



# Nuevas Tecnologías Aplicadas al Mantenimiento de las Instalaciones Fijas



**Comunidad de Madrid**  
Consejería de Obras Públicas  
Urbanismo y Transportes



# Innovaciones implantadas en la Red del Metro de Madrid durante el periodo 1995-1999 tendentes a minimizar los costes del Mantenimiento



# Vía en Placa y Diagonales Hormigonadas





# Catenaria Rígida





# Diagonales de Bajo Mantenimiento

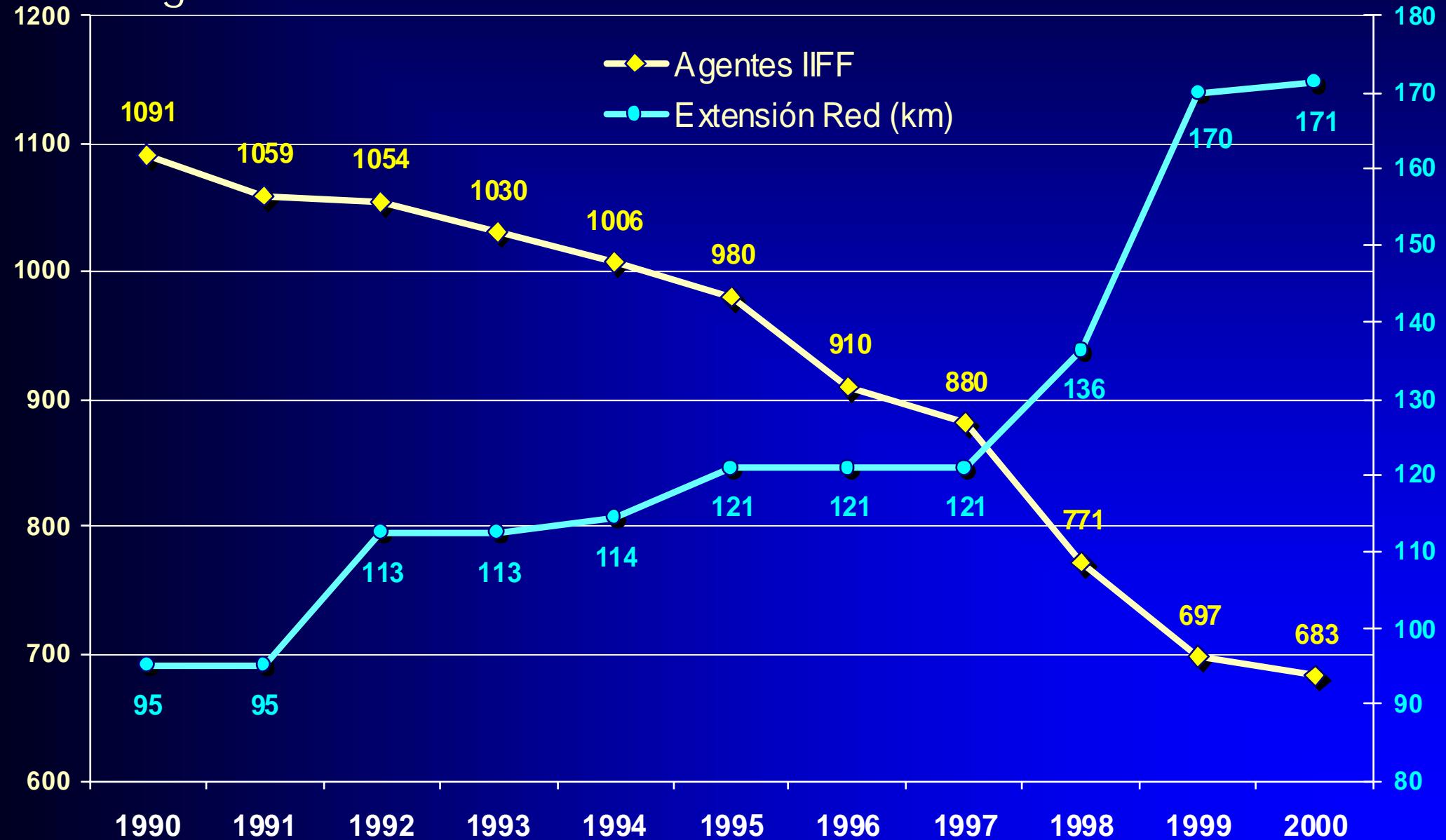


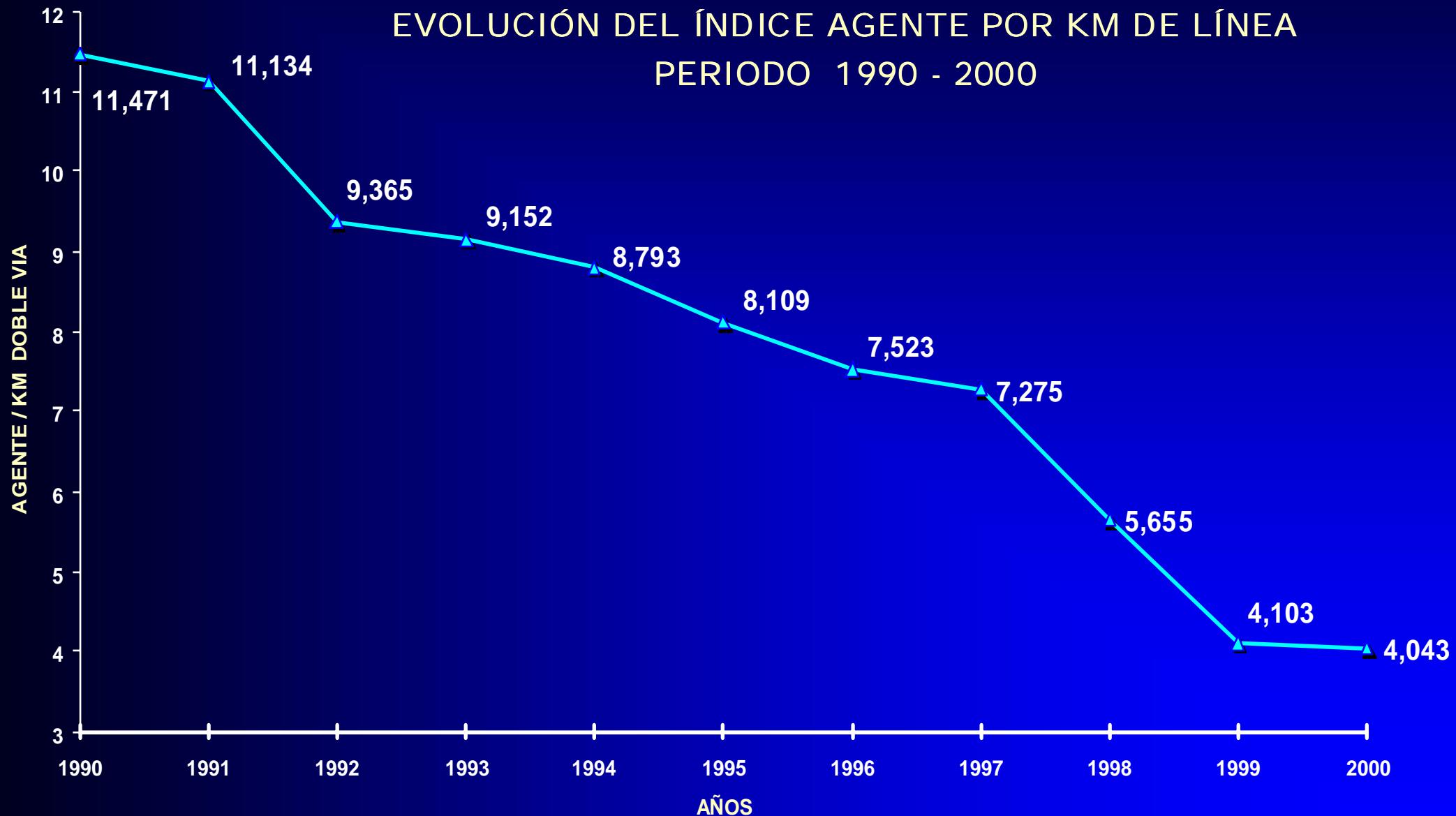
## Objetivos que se persiguen con las Nuevas Tecnologías

- ✓ Realizar un Mantenimiento Predictivo de las Instalaciones
- ✓ Incrementar al más alto grado la eficacia, eficiencia y calidad del Mantenimiento Preventivo, como consecuencia de que permiten:
  - La Inspección Dinámica de las Instalaciones, conociendo de este modo el estado de las mismas en condiciones normales de funcionamiento
  - El incremento del número de revisiones periódicas
  - La cuantificación de los parámetros de forma fiable y objetiva
  - El análisis posterior de los datos por técnicos cualificados
  - La elaboración de históricos y análisis de tendencias
- ✓ Máxima fiabilidad, disponibilidad y seguridad de las instalaciones
- ✓ Optimización de los recursos necesarios



## Evolución del Personal de Mantenimiento de Instalaciones Fijas y Longitud de la Red







## Nuevos Sistemas de Mantenimiento

- ❖ **Sistema de Auscultación Dinámica de Vía.**
- ❖ **Sistema Integrado de Vigilancia de Infraestructura y Superestructura de Vía.**
  
- ❖ **Carro auscultador de geometría de Vía.**
- ❖ **Sistema de Información Topográfica de la Red.**
- ❖ **Sistema ultrasónico para detección de daños en carril y control de soldaduras.**
- ❖ **Analizador de la Calidad del Contacto en Línea Aérea.**
- ❖ **Sistema de Auscultación Dinámica de Línea Aérea.**



## CARRO AUSCULTADOR DE GEOMETRÍA DE VÍA

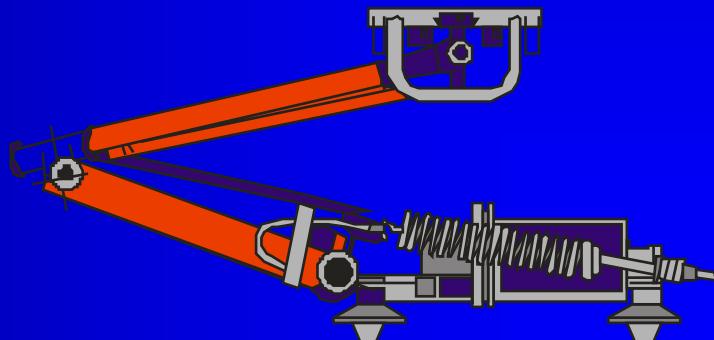
Parámetros que mide :

