

AUTOMATIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE METRO EXISTENTE

12^a Reunión de Comités Técnicos de
ALAMYS

Juan Carlos Antón García
Lisboa. 15 de mayo de 2007



ALAMYS

12^a REUNIÓN DE COMITÉS TÉCNICOS DE ALAMYS

AUTOMATIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE METRO EXISTENTE



Juan Carlos Antón García
Lisboa. 15 de mayo de 2007

CONTENIDOS

- ➡ 1.- Presentación de Dimetronic Signals
- ➡ 2.- Algunas reflexiones sobre los sistemas de ATC. Importancia de la escalabilidad
- ➡ 3.- Elección del grado de automatización de una línea existente
- ➡ 4.- Aplicación teórica de automatización de la Línea 2 del Metro de Madrid
- ➡ 5.- Ejemplo práctico de automatización: Línea 11 del Metro de Barcelona
- ➡ 6.- Temas a debate
- ➡ 7.- Referencias

1.- PRESENTACIÓN DE DIMETRONIC SIGNALS



DIMETRONIC
signals

Dimetronic Signals



→ Dimetronic está integrada en Invensys Rail Group



→ Invensys Rail Group forma parte de Invensys plc



→ Más de 40 años desarrollando e implantando Sistemas de Señalización y Control del Tráfico Ferroviario

Invensys Rail Group



→ Cuatro grandes Compañías de control y señalización

- Dimetronic Signals, en España
- Westinghouse Rail Systems, en U.K.
- Safetran System Corporation, en U.S.A.
- Invensys Rail Systems, en Australia

Dimetronic: Cifras en 2005 / 2006



2.- ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LOS SISTEMAS DE ATC. IMPORTANCIA DE LA ESCALABILIDAD



Evolución de los Sistemas de ATC

→ Por la funcionalidad:



→ Por el medio de transmisión vía / tren:

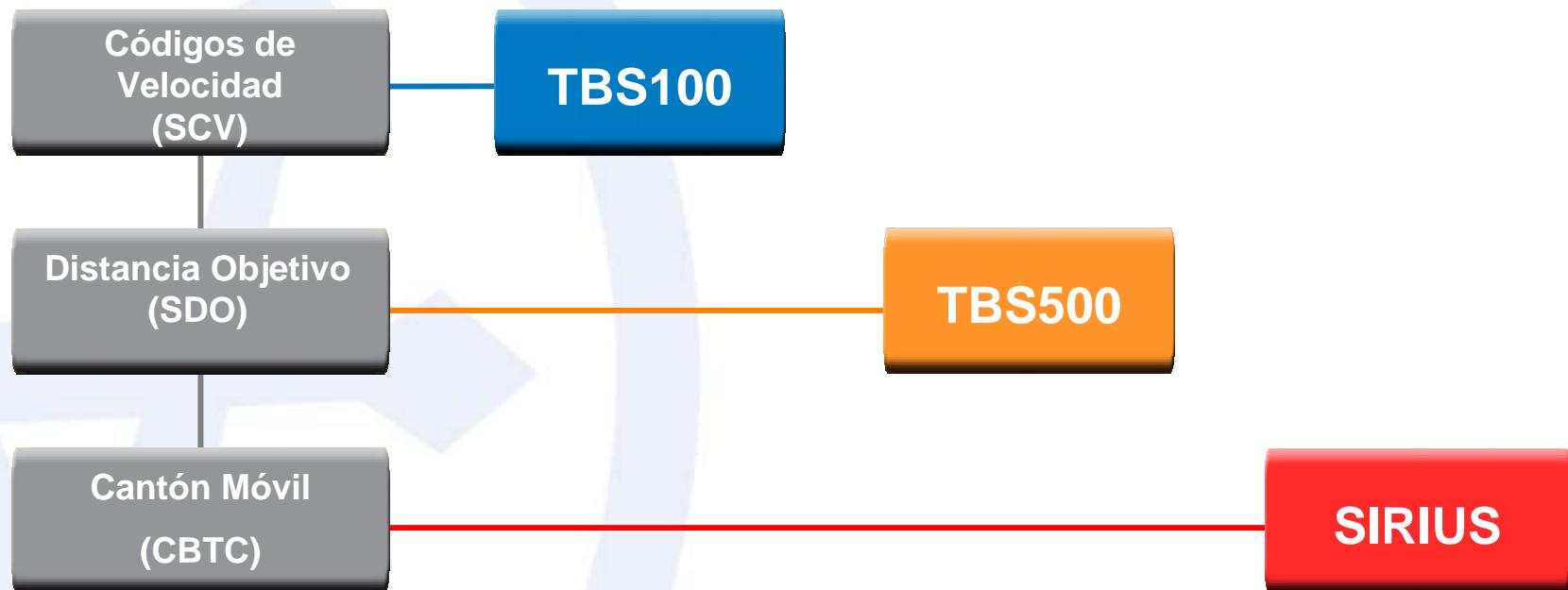


→ Por el grado de automatización:



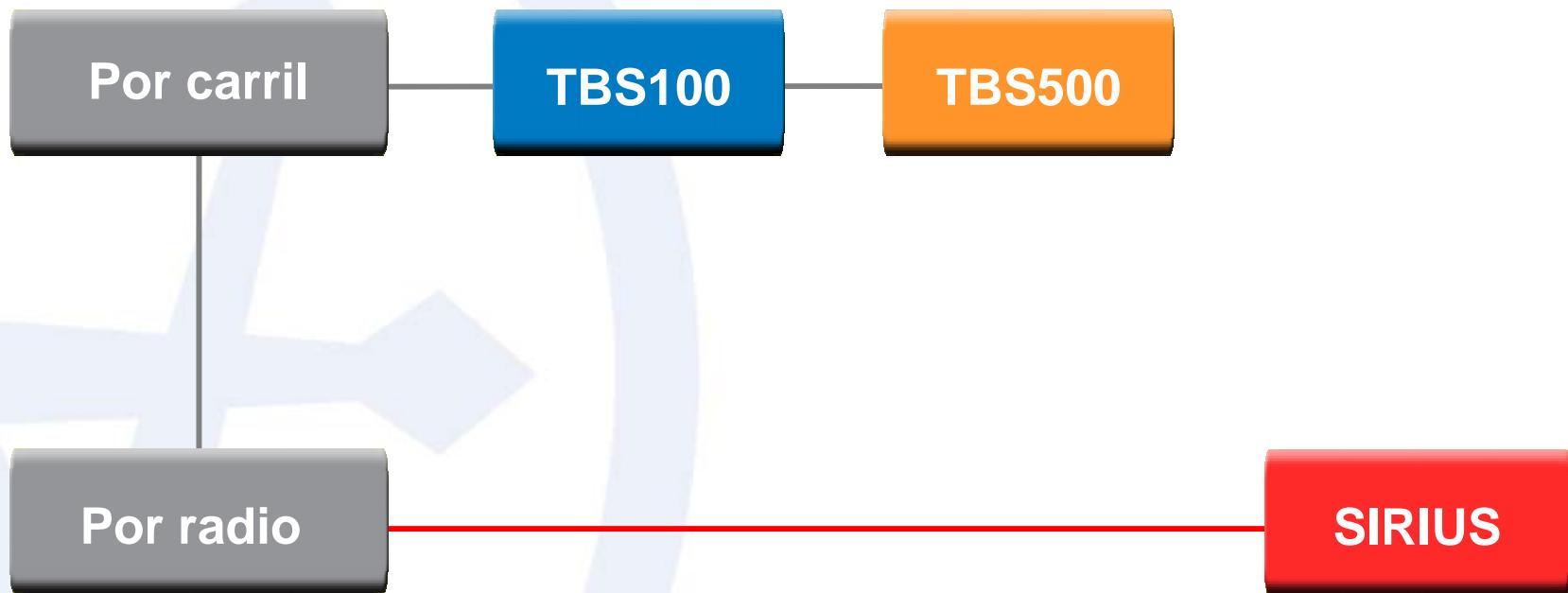
Clasificación de los Sistemas de ATC de Dimetronic

→ Por la funcionalidad:



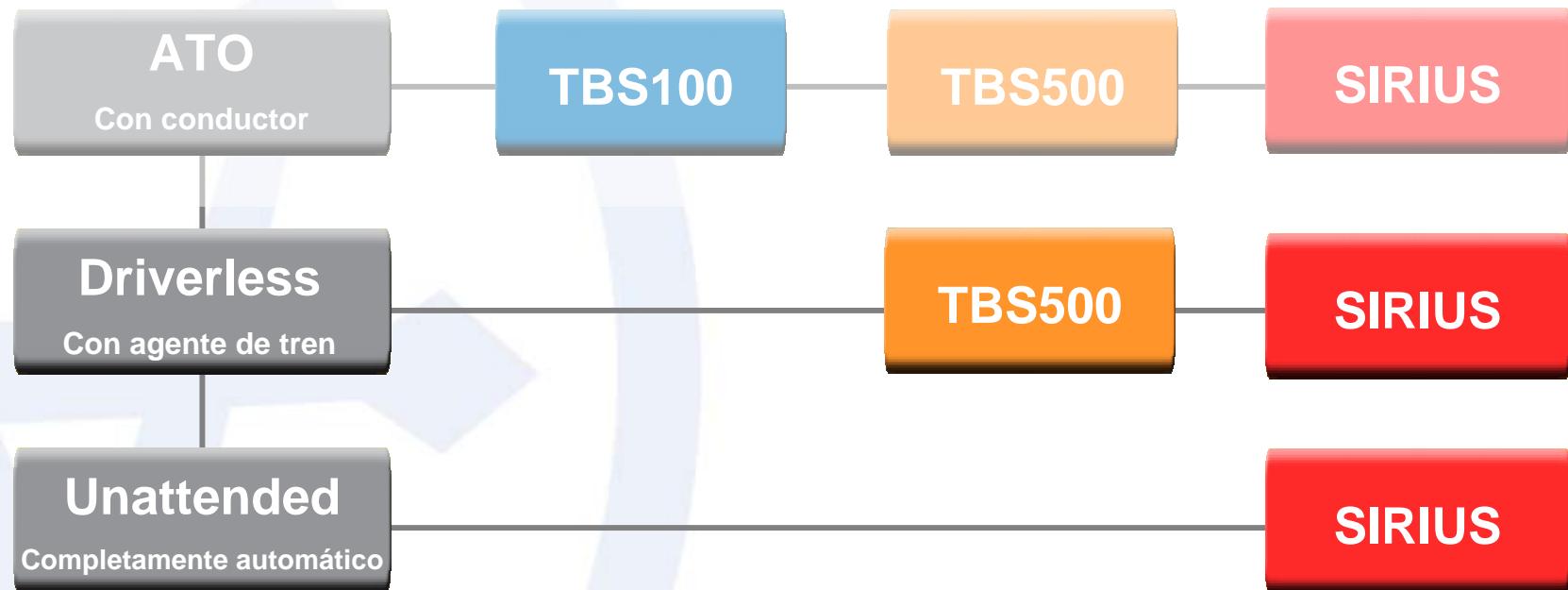
Clasificación de los Sistemas de ATC de Dimetronic

→ Por el medio de transmisión:



Clasificación de los Sistemas de ATC de Dimetronic

→ Por su GOA (Grade Of Automation):



Distancia Objetivo (TBS500)



CBTC (SIRIUS)

¿Qué? y ¿Cómo?



¿QUÉ?

Son los Sistemas
de Control de Tren
de Dimetronic

 **TBS 500** El SDO de Dimetronic



SIRIUS

El CBTC de Dimetronic

¿Qué? y ¿Cómo?



Aspectos a tener en cuenta en el ¿Qué?

B B B



P P C

B ueno

Precio

B onito

Lazo

B arato

Calidad



Aspectos a tener en cuenta en el ¿Cómo?

Además, durante la implantación . . .

➡ **Mínimo IMPACTO en la Explotación**

- *Paralización de trenes*
- *Bajas de Sistemas*
- *Cierres parciales de la línea*
- *Cierre total de la línea*

➡ **No REDUCCIÓN de las Prestaciones**

➡ **No REDUCCIÓN de la Seguridad**

➡ **Sin RIESGOS en la Implantación (plazo...)**

Aspectos a tener en cuenta

PPCV



La VERSATILIDAD
es un valor añadido
de los sistemas de
Dimetronic

Versatilidad

Diccionario de la RAE:



Versatilidad

Diccionario de la RAE:

VERSÁTIL:
del latín “*versatilis*”

Capaz de adaptarse
con facilidad y rapidez
a diversas funciones.



Versatilidad



TRANSMISSION BASED SIGNALING

“Capaz de adaptarse con facilidad y rapidez a diversas funciones”

¿Qué es TBS?

- ➡ **TBS** (Transmission Based Signalling) es una plataforma HW y SW multipropósito, desarrollada por Dimetronic, que presenta una gran versatilidad y múltiples posibilidades de migración y evolución
- ➡ Las aplicaciones ferroviarias basadas en esta plataforma son las siguientes:
 - Sistemas para Metropolitanos:
 - Equipos embarcados **ATP** y **ATO** funcionalidades SCV (Códigos de Velocidad) y SDO (Distancia Objetivo)
 - **CBTC** (Communication Based Train Control): Equipos embarcados y fijos VBP (Virtual Block Processor)
 - Sistema **PSD** (Platform Screen Doors): comunicación bidireccional tren – vía
 - Sistemas para Main Line:
 - **ERTMS**: Equipos embarcados (EVC) y fijo Radio Block Center (RBC)
 - **ASFA TBS** para equipos embarcados

Escalabilidad

→ Los Sistemas ATC de control de trenes de Dimetronic han sido diseñados para poder evolucionar y crecer en funcionalidad y prestaciones:

CONCEPTO: IMPLANTACIÓN PROGRESIVA POR ESCALONES

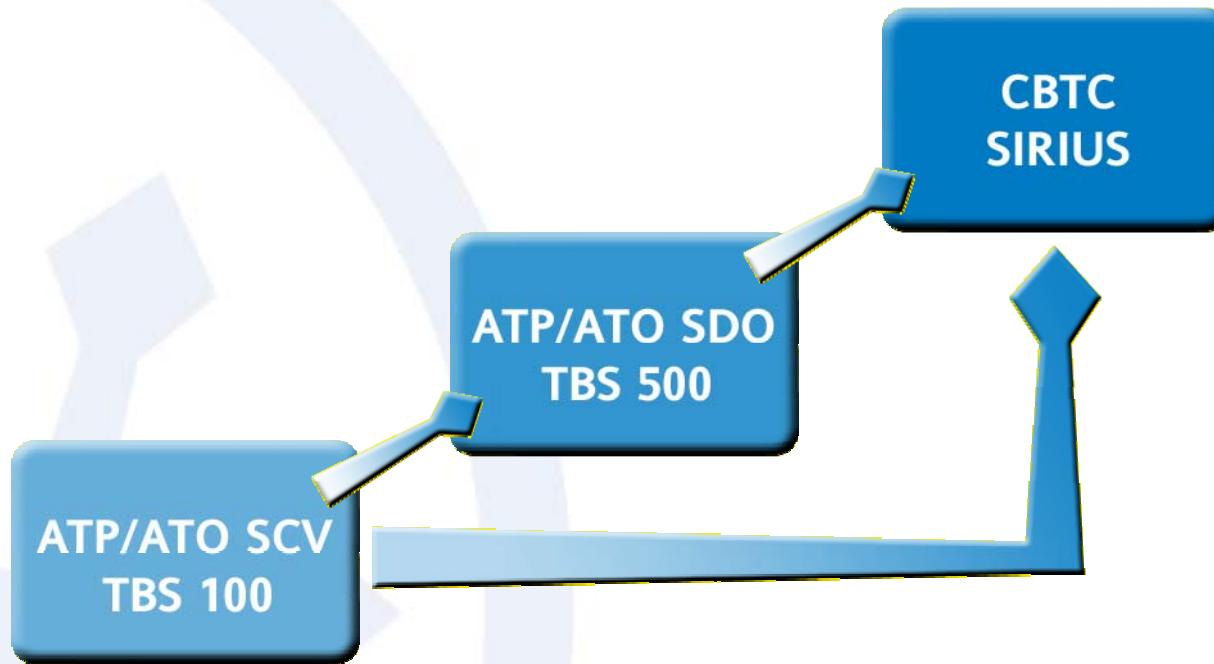
=

ESCALABILIDAD

→ Esta característica nos permite implantar un sistema con:

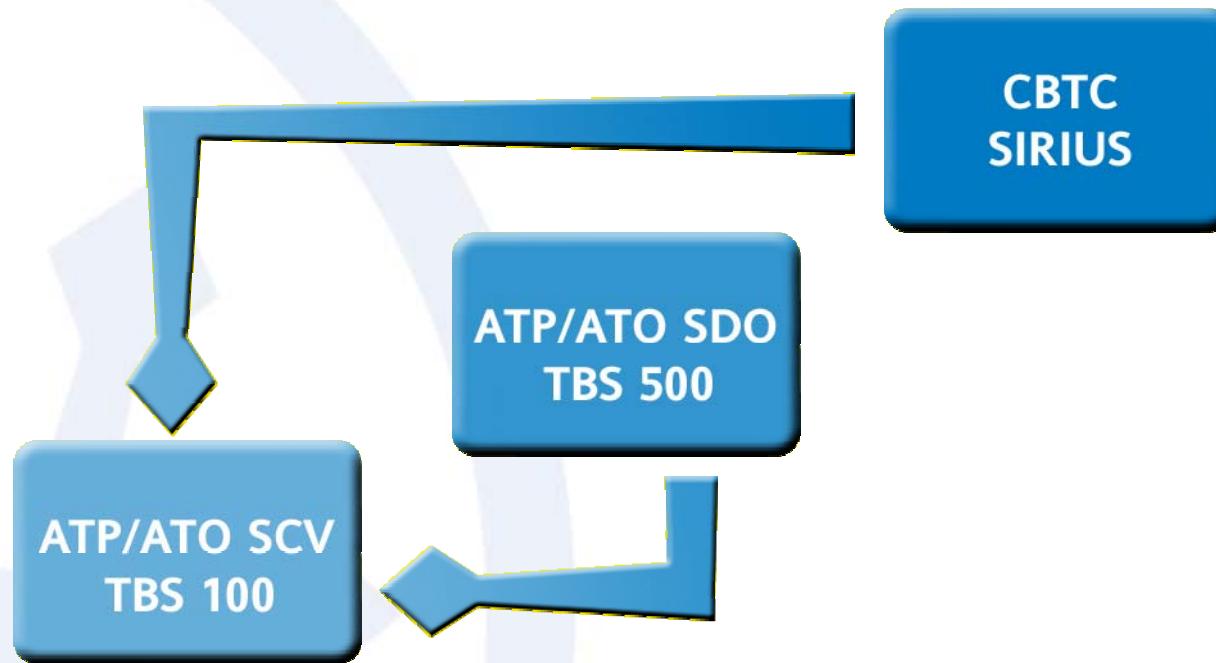
- Mínimo IMPACTO en la **Explotación**
- Sin REDUCCIÓN en las **Prestaciones**
- Sin REDUCCIÓN en la **Seguridad**
- Sin RIESGOS

Escalabilidad. Implementación progresiva



Es posible migrar de un sistema a otro de manera sencilla, simplemente añadiendo elementos hardware y efectuando modificaciones en el software

Escalabilidad. Fallback



Tanto **TBS500** como **SIRIUS** pueden disponer de **TBS100** ante determinadas incidencias. Esta característica permite que los trenes equipados puedan circular por líneas que dispongan de alguno de nuestros sistemas de ATP/ATO de anteriores generaciones (SCV)

Escalabilidad

¿Prestaciones totales
desde el origen?

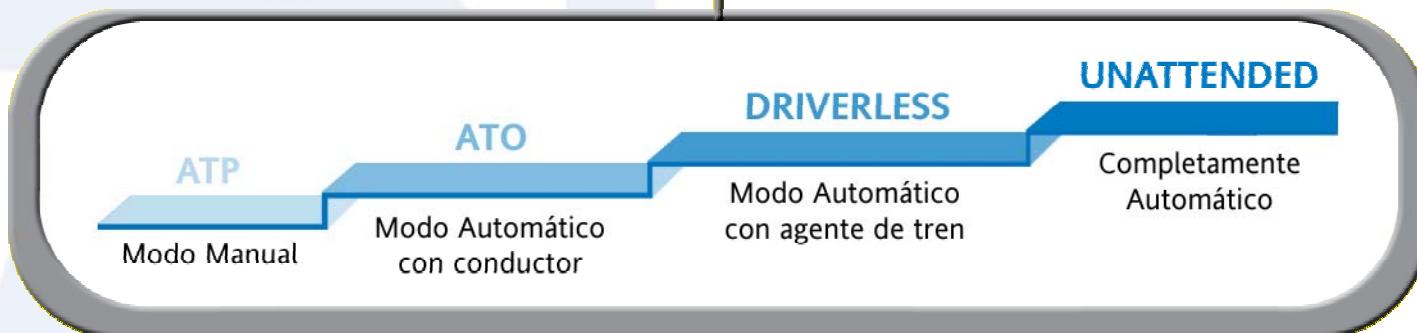
¿Conducción Manual?

USTED DECIDE
La concepción modular de
nuestros sistemas se adapta
perfectamente a sus
necesidades

¿Implantación progresiva
por escalones?

¿Configuración redundante
hot stand-by, votante
“dos de tres” o “dos de dos”?

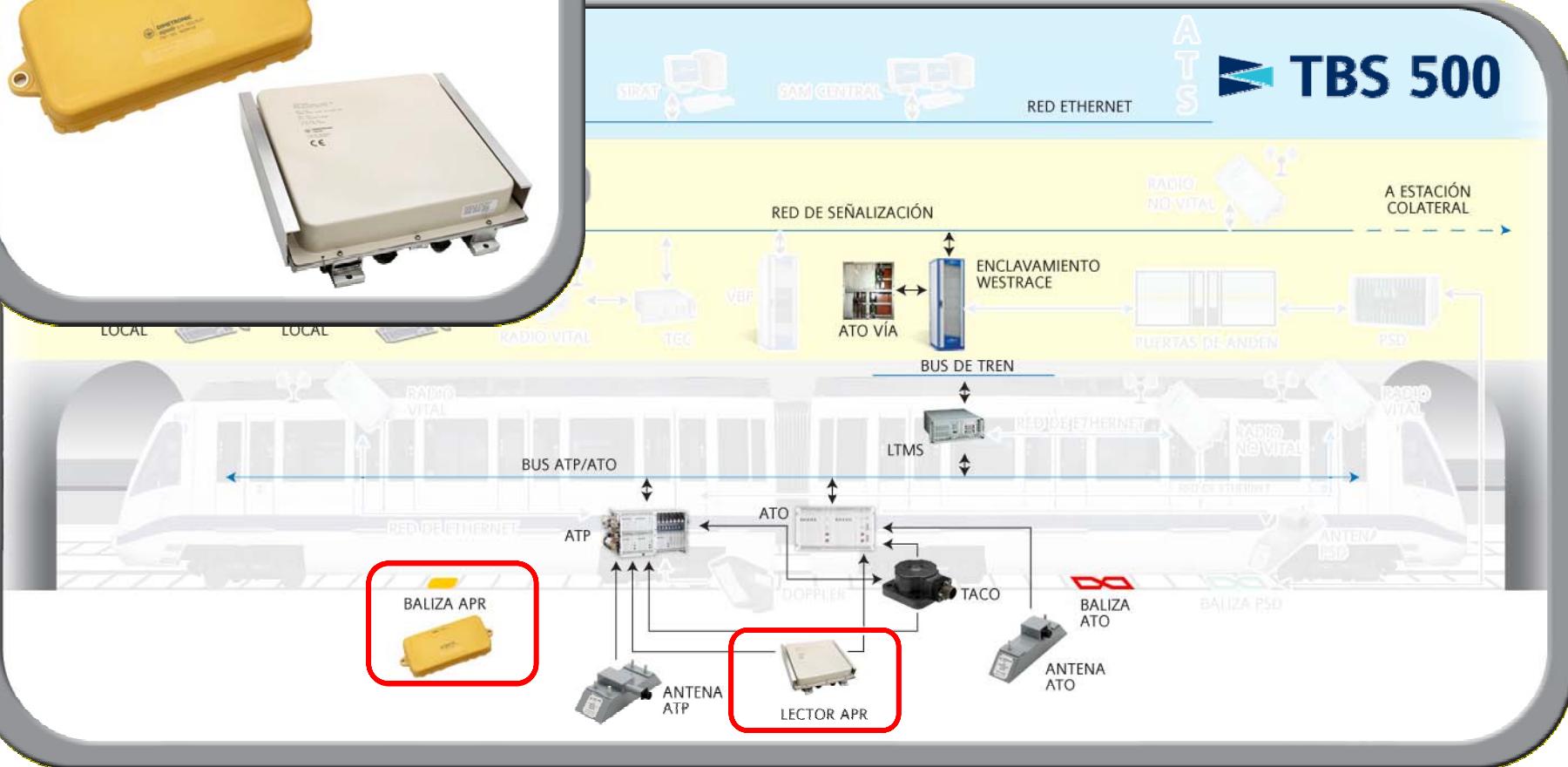
¿Conducción Automática?



Arquitecturas de los sistemas en vía y tren



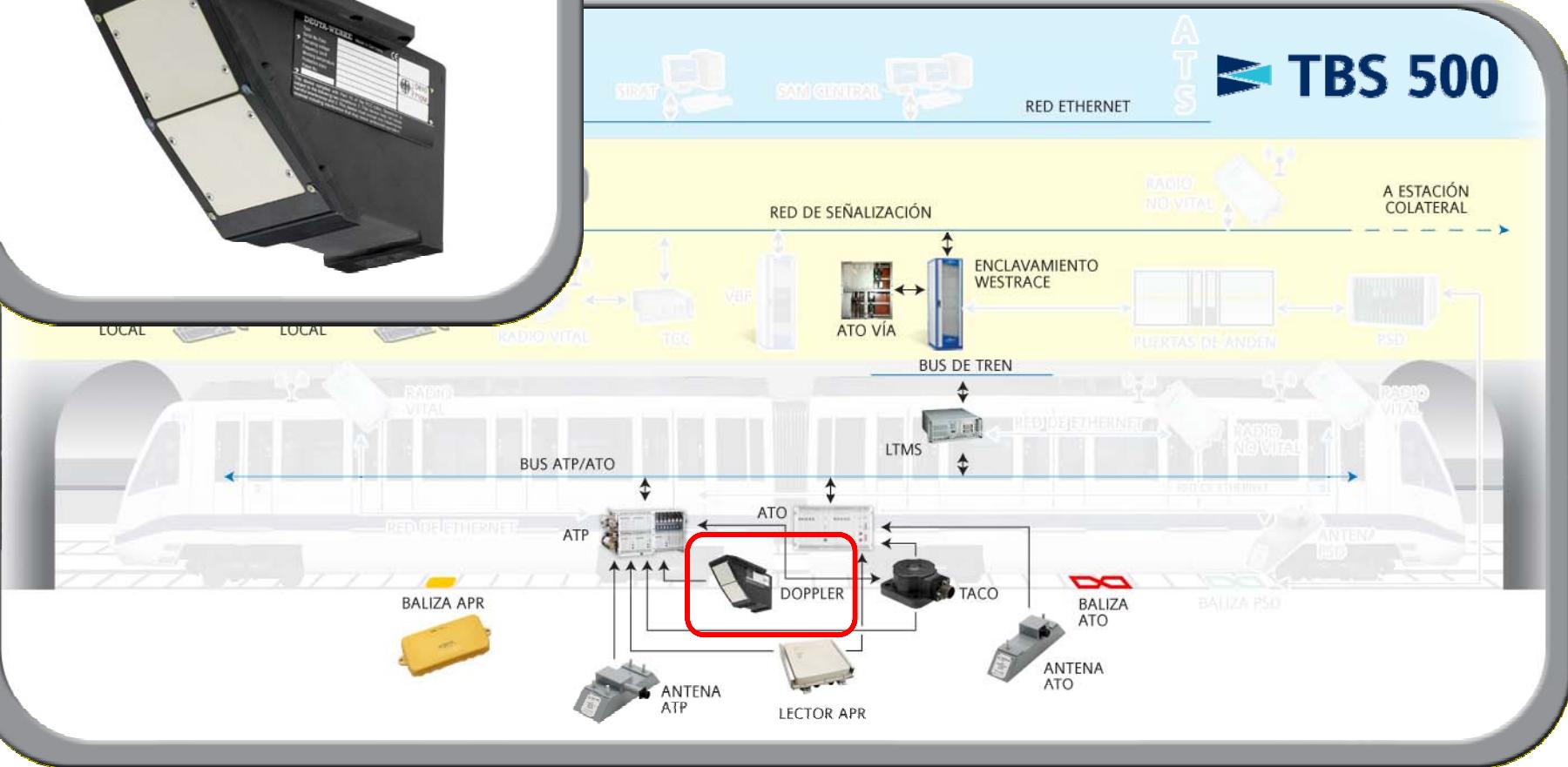
A lo largo de la vía se distribuyen balizas pasivas (APR) que se activan al paso de los trenes, los cuales están dotados con lectores APR.



Arquitecturas de los sistemas en vía y tren



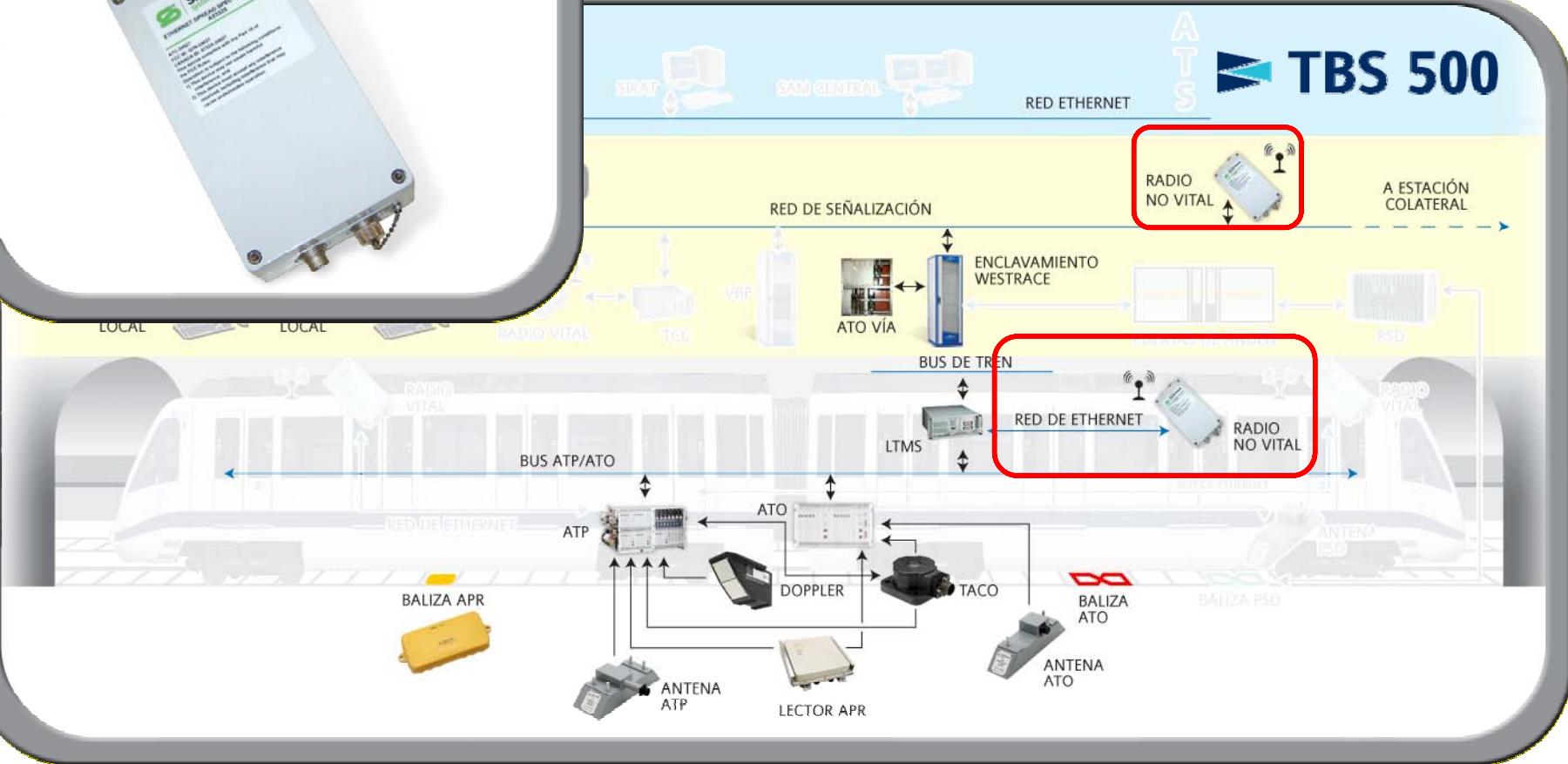
El equipo Doppler es un sistema alternativo de medida de velocidad al de los tacogeneradores, lo que permite calcular con mayor precisión la velocidad y la localización del tren



Arquitecturas de los sistemas en vía y tren

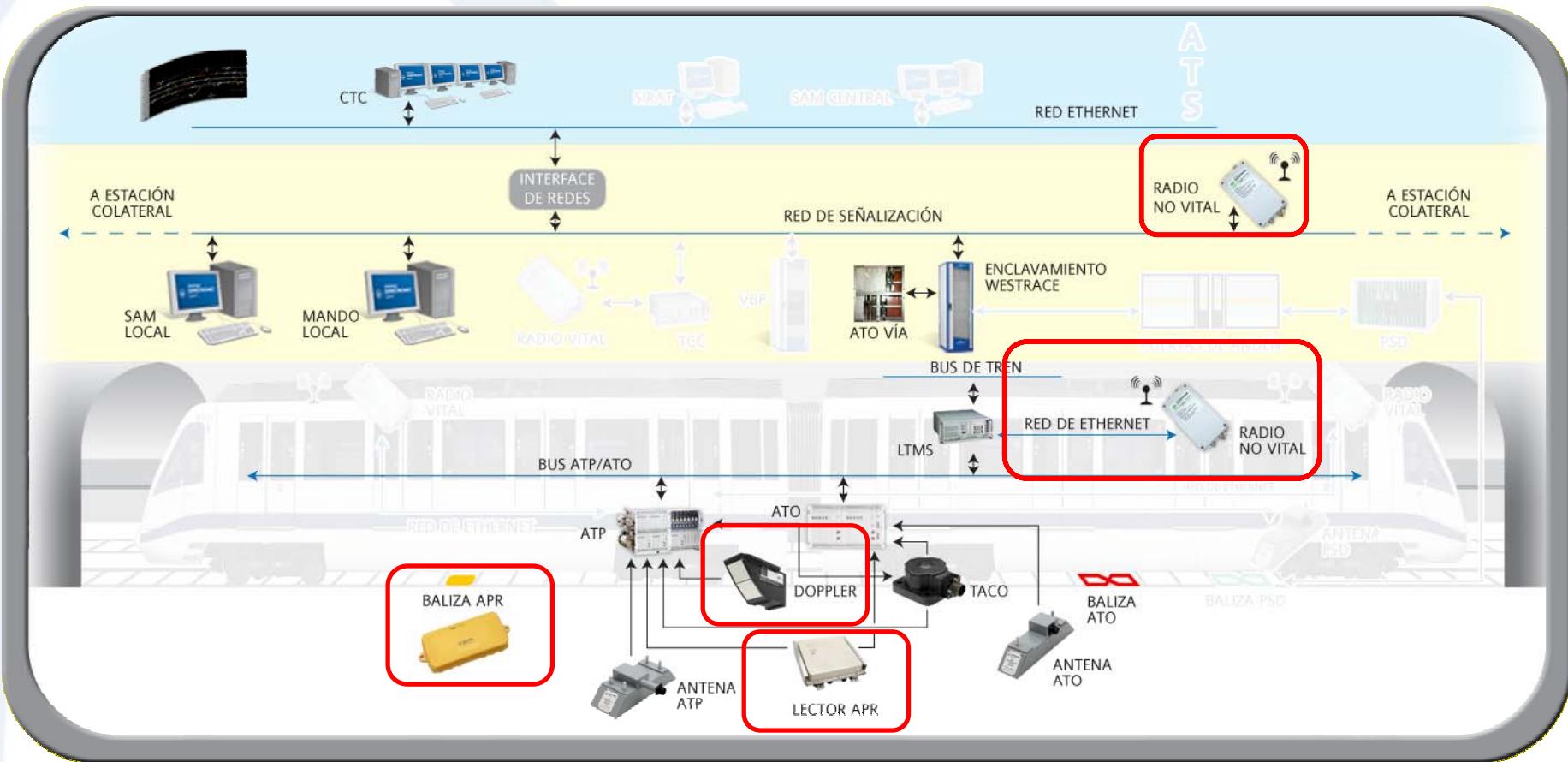


TBS500 dispone de un potente sistema no vital de transmisión de datos, mediante radio, utilizado para enviar información de mantenimiento de los equipos de ATP/ATO embarcados.



Arquitecturas de los sistemas en vía y tren

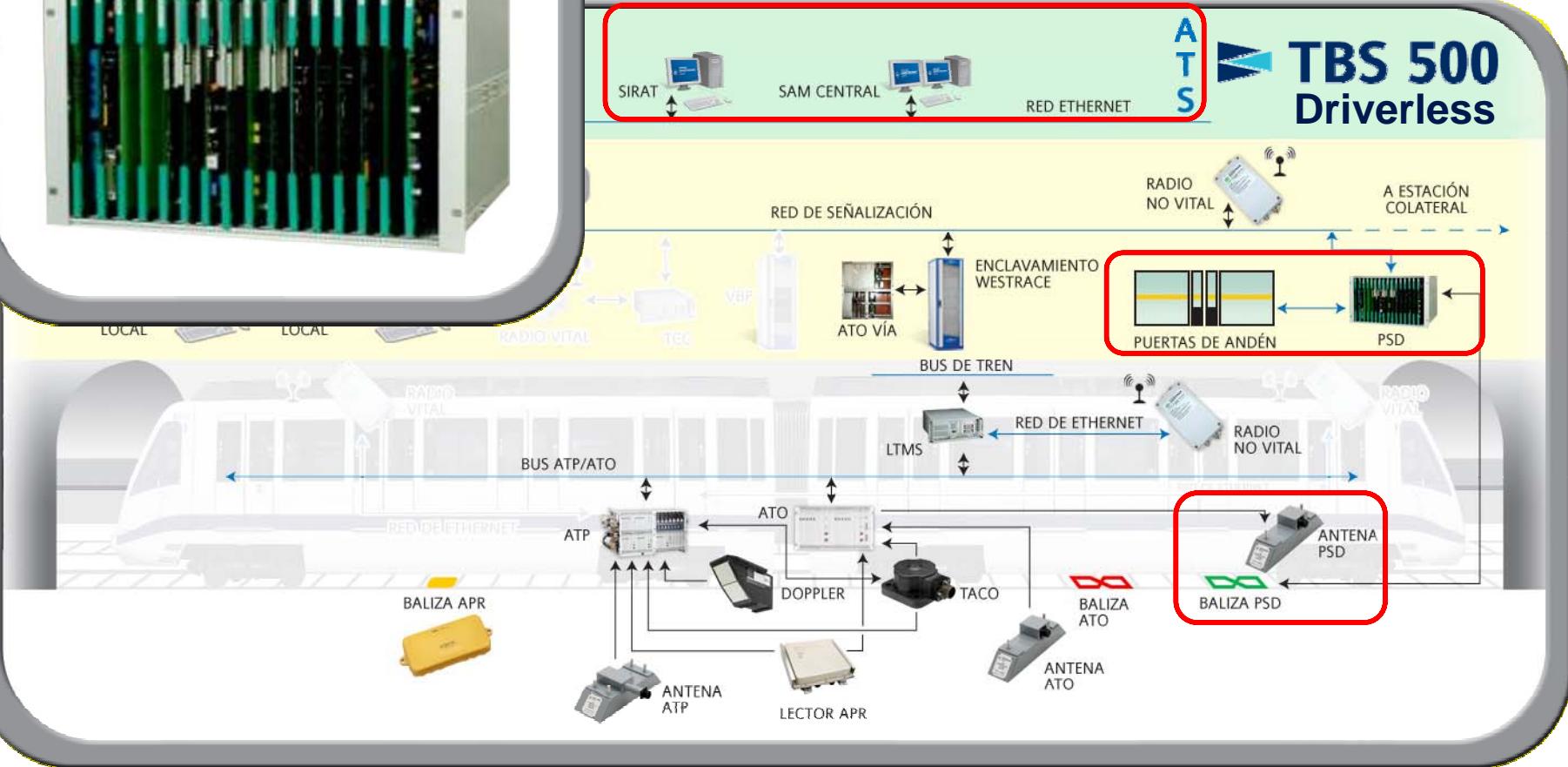
TBS 500



Arquitecturas de los sistemas en vía y tren



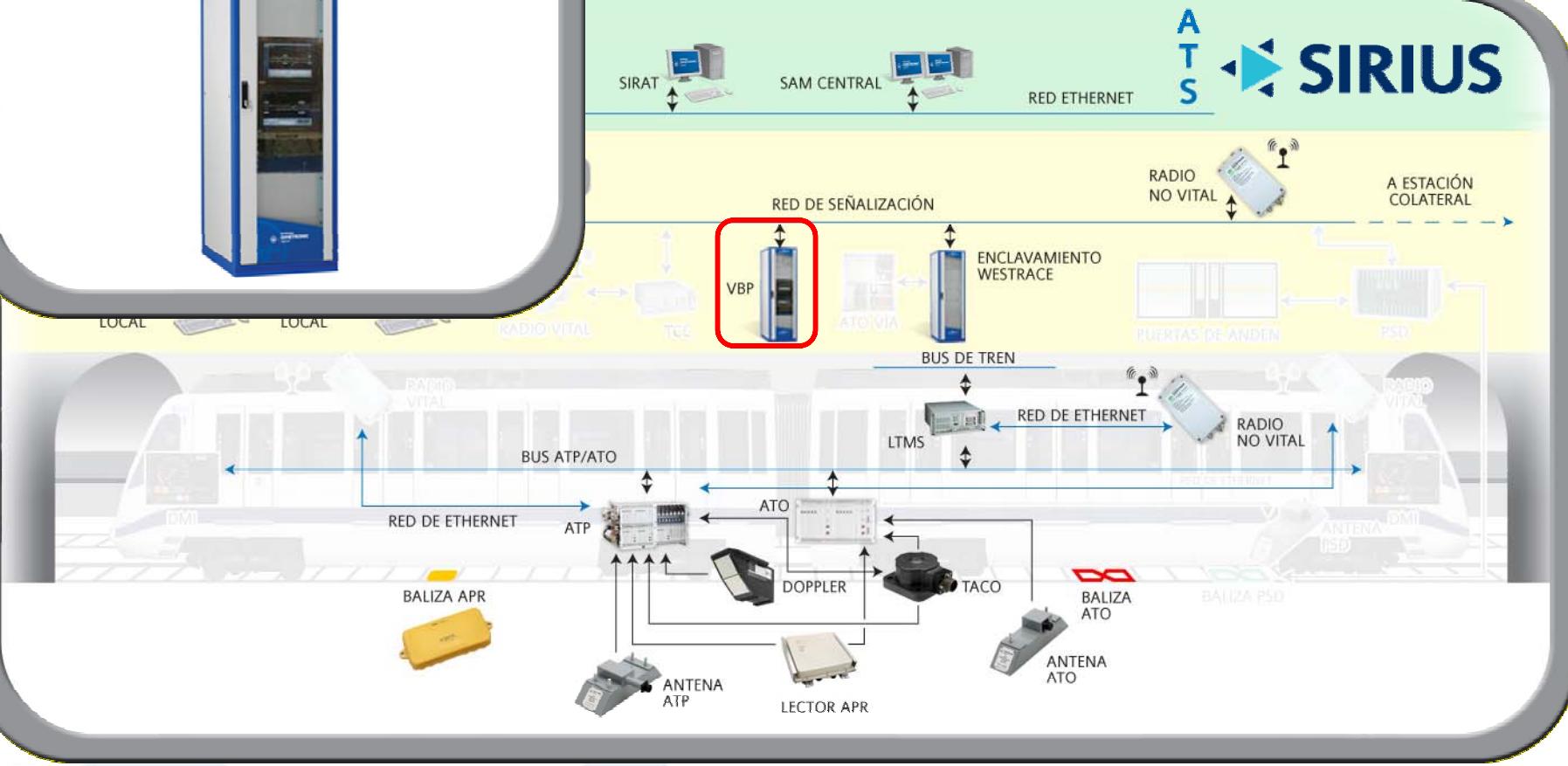
El Sistema TBS500 se complementa con el Platform Screen Doors (PSD) que hace de interface con el Sistema de Puertas de Andén, y permite generar las órdenes de apertura y cierre de las mismas de forma sincronizada.



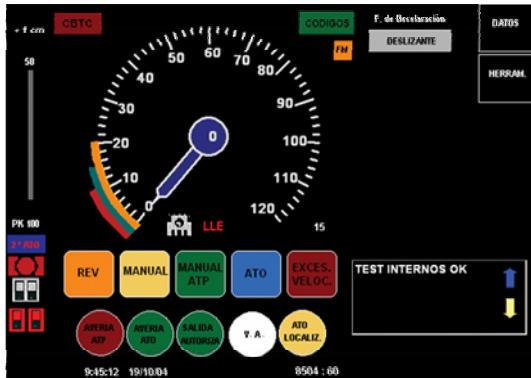
Arquitecturas de los sistemas en vía y tren



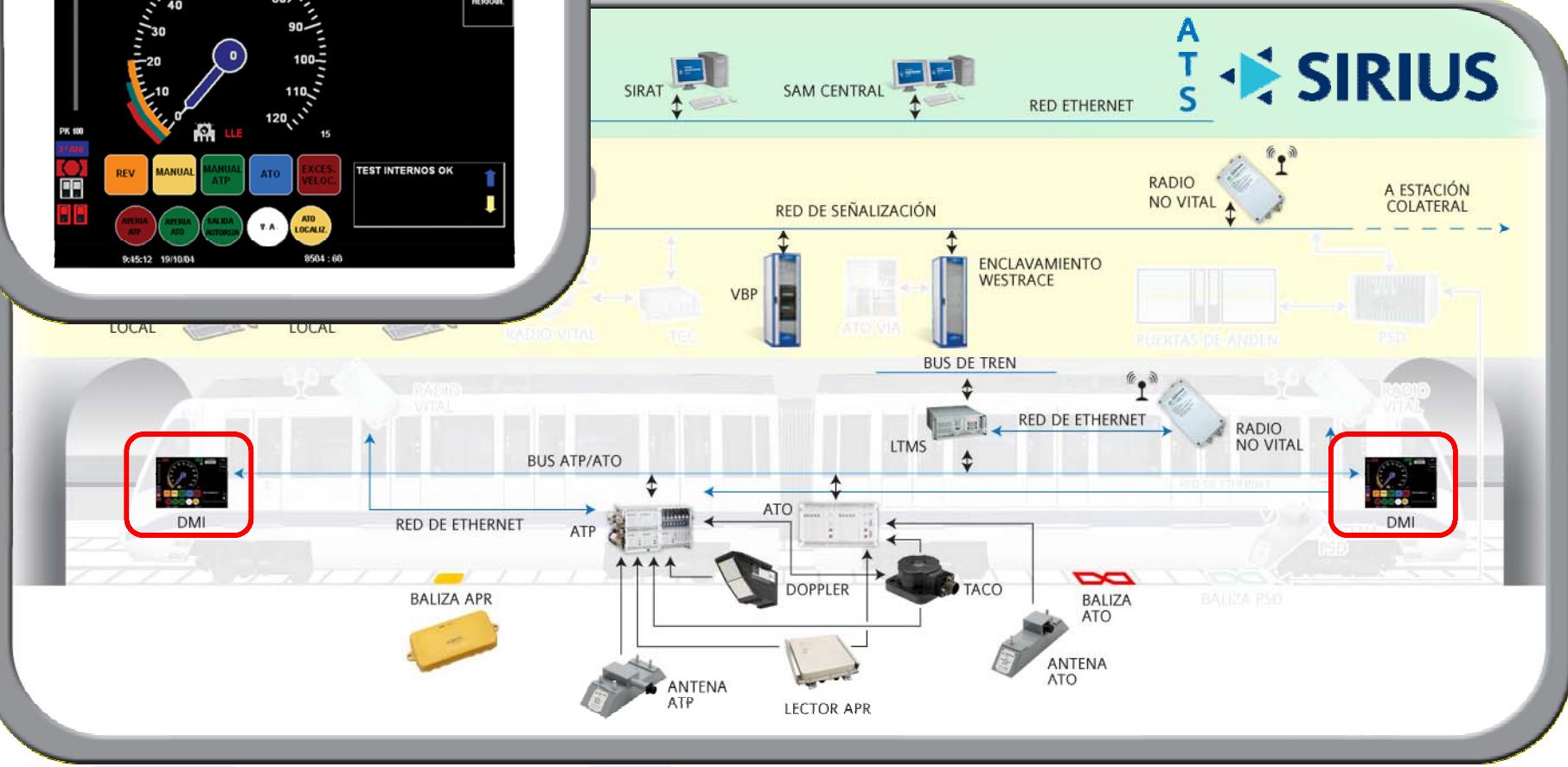
Cada tren reporta permanentemente su posición, vía radio, al VBP (Virtual Block Processor) quien, con dicha información y la proporcionada por el enclavamiento calcula las “autoridades de movimiento” para cada tren



Arquitecturas de los sistemas en vía y tren



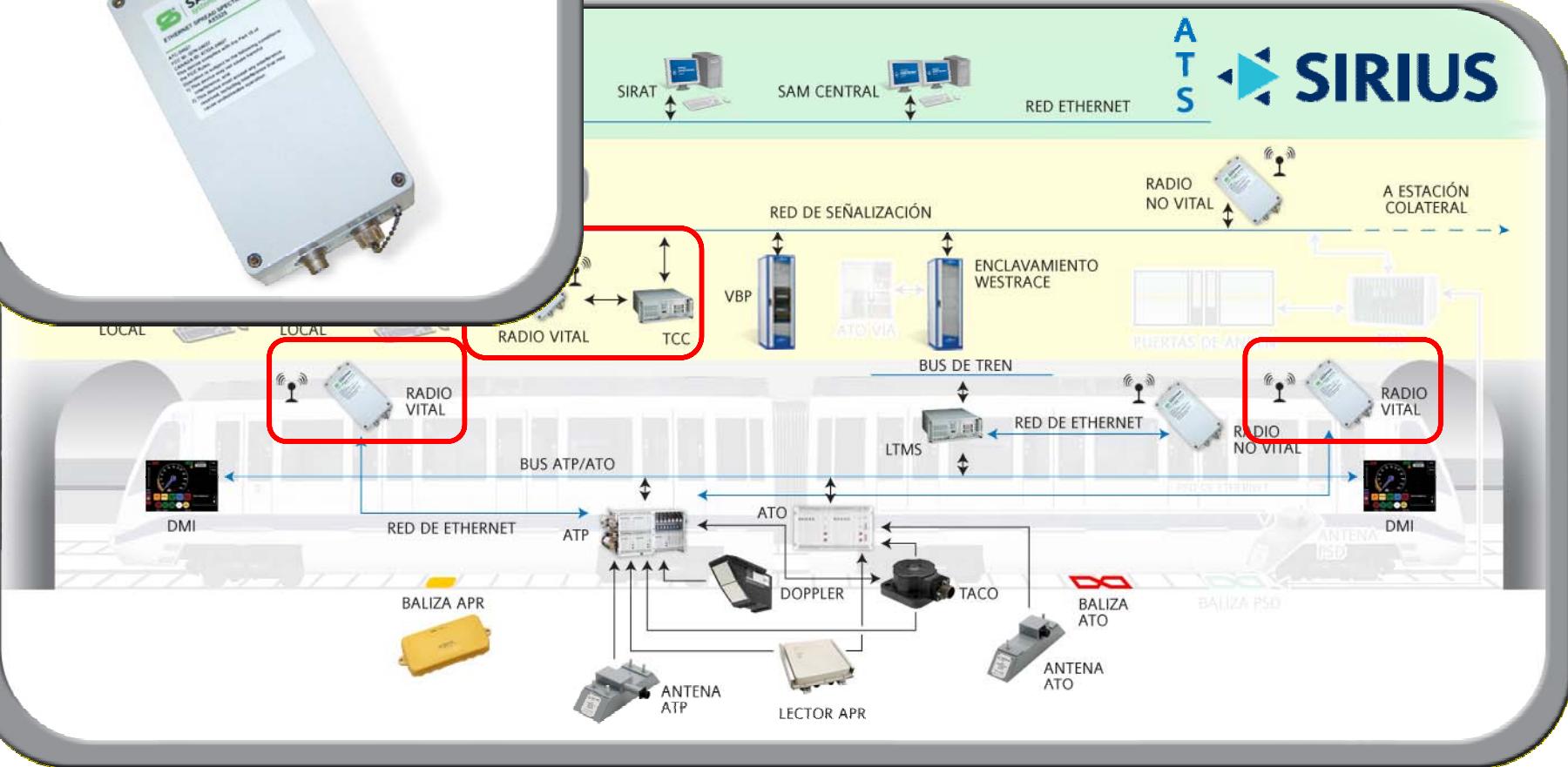
En cada cabina de conducción se ubica el correspondiente DMI (Driver Machine Interface)



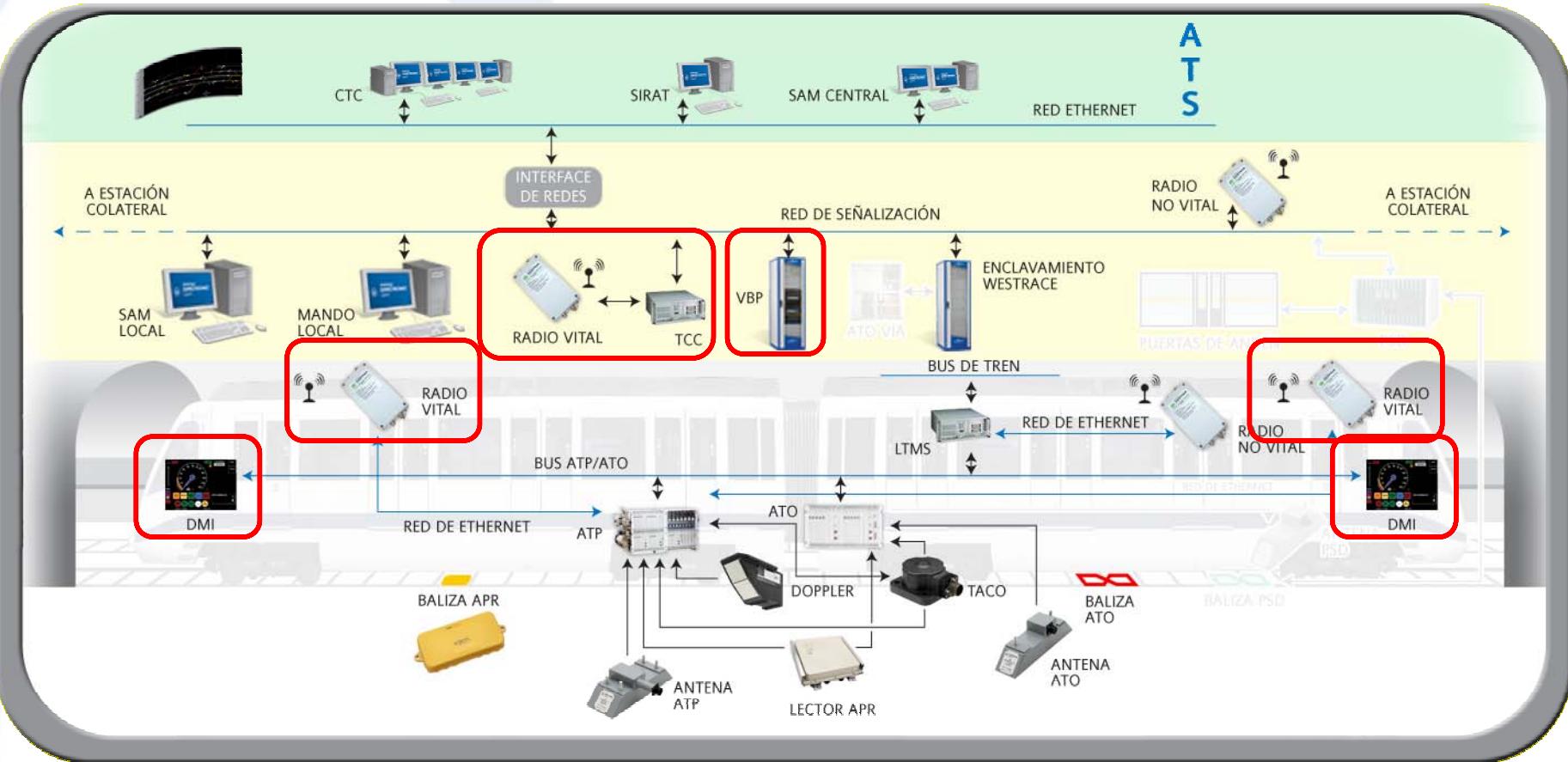
Arquitecturas de los sistemas en vía y tren



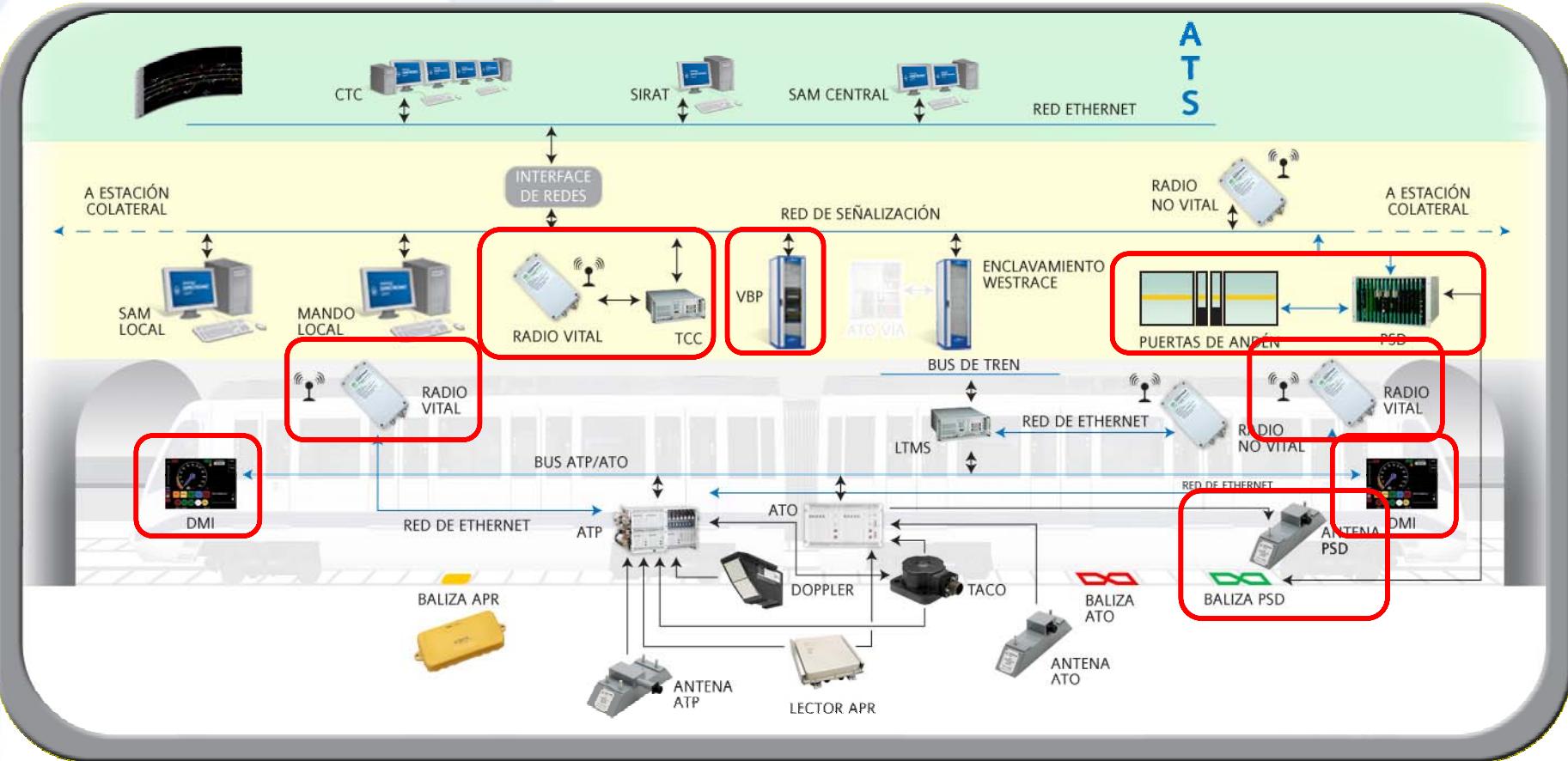
Las “autoridades de movimiento” calculadas por el VBP se transmiten vía radio junto con las características del perfil de vía correspondiente.



Arquitecturas de los sistemas en vía y tren



Arquitecturas de los sistemas en vía y tren



3.- ELECCIÓN DEL GRADO DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA LÍNEA EXISTENTE

UNATTENDED



DRIVERLESS

UNATTENDED vs DRIVERLESS

Decidir el grado de automatización a aplicar sobre una línea existente y en servicio requeriría un **estudio específico** para cada caso particular.

ALGUNAS REFLEXIONES...

Sistema UNATTENDED

- El Sistema **UNATTENDED** exige, además de las funciones específicas propias del sistema **ATC**, un conjunto de requisitos imprescindibles que deben cumplir el resto de sistemas e instalaciones:
- **INFRAESTRUCTURA**: Adaptación de túnel y estaciones para situaciones de emergencia (incendios, desalojo de viajeros ante averías...)
 - **ANDENES**: Barreras anti – intrusión en vía (Puertas de Andén)
 - **COCHERAS**: Diseñadas para el funcionamiento automático
 - **MATERIAL MÓVIL**: Preparado para la realización de inversiones de marcha automáticas, evacuación de viajeros y telecontrol
 - **DISPONIBILIDAD**: Para el conjunto de sistemas vía y tren
 - **TELEVIGILANCIA**: En estaciones y material móvil
 - **MANTENIMIENTