

Planificación de las secciones de vía en base al modelado eléctrico de un circuito de vía

Lozano Ruiz, María Ángeles. España

citef-malozano@etsii.upm.es

Sanz Bobi, Juan de Dios. España

juandedios.sanz@upm.es

Ruiz Sandoval, Elia. España

citef.eruiz@etsii.upm.es

RESUMEN

Para la planificación de las secciones de un circuito de vía el primer paso es el modelado eléctrico de todos los componentes que forman parte de los distintos tipos de circuitos de vía, que actúan como sistemas de detección de trenes.

Para ello se ha desarrollado una herramienta software que permite principalmente calcular las longitudes máximas de aplicación del circuito de vía, simular el paso del tren cuando ocupa y libera el circuito de vía, y realizar un análisis en frecuencia de la respuesta del circuito de vía, facilitando la instalación en el campo de los circuitos de vía que se utilizan actualmente, y disminuyendo el tiempo y los fallos que se producen en dichas instalaciones.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo y alcance

El objetivo de este proyecto es modelar eléctricamente los distintos tipos de circuitos de vía existentes que actúan como sistemas de detección de trenes.

Los sistemas de detección de trenes son un elemento clave para la explotación de los sistemas ferroviarios, principalmente desde un punto de vista de la seguridad y secundariamente para lograr un aprovechamiento máximo y eficaz de las instalaciones. Estos equipos utilizan diferentes tecnologías para la localización de los trenes y existen distintos y múltiples sistemas que se fundan en principios físicos muy heterogéneos.

De todos los métodos empleados, los circuitos de vía son los más importantes por su gran utilización y una gran experiencia en su uso a lo largo del tiempo. Sin embargo su funcionamiento está altamente afectado por las características climatológicas y constructivas de la vía que dependen del lugar de instalación y que deben considerarse en el diseño y en la modelación matemática de estos aparatos.

Este trabajo consiste en el desarrollo de una herramienta software de simulación de diferentes tipos de circuitos de vía, como ayuda en el diseño de circuitos de vía y como base para la

instalación y para el mantenimiento.

2. CIRCUITOS DE VÍA

La finalidad de la detección de trenes es garantizar la seguridad de las explotaciones ferroviarias hallando la posición y el movimiento del tren. Las funciones principales son la detección de ocupación, la detección de presencia, la detección de despeje o de fin de paso, la localización de la cabeza del tren, localización de la cola del tren, la velocidad del tren, el sentido de marcha del tren, la detección de orientación y la detección de tren completo.

El circuito de vía es un método de detección de trenes que no necesita equipamiento a bordo. El principio de funcionamiento se basa en la transmisión de una señal a lo largo de una sección de vía utilizando los carriles como conductores de una señal eléctrica; cuando está presente el tren en la sección de vía, sus ejes producen un cortocircuito entre los carriles que modifican la propagación de la señal eléctrica.

El circuito se alimenta por un único punto de la sección de vía, y la señal puede ser recibida por uno o varios puntos de esta sección. Cada uno de estos receptores recibe la máxima amplitud de la señal cuando no se encuentra ningún vehículo en la zona. La acción del cortocircuito provocado por el eje del tren en tránsito causa la disminución de la señal recibida con el consecuente cambio de estado del receptor. Una situación similar ocurre cuando se produzca algún fallo.

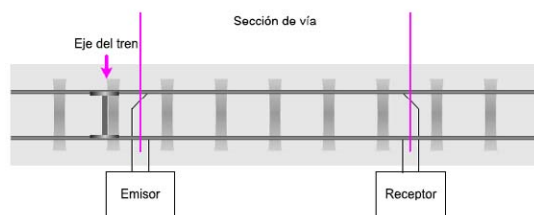


Figura 1 Circuito de vía libre

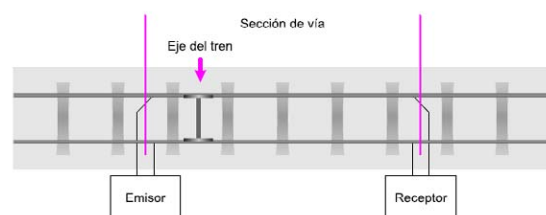


Figura 2 Circuito de vía ocupado

Los circuitos de vía son utilizados para detectar la presencia de trenes en las secciones de vía tanto en trayecto como en estación.