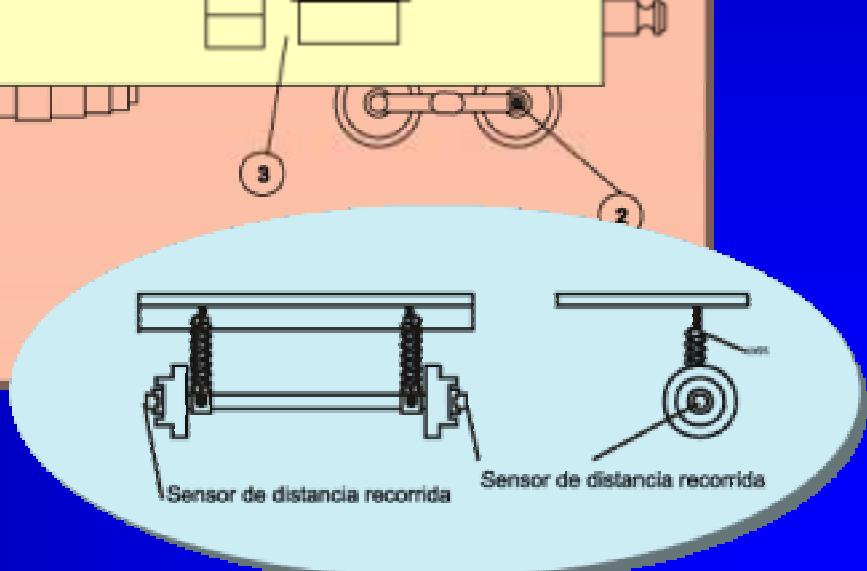
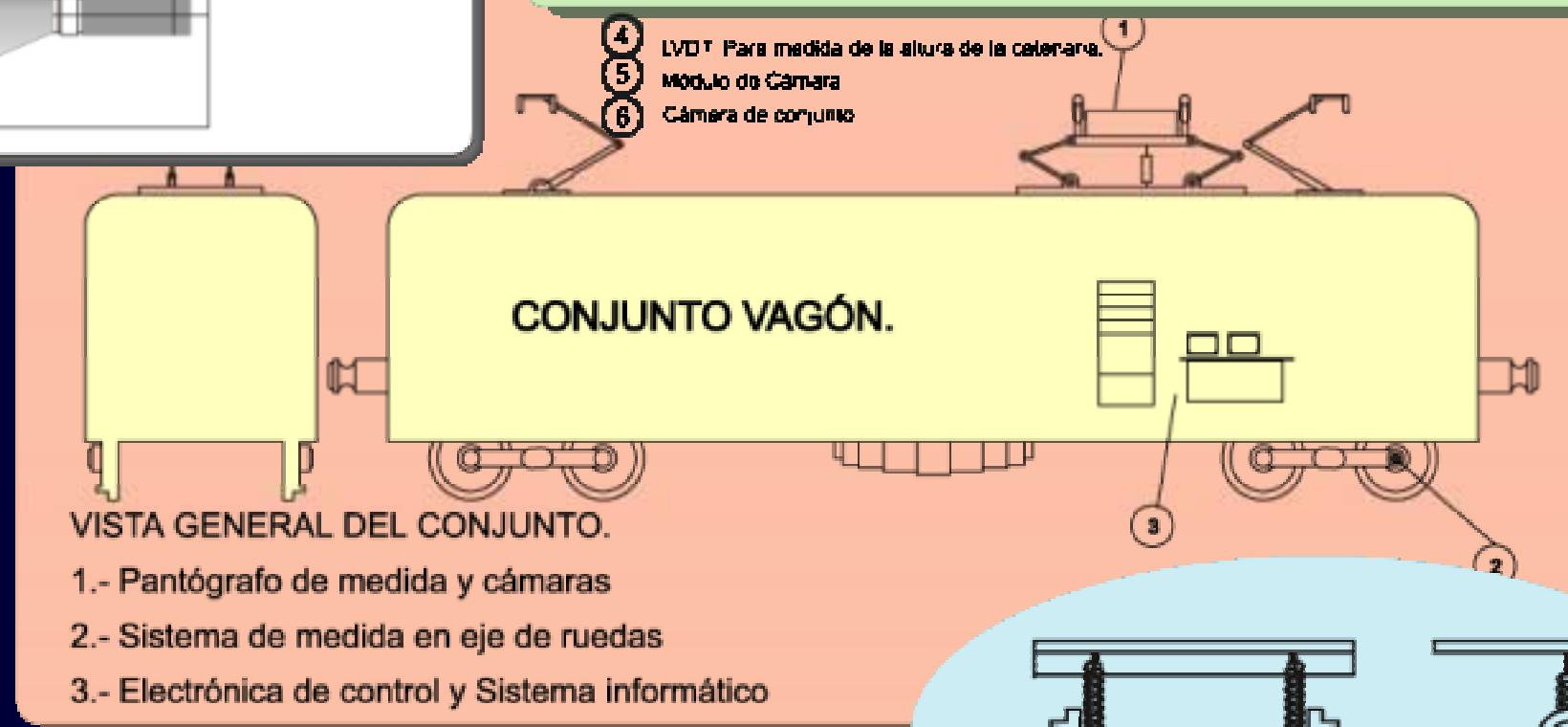
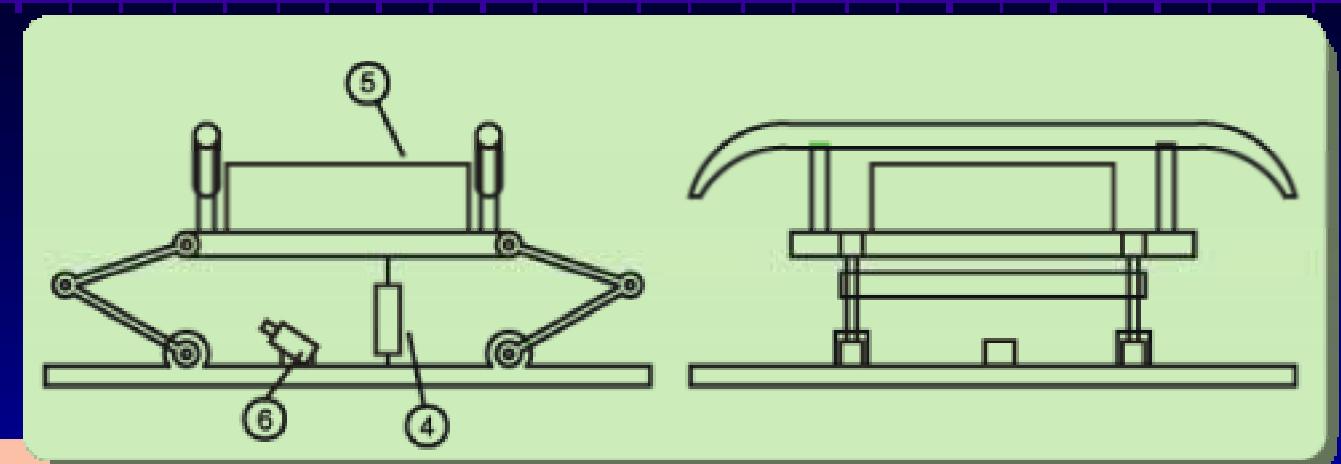
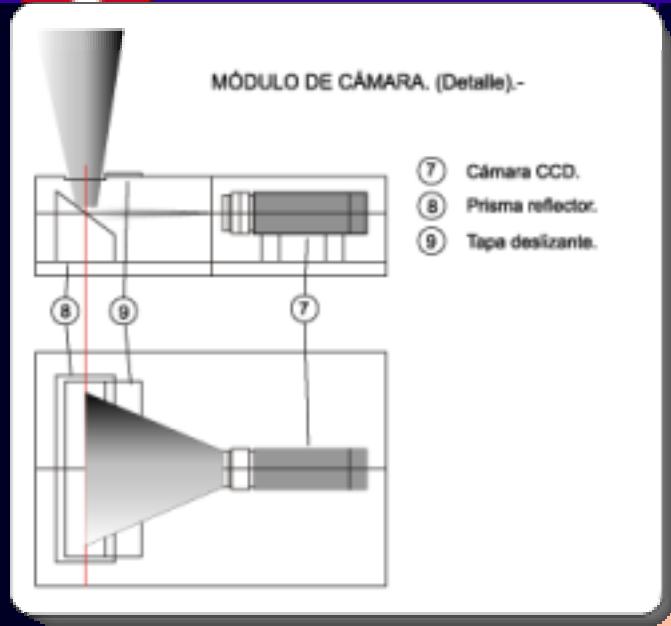
- ◆ Pendiente de los dos hilos
- ◆ Ancho de vía
- ◆ Radio de curvatura
- ◆ Alineación
- ◆ Alabeo
- ◆ Inclinación de los dos carriles
- ◆ Distancia recorrida





## Analizador de la Calidad del Contacto en Línea Aérea



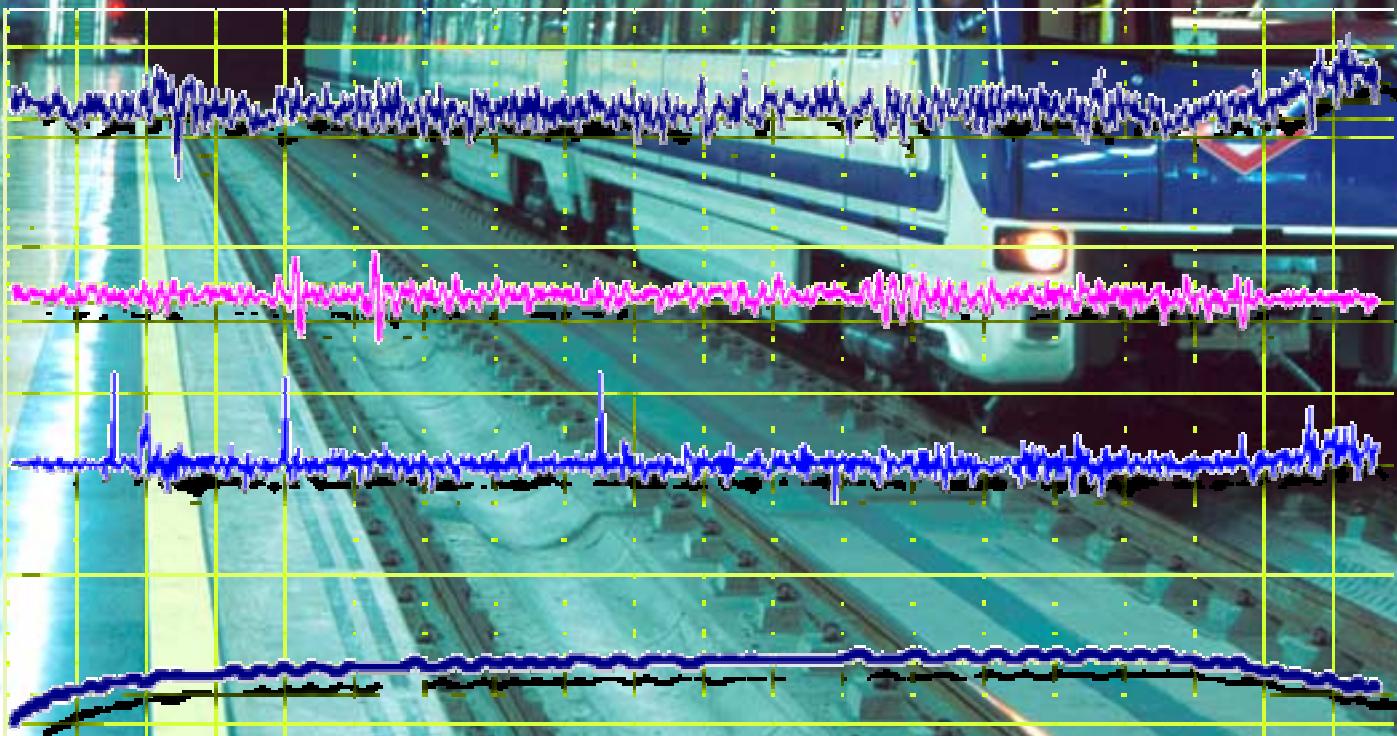


## Sistema de Auscultación Dinámica de Catenaria



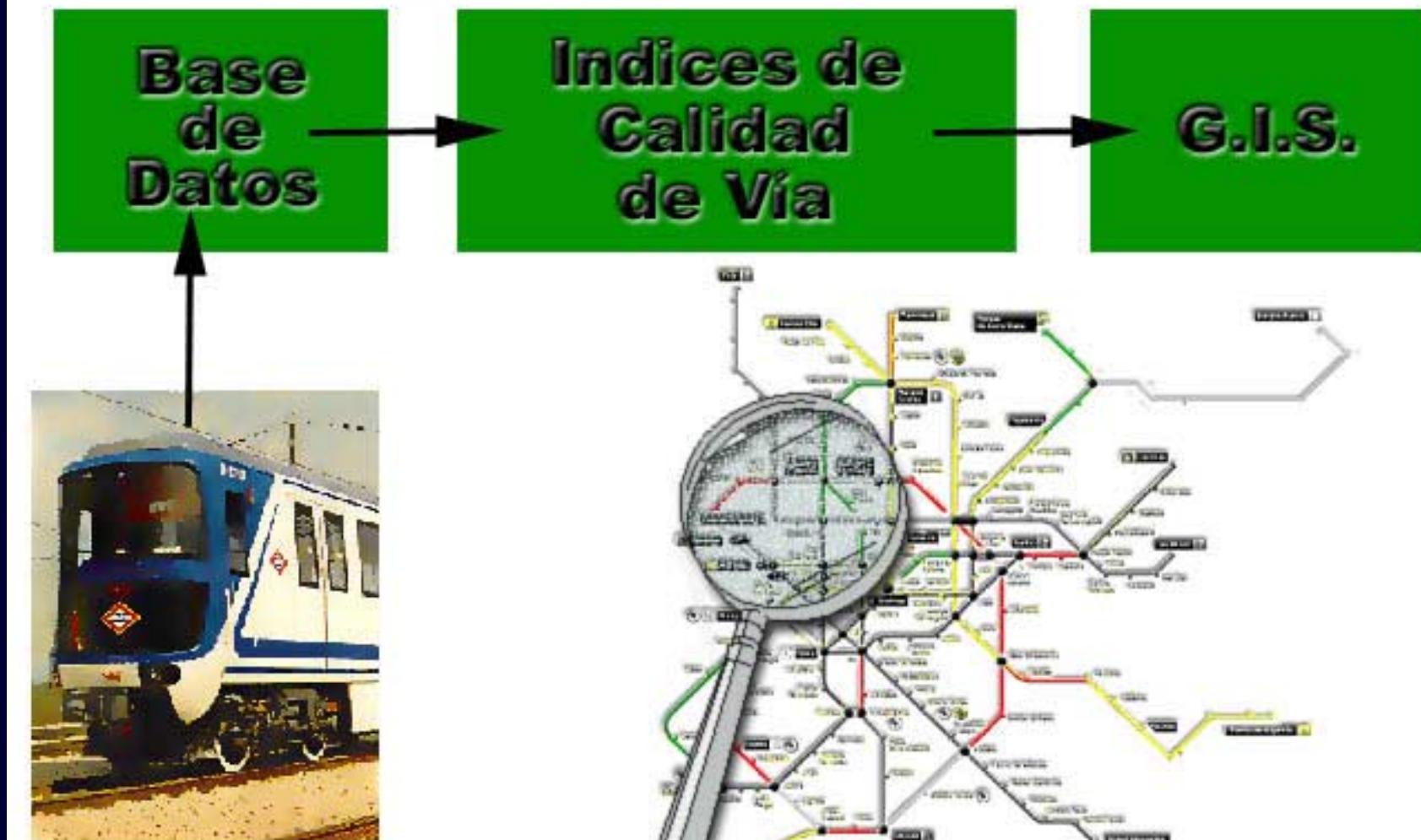
Metro

# Sistema de Auscultación Dinámica de Vía





## Sistema de Auscultación Dinámica de Vía



Representación Gráfica de Calidad de Vía



## 1. INTRODUCCIÓN

- ◊ Permite la obtención de parámetros de control del estado de la vía.
- ◊ Instalado en coches de las series 2000 y 6000, para poder auscultar las líneas tanto de gálibo estrecho como ancho. Futuras unidades previstas para las series 7000 y 8000.
- ◊ La auscultación se efectúa en condiciones normales de explotación.



## 2. OBJETIVOS

- ◆ Determinación, situación en la red y priorización de defectos en la vía.
- ◆ Determinación del confort del viajero durante el trayecto, desde un punto de vista dinámico.
- ◆ Obtención de índices de calidad de vía.





## 2. OBJETIVOS





### 3. PRINCIPIOS DE DESARROLLO Y CRITERIOS DE ANÁLISIS

- ◆ Normas de homologación de los vehículos:
  - Uic 508
  - CEN - 256 wg 10
  - British Railways Board, Group Standard, gm/tt0087
- ◆ Criterios de conservación geométrica de la vía en relación con:
  - Seguridad contra el descarrilamiento
    - Descarrilamiento: descarga de la rueda exterior a la curva del 60%
    - $$\Delta q = K_{z1} \left( \frac{\delta_{11} + \delta_{12}}{2} + \frac{\delta_{11} - \delta_{12}}{2dd_m} d_k^2 \right) + M_e \frac{Z_{11} + Z_{12}}{4} + I_e \frac{Z_{11} - Z_{12}}{4dd_a} \leq 0.6Q_0$$



### 3. PRINCIPIOS DE DESARROLLO Y CRITERIOS DE ANÁLISIS

#### ◆ Degradación de la Vía

→ Esfuerzos laterales (ripado):

Esfuerzo lateral:

$$H = \frac{M_c}{4} \left( \frac{a_{c1} + a_{c2}}{2} + \frac{a_{c1} - a_{c2}}{2S_c} S_{cp} \right) + \frac{M_b}{2} \left( \frac{a_{b1} + a_{b2}}{2} + \frac{a_{b1} - a_{b2}}{2S} S_{bp} \right) + M_e a_{el}$$

Fórmula de prud'homme

$$H_{lim} = C \left( 10 + \frac{W}{3} \right) - 15 \frac{W}{W_0}$$

→ Esfuerzos verticales (fatiga del carril): limitados a 140 kn **valor cuasiestático** y 175 kn **valor dinámico**

#### ◆ Calidad de marcha

→ Valores pico de aceleración en caja de viajeros

→ Valores eficaces ponderados de aceleración en caja de viajeros



## 4. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO: GENERAL

- ◆ **Conjunto de sensores:**
  - Giróscopo
  - Acelerómetros
  - Sensores de presión
  - Sensores de desplazamiento
  - Contador de pulsos
- ◆ **Equipo de acondicionamiento de señales.**
- ◆ **Sistema de adquisición de datos mediante PC.**



## 4. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO: EQUIPO ELECTRÓNICO

### Sensores:

- 1 Giróscopo.
- 9 Acelerómetros.
- 2 Sensores de presión.
- 2 Sensores LVDT.
- 1 Contador de pulsos.

