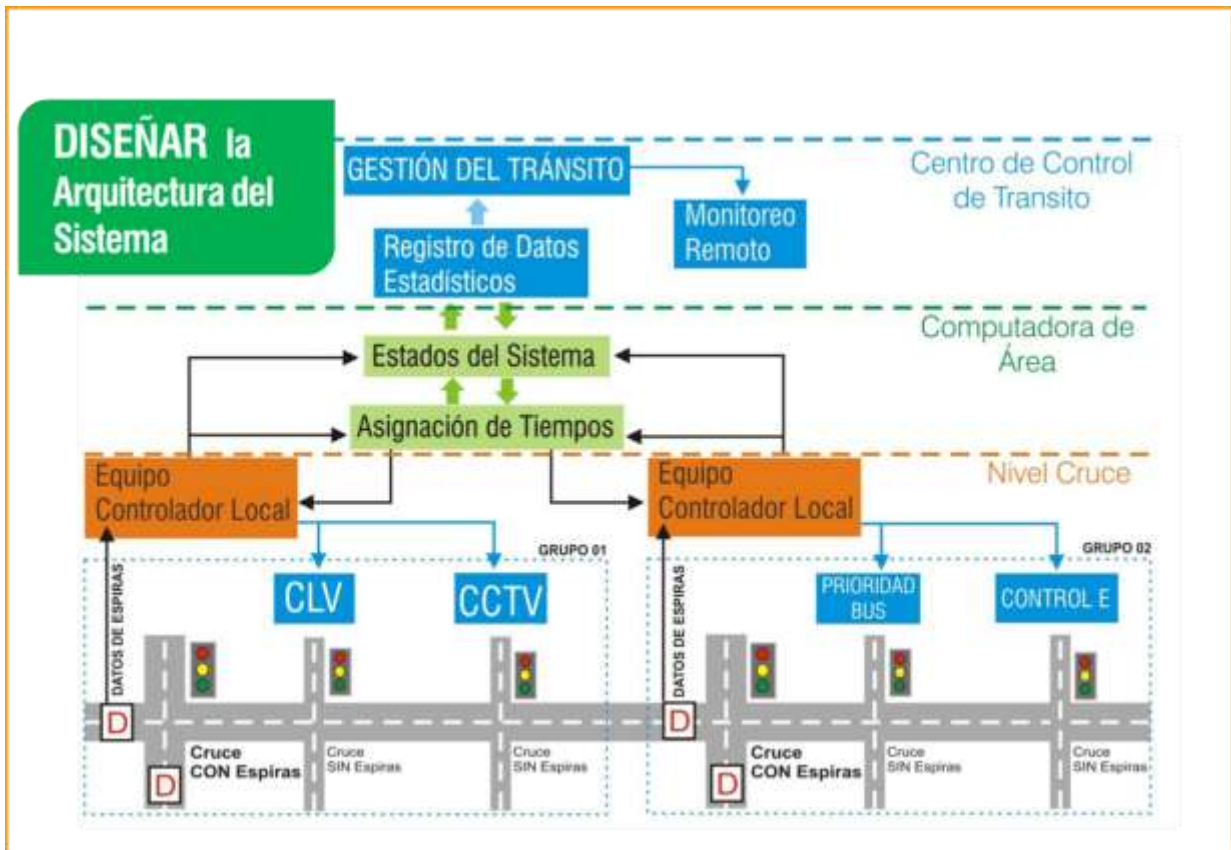
El **nivel 2** los sistemas actúan sobre el nivel 1 en un área definida por ejemplo una avenida coordinada o un tipo de uso específico como puede ser un sistema de carteles de mensajes variables de estacionamientos. Este nivel está físicamente conectado al **Nivel 1**.

El **nivel 3** tiene la capacidad de interpretar la información de los sistemas de captación de datos y mediante operaciones lógicas u algoritmos de optimización actuar sobre uno o varios sistemas de transmisión de información al usuario. Este nivel puede estar en algunos casos conectado a equipos de **Nivel 1** y/o **Nivel 2**.

El **nivel 4** son sistemas que tienen la capacidad de integrar los sistemas como los de Nivel 3 sumándole información en bases de datos remotas. Este nivel puede estar en algunos casos

conectado físicamente a equipos de **Nivel 3, 2 y 1** y mediante una conexión a Internet tener acceso a bases de datos públicas o privadas.

En el siguiente esquema se detalla la arquitectura típica de un sistema complejo de tres niveles.



**FIGURA N° 1.**  
Arquitectura típica de un sistema complejo de tres niveles

### Redes de Comunicación y Transmisión de Datos

Como se puede observar cada uno de los elementos descriptos se encuentra físicamente vinculado, representados éstos en el gráfico mediante una flecha, lo que indica que existe un medio de comunicación de algún tipo que permite la transmisión de datos para la operación de los mismos. Se desarrollarán a continuación los aspectos más destacables de los variados estándares y medios físicos existentes ya que en cada caso deberán evaluarse las distintas características de dichos vínculos para el desarrollo de la red específica, como se podrá comprender, no es lo mismo vincular dos computadoras dentro de un edificio que interconectar 300 intersecciones semaforizadas u operar un Cartel de Mensaje variable a 30 km. de distancia.

## Conceptos básicos sobre redes.

### Tipos de redes.

Las redes de comunicación comprenden al conjunto de dispositivos que proporcionan la capacidad para mantener a distancia un intercambio de información y/o una comunicación, ya sea ésta en forma de voz, datos, vídeo o una mezcla de los anteriores, que incluyen **las interfaces** que nos permiten disponer del acceso a la red de comunicaciones y **el medio físico** para el transporte de la información, que mediante protocolos de datos, permiten la organización de la comunicación y la posibilidad de interpretar dichos datos a los extremos que desean establecer el vínculo.

Las redes pueden ser **fijas, inalámbricas, móviles y celulares**. En las **redes fijas** los usuarios y los terminales están permanentemente fijos, conectados físicamente a las redes mediante un cable sin poder desplazarse de ubicación.

Las **redes inalámbricas** utilizan el espectro radioeléctrico para la comunicación sin poder desplazarse de ubicación o dentro de un radio acotado.

En las **redes de móviles** los usuarios están en movimiento dentro de las zonas de cobertura de la red, y los terminales proporcionan a la red las señales que permiten su seguimiento e identificación. Obsérvese que todas las redes de móviles son inalámbricas, pero no al revés.

Por último las **redes celulares** que son redes inalámbricas que tienen dividida la zona de cobertura en "células" o "celdas" que permiten a los usuarios desplazarse grandes distancias sin perder la comunicación.

### Medio físico.

El medio físico es el encargado de transmitir señales electromagnéticas que son interpretadas por el protocolo de enlace de datos como bits. En principio, cualquier medio físico podría ser utilizado, a condición que asegure la transmisión de toda la información sin interferencias. De hecho, las líneas telefónicas, las de televisión por cable y las de energía eléctrica pueden ser utilizadas con ese fin, sin embargo, en redes locales se utilizan cableados dedicados lo que mejora las velocidades de transmisión.

Otra posibilidad es la transmisión a través del aire, en forma de señales de radio, microondas, etc. La forma en que se interconectan entre sí los distintos nodos de la red, determinan su topología.

### Protocolo de red.

R.A.E. Definición de **Protocolo**: *Del lat. tardío protocollum* 5. m. Inform. Conjunto de reglas que se establecen en el proceso de comunicación entre dos sistemas.

Es el término que se emplea para denominar al conjunto de normas, reglas y pautas que sirven para guiar una conducta o acción. Red, por su parte, es una clase de estructura o sistema que cuenta con un patrón determinado. El concepto de protocolo de red se utiliza en el contexto de la informática para nombrar a las normativas y los criterios que fijan cómo



deben comunicarse los diversos componentes de un cierto sistema de interconexión. Esto quiere decir que, a través de este protocolo, los dispositivos que se conectan en red pueden intercambiar datos.

También conocido como protocolo de comunicación, el protocolo de red establece la semántica y la sintaxis del intercambio de información, algo que constituye un estándar. Los equipos en una red, de este modo, tienen que actuar de acuerdo a los parámetros y los criterios establecidos por el protocolo en cuestión para lograr comunicarse entre sí y para recuperar datos que, por algún motivo, no hayan llegado a destino.

En el protocolo de red se incluyen diversas informaciones que son imprescindibles para la conexión. El protocolo indica cómo se concreta la conexión física, establece la manera en que debe comenzar y terminar la comunicación, determina cómo actuar ante datos corrompidos, protege la información ante el ataque de intrusos, señala el eventual cierre de la transmisión, etc.

Existen protocolos de red en cada capa o nivel de la conexión. La capa inferior refiere a la conectividad física que permite el desarrollo de la red (con cables UTP, ondas de radio, etc.), mientras que la capa más avanzada está vinculada a las aplicaciones que utiliza el usuario de la computadora (con protocolos como HTTP, FTP, SMTP, POP y otros).

Por dar algunos ejemplos de uso diario, El HTTP es el Protocolo de Transferencia de Hipertexto se usa en todas las transacciones que tienen lugar en Internet, el FTP es el Protocolo de Transferencia de Archivos, por su parte, se utiliza cuando se desea enviar y recibir archivos de un sistema a otro. O el SMTP con un nombre menos conocido que los dos anteriores, el Protocolo para transferencia simple de correo es utilizado una cantidad incalculable de veces al día por usuarios de todo el mundo, ya que da forma al intercambio de mensajes de correo electrónico.