En la actualidad existen los siguientes tipos de circuitos de vía:

- circuitos de vía de corriente continua (a extinguir);
- circuitos de vía de corriente alterna, que van sustituyéndose de forma progresiva por circuitos de vía de audiofrecuencia a medida que van ejecutándose acciones en las instalaciones;
- circuitos de vía de impulsos de alta tensión (casi inexistentes en España);
- circuitos de vía cortos sin juntas aislantes, de uso más extendido en líneas de administraciones autonómicas o metropolitanas;
- circuitos de vía sin juntas aislantes de audiofrecuencia.

3. CÁLCULO DE LAS SECCIONES DE LOS CIRCUITOS DE VÍA

3.1 Modelado eléctrico

Se han modelado los siguientes elementos del circuito de vía:

- fuente de alimentación;
- cables de alimentación;
- caja de sintonía lado emisor;
- cables de transmisión lado emisor;
- junta eléctrica de separación lado emisor (en su caso);
- vía;
- junta eléctrica de separación lado receptor(en su caso);
- cables de transmisión lado receptor;
- caja de sintonía lado receptor;
- cables de recepción;
- receptor.

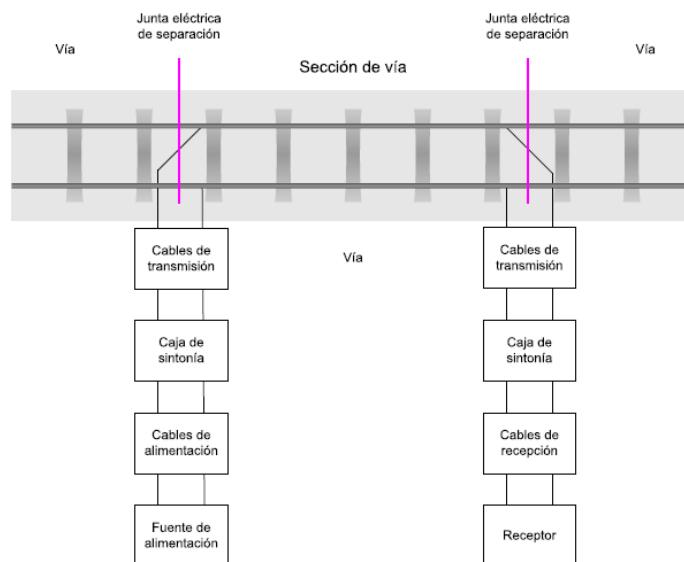


Figura 3 Principales elementos del circuito de vía

Además de estos elementos se deben considerar las vías que no pertenecen a la sección del circuito.

Para poder considerar cada elemento por separado y juntarlos al final para las simulaciones, es preciso utilizar el método de estudio de circuitos eléctricos que usa matrices de cadena. Este método se basa en la utilización de cuadripolos bipuerta.

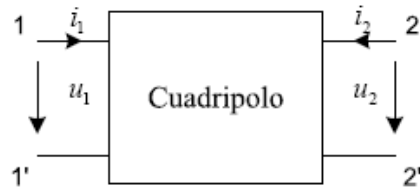


Figura 4 Cuadripolo bipuerta

En el modelo, el cuadripolo se utiliza como un elemento intermedio, a través del cual se transmite una señal desde un dipolo emisor hacia un dipolo receptor, conectados a las puertas de entrada y de salida.

Teóricamente se calcula la matriz de transmisión del emisor al receptor mediante la multiplicación por bloques de las matrices de transmisión de cada uno de los elementos que se han modelado.

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = A_{total} \cdot \begin{bmatrix} U_2 \\ -I_2 \end{bmatrix}$$

Una vez calculada la matriz de cadena de todo el conjunto, se puede hallar la tensión de salida con respecto a la de entrada. Y a partir de estas todas las tensiones de cada parte del modelo.

Una de las posibilidades del modelo es determinar la evolución de la tensión y la intensidad al paso del tren por cualquier componente del circuito de vía, pudiéndose observar la caída de tensión cuando el circuito de vía está ocupado y su recuperación cuando se libera.