Caja de Conexiones

### Caja de Filtros:

#### 1) Filtro Pasabaja

Giróscopo	1 Hz
Rueda fónica	No se filtra
Resto sensores	20 Hz

#### 2) Filtro Antialiasing

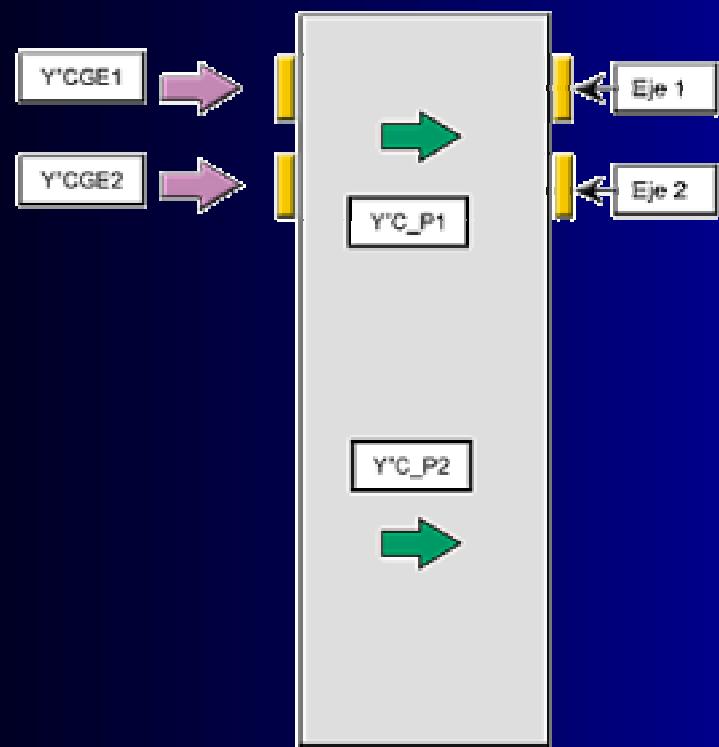


Volcado datos a PC

### Convertidor A/D:

- 2) 16 canales.
- 3) Frecuencia de muestreo 100 kHz
- 4) Resolución de 12 bits.

1) Modelos DaqBook 112.



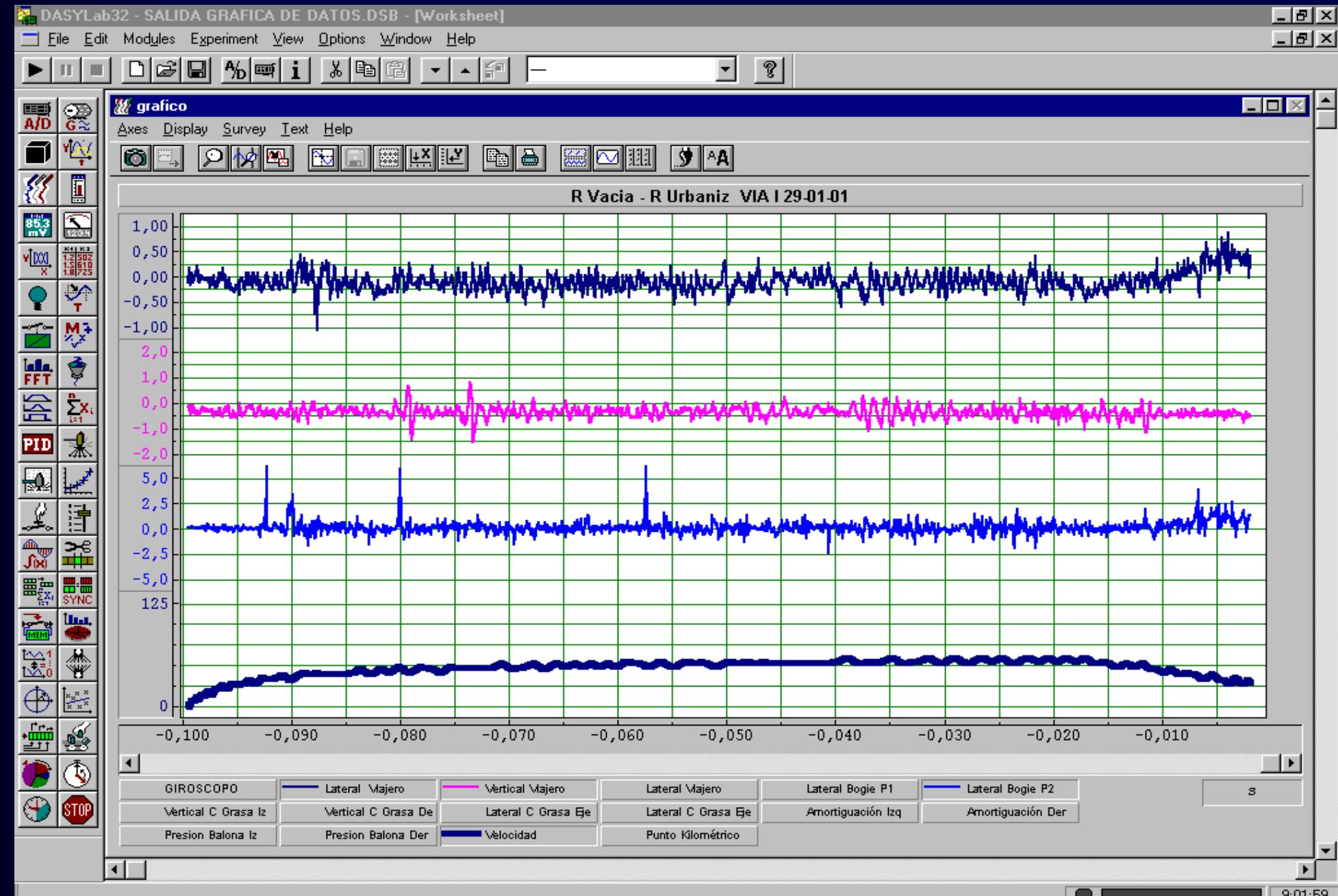
## 4. Descripción del equipo: Ubicación de los sensores



Sensor	Descripción	Utilización
Yellow	Giróscopo	<ul style="list-style-type: none"><li>Ubicación del tren.</li><li>Obtención diagrama curvaturas.</li></ul>
Green	Aceleración horizontal en caja.	<ul style="list-style-type: none"><li>Contribución al esfuerzo horizontal de la masa de la caja (ripado).</li><li>Calidad de marcha.</li></ul>
Orange	Aceleración vertical en caja.	<ul style="list-style-type: none"><li>Calidad de marcha.</li></ul>
White	Aceleración horizontal en bogie.	<ul style="list-style-type: none"><li>Contribución al esfuerzo horizontal de la masa del bogie (ripado).</li></ul>
Purple	Aceleración horizontal en eje.	<ul style="list-style-type: none"><li>Contribución al esfuerzo horizontal de la masa del eje (ripado).</li></ul>
Blue	Aceleración vertical en eje.	<ul style="list-style-type: none"><li>Seguridad al descarrilamiento.</li><li>Defectos de nivelación.</li></ul>
Black	Elongación de la amortiguación primaria.	<ul style="list-style-type: none"><li>Seguridad al descarrilamiento.</li><li>Defectos de nivelación.</li><li>Alabeo.</li></ul>
Grey	Sensores de presión.	<ul style="list-style-type: none"><li>Sobrecarga de viajeros.</li></ul>



## 4. Descripción del equipo: Aplicación para captura y tratamiento de datos





## 5. ANÁLISIS DE DATOS: PARÁMETROS ANALIZADOS

- ◎ VELOCIDAD ANGULAR DE GIRO
- ◎ ACELERACIÓN VERTICAL EN CAJA DE VIAJEROS
- ◎ ACELERACIÓN VERTICAL EN CAJA DE GRASA
- ◎ ACELERACIÓN LATERAL EN CAJA DE VIAJEROS
- ◎ ACELERACIÓN LATERAL EN BOGIE
- ◎ ACELERACIÓN LATERAL EN CAJA DE GRASA
- ◎ DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE LAS AMORTIGUACIONES PRIMARIAS
- ◎ DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE LAS AMORTIGUACIONES SECUNDARIAS
- ◎ PRESIÓN EN BALONA

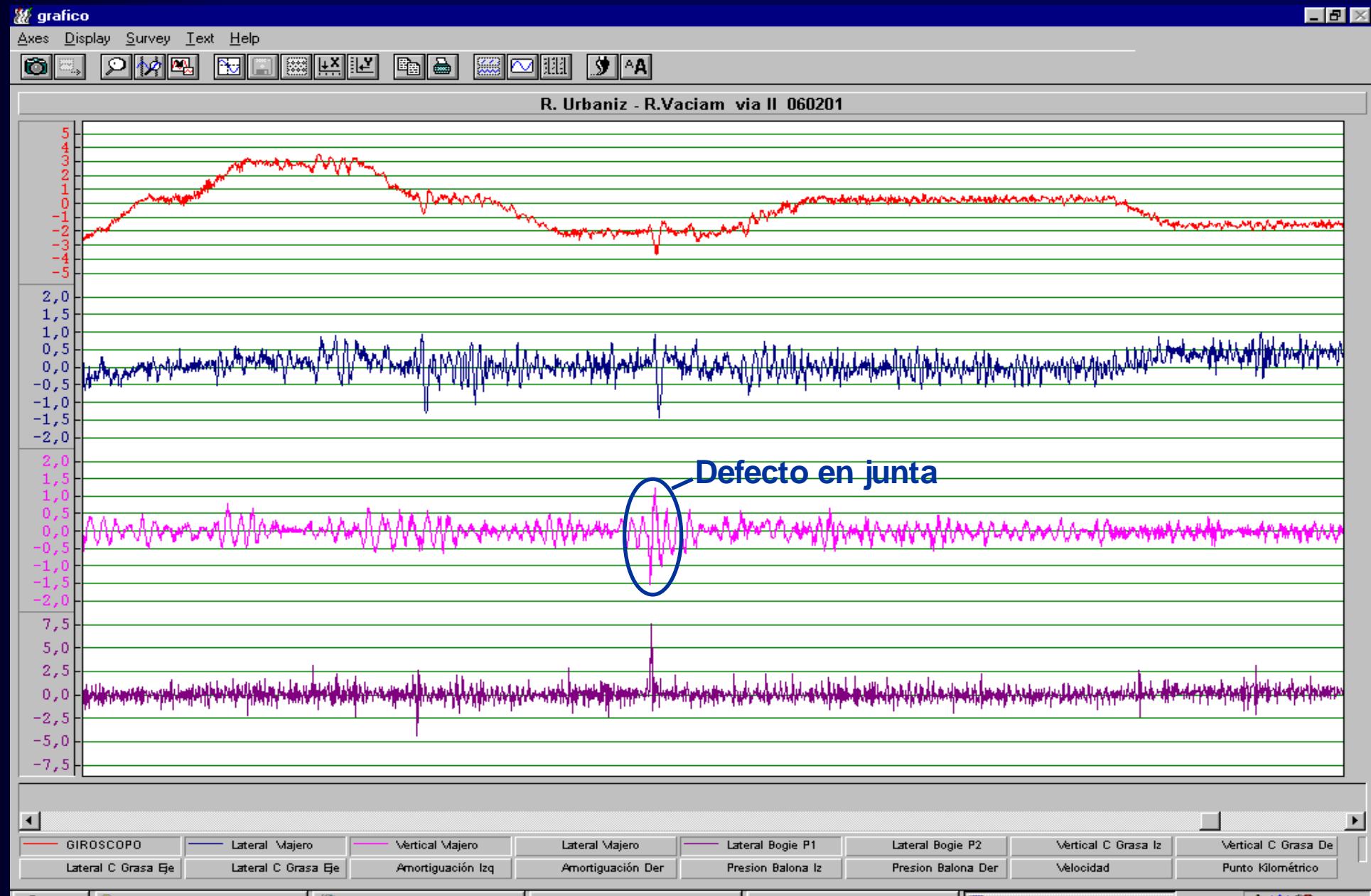


## 5. ANÁLISIS DE DATOS: METODOLOGÍA

- ◎ Establecimiento de niveles máximos de los diferentes parámetros basado en:
  - Normativa (UIC-518, etc).
  - Degradación de la vía.
  - Deterioro de Material Móvil.
  - Calidad de marcha.
- ◎ Evolución respecto situación original u óptima:
  - Determinación de las desviaciones máximas de cada parámetro.