Es importante destacar que los sistemas ITS, independientemente del protocolo que utilicen para establecer la comunicación dentro de la red, tendrán un protocolo propio que establecerá la sintaxis específica para que éste se comuniquen con los sistemas supervisores y que permita de esta manera que el dispositivo interprete las acciones que se definan en los niveles superiores. El protocolo específico viaja embebido en el protocolo superior, que es el encargado de organizar la red, y es interpretado por el dispositivo final, como un email que viaja en un protocolo SMTP pero el texto que contiene es interpretado por el emisor y el receptor para intercambiar la información deseada.

Para los niveles 3 y 4 existen diversos protocolos como el LDAP son las siglas de Lightweight Directory Access Protocol (en español Protocolo Ligero/Simplificado de Acceso a Directorios) que hacen referencia a un protocolo a nivel de aplicación que permite el acceso a un servicio de directorio ordenado y distribuido para buscar diversa información en un entorno de red. Existen también entre otros el Microsoft Active Directory y el protocolo OpenLDAP.

Para los niveles 1 y 2 de los sistemas ITS existen diversos protocolos con características similares a los utilizados en ambientes industriales tipo SCADA (acrónimo de Supervisory

Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia), en estos casos hay tres familias de protocolos estandarizados: Los adoptados o desarrollados por los organismos internacionales como el AENOR que dicta las normas UNE (por ejemplo 135401-4:2003 IN para Equipamiento para la señalización vial. Reguladores de tráfico. Parte 4: Protocolo de comunicaciones. Tipo M), de gobiernos nacionales como el DGT de España o municipales.

Los propietarios desarrollados por las empresas fabricantes de los dispositivos, algunos ampliamente adoptados como el UTCM o el SCOOT.

Por último los mixtos en donde asociaciones empresarias trabajan con organismos de estado como el The National Transportation Communications for Intelligent Transportation System Protocol (NTCIP), este es una familia de estándares diseñados para lograr la interoperabilidad y la intercambiabilidad entre las computadoras y equipos electrónicos de control de tráfico de diferentes fabricantes. El protocolo es el producto de un conjunto de normalización proyecto guiado por la Comisión Conjunta de NTCIP, que se compone de seis representantes de cada uno de la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA), la Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transporte (AASHTO), y el Instituto de Ingenieros de Transporte (ITE).

Es de destacar que instituciones Argentinas como IRAM y la Sociedad Argentina de Ingeniería de Tránsito (SAIT) han desarrollado proyectos mixtos de protocolos específicos como el PruCo.

### **Tipos de Protocolos de Comunicaciones**

Podemos dividirlo en tres grandes grupos “abierto” “cerrado” y “estándar”, estos términos tienen un amplio rango de significados asociados con su uso. Hay una serie de definiciones sobre estos estándares abiertos que hacen énfasis en diferentes aspectos sobre cuando considerarlo “abierto”, incluyendo la especificación resultante, el proceso de redacción, y la propiedad de derechos en el estándar. El término “estándar” a veces se restringe a las tecnologías aprobadas por comités formales que están abiertos a la participación de todas las partes interesadas y operan por consenso, aunque podríamos a grandes rasgos llegar a las siguientes definiciones:

**Abierto.**- aquel en el cual sus características son de libre acceso, tanto a empresas como a usuarios, en los cuales se puede obtener la suficiente documentación para su implementación. La especificación debe haber sido desarrollada en proceso abierto a toda la industria y también debe garantizar que cualquiera la puede usar sin necesidad de pagar regalías o rendir condiciones a ningún otro. Al permitir a todos el obtener e implementar el estándar, pueden incrementar y permitir la compatibilidad e interoperabilidad entre distintos componentes de hardware y software, ya que cualquiera con el conocimiento técnico necesario y recursos puede construir productos que trabajen con los de otros vendedores, los cuales comparten en su diseño base el estándar.

**Privado.**- es aquel que ha sido desarrollado por una sola compañía para uso exclusivo y de sus clientes, por lo que, sus características no se hacen públicas. Normalmente denominado cerrado. En los estándares informáticos no abiertos, los poseedores de las patentes de software pueden imponer sobrecargos u otros términos de licencia en las implementaciones del estándar. En estas circunstancias dichos estándares no serían considerados abiertos, sino estándares cerrados o licenciados bajo términos.

**Estándar.**- exclusivo de protocolos abiertos. Un protocolo abierto se convierte en estándar, cuando aparece un organismo normalizador que publica una serie de normas (EN en el caso europeo) bajo las cuales debe regirse. Es ahí cuando decimos que un protocolo está “normalizado” y es de uso público.

### **Red de comunicación por par telefónico y fibra óptica.**

Existen múltiples tipos de sistemas de comunicación mediante cables físicos como los utilizados para redes Ethernet o USB y otras de más alta velocidad como FireWire, HDMI.

Dos de las interfaces más antiguas son el RS-232 y RS-485, estas interfaces lejos de estar obsoletas o descontinuadas, se continúan utilizando en muchas aplicaciones industriales que requieren altos niveles de robustez. En múltiples sistemas ITS se siguen adoptando este tipo de comunicaciones serie, por las características particulares de confiabilidad que describiremos a continuación, pero en general en el caso del RS-232 se aplica para la programación o configuración de los equipos dado su corto alcance y el RS-485 para la transmisión de datos a mayores distancias.

Por otro lado hace ya mucho tiempo que Ethernet consiguió situarse como el principal protocolo del nivel de enlace. A diferencia de los RS-232 y 485 que solo utilizan cables telefónicos de cobre, las tecnologías Ethernet que existen se diferencian significativamente por el tipo de cable que utilizan (telefónico, coaxial o fibra óptica) obteniéndose distintas prestaciones según los usos con un amplio rango de velocidad de transmisión, capacidad y longitud máxima o distancia máxima que puede haber entre dos nodos adyacentes (sin estaciones repetidoras).

### **RS-232 por cable telefónico de cobre.**

El RS-232, también conocido como EIA/TIA RS-232C, es una norma para el intercambio de una serie de datos binarios entre un Equipo Terminal de Datos o “DTE” (por sus siglas en inglés) y un Equipo de Comunicación de Datos o “DCE”. La interfaz RS-232 está diseñada para enviar datos para distancias cortas, de hasta 15 metros según la norma, y para velocidades de comunicación bajas, de no más de 20 kbps.

Es un modo de transmisión muy simple, pero también vulnerable al ruido aditivo en la línea y por esa razón es empleada para comunicación a distancias cortas.

La interfaz puede trabajar en comunicación asincrónica o sincrónica y tipos de canal simplex, half duplex o full duplex. En un canal simplex los datos siempre viajarán en una dirección, por ejemplo desde DCE a DTE. En un canal half duplex, los datos pueden viajar en una u otra dirección, pero sólo durante un determinado periodo de tiempo. En un canal full duplex, los datos pueden viajar en ambos sentidos simultáneamente.

El puerto serial DB25-RS232, en su forma original estándar, contaba con 25 señales, fue reemplazado por el DB9 que cuenta con 9 señales.

Adicionalmente a la señales de datos transmitidos y recibidos TX, RX, la norma original RS-232 incluye definiciones para señales de control (en inglés "handshake signals") que se usan para varias funciones auxiliares en el protocolo de envío y recepción de datos, así como para el diagnóstico de fallas.

Actualmente, el estándar se ha simplificado a las señales de transmisión TX, recepción RX y tierra GND, dejando sin utilizarse el resto de las señales.



**FIGURA N° 2.**  
**Típico Conector RS-232 (DB-9 hembra)**

### **RS-485 por cable telefónico de cobre.**

Cuando se requieren mayores distancias y velocidades de transmisión, entonces deben de emplearse las normas RS-422 y RS-485. Además, estas normas permiten también la transmisión multipunto, es decir una computadora central conectada con varias Unidades Terminales Remotas (UTR).

Dicho estándar administrado por la Telecommunications Industry Association (TIA) y titulado como TIA-485-A.222. Está definido como un sistema en bus de transmisión multipunto diferencial, es ideal para transmitir a **altas velocidades sobre largas distancias** y a través de canales ruidosos, ya que reduce los ruidos que aparecen en los voltajes producidos en la línea de transmisión. Al tratarse de un estándar bastante abierto permite muchas y muy diferentes configuraciones y utilizaciones.

La transmisión diferencial permite velocidades de hasta 10 Mbps, sobre distancias de hasta 1.3 kms. Se usan dos señales para transmitir y dos para recibir, además de la tierra, la cual

es normalmente conectada al blindaje del cable. En cada par, viajan la señal de transmisión y su complemento. En el receptor, la señal original se obtiene restando una de la otra. Esta técnica reduce el ruido generado en la línea, ya que éste se induce por igual en ambas líneas del par y es al final cancelado. Este tipo de transmisión debe de hacerse siempre sobre cable del tipo "par trenzado" (twisted pairs).

La diferencia principal entre RS-422 y RS-485 es el número de señales usadas en el cable de transmisión. RS-422 usa 4 señales y su tierra, RS485 usa solo 2 señales y su tierra. RS485 requiere de un protocolo "half dúplex" para operar, dado que las mismas líneas son usadas tanto para transmisión como recepción.

Todos los dispositivos RS-485 poseen drivers "tri-state" que permiten a las UTR desconectarse de la línea una vez que transmitieron su información. Mediante un par de cables telefónicos entrelazados admite hasta 32 estaciones en 1 solo hilo. Normalmente, para este fin se usa un circuito temporizador automático habilitado por el flanco ascendente de la señal de transmisión. El temporizador habilita el circuito trasmisor durante el tiempo que dura el mensaje y lo deshabilita al terminar éste.