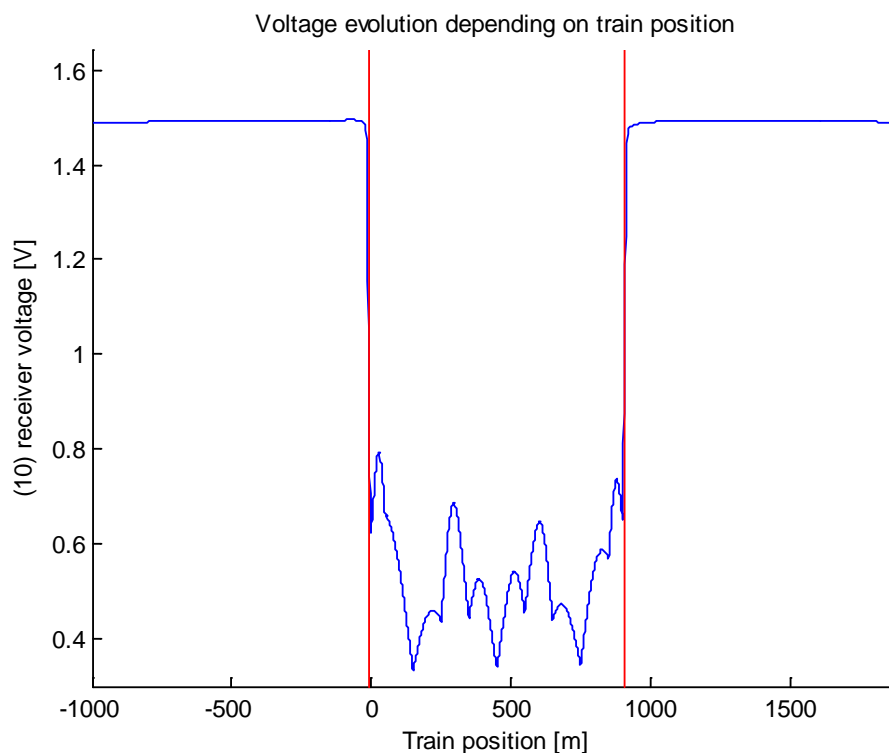


Figura 5 Evolución de la tensión en el receptor al paso del tren

Además el modelo también es apto para el análisis en frecuencia en todas las posibles configuraciones.