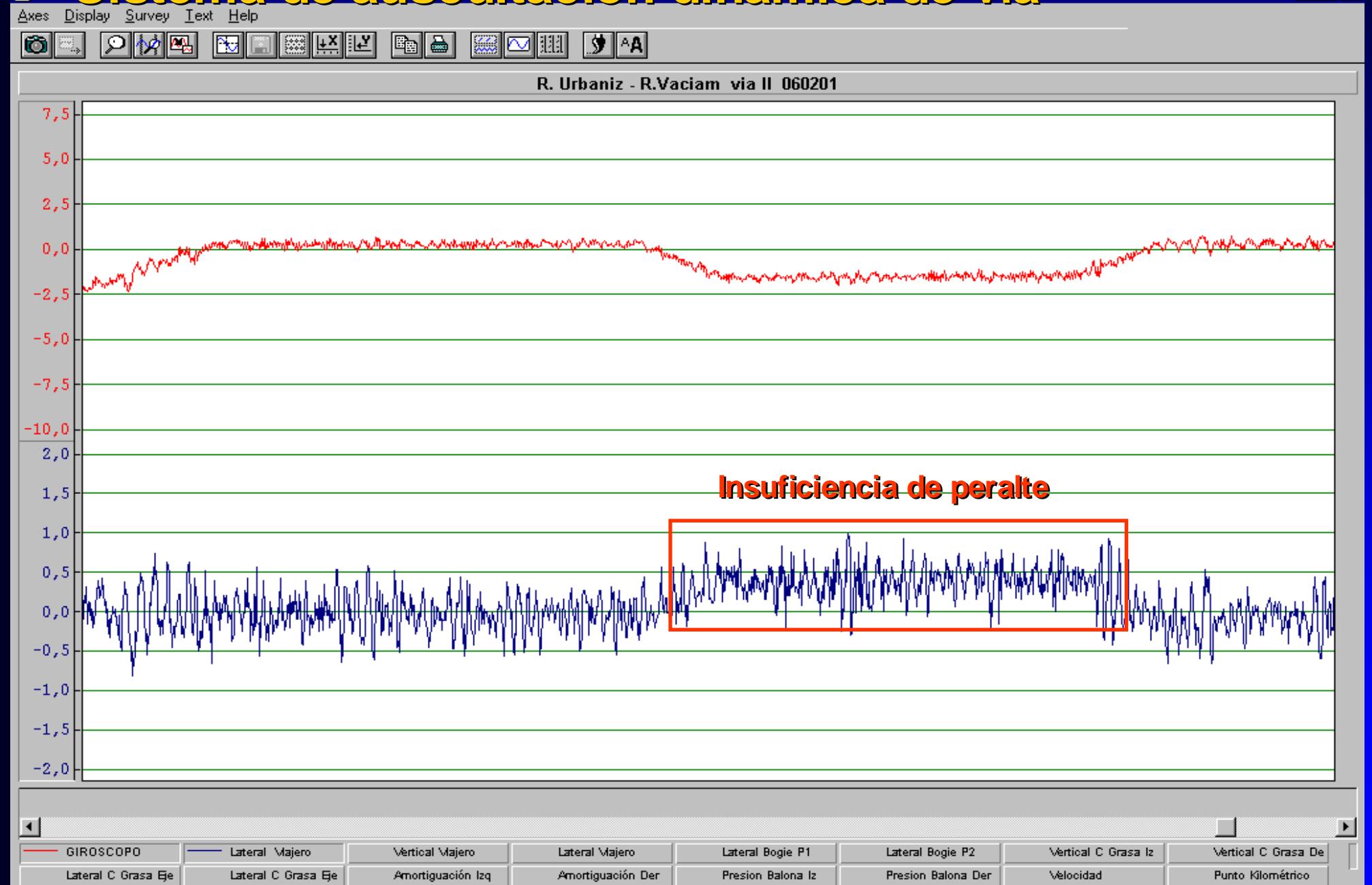


# Sistema de auscultación dinámica de vía



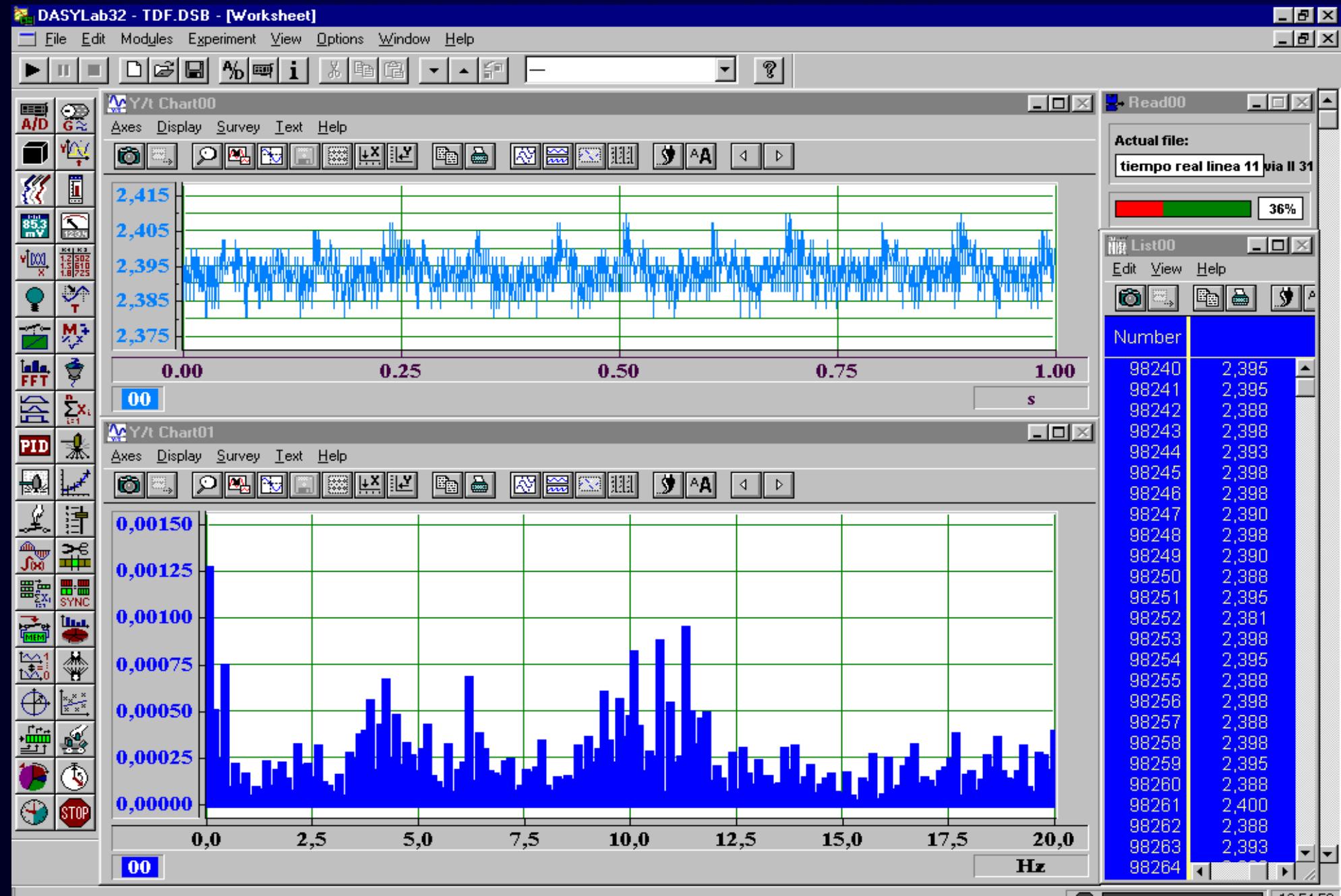


## Sistema de auscultación dinámica de vía





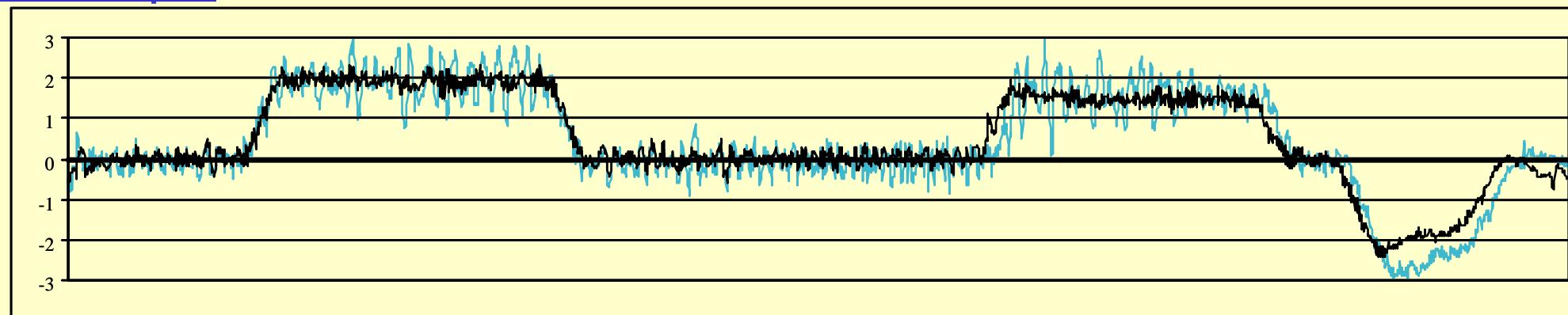
## 5. Análisis de datos: estudio en frecuencias



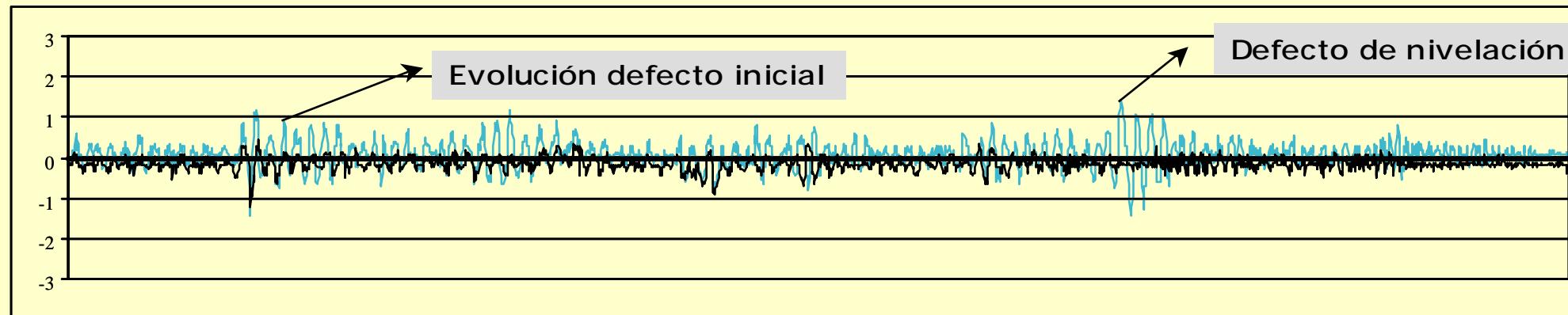


## Giroscopo:

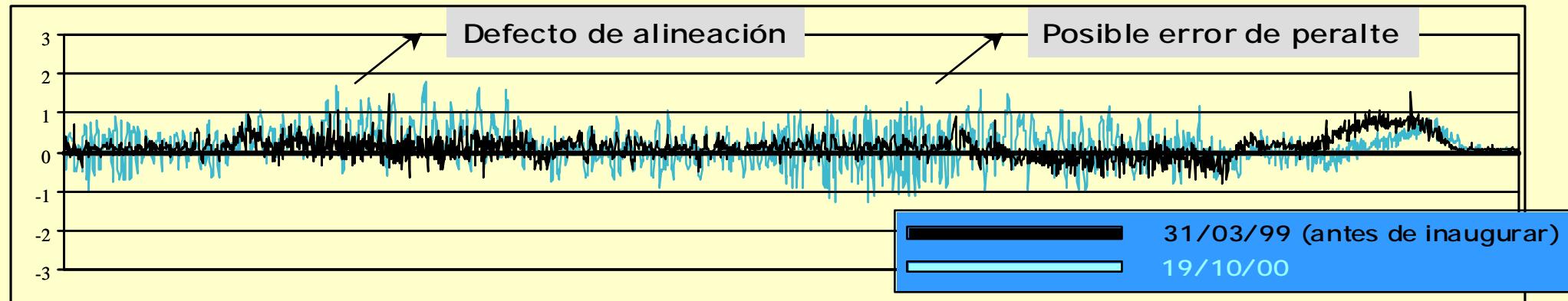
## 5. Análisis de datos: evolución del estado de la vía