En la siguiente tabla vemos una comparativa entre todos los medios disponibles para comunicación por medio de cable telefónico de cobre:

<b>Características de RS-232, RS-422 y RS-485</b>			
	<b>RS-232</b>	<b>RS-422</b>	<b>RS-485</b>
Cableado	Punto a Punto	Punto a Punto Multipunto	Multipunto
Numero de dispositivos	1 emisor 1 receptor	1 emisor 10 receptores	32 emisores 32 receptores
Modo de comunicación	Full Duplex	Full / Half Duplex	Half Duplex
Distancia máxima	15 m	1200 m	1200 m
Velocidad máxima	19,2 Kbps	10 Mbps	10 Mbps
Tipo de señal	Referencia a masa	Diferencial Balanceada	Diferencial Balanceada

**TABLA N° 1.**  
**Tabla comparativa entre los medios RS-232, RS-422 y RS-485**

## **Medio físico de transmisión Ethernet.**

También conocido como IEEE 802.3, esta norma tiene sus orígenes en la década de 1970, siendo Robert Metcalfe, un ingeniero graduado en MIT y la compañía Xerox los principales precursores de ella. En la actualidad es el método más simple, seguro, y económico de montar una red entre computadoras, debido fundamentalmente a su flexibilidad, ya que entre otras tantas características es posible utilizarse desde cable coaxial hasta fibra óptica para poder implementar una red con esta tecnología.

La idea básica detrás de Ethernet es que todas las PCs dentro de una red envíen y reciban datos de una forma en que se evite cualquier tipo de superposición, lo que sería desastroso. Es por ello que los datos que se envían o reciben mediante este estándar deben ser fragmentados en fracciones más pequeñas y enviados a través de un método conocido como "Conmutación de paquetes".

Básicamente esto consiste en que si una de las PC de la red quiere enviar un paquete de datos a otra, debe ser empaquetado, lo que finalmente arroja como resultado un "paquete", el cual consiste de varios datos tales como cabecera, dirección del dispositivo en la red a quién va destinado y qué dispositivo de la red lo está enviando. Además contiene datos de control y otras informaciones relativas al mismo como la cantidad de datos que transporta y otros.

Como dato importante, cabe destacar que estos paquetes se envían a todos los dispositivos que conforman la red, siendo los propios aparatos los que determinan si el paquete va dirigido a ellos o no, denegando todos los paquetes que no se dirigen estrictamente al dispositivo en particular.

Otro dato a tener en cuenta es que todos los dispositivos de una red pueden transmitir paquetes en cualquier momento en que así se requiera, sin embargo esto puede provocar problemas cuando dos dispositivos intentan hacerlo al mismo tiempo, conociéndose este hecho como "colisión".

Es por ello que se creó CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) cuya traducción al español es "Acceso múltiple con escucha de portadora y detección de colisiones", el cual es un protocolo utilizado en las redes Ethernet para solucionar este problema.

Mediante CSMA/CD, es posible que los dispositivos escuchen la red para determinar si el canal y los recursos se encuentran libres. En caso afirmativo, se podrá realizar la transmisión para no colisionar con otros paquetes.

A continuación se especifican los anteriores conceptos en las tecnologías más importantes:

<b>Tecnología</b>	<b>Velocidad de transmisión</b>	<b>Tipo de cable</b>	<b>Distancia máxima</b>
10Base2	10 Mbit/s	Coaxial	185 m
10BaseT	10 Mbit/s	Par Trenzado	100 m
10BaseF	10 Mbit/s	Fibra óptica	2000 m
100BaseT4	100 Mbit/s	Par Trenzado (categoría 3UTP)	100 m
100BaseTX	100 Mbit/s	Par Trenzado (categoría 5UTP)	100 m
100BaseFX	100 Mbit/s	Fibra óptica	2000 m
1000BaseT	1000 Mbit/s	4 pares trenzado (categoría 5e ó 6UTP )	100 m
1000BaseSX	1000 Mbit/s	Fibra óptica (multimodo)	550 m
1000BaseLX	1000 Mbit/s	Fibra óptica (monomodo)	5000 m

**TABLA N° 2.**  
**Tabla comparativa entre medios físicos de transmisión Ethernet**

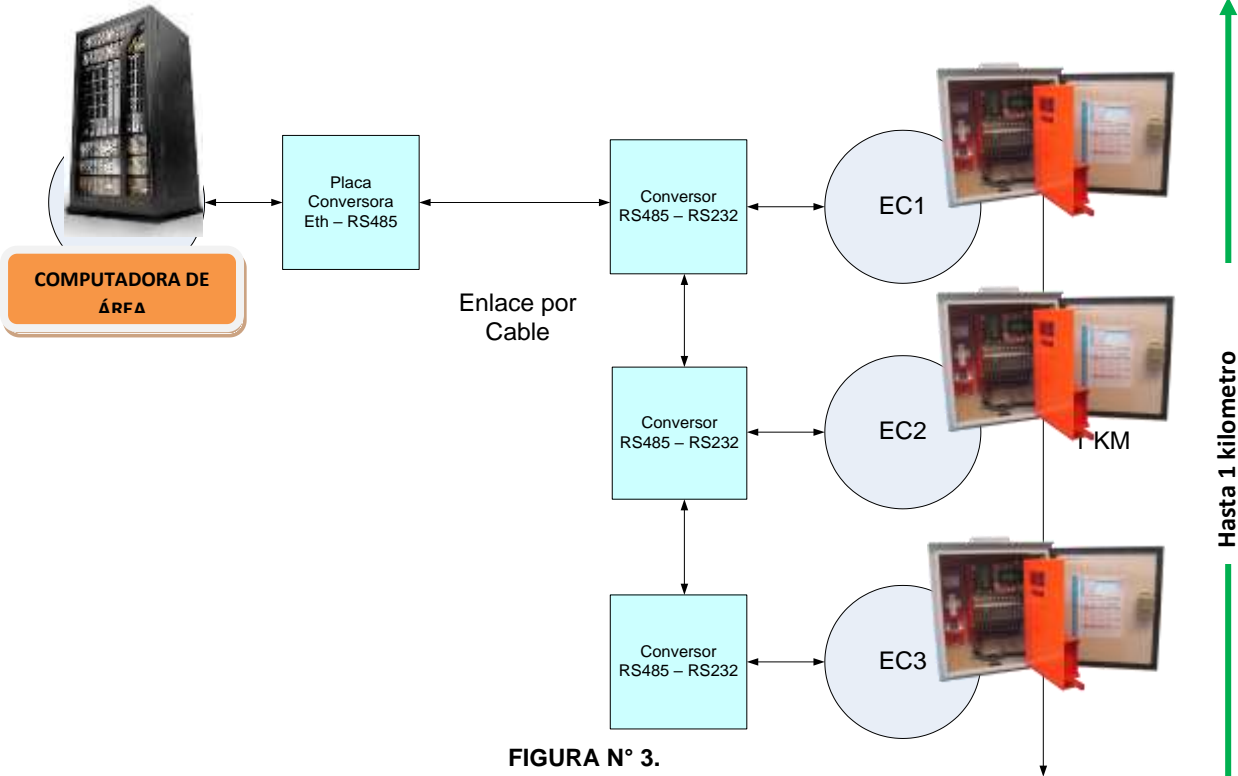
Ethernet se planteó en un principio como un protocolo destinado a cubrir las necesidades de las redes de área local (LAN) pero el estándar 802.3ae (Ethernet Gigabit 10) se ha situado en una buena posición para extenderse al nivel WAN (Wide Area Network en inglés), es decir una red de área amplia, es una red de computadoras que une varias redes locales, aunque sus miembros no estén todos en una misma ubicación física. Muchas WAN son construidas por organizaciones o empresas para su uso privado, otras son instaladas por los proveedores de internet (ISP) para proveer conexión a sus clientes.

Las redes Ethernet por fibra óptica son un medio de transmisión, que consiste en un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, en función de la ley de Snell. La fuente de luz puede provenir de un láser o un diodo led. Las fibras se utilizan ampliamente en telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran distancia, con velocidades similares a las de la radio y superiores a las de un cable convencional. Son el medio de transmisión por cable más avanzado, al ser inmune a las interferencias electromagnéticas, y también se utilizan para redes locales donde se necesite aprovechar las ventajas de la fibra óptica sobre otros medios de transmisión.

Cabe aclarar que el mantenimiento de este tipo de redes es más complejo y costoso, ya que cualquier reparación implica la disposición de herramientas y equipos de trabajo especiales. En estos casos la fibra óptica se usa para comunicar los maestros en sistemas jerárquicos o computadoras de área y éstos se vinculan con los equipos locales mediante redes de baja capacidad como los pares telefónicos.

**Esquema de estándares utilizados para un sistema de Nivel 2**

A modo de ejemplo se indica un esquema de conexionado típico en donde se combina tres estándares de comunicación con un mismo tipo de medio físico. Mediante pares telefónicos se sale del servidor central con un estándar Ethernet pasando a un RS-485 y luego a un RS-232 utilizando conversores entre cada etapa.



**FIGURA N° 3.**  
Esquema de estándares utilizados para un sistema de Nivel 2



## **Red de comunicación por par radio enlace.**

Un radio enlace terrestre o de microondas terrestre provee conectividad entre dos sitios llamados estaciones terrenas. Puede haber línea de vista (Line-of-Sight, LOS) total o parcial según sea el rango de frecuencias usados.

Si tienen línea de vista se pueden usar equipos de radio con frecuencias de portadora por encima de 1 GHz, mientras que si usamos frecuencias por debajo de 1GHz podemos tener línea de vista parcial. La forma de onda emitida puede ser analógica (convencionalmente en frecuencia modulada) o digital.