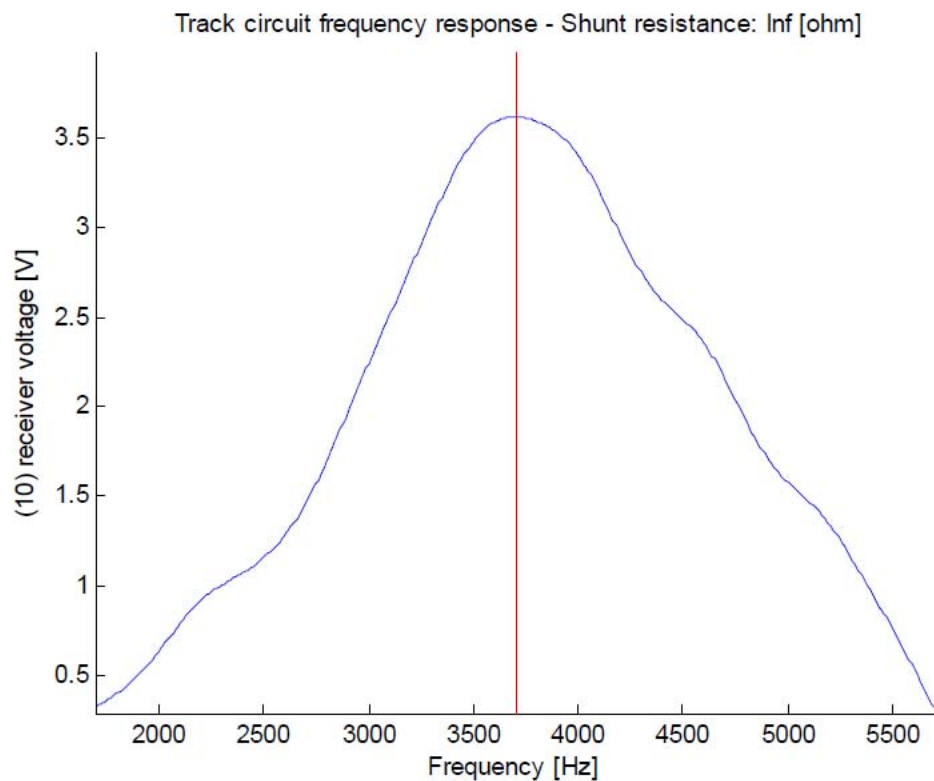


Figura 6 Análisis en frecuencia de la respuesta del circuito de vía

Hay que destacar que la frecuencia de resonancia del circuito de vía en condición de ausencia del tren, es decir con un valor de shunt infinito, coincide con la frecuencia de trabajo del circuito de vía. También ocurre que cuando el tren está saliendo del circuito de vía la frecuencia de resonancia es la misma que la de trabajo.

El software utilizado para el desarrollo del modelo y de la interfaz de usuario ha sido el programa MatLab, y en algunos casos también junto con su extensión Simulink. El código del modelo se puede implementar en otras aplicaciones como un módulo más.

El diagrama de flujo del programa es el siguiente:

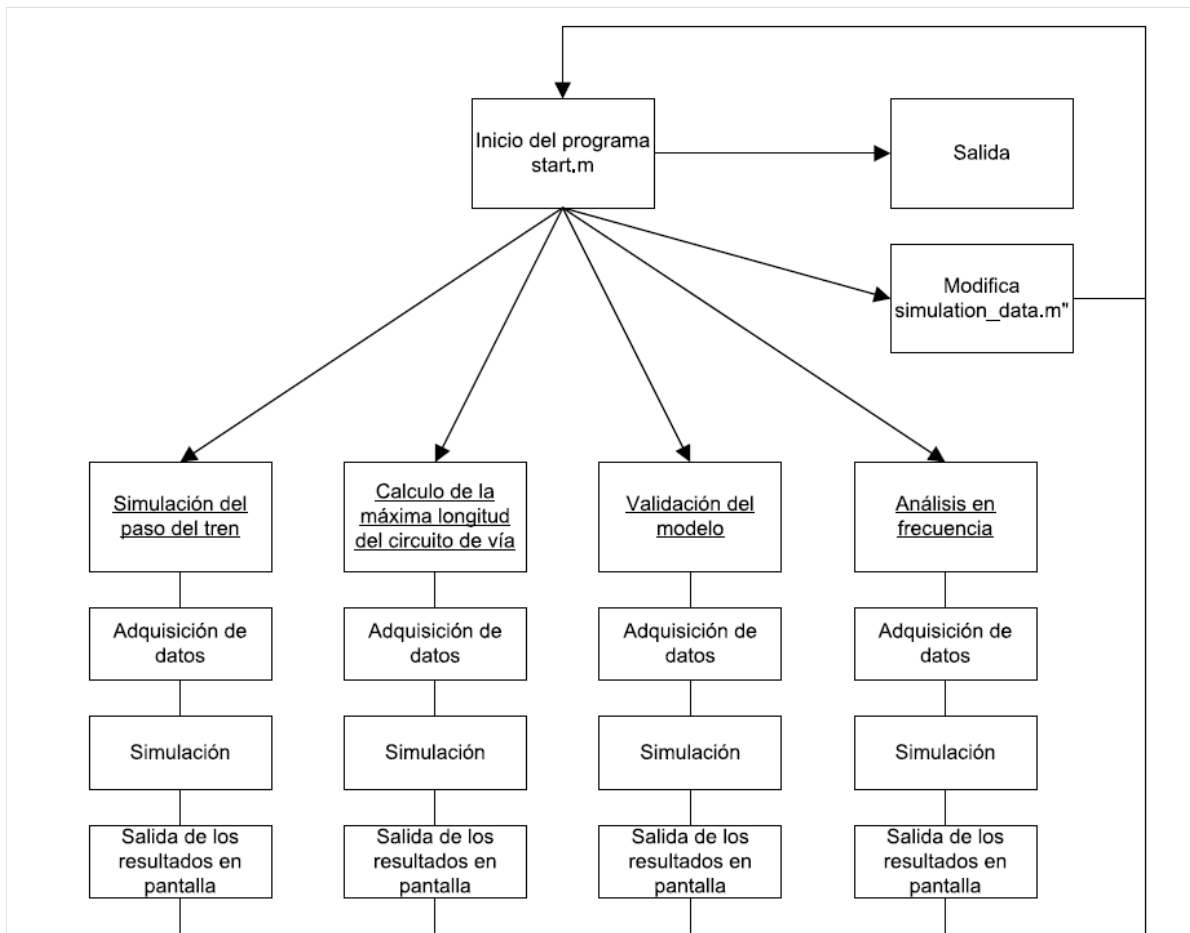


Figura 7 Diagrama de flujo del programa

3.2 Determinación de las longitudes de las secciones de los circuitos de vía

Para determinar la longitud máxima del circuito de vía, se necesita establecer unos límites, ya sean de tensión o de intensidad, a los que se denomina valores umbrales de vía libre.

Con condiciones de vía húmeda se busca la longitud máxima del circuito de vía que permite obtener la tensión o la corriente de umbral de vía libre en receptor. A este valor lo denominaremos alcance para cumplir el umbral de vía libre.

A continuación se obtienen los ratios entre la tensión o la intensidad en el caso más desfavorable (vía húmeda sin tren) y el caso más favorable (vía seca con tren). Se representan estos ratios frente a la longitud del circuito de vía, y se observan las longitudes máximas del circuito de vía para obtener unos ratios fijados.

De estos tres valores, se toma como longitud máxima del circuito de vía el más conservador.

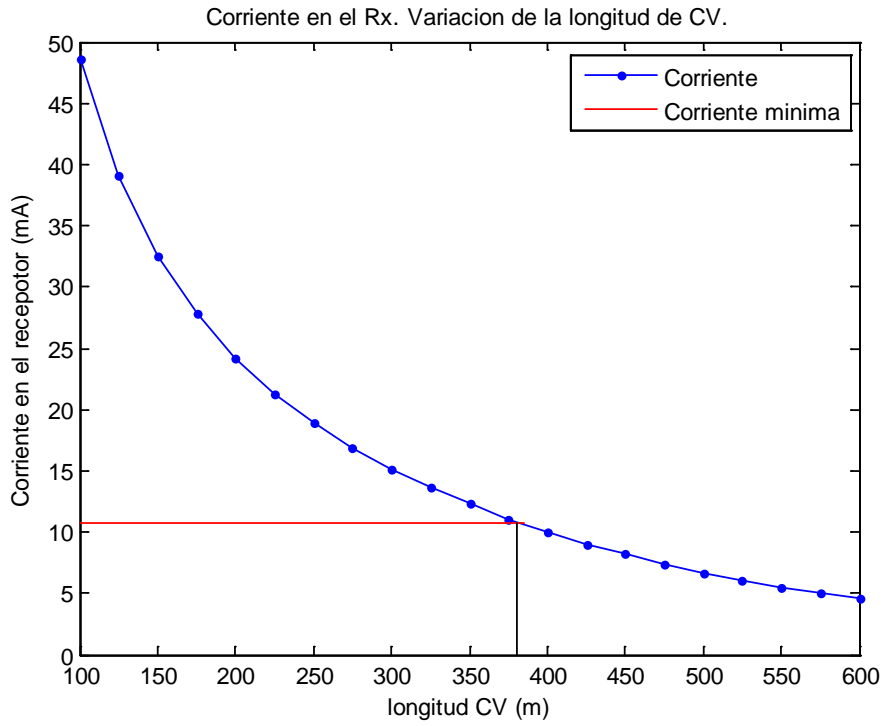


Figura 8 Corriente obtenida en receptor en función de la longitud del circuito de vía

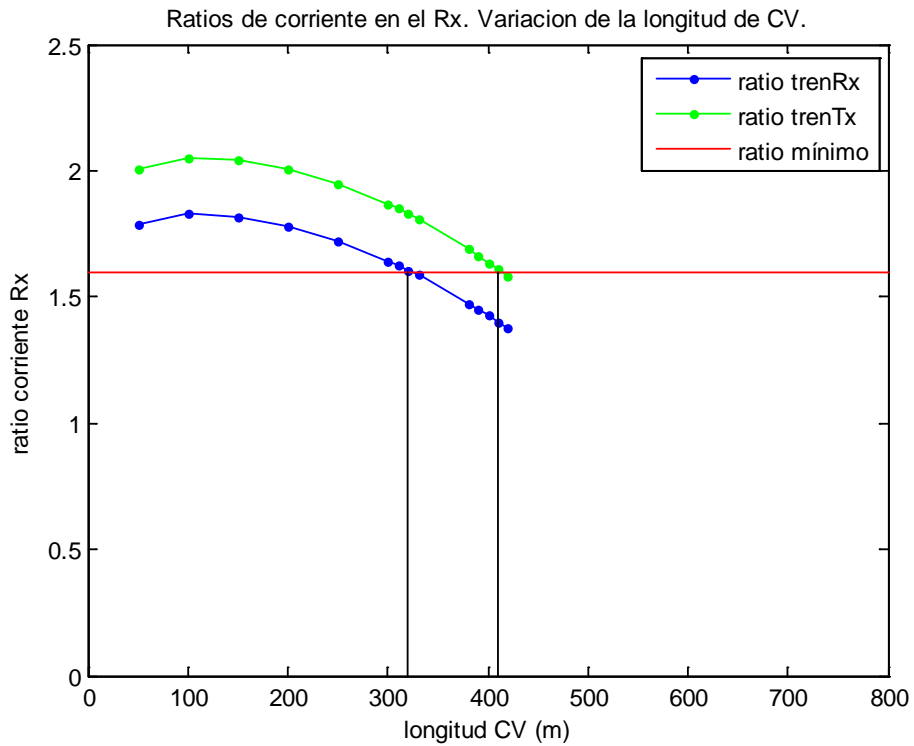


Figura 9 Ratios de corriente en el receptor en función de la longitud del circuito de vía

4. CONCLUSIONES

Estos modelos de circuitos de vía tienen una gran aplicación en la práctica para el diseño de las secciones controladas por circuitos de vía, en particular para el cálculo de las longitudes en trayecto y estación, su instalación y el mantenimiento.

El cálculo de estas secciones depende mucho, de las condiciones atmosféricas, del ancho de vía, del tipo de carril, del tipo traviesa, del tipo de balasto, si se encuentra en placa del tipo placa y si se encuentra en trayecto o estación.

Este modelo es abierto y acepta cualquier tipo de modificación en sus componentes, con lo que se puede aplicar a cualquiera tipo de vía, pudiendo modificar cualquiera de los parámetros arriba citados.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SANZ BOBI, J.D. (2005). *Señalización ferroviaria*, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid.

PASTOR GUTIÉRREZ, A., ORTEGA JIMÉNEZ, V.M., PARRA PRIETO, A. y PÉREZ COYTO, A. (2005). *Circuitos eléctricos volumen I y II*. Universidad Nacional de Educación a Distancia.

STOW, J., ANDERSSON, E. (2006). *Handbook of Railway Vehicle Dynamics*. CRC Press, Simon Iwnicki.

DE VILDER, F. (1995). *Train Detection Systems*. Institution of Railway Signal Engineers, Railway Signalling London A&C Black

SANZ BOBI, J.D., JORRETO MARCOS, F. y GARZÓN NÚÑEZ, J. (2007). A Simulation Tool for Sizing Electrical Railway Lines. *Proceedings of JRC/ICE2007. ASME/IEEE Joint Rail Conference & Internal Combustion Engine Spring Technical Conference, March 13-16, 2007*, Pueblo, Colorado, USA. ISBN: 0-7918-3795-5.

SANZ BOBI, J.D., CANO NOGUERAS, J., GARZÓN NÚÑEZ, J. y FÉLEZ MINDÁN, J. (2008). A New Method to Adjust Track Circuits using Advanced Knowledge Management. *Works Congress on Railways Research. WCCR2008, 19-22 mayo 2008*. Seúl, Corea.

SANZ BOBI, J.D., ROMERO REY, G., FÉLEZ MINDÁN, J., y GALÁN LÓPEZ, R. (2010). New Advances in Modelling Control Processes applied to the Detection of Train Operations. *1st International Conference on Intelligence Systems, Modelling and Simulation – ISMS2010, de IEEE, enero 2010*, pp. 412-417. Liverpool, United Kingdom. ISBN: 978-0-7695-3973-7.

TORRES, F., VIÑAS, J., VIDALLER, L. (1997). Medida de las características de transmisión de la vía. *AIT 16*