## Vertical de Caja de Viajeros:

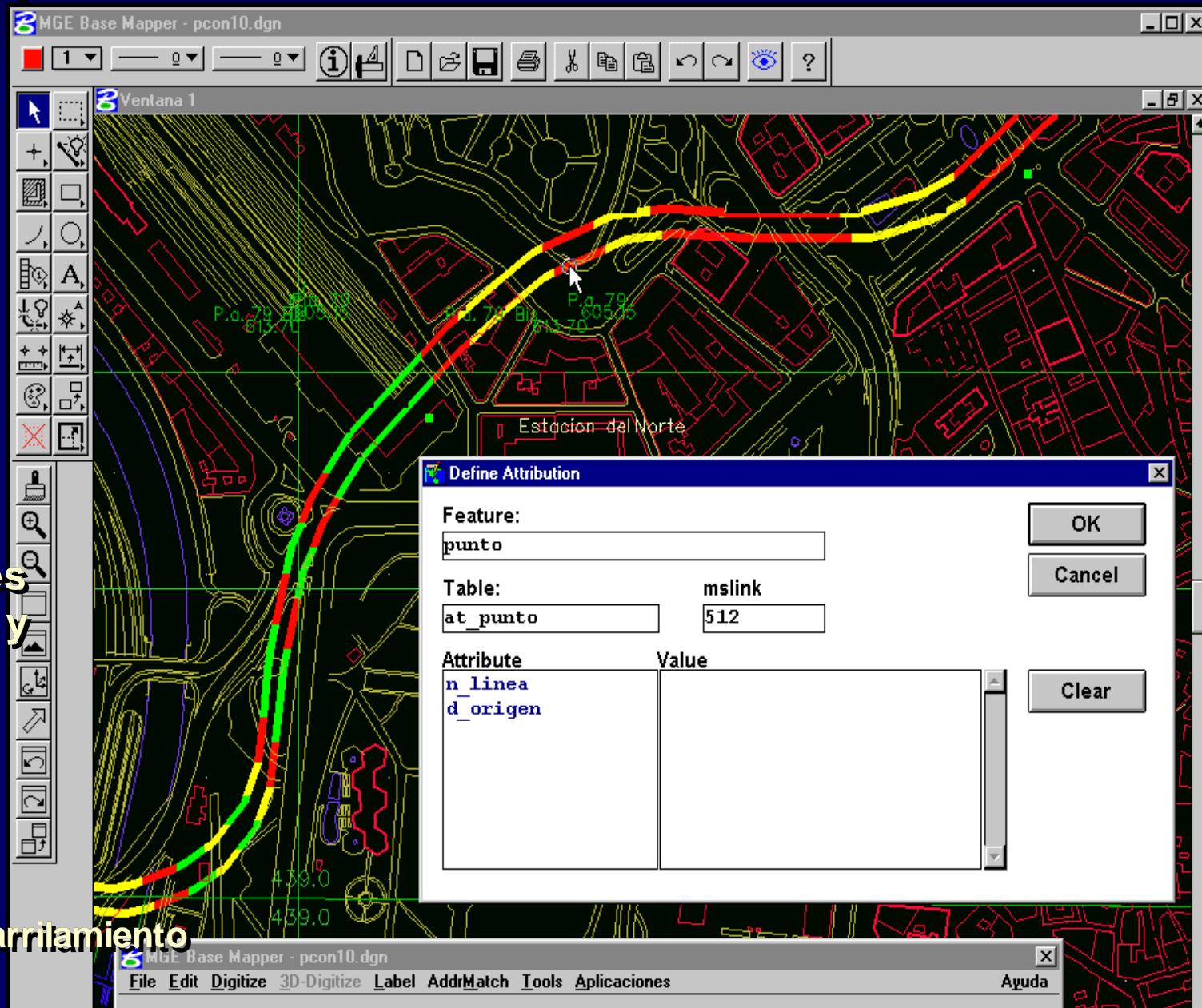


## Lateral Caja de Viajeros:





# GIS para la Auscultación de Vía



**Consulta de los valores numéricos de señales y ubicación en la red:**

- Calidad de Marcha
- Degradación de la Vía
- Seguridad Contra Descarrilamiento

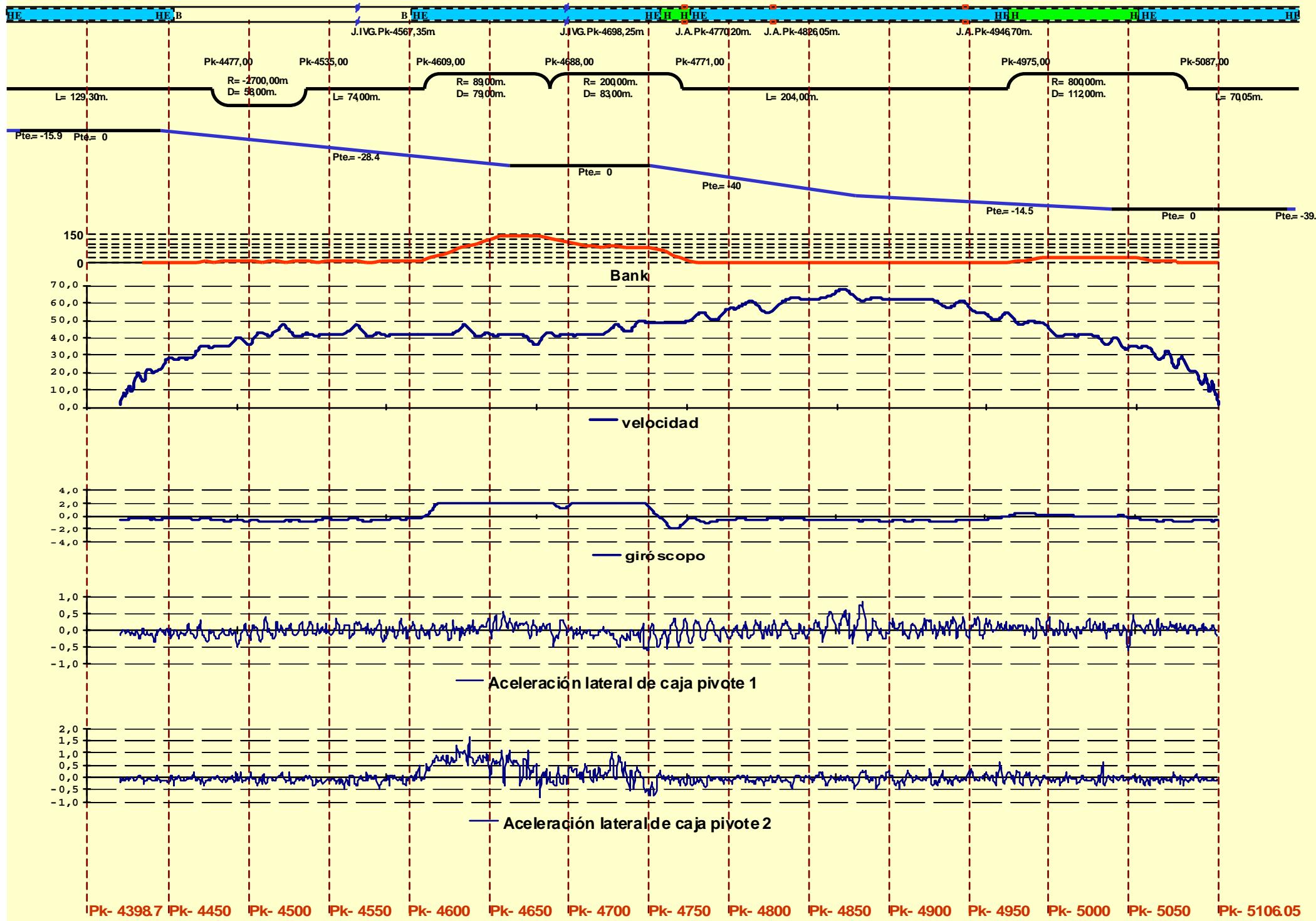
-PK-4398,70

IGLESIA

VIA

PK-5106,05 Ⓛ

BILBAO



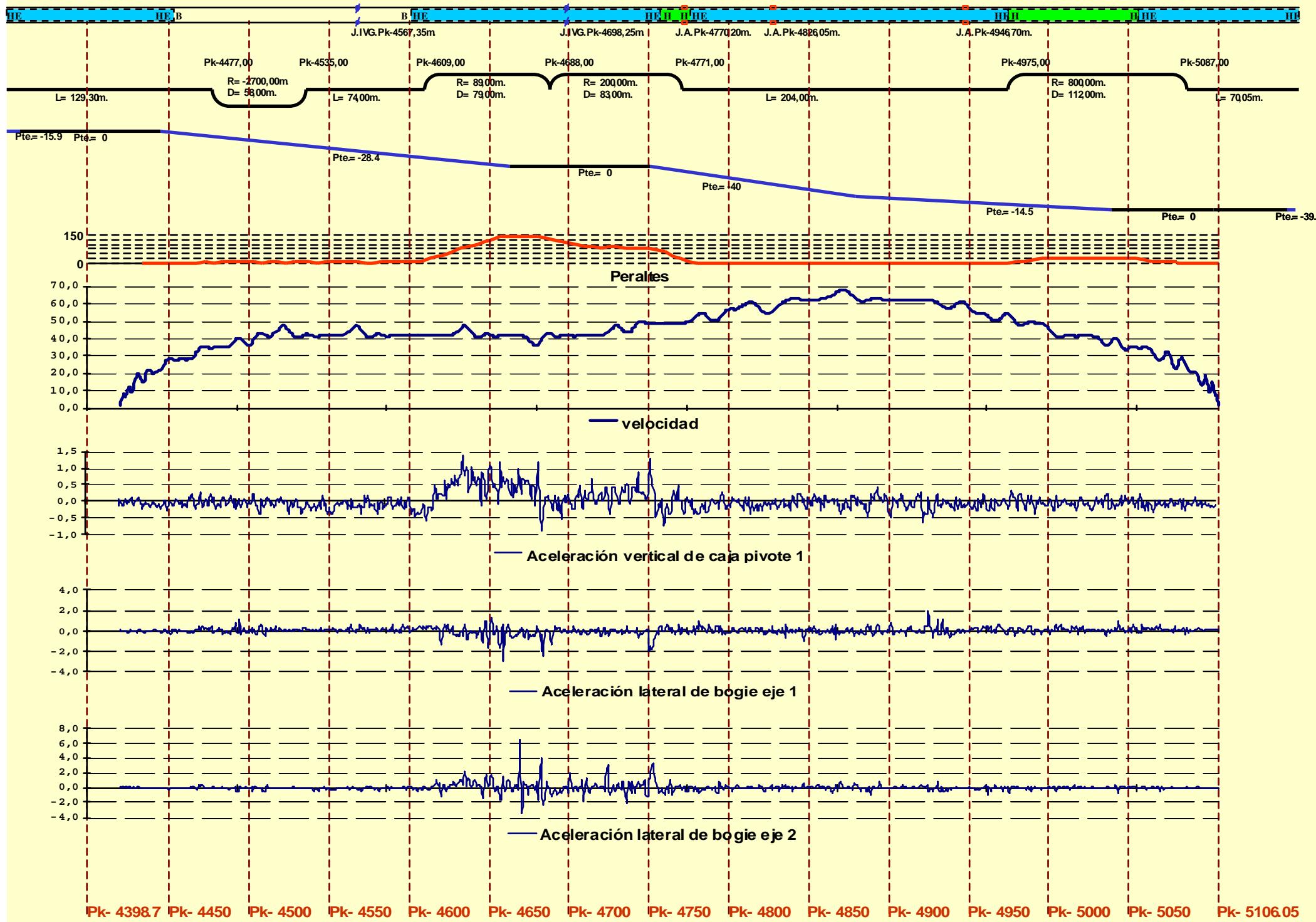
-PK-4398,70

IGLESIA

VIA

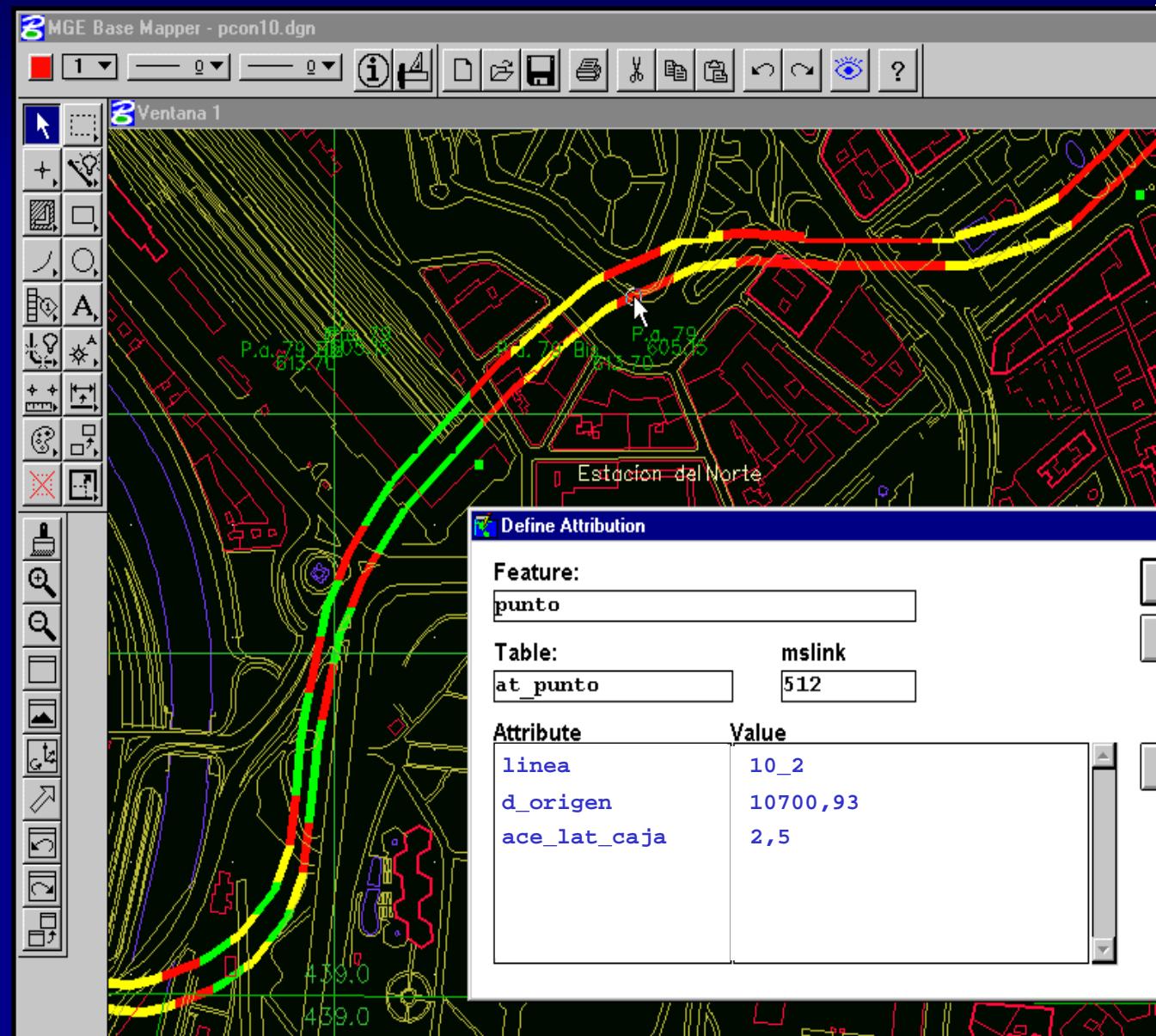
PK-5106,05   
R.H.B.A

BILBAO





# GIS para la Auscultación de Vía



**Consulta de los valores numéricos de señales y ubicación en la red:**



## 6. CONCLUSIONES

- ◎ Establecimiento de niveles de actuaciones de mantenimiento en la red (incluyendo juntas, pasos hormigón-balasto,...).
- ◎ Obtención de índice de calidad de vía.



# Sistema Integrado de Vigilancia de Infraestructura y Superestructura de Vía



Equipamiento para  
captación de  
imágenes en túnel



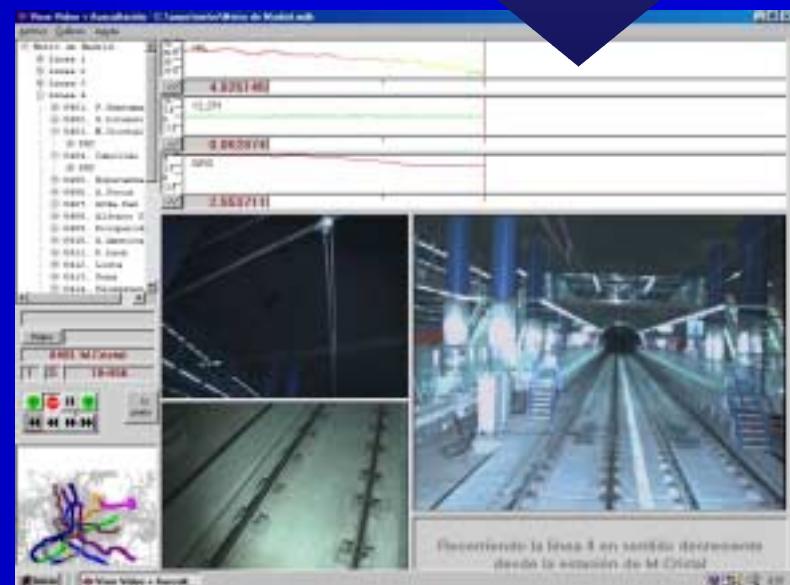
Auscultación  
Dinámica de vía



# Descripción del Sistema

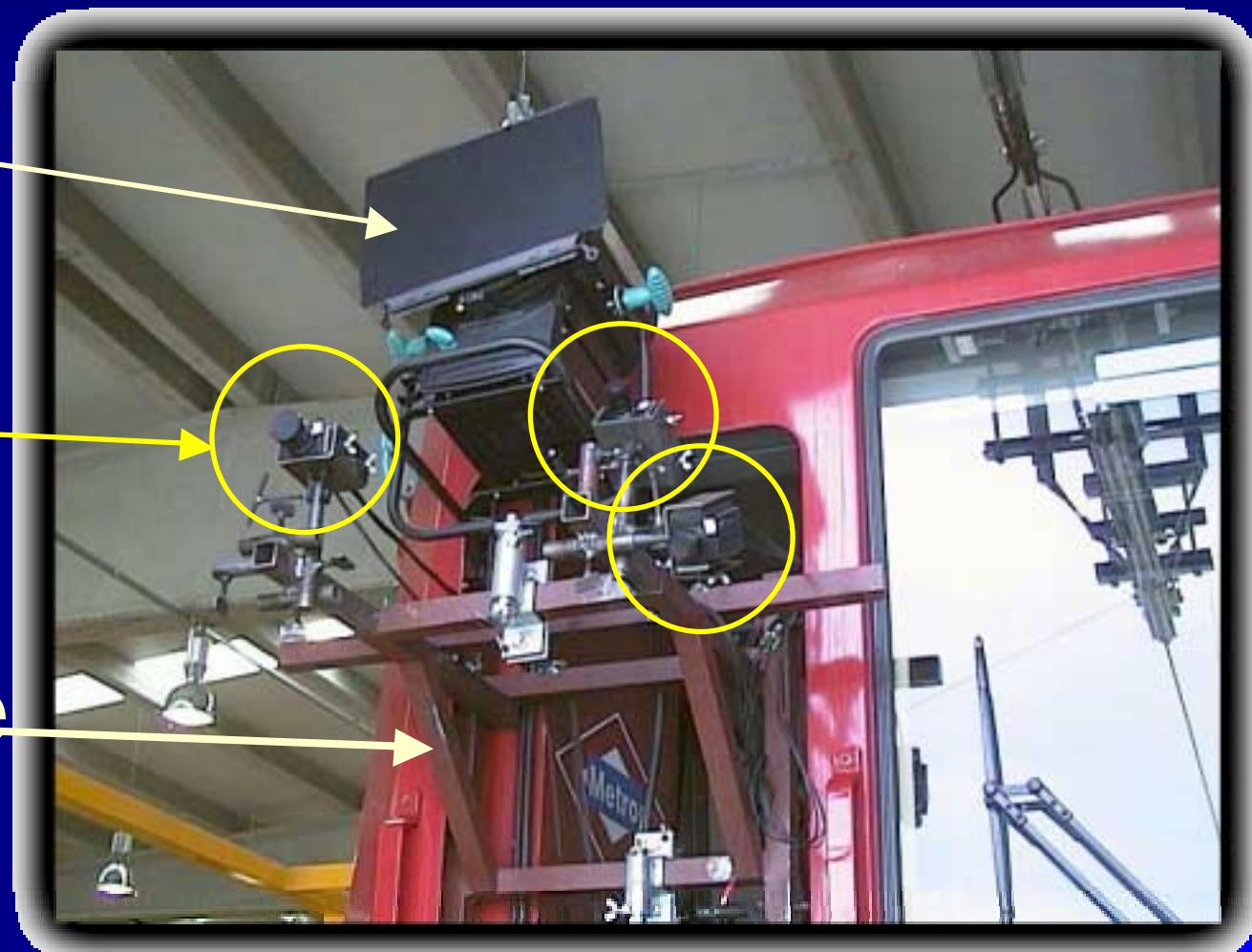
## Aplicación Informática

Acceso, gestión, visualización y  
configuración de imágenes  
integración con datos de  
auscultación de vía



# 1. Equipamiento para Captura y Digitalización de Imágenes

Focos  
Cámaras  
Estructura Soporte



# 1. Equipamiento para Captura y Digitalización de Imágenes

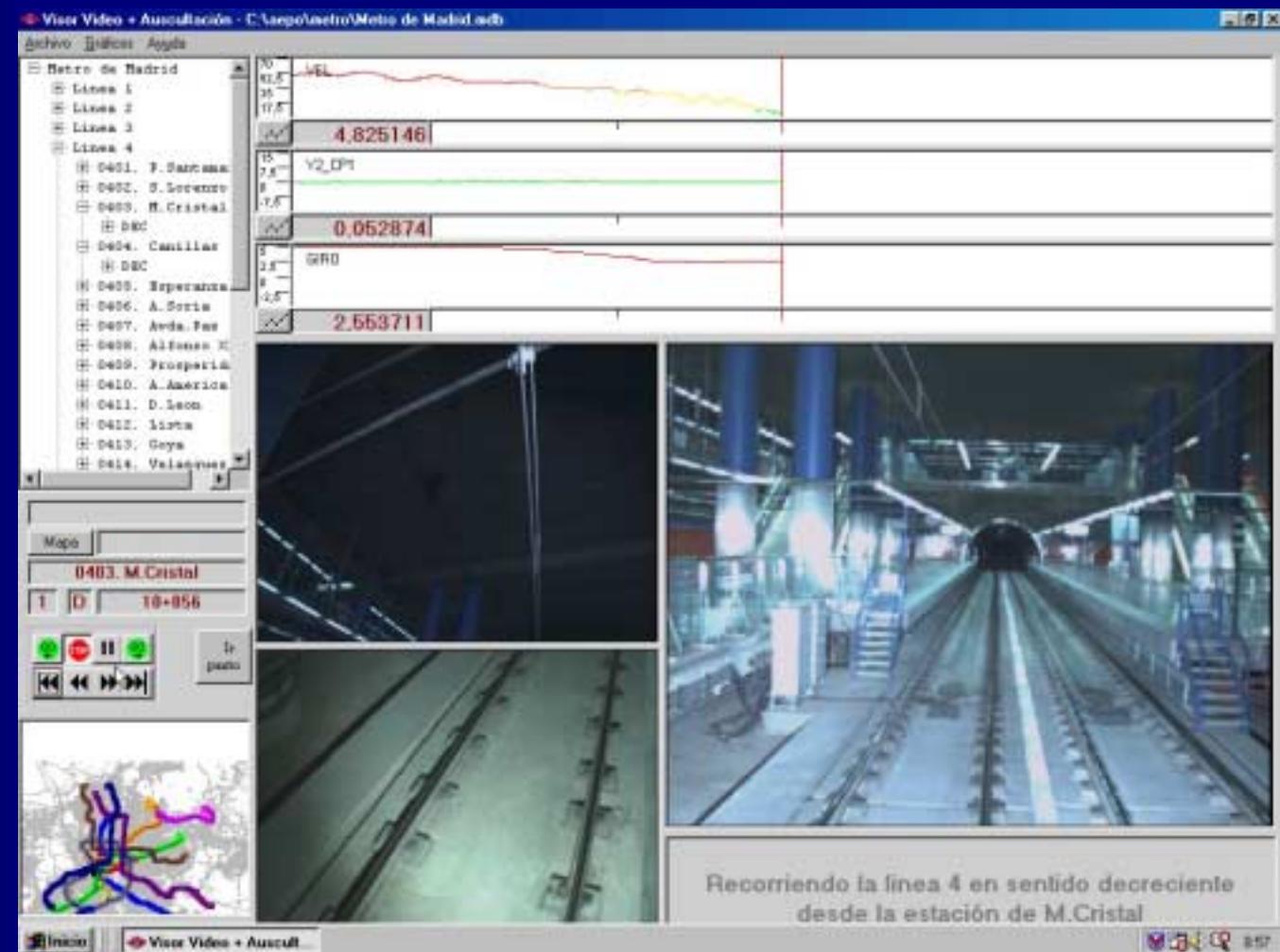


## Rack de Control:

- Ordenador de Control del sistema de Digitalización
- Software de digitalización en tiempo real
- Sistema de Alimentación Autónomo



## 2. Aplicación Informática





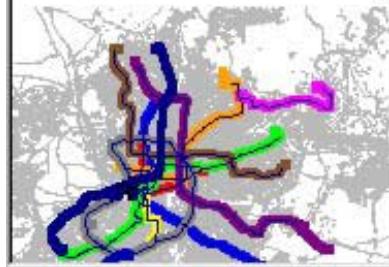
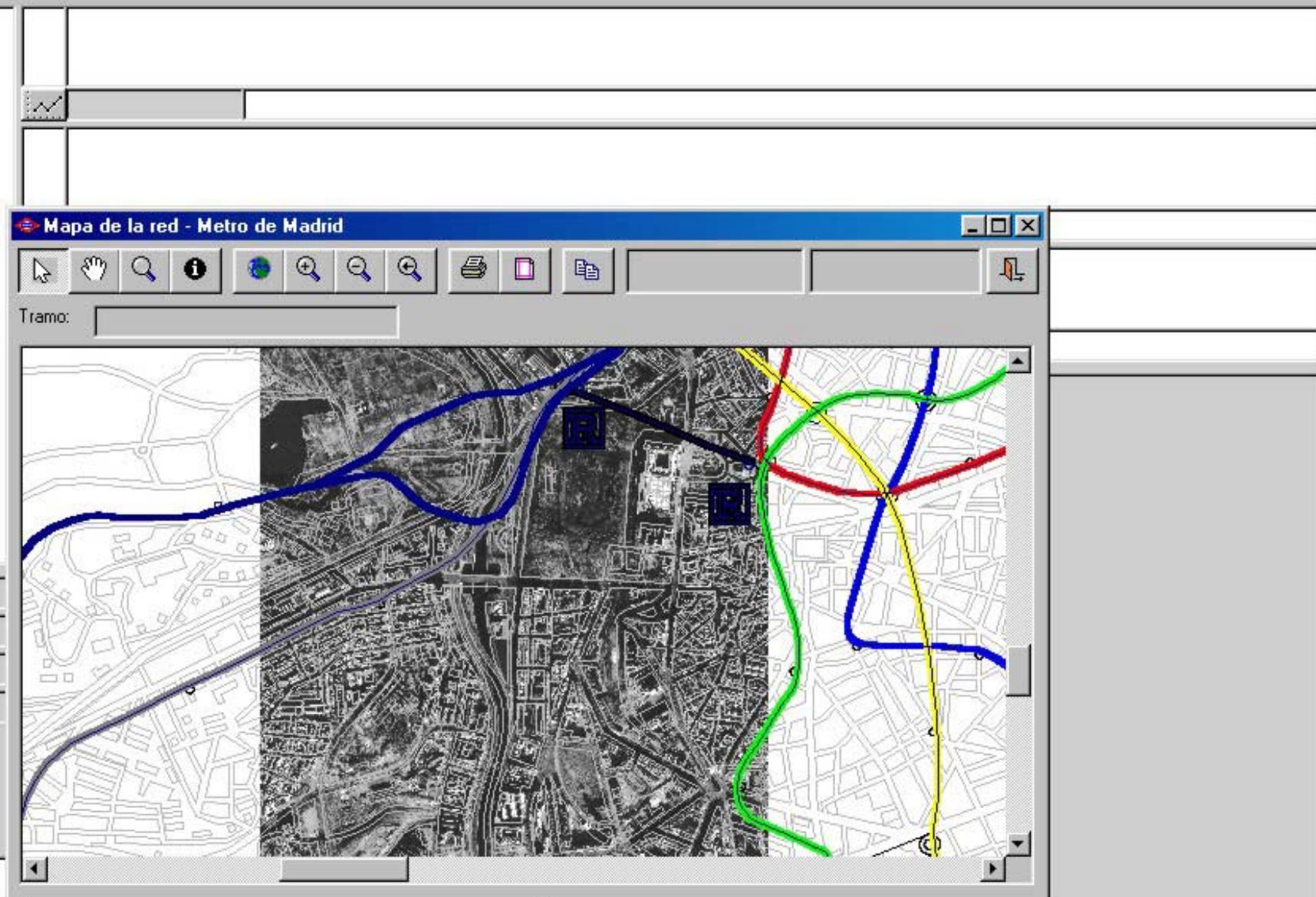
Archivo Gráficos Ayuda

+ Metro de Madrid

The screenshot displays the 'Visor Video + Auscultación' application window. The main area features a map of the Madrid Metro network with various lines highlighted in different colors (blue, green, purple, orange). Below the map is a toolbar with control buttons: a red 'STOP' button, a green 'GO' button with arrows pointing up and down, a double arrow 'GO' button, and a set of navigation arrows (left, right, up, down). To the left of the map is a vertical panel containing a 'Mapa' button and several empty rectangular boxes. The top half of the screen is divided into four large video preview windows, each showing a blank gray screen. The bottom half contains two large video preview windows, also showing blank gray screens. A cursor is visible at the bottom center of the screen.

Archivo Gráficos Ayuda

+ Metro de Madrid



+ Metro de Madrid

## Mapa de la red - Metro de Madrid

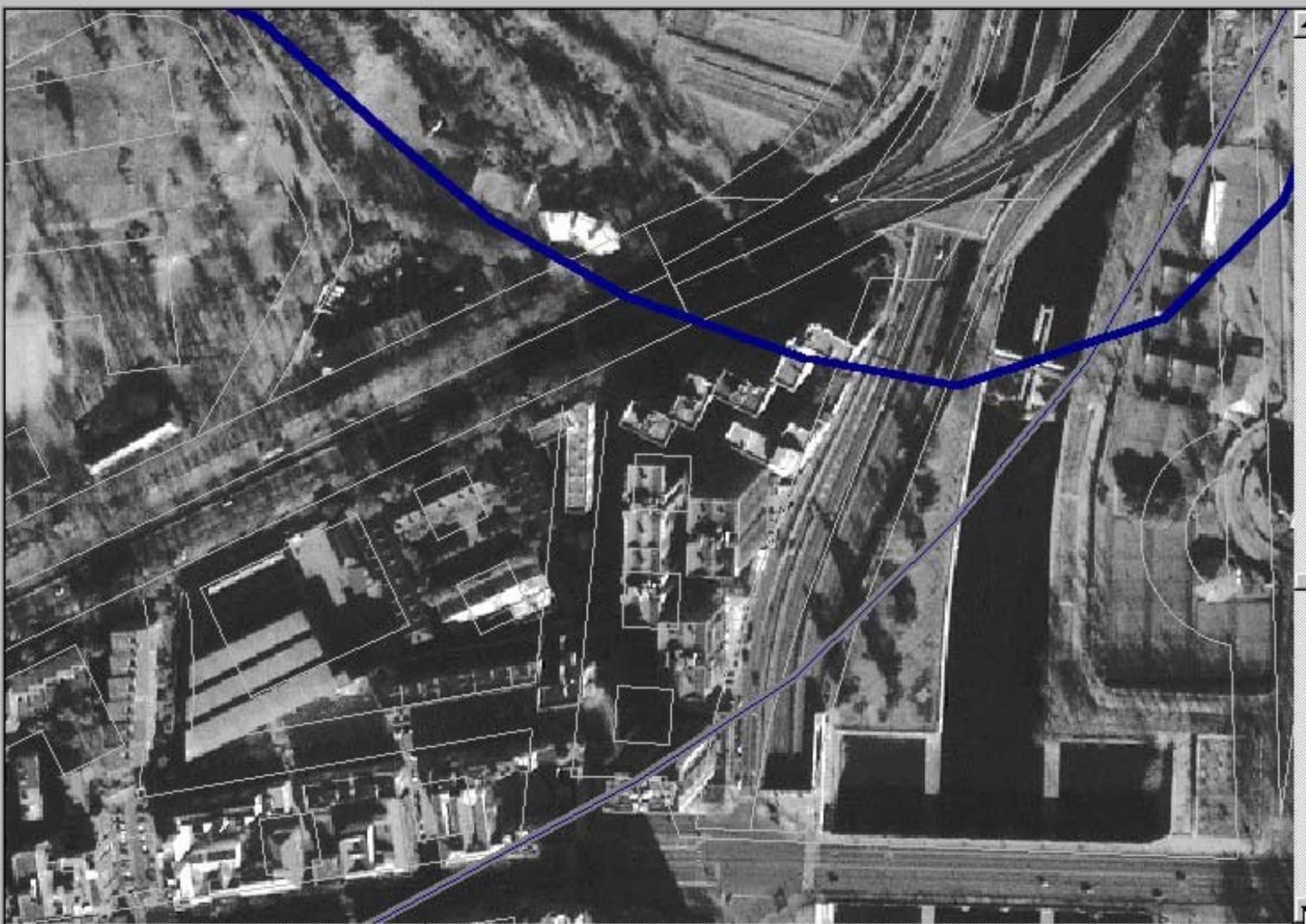


438928,60

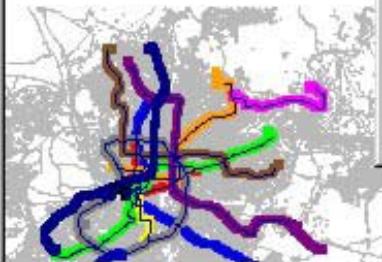
4474294,41



Tramo:

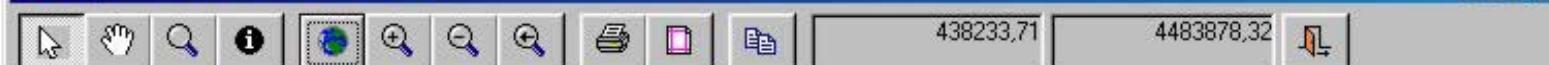


Mapa



+ Metro de Madrid

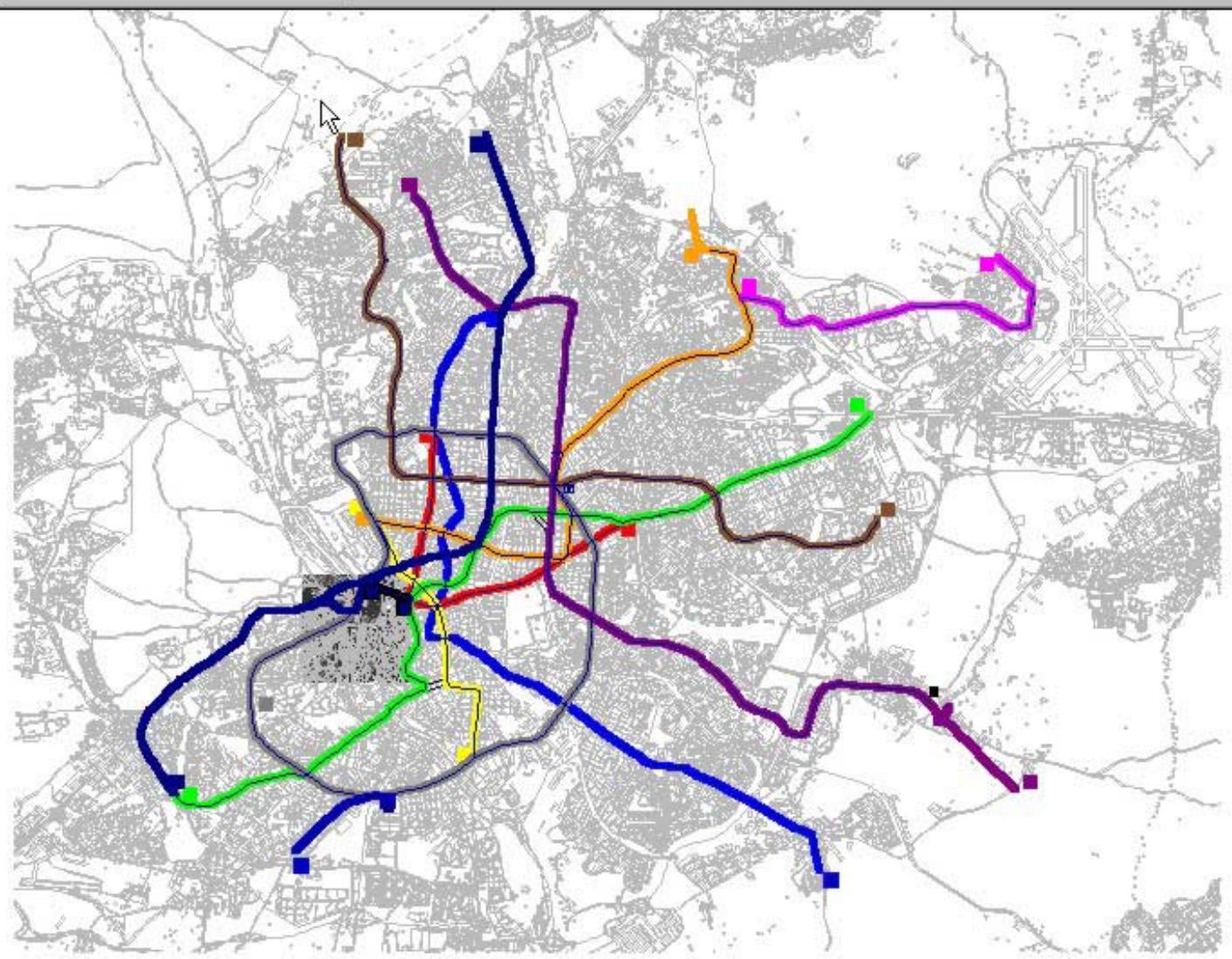
## Mapa de la red - Metro de Madrid



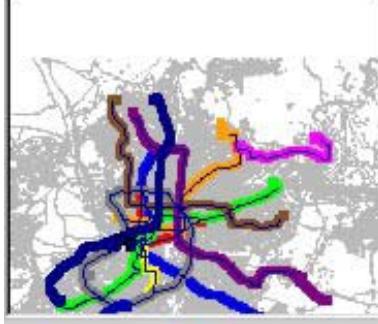
438233,71

4483878,32

Tramo:



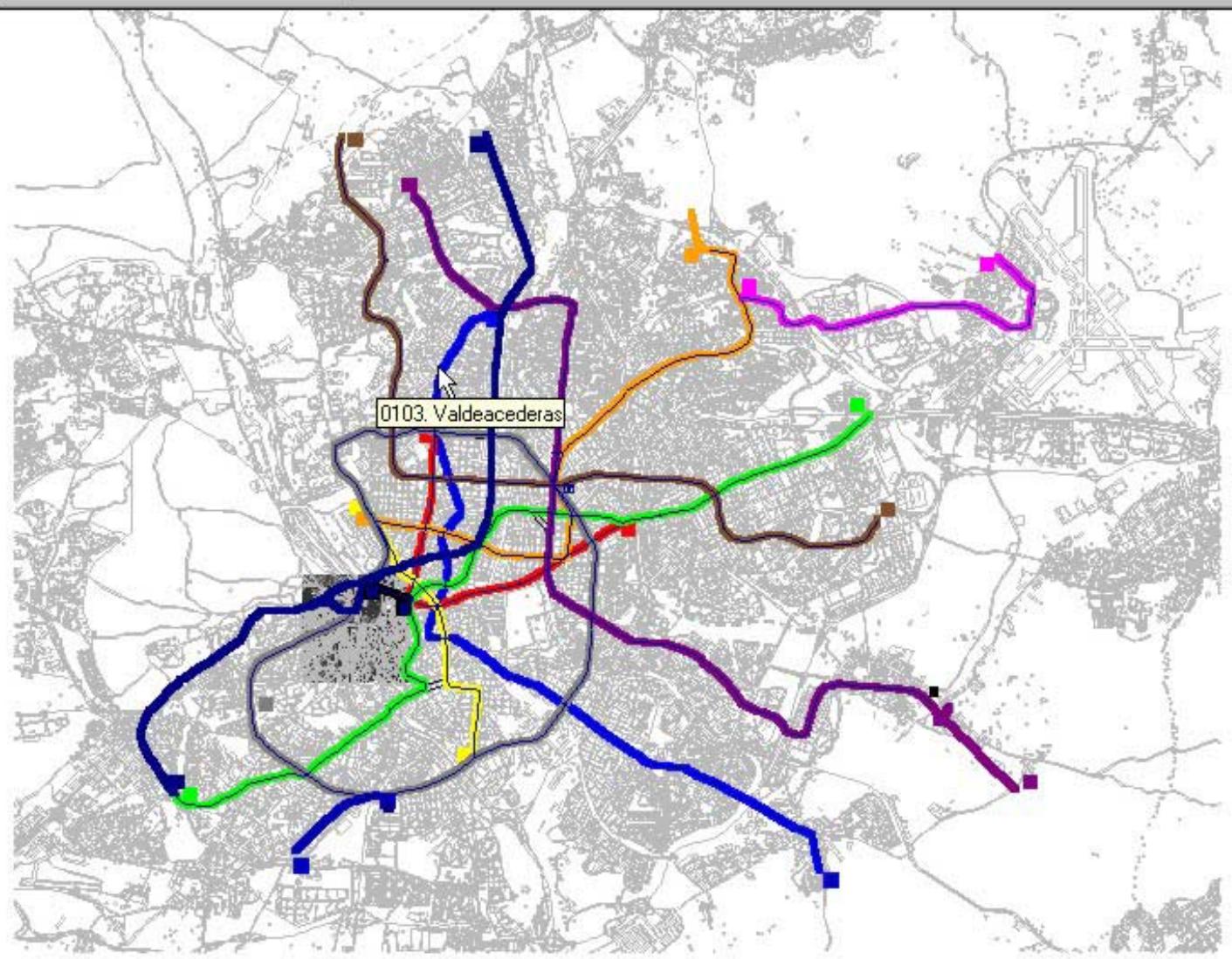
Mapa



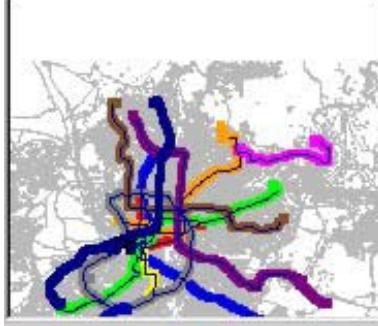
## Mapa de la red - Metro de Madrid



Tramo: 0103. Valdeacederas



Mapa





Archivo Gráficos Ayuda

## Metro de Madrid

- + Linea 1
- + Linea 2
- + Linea 3
- Linea 4
  - + 0401. P.Santama...
  - + 0402. S.Lorenzo
  - + 0403. M.Cristal
  - 0404. Canillas
    - + DFA
  - + 0405. Esperanza
  - + 0406. A.Soria
  - + 0407. Avda.Paz
  - + 0408. Alfonso X
  - + 0409. Prosperid...
  - + 0410. A.America
  - + 0411. D.Leon
  - + 0412. Lista
  - + 0413. Goya
  - + 0414. Velazquez
  - + 0415. Serrano

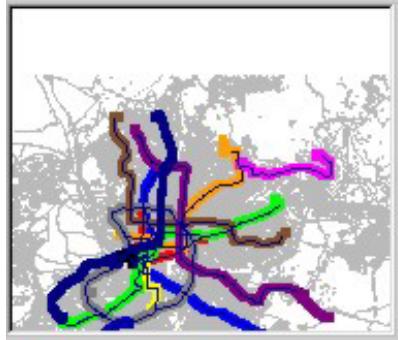
◀ ▶

Gráfico: GIRO

Mapa 212

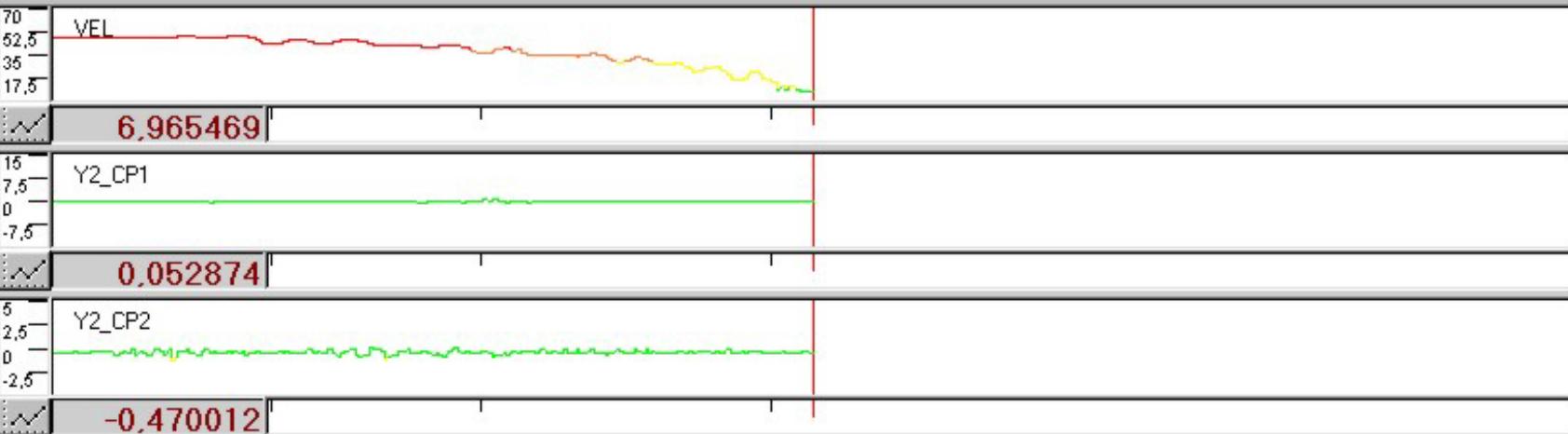


Ir punto

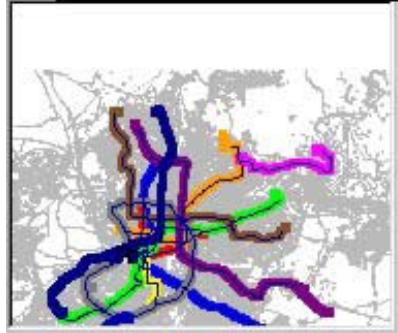
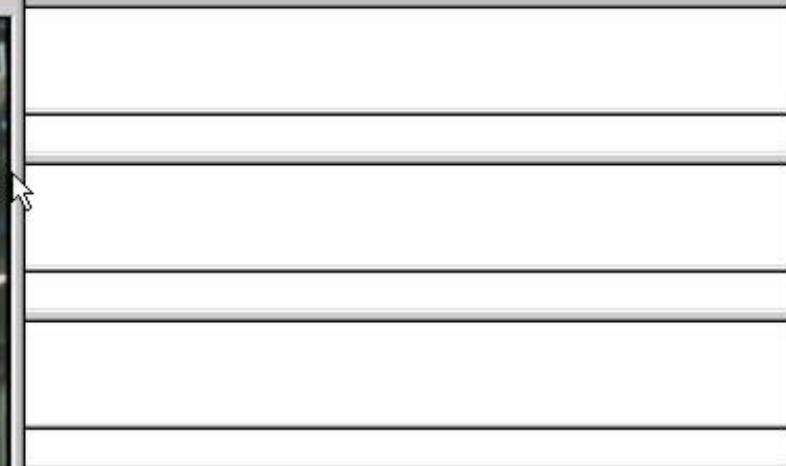


Archivo Gráficos Ayuda

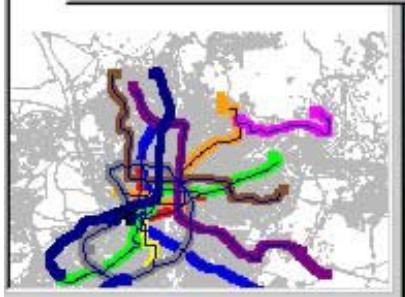
- Metro de Madrid
- + Linea 1
- + Linea 2
- + Linea 3
- Linea 4
  - 0401. P.Santamaria
  - + DEC
  - 0402. S.Lorenzo
  - + DEC
  - 0403. M.Cristal
  - + DEC
  - 0404. Canillas
  - + DEC
  - 0405. Esperanza
  - + DEC
  - 0406. A.Soria
  - + DEC
  - 0407. Avda.Paz
  - + DEC
  - 0408. Alfonso X
  - + DEC
  - 0409. Prosperidad
  - + DEC
  - 0410. A.America
  - + DEC
  - 0411. D.Leon
  - + DEC
  - 0412. Lista



Recorriendo la linea 4 en sentido decreciente  
desde la estación de S.Lorenzo



Recorriendo la linea 8 en sentido creciente  
desde la estación de Aeropuerto



Recorriendo la linea 8 en sentido creciente  
desde la estación de M. De Cristal



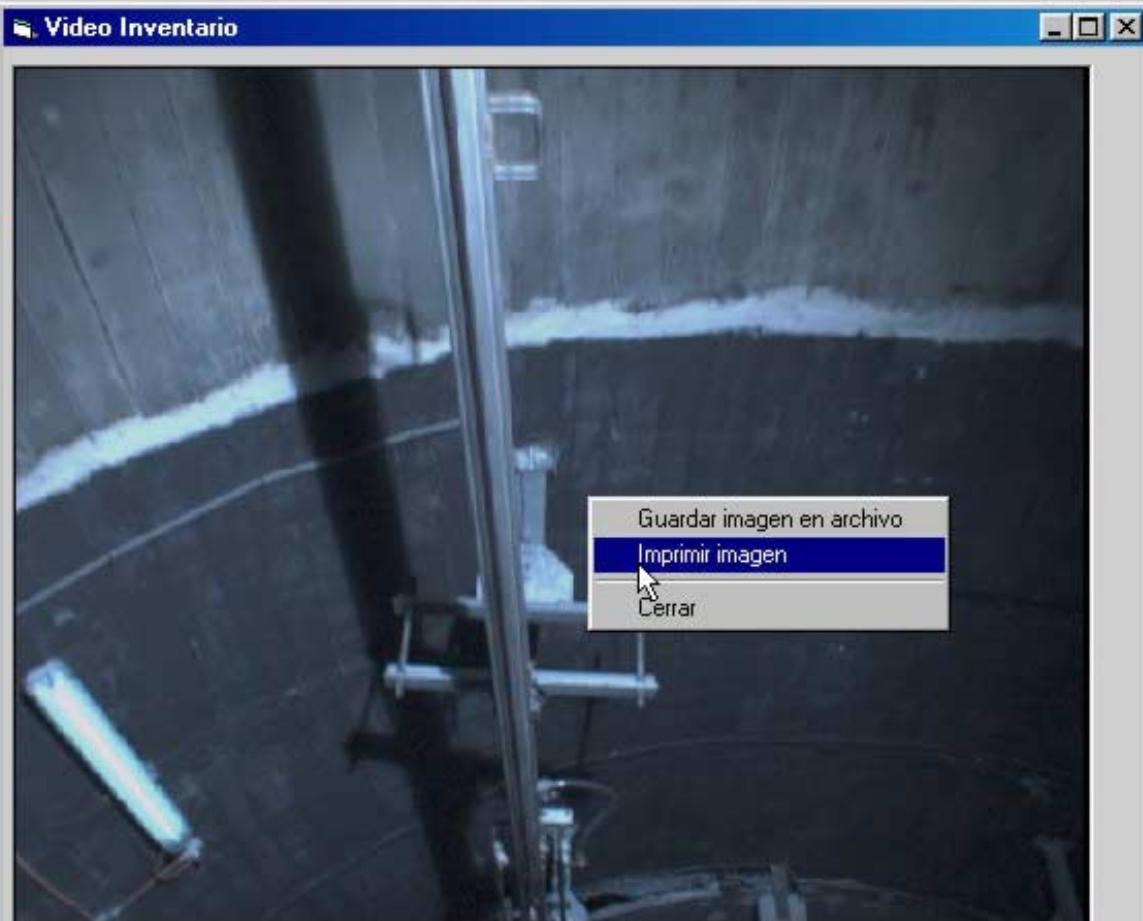
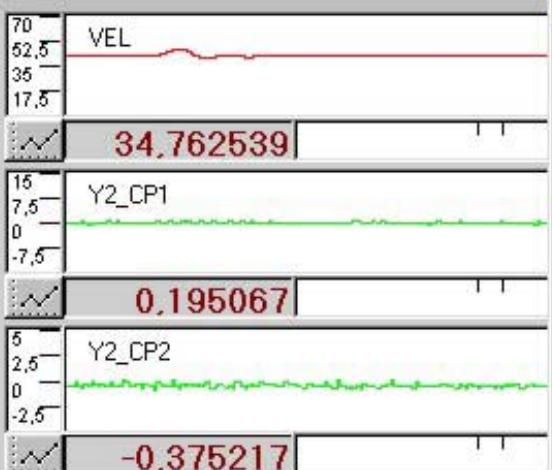
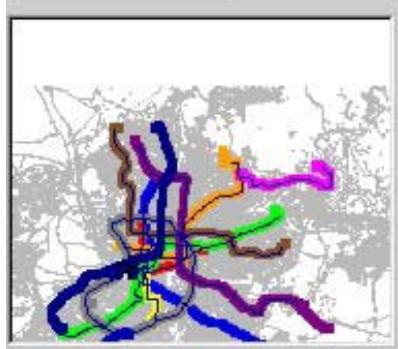
Archivo Gráficos Ayuda

- + 0118. Menéndez
  - + 0119. Pacífico
  - + 0120. P. Vallecas
  - + 0121. N. Numancia
  - + 0122. Portazgo
  - + 0123. Buenos Aires
  - + 0124. A. del Arenal
  - 0125. M. Hernández
    - + CRE
  - 0126. S. Guadalupe
    - + CRE
    - 14+920
    - 15+000
    - 15+420
  - + 0127. V. Vallecas
  - + 0128. Congosto
- Linea 2  
Linea 3  
Linea 4  
Linea 5  
Linea 6

Mapa
0126. S.Guadalupe
1 C 15+420

GO	STOP	II	GO
◀◀	◀▶	▶▶	▶▶

Ir punto

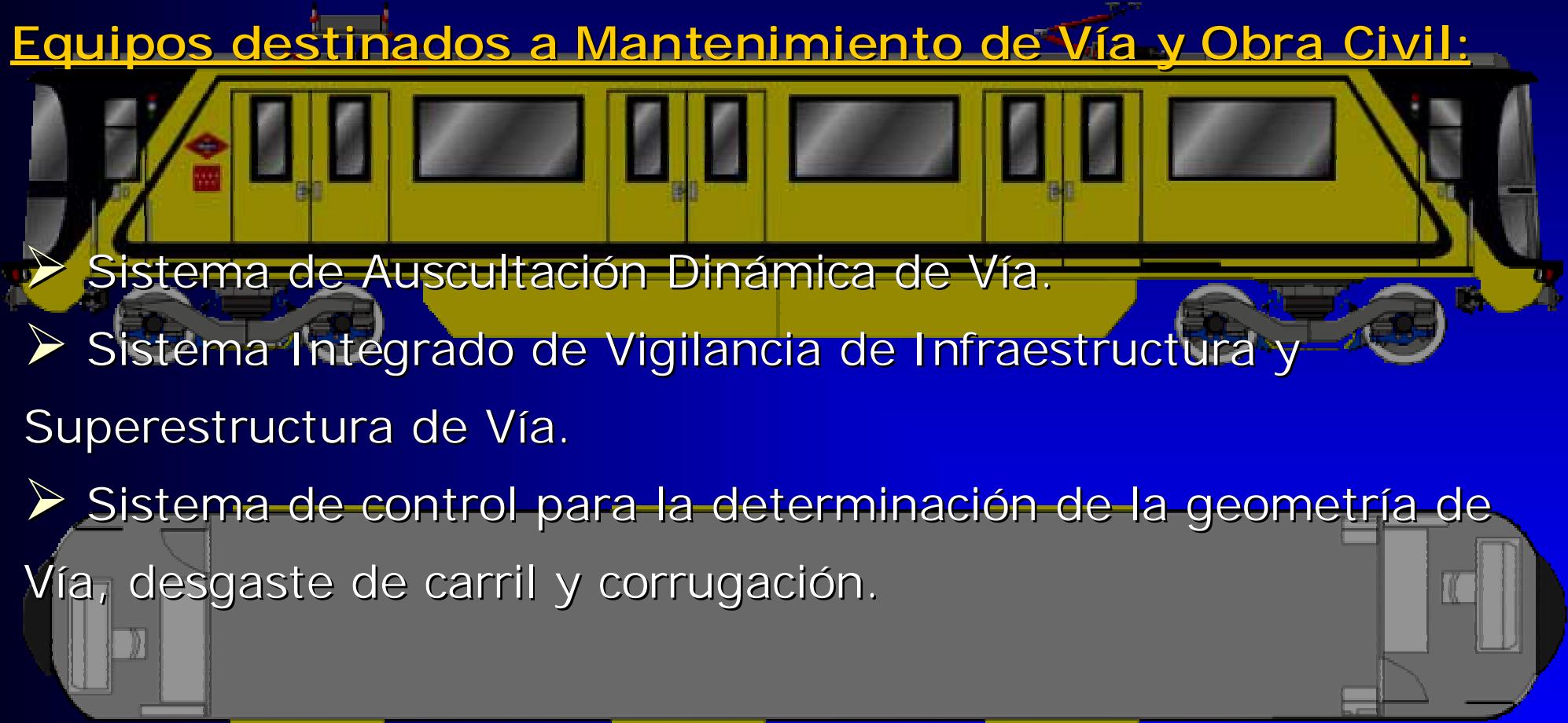


Recorriendo la linea 1 en sentido creciente  
desde la estación de S.Guadalupe



## FUTURO TRENA LABORATORIO: Sistemas de Medición

### Equipos destinados a Mantenimiento de Vía y Obra Civil:



- Sistema de Auscultación Dinámica de Vía.
- Sistema Integrado de Vigilancia de Infraestructura y Superestructura de Vía.
- Sistema de control para la determinación de la geometría de Vía, desgaste de carril y corrugación.



## FUTURO TRENA LABORATORIO: Sistemas de Medición

Equipos destinados a Mantenimiento de  
Instalaciones Electromecánicas:



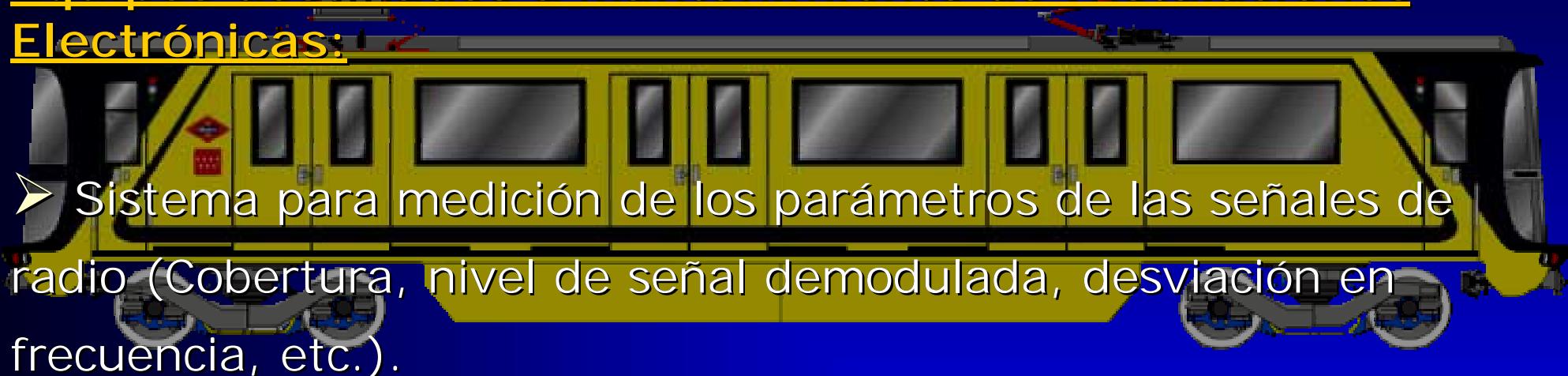
- Sistema de Auscultación Dinámica de Línea Aérea  
(Desgaste, descentramiento y altura).
- Analizador de la calidad del contacto en Línea Aérea.



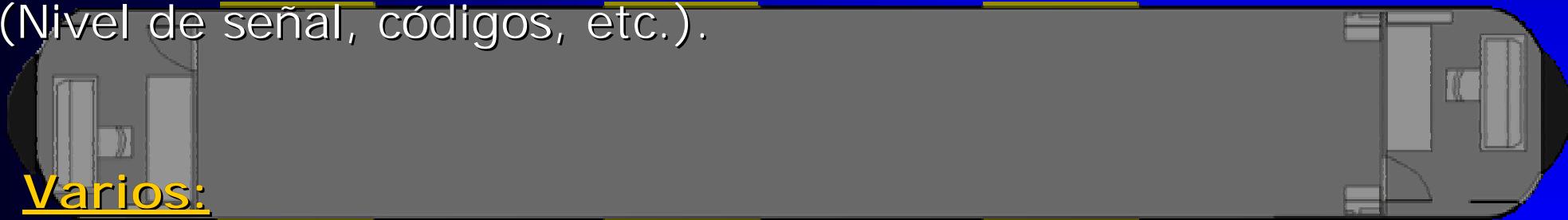


## FUTURO TRENA LABORATORIO: Sistemas de Medición

### Equipos destinados a Mantenimiento de Instalaciones Electrónicas:



- Sistema para medición de los parámetros de las señales de radio (Cobertura, nivel de señal demodulada, desviación en frecuencia, etc.).
- Sistema para medición de los parámetros de A.T.P. y A.T.O. (Nivel de señal, códigos, etc.).



### Varios:

- Sistemas para control de la Calidad Medioambiental.



# Nuevas Tecnologías Aplicadas al Mantenimiento de las Instalaciones Fijas

GRACIAS POR SU ATENCIÓN



**Comunidad de Madrid**  
Consejería de Obras Públicas  
Urbanismo y Transportes