Las microondas son ondas electromagnéticas cuyas frecuencias se encuentran dentro del espectro de las super altas frecuencias, SHF. Las principales frecuencias utilizadas en microondas se encuentran alrededor de los 12 GHz, 18 y 23 Ghz, las cuales son capaces de conectar dos localidades entre 1 y 25 kilómetros de distancia una de la otra. El equipo de microondas que opera entre 2 y 6 Ghz puede transmitir a distancias entre 30 y 50 kilómetros.

## **Estructura general de un radioenlace por microondas.**

El radioenlace está constituido por equipos terminales y repetidores intermedios. La función de los repetidores es salvar la falta de visibilidad impuesta por la curvatura terrestre y conseguir así enlaces superiores al horizonte óptico. La distancia entre repetidores se llama Vano. Los repetidores pueden ser Activos o Pasivos.

## **Antenas de microondas.**

La antena es fijada rígidamente, y transmite un haz estrecho que debe estar perfectamente enfocado hacia la antena receptora. Estas antenas de microondas se deben ubicar a una altura considerable sobre el nivel del suelo, con el fin de conseguir mayores separaciones posibles entre ellas y poder superar posibles obstáculos. Sin obstáculos intermedios la distancia máxima entre antenas es de aproximadamente 150 km, con antenas repetidoras, claro está que esta distancia se puede extender, si se aprovecha la característica de curvatura de la tierra, por medio de la cual las microondas se desvían o refractan en la atmósfera terrestre.

Por ejemplo dos antenas de microondas situadas a una altura de 6 m pueden separarse hasta una distancia total de 2 km bajo ciertas condiciones, como terreno y topografía. Es por ello que esta distancia puede variar de acuerdo a las condiciones que se manejen. Se indica un esquema de conectividad radial lineal típico.

## **Esquema de estándares utilizados para un sistema de Nivel 2 por radio.**

A modo de ejemplo se indica un esquema de conexionado típico en donde se combina tres estándares de comunicación con distintos tipos de medios físicos. Mediante pares telefónicos se sale del servidor central con un estándar Ethernet pasando a un sistema por

radio y luego nuevamente mediante pares telefónicos se sale del equipo de radio con un estándar Ethernet a un RS-232 utilizando conversores entre cada medio.

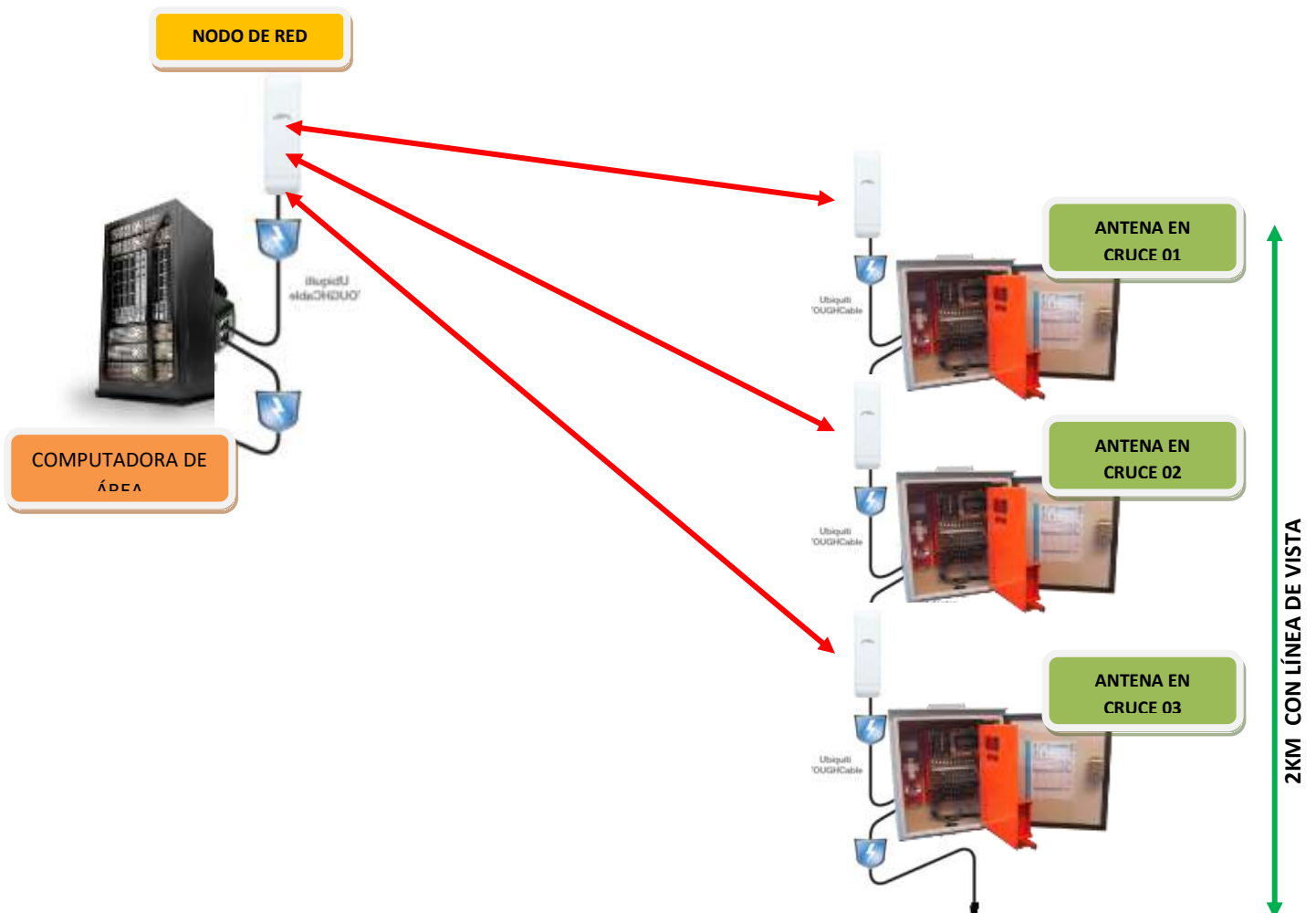


FIGURA N° 4.  
Esquema de estándares utilizados para un sistema de Nivel 2 por radio

### Red de comunicación por GSM / GPRS

Los sistemas de comunicación inalámbrica del tipo GSM / GPRS que efectúan la comunicación utilizando la red de teléfonos celulares, son un servicio general de paquetes vía radio, en inglés: General Packet Radio Service (GPRS), fue creado en la década de los años 80 es una extensión del "Sistema Global para comunicaciones Móviles" (Global System for Mobile Communications o GSM, también llamada segunda generación 2G) para la transmisión de datos mediante conmutación de paquetes, estos redes son de bajo costo de implementación pero como ya se ha mencionado implica depender del mantenimiento, disponibilidad y costos de uso en redes de terceros. Este último tipo de enlace es recomendable para puntos de acceso en lugares alejados de las redes troncales de los sistemas.

## **Base de tiempo unificada por GPS**

En algunos sistemas ITS como por ejemplo los controladores semafóricos es de extrema importancia mantener una base de tiempo unificada, con lo cual podremos mantener la coordinación de los equipos. Por este motivo se implementa la tecnología del "GPS" Global Positioning System, su traducción sería Sistema de Posicionamiento Global, la que permite mediante la triangulación de varios satélites establecer la posición para cualquier ubicación geográfica como también así fijar una base de tiempo unificada.

El GPS funciona mediante una red de 24 satélites en órbita sobre el planeta Tierra, a 20.200 km de altura, con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la Tierra.

Cuando se desea determinar la posición, el receptor que se utiliza para ello localiza automáticamente como mínimo tres satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la identificación y la hora del reloj de cada uno de ellos. Con base en estas señales, el aparato sincroniza el reloj del GPS y calcula el tiempo que tardan en llegar las señales al equipo, y de tal modo mide la distancia al satélite mediante el método de trilateración inversa, el cual se basa en determinar la distancia de cada satélite al punto de medición.

Conocidas las distancias, se determina fácilmente la propia posición relativa respecto a los satélites. Conociendo además las coordenadas o posición de cada uno de ellos por la señal que emiten, se obtiene la posición absoluta o coordenadas reales del punto de medición. También se consigue una exactitud extrema en el reloj del GPS, similar a la de los relojes atómicos que lleva a bordo cada uno de los satélites.

Este dispositivo ha permitido la sincronización de los sistemas a bajo costo. En este caso con la incorporación de un simple dispositivo, el equipo ajusta su reloj interno al impuesto por el GPS, facilitando que todos los dispositivos de una red se sincronicen sin necesidad de una interconexión física mediante cableado de enlace.

Otra mejora adicional es que los sistemas semafóricos operen automáticamente con GPS cuando se interrumpe la vinculación con el sistema de supervisión y dejen de hacerlo cuando éste se rehabilita, logrando mantener la coordinación.

## **Comparativo de los distintas tecnologías de redes.**

Se detallan a continuación las distintas tecnologías y sus aspectos más destacados.

Tipo	Ventajas	Desventajas
GPS	Permite el Sincronismo a Bajo Costo	No permite monitoreo remoto
GSM / GPRS	Bajo Costo No permite Sincronismo	Dependencia de Redes de 3 <sup>o</sup> / Tiempos de recepción
GPS + GSM / GPRS	Bajo Costo de Implementación	Dependencia de Redes de 3 <sup>o</sup> / Tiempos de recepción
Cable Telefónico aéreo	Buena Capacidad de Transmisión de datos	Confiabilidad de la red.
Cable Telefónico Subterráneo	Buena Capacidad de Transmisión de datos	Alto Costo de Implementación
Radio enlace ZigBee	Alcance y ubicación de los equipos.	Baja Capacidad de Transmisión de datos
Radio enlace IP	Alta Capacidad de Transmisión de datos	Necesidad de Visualización de antenas
Fibra Óptica en red subterránea	Muy Alta Capacidad de Transmisión de datos	Alto Costo de Implementación

**DISEÑAR la Red de Comunicaciones**

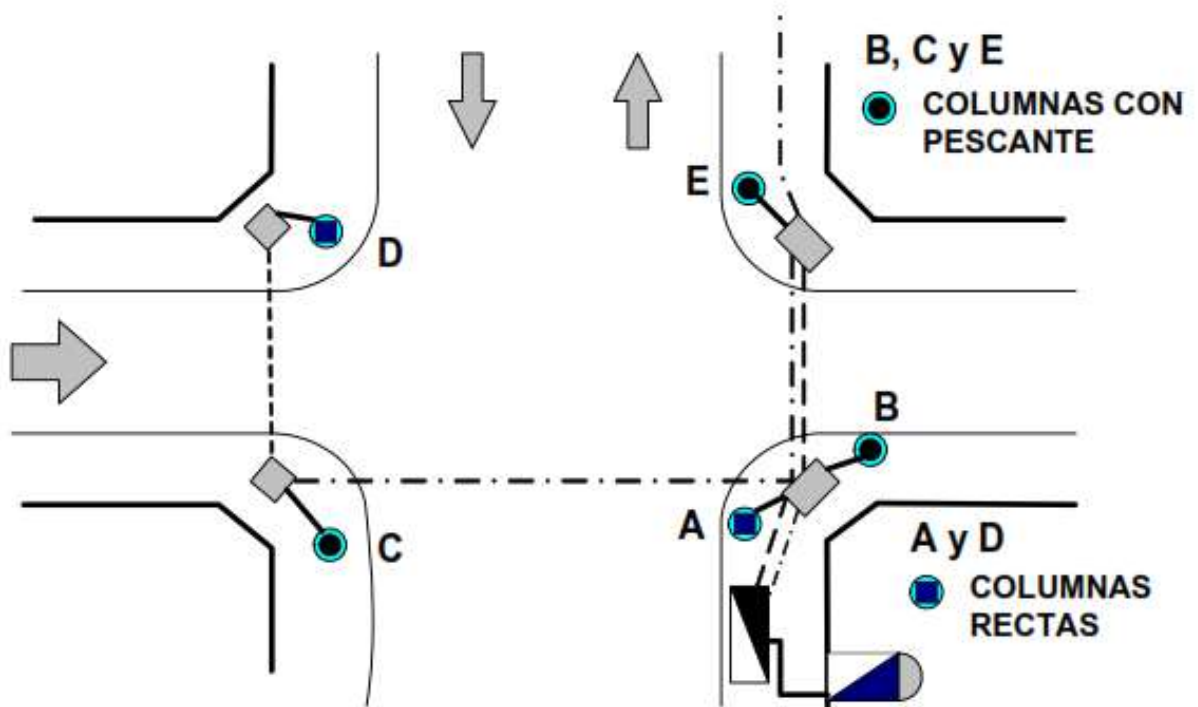
**TABLA N° 3.**  
**Tabla Comparativo de los distintas tecnologías de redes**

#### 4. Especificaciones técnicas y normas de instalación.

Los estándares antes descriptos en casi ningún caso fueron pensados o desarrollados para los sistemas ITS, en algunos proyectos su implementación obligó al desarrollo de nuevas experiencias que luego fueron adoptadas como especificaciones técnicas o normas a través de los organismos intervinientes o instituciones como IRAM, SAIT.

Los objetivos de estas acciones fueron las de fijar las normas de ejecución y los requisitos que deben reunir los materiales a emplear en las obras de instalación de señalización luminosa y sistemas ITS. Consecuentemente, se establecen los requisitos básicos a que deberán ceñirse tanto la forma de construcción, montaje, equipos, materiales, etc. a realizar y / o utilizar en las obras. Considerar la forma de instalación redundante en la confiabilidad de la red y el medio físico seleccionado, indicaremos algunos de los casos más representativos.

Las instalaciones semafóricas en las zonas urbanas tienen una configuración del tipo subterráneo, es decir que se soterran las cañerías para el tendido de los cableados eléctricos, las que están vinculadas mediante cámaras de pase construidas en las aceras. Los ductos subterráneos son construidos en caños de PVC reforzado con secciones de Ø 75 mm. o Ø 110 mm., en función de la cantidad de conductores que serán tendidos, con resguardo de una capacidad remanente para su eventual utilización futura.



**FIGURA N° 5.**  
**Esquema de instalaciones semafóricas en zonas urbanas tipo subterráneas**

Es de destacar aquí, que este primer ejemplo fue determinante en las normas de proyecto de las instalaciones en la vía pública, ya que se decidió que las redes de comunicaciones fueran del tipo subterráneo mediante el tendido de ductos con cámaras de pase intermedias y acceso a los tableros en cada cruce con señalización luminosa.

Tanto las instalaciones semafóricas como la disposición del buzón con el controlador, la alimentación eléctrica y la distribución del cableado del cruce, se mantiene aún hoy con algunas variantes y mejoras según la administración de la municipalidad de cada localidad.



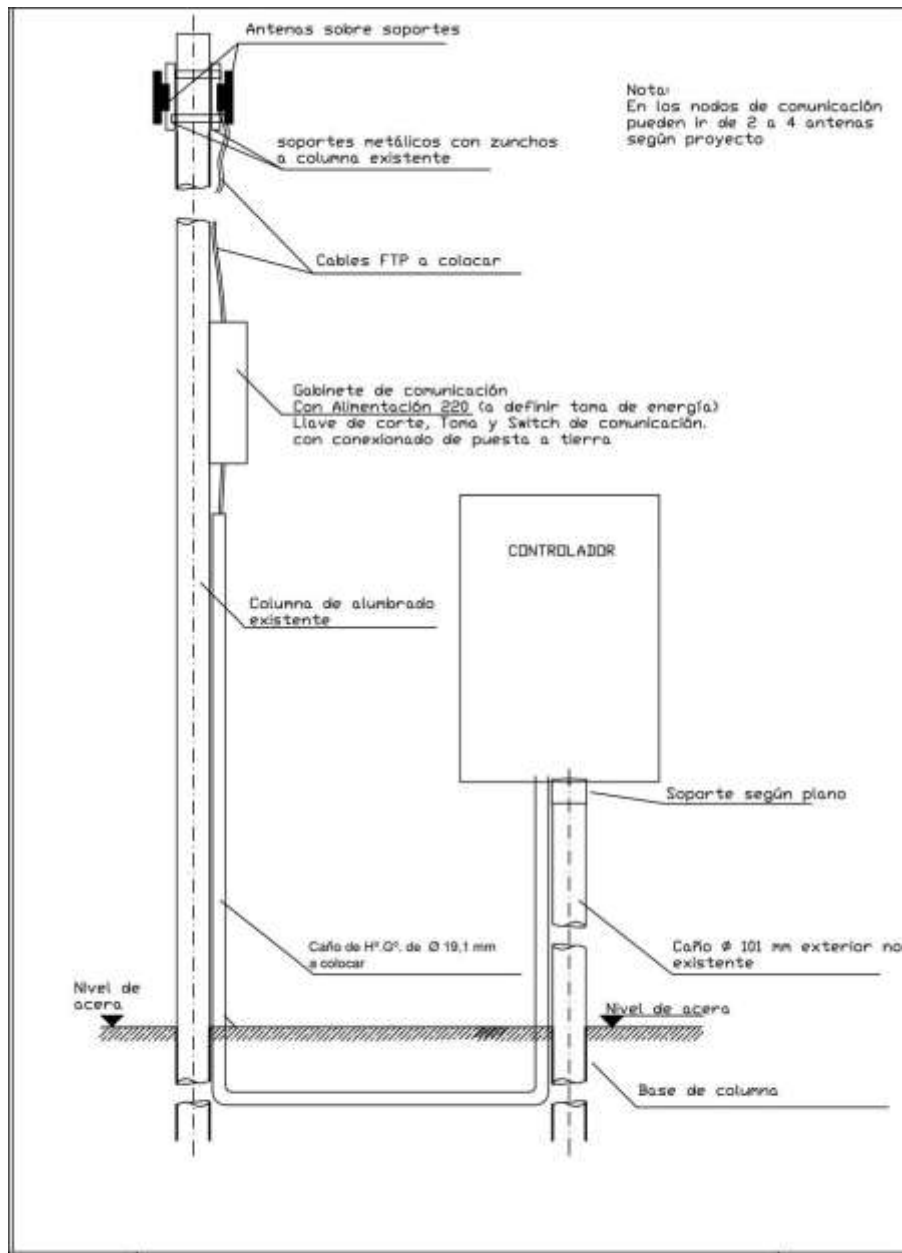


FIGURA N° 7.

Plano de especificaciones técnicas montaje de antena en una configuración típica

## 5. Metodología de Implementación.

### Aspectos a tener en cuenta para la planificación de una red para sistemas ITS.

Para la planificación de la red deberán observarse en una primera instancia la cantidad de niveles de operación de los mismos, es decir si se está planificando un sistema de operación local o uno complejo con más de dos niveles de transmisión y procesamiento de la información.

- Características del área a Planificar
- Topología del lugar.
- Niveles del Sistema ITS.

Para cada uno de esos niveles se debe determinar lo siguiente:

- Volumen de datos a transportar.
- Niveles de confiabilidad de operación requeridos para los sistemas.
- Capacidades de almacenamiento local o remoto.
- Niveles de seguridad para el resguardo de la información a transportar.
- Requerimientos de mantenimiento y operación de los sistemas.
- Compatibilidad de los medios físicos y protocolos.

## **6. Casos de Estudio.**

En este punto volcaremos la experiencia sobre cómo se han desarrollados los proyectos de implementación de sistemas ITS. En ambos casos se diseñaron las redes aplicando la metodología antes descrita y se adoptaron soluciones particulares bastante diferenciadas, en el primer caso en el Partido de La Matanza se optó por una red Híbrida, es decir con distintos medios físicos y protocolos y en el segundo caso en La Ciudad de Comodoro Rivadavia la solución resultante fue una red inalámbrica para todos los sistemas instalados.

### **Caso Partido de La Matanza Provincia de Buenos Aires.**

#### **Características del área a Planificar**

El partido de La Matanza es uno de los distritos más poblados del Área Metropolitana de La Ciudad de Buenos Aires con una población de más de 1.700.000 habitantes en una superficie de 325 km<sup>2</sup>.

La situación inicial del proyecto en cuanto al control del tránsito en el Partido de La Matanza se limitaba al uso de señalización luminosa en unas 400 intersecciones distribuidas en toda su extensa geografía, operando los mismos ya sea como intersecciones aisladas o integrando sistemas aislados en especial a lo largo de las principales arterias donde la sincronización de las ondas verdes se establece subordinando los equipos controladores a equipos maestros aislados. El término aislado en este caso es usado para referirse a que dichos maestros no están subordinados a un Control central que permita la supervisión automática a distancia.

En cuanto a las tecnologías utilizadas, podían observarse variadas y de distintas características en función de su antigüedad, disponiéndose de equipos electromecánicos hasta electrónicos de última generación.



## Información Básica del Municipio de La Matanza

- Distrito más poblado de la región AMBA.
- Población: **1.772.130** Habitantes (Censo 2010)
- Superficie: **325,71 km<sup>2</sup>.**
- **400** Intersecciones Semaforizadas.
- Solo 10 % Coordinados por **GPS.**
- Sin Supervisión del Equipamiento



**FIGURA N° 8.**  
**Información Básica del Municipio de La Matanza.**

### **Topología**

En la extensa geografía del área de estudio no se observa una distribución poblacional uniforme, su característica predominante es la de varias localidades con una alta concentración de habitantes vinculadas por corredores viales con características de avenidas urbanas. Si bien existen vías rápidas con características de Autopistas, éstas son de baja incidencia en el tránsito local, tal el caso de la Autopista General Paz en el límite con la Ciudad de Buenos Aires o el denominado Camino de Cintura y la Autopista Richieri, la mayoría de las arterias que constituyen la red principal de vías de circulación urbana son controladas por semáforos.

A los fines del diseño es importante evaluar las características geográficas del lugar como las interferencias naturales o artificiales para el desarrollo de las redes. En este caso el partido se caracteriza por una extensa superficie sin variaciones de cotas de altura considerables. El diseño urbano característico de damero con calles y avenida de ancho de calzada variable entre 8 a 12 mts con algunas excepciones de anchos mayores en tramos cortos.

La infraestructura urbana de servicios es en su mayoría de tendido aéreo por lo que existen bajas interferencias a nivel de subsuelos. Las interferencias para los tendidos aéreos son significativas por la recarga de columnas y cables a nivel de vereda. Con respecto a la línea de vista, se observa que la cartelería comercial que se permite en voladizo sobre la calzada obstruye en algunos casos la señal de las antenas ubicadas sobre el pescante de la columna de semáforo.

### **Niveles del sistema**

El proyecto debe contemplar el Suministro, Instalación y Puesta en Operación de los equipos de campo que forman parte del Sistema de Control de Tránsito, que comprenden:

- Equipos Controladores Locales.
- Equipamiento para el Sistema de Detección del Tránsito.
- Equipamiento para el Sistema de Supervisión Visual del Tránsito.
- Equipamiento para el Sistema de Paneles de Mensaje Variable.

El sistema Computarizado de Control de Semáforos del Partido de La Matanza, deberá permitir la operación de un número inicial de 325 intersecciones con un diseño modular con posibilidad de incorporar los mismos en distintas etapas y ampliar el sistema hasta 1000 intersecciones semaforizadas con supervisión central.

Se definen las características técnicas de un Sistema ITS de **Nivel 3**

Esta red comprende tramos de distintas características como ser:

- Tendido de fibra Óptica.
- Red de cableado subterráneo con pares telefónicos.
- Red inalámbrica de diseño lineal por las principales avenidas.
- Equipos con conectividad por GSM/GPRS

### **Diseño de la red de sistemas ITS.**

Para cada nivel del sistema se evaluaron los siguientes aspectos.

- Volumen de datos a transportar.
- Niveles de confiabilidad de operación requeridos para los sistemas.
- Capacidades de almacenamiento local o remoto.
- Niveles de seguridad para el resguardo de la información a transportar.
- Requerimientos de mantenimiento y operación de los sistemas.
- Compatibilidad de los medios físicos y protocolos.

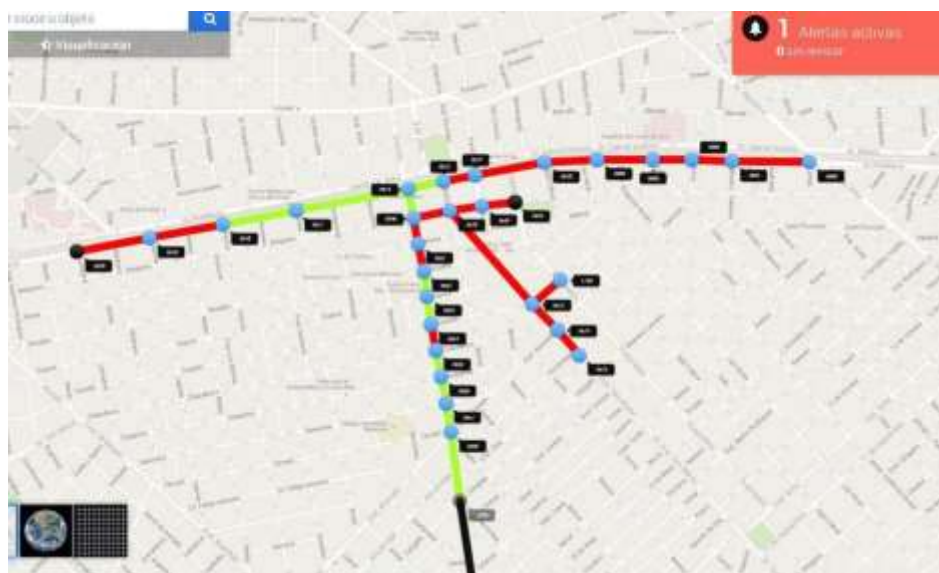
Obteniéndose un diseño de red híbrido con medios físicos variados que se adecuarán a los muy distintos requerimientos de cada nivel y en particular en este caso, a cada zona geográfica.

En el sector Este del Partido se instalaron las 4 computadoras de tránsito distribuidas como se indica en la imagen a los fines de optimizar la red a nivel 1 de comunicación con los equipos de control semafóricos.



**FIGURA N° 9.**  
Plano de sector Este del Partido de La Matanza – Ubicación de Computadores de Área.

**Red de sistemas de Nivel 3.** Para la integración de las Computadoras de Área y servidores de los distintos equipamientos ITS, se utilizaron enlaces de fibra óptica, enlaces inalámbricos de alta capacidad punto a punto y servicios de acceso de internet. Los sistemas semafóricos se vincularon con los niveles 2 a través de esta misma tecnología y en el caso de los Paneles de Mensaje Variable se vincularon el Nivel 3 al 1 mediante equipos de GSM/GPRS.



**FIGURA N° 10.**  
Red de sistemas de Nivel 3. Para la integración de las Computadoras de Área Partido de La Matanza

Para los equipos de Nivel 1 vinculados el Nivel 2 adyacentes al Centro de Control ubicado en la zona comercial de San Justo, en la inmediaciones de las dependencias administrativas del partido, se desarrollaron, en un sector una red de pares telefónicos subterráneo y en el otro sector enlaces radiales lineales y en damero en donde la línea de vista no era interferida por la cartelería publicitaria.

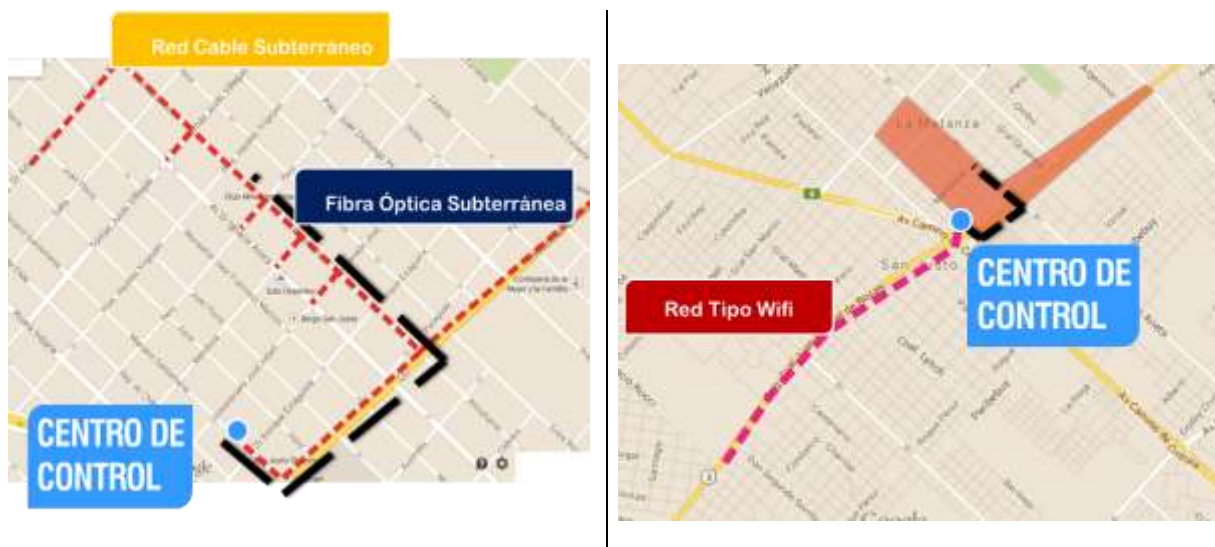
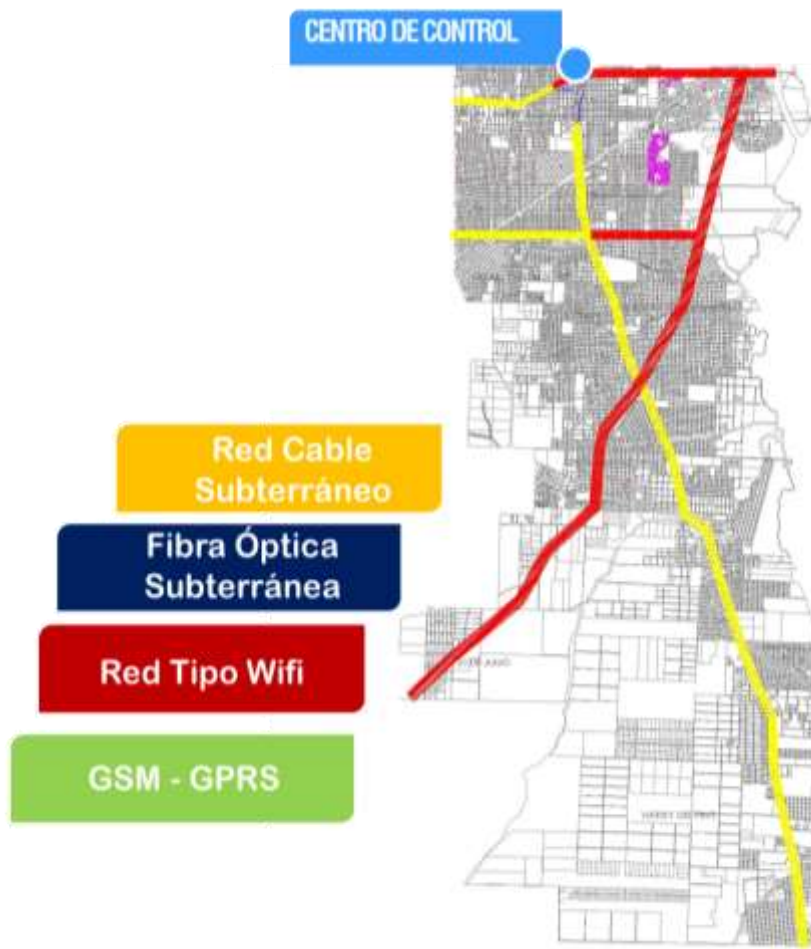


FIGURA N° 11.  
Plano de sector Este del Partido de La Matanza – Detalle redes Zona San Justo.

Los sistemas de supervisión del tránsito (SSVT) para los equipos de **Nivel 1 vinculados el Nivel 2** se utilizaron enlaces radiales específicos con una topología lineal y en damero en donde la línea de vista no era interferida por la cartelería publicitaria adyacentes, se independizó de los sistemas semafóricos por la alta demanda de capacidad de la transmisión de imágenes. Los enlaces de los servidores de sector para el SSVT al Centro de Control ubicado se desarrollaron, enlaces inalámbricos de alta capacidad punto a punto y servicios de acceso de internet.

En el sector Oeste del Partido se desarrollaron sistemas radiales lineales a nivel 1 de comunicación con los equipos de control semafóricos, complementados con redes de fibra óptica desde nodos centrales de comunicación radial y accesos específicos por GSM/GPRS.



**FIGURA N° 12.**

**Plano de sector Oeste del Partido de La Matanza – Detalle redes Zona Ruta Nac. N° 3 y Ruta Prov. N°21.**

### **Caso Comodoro Rivadavia.**

#### **Características del área a Planificar**

La ciudad está asentada entre la meseta y el mar en la zona patagónica de la República Argentina, y su casco céntrico está localizado al pie del legendario Cerro Chenque, si bien el área es significativa, la zona urbana se encuentra altamente concentrada y se desarrolla longitudinalmente en la zona baja paralela a la línea costera.

La situación inicial del proyecto en cuanto al control del tránsito en Comodoro Rivadavia se limitaba al uso de señalización luminosa en unas 150 intersecciones distribuidas en toda su extensa geografía, operando menos de un 30% de los mismos integrados en un sistema subordinado a un Control Central que permita la supervisión a distancia y la coordinación de los sistemas. El proyecto incluyó los requisitos de ampliar la cobertura de cruces centralizados y la necesidad de trasladar el centro de control.

## **Información Básica de La Ciudad de Comodoro Rivadavia**

- Población : **177 038** Habitantes (Censo 2010)
- Superficie: 566 km<sup>2</sup>
- 150 Intersecciones semaforizadas
- 30 % Coordinadas por par telefónico con bajo nivel de supervisión.



**FIGURA N° 13.**  
**Información Básica de La Ciudad de Comodoro Rivadavia.**

### **Topología**

En la extensa geografía del área de estudio no se observa una distribución poblacional uniforme, su característica predominante es la de una alta concentración de habitantes en la zona urbana que se encuentra en un damero desarrollado longitudinalmente en la zona baja paralela a la línea costera vinculada con un corredor vial sobre la traza de la Ruta Nacional N° 3 con características de avenida urbana en las zonas céntricas y autovía con cruces a nivel y a distinto nivel en la periferia. La ciudad fue proyectada con calles angostas, avenidas de ancho de calzada variable de más de 12 m y con importantes avenidas tipo Boulevard con generosos espacios verdes entre las calzadas.

Este proyecto representó un desafío particular por múltiples aspectos, por un lado el importante deterioro de la red de pares telefónicos existentes y por otro lado la topografía de la ciudad con cotas significativamente distintas entre intersecciones contiguas sumado a la necesidad de instalar los equipos de comunicación en las columnas semaforizadas existentes, consideradas de baja altura para los estándares de comunicación inalámbrica, lo que obligó a instalar equipos de repetición de señal sobre columnas de alumbrado que desarrollan mayor altura.

En cuanto a las tecnologías de control semaforizado existentes, podían observarse variadas y de distintas características en función de su antigüedad, disponiéndose de equipos electrónicos de distintas generaciones tecnológicas, que debieron adecuarse o reemplazarse para unificar los protocolos de comunicación.

En este caso las interferencias naturales o artificiales para el desarrollo de las redes en la ciudad se caracterizan por la existencia de infraestructura urbana de servicios en su mayoría



de tendido aéreo, por lo que existen bajas interferencias a nivel de subsuelos, pese a ello los anchos de las veredas, en especial en la zona más céntrica, no hacían recomendable el tendido de nuevas redes subterráneas. Las interferencias para los tendidos aéreos fueron considerables, por la recarga de columnas y de cables, por ese motivo se utilizaron en varios puntos columnas existentes de otros servicios, con la objetivo de no reducir aún más los espacios de veredas, pero con la dificultad que representa la convivencia de distintos usos en la misma infraestructura. Con respecto a la línea de vista a nivel de columna semafórica, la cartelería existente en voladizo sobre la calzada dificultaba la línea de vista en la zona comercial, que como en el caso anterior fue salvado con la instalación de repetidores en columnas de alumbrado público.

### **Niveles del sistema**

El proyecto debía contemplar el Suministro, Instalación y Puesta en Operación de los equipos de campo que forman parte del Sistema de Control de Tránsito, que comprenden:

- Equipos Controladores Locales.
- Equipamiento para el Sistema de Detección del Tránsito.

El sistema Computarizado de Control de Semáforos deberá permitir la operación de un número inicial de 107 intersecciones semaforizadas con supervisión central.

Se definen las características técnicas de un Sistema ITS de **Nivel 2**



**FIGURA N° 14.**  
**Equipamiento para el Sistema de Detección del Tránsito sobre columna semafórica.**

## Diseño de la red de sistemas ITS.

Evaluándose nuevamente los distintos niveles según la metodología antes descrita considerando:

- Volumen de datos a transportar.
- Niveles de confiabilidad de operación requeridos para los sistemas.
- Capacidades de almacenamiento local o remoto.
- Niveles de seguridad para el resguardo de la información a transportar.
- Requerimientos de mantenimiento y operación de los sistemas.
- Compatibilidad de los medios físicos y protocolos.

Se resolvió la red íntegramente en forma inalámbrica de diseño lineal por las principales avenidas y de damero en la zona central. El equipamiento para el Sistema de Supervisión Visual del Tránsito y de seguridad fue definido independiente de este, ya que su operación correspondía a otra área administrativa.

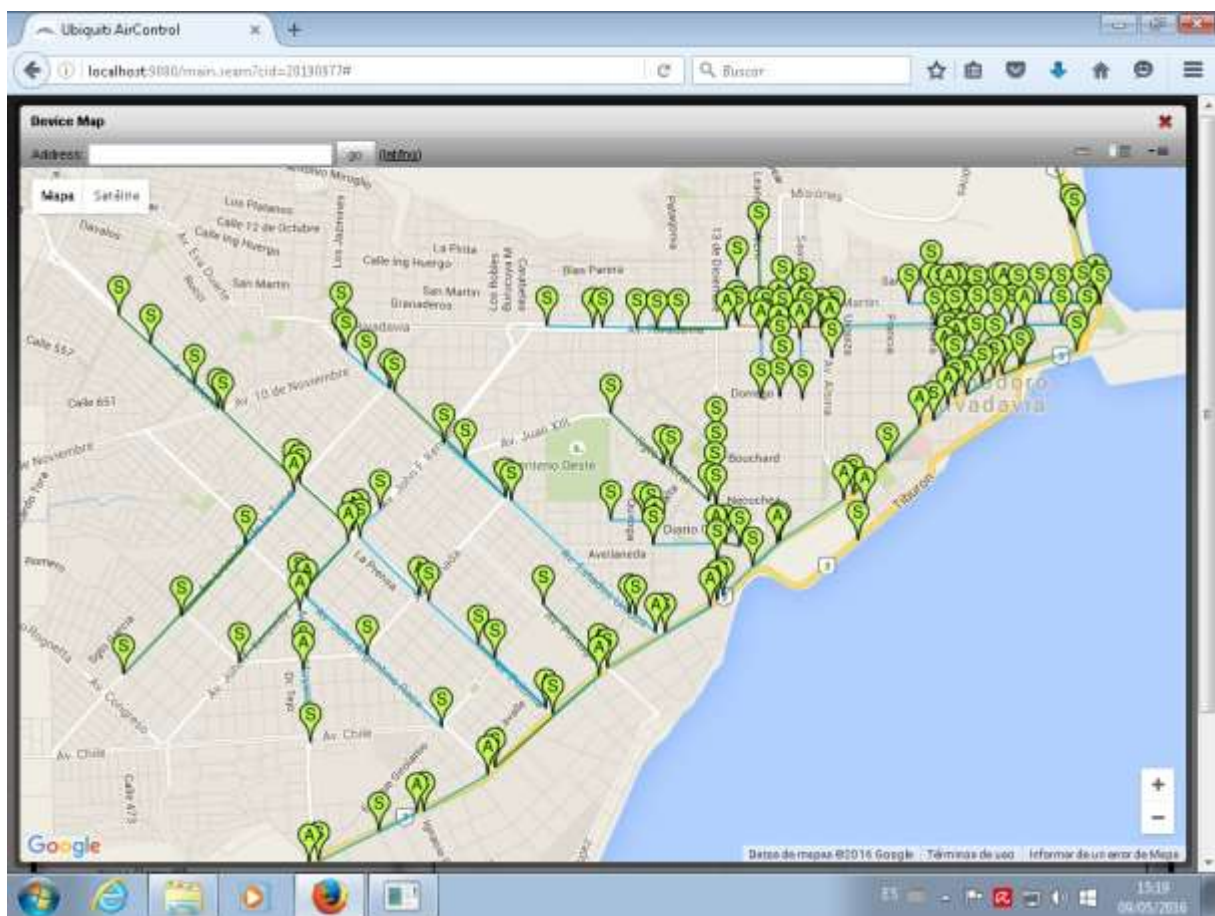


FIGURA N° 15.

Panel de Supervisión de Red - Configuración de malla en la zona centro y lineal periférico



Los sistemas proyectados trabajan subordinados a un Control Central, conectados a tres equipos maestros instalados en este caso en el edificio del centro de control, por lo que toda la red se diseñó en distintos subsectores que se vinculan físicamente al servidor central.

### **Análisis de los Sistemas con Radio Enlace con Protocolo IP.**

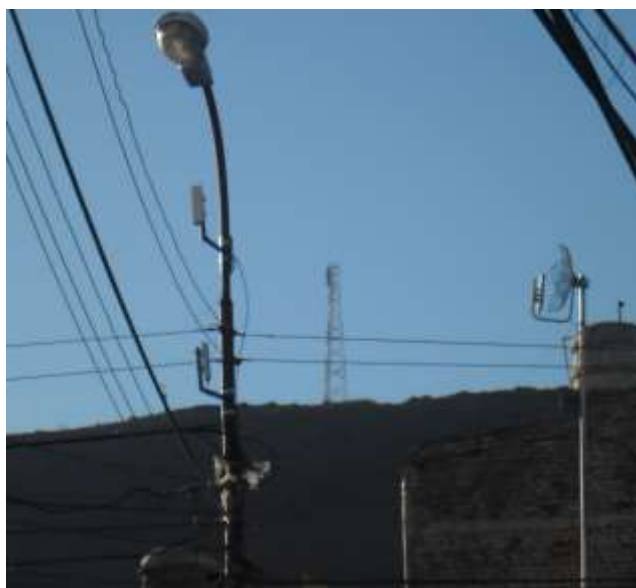
La instalación de nuevas tecnologías para el control de tránsito obligo a rediseñar la red existente desarrollada por pares telefónicos y reemplazarla íntegramente por un diseño de redes de comunicación que se adecúen a estos modernos requerimientos, es de destacar el caso del sistema implementado en la Ciudad de Comodoro Rivadavia se desarrolló una red de comunicación para 107 intersecciones semaforizadas con una distribución de 191 antenas a baja altura, con una configuración de malla en la zona centro y del tipo lineal a lo largo de la Ruta Nacional N° 3.



**FIGURA N° 16.**

**Montaje de las antenas sobre instalaciones de Señalización Luminosa a baja altura**

La solución adoptada consistió en la ejecución del radioenlace mediante equipos terminales y repetidores intermedios. La función de los repetidores es la de salvar la falta de visibilidad impuesta por los obstáculos físicos y conseguir así enlaces superiores al horizonte óptico. Esto permitió la vinculación completa de todas las intersecciones semaforizadas aún las más remotas y la instalación de puestos de conteo vehicular que permiten la adecuación de los tiempos semaforicos según la demanda.



**FIGURA N° 17.**  
**Montaje de antenas sobre instalaciones de Alumbrado Público para repetidores Intermedios**

## **7. Conclusiones.**

La implementación de sistemas ITS eficientes está íntegramente ligada al diseño de la red de comunicación, ya que ésta es un elemento fundamental del mismo.

Como se ha dicho, las particulares características que poseen las redes hace necesario analizar las tecnologías disponibles y evaluar metodológicamente los resultados obtenidos a fin de encontrar las soluciones que mejor se adecúen a las necesidades propias del proyecto.

Existen como se ha indicado múltiples soluciones tecnológicas, cada una con aspectos a destacar y limitaciones propias. Los casos descritos son el resultado de procesos de aprendizaje que forjaron una amplia base de experiencia sobre esta temática, la que nos invita a concluir que no existe una solución única sino que la correcta evaluación de las necesidades de los sistemas y de la topografía de la red vial, es el camino para la implementación de la solución adecuada en cada caso.

El trabajo complementario con instituciones de normalización locales nos permite volcar estas experiencias y unificar criterios sobre los sistemas, ya sea adoptando normas internacionales o desarrollando las propias.

Es importante destacar que en el desarrollo de una red para sistemas ITS la organización del proyecto, sobre los 3 ejes, **Proyecto, Implementación y Conservación** solo puede llevarse adelante correctamente con la formación de cuadros técnicos que puedan analizar las necesidades, supervisar la implementación y administrar su uso y mantenimiento, optimizando así los recursos asignados.

Las pautas y conceptos teóricos expresados tienen por objetivo dar herramientas a los profesionales del ámbito público y privado que deben interactuar con estos sistemas, ya que la incorporación de tecnología para la administración de los recursos viales implica el abordaje de ciertos conocimientos que exceden el ámbito del saber vial tradicional, es de destacar que el aumento de la demanda de los distintos actores sociales genera una puja constante por el uso que se da al espacio público, por lo que estas tecnologías tienden a instalarse como soluciones válidas y necesarias para administrar este recurso por demás escaso, es por estos motivos que la incorporación de estos conocimientos hacen hoy más que nunca al quehacer de la Ingeniería de Tránsito.

## 8. Bibliografía.

ZIMMERMAN, Hubert (abril de 1980). «OSI Reference Model – The ISO Model of Architecture for Open Systems Interconnection»

Data Transmission Circuits-Line Circuits, Texas Instruments, 1996.

National Interface Databook, National Semiconductor (Now Texas Instruments), 1996

[https://es.wikibooks.org/wiki/Redes\\_inform%C3%A1ticas/Medios\\_f%C3%ADsicos](https://es.wikibooks.org/wiki/Redes_inform%C3%A1ticas/Medios_f%C3%ADsicos)

<http://definicion.de/protocolo-de-red/>

[https://es.wikipedia.org/wiki/Protocolo\\_de\\_comunicaciones](https://es.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_comunicaciones)

<http://www.aenor.es/>

<http://www.nema.org/>

<https://www.ntcip.org/>

[www.tiaonline.org](http://www.tiaonline.org)

<http://automatas.org/redes/scadas.htm>

<https://es.wikipedia.org/wiki/RS-232>

<https://es.wikipedia.org/wiki/RS-485>

<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlantelExterior/IntroductorioResumen%20FO.pdf>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Ethernet>

[http://www.itlalaguna.edu.mx/academico/carreras/electronica/opteca/optopdf7\\_archivos/unidad7tema2.pdf](http://www.itlalaguna.edu.mx/academico/carreras/electronica/opteca/optopdf7_archivos/unidad7tema2.pdf)

[http://wikitel.info/wiki/Redes\\_de\\_comunicaciones](http://wikitel.info/wiki/Redes_de_comunicaciones)

<http://www.transportation.org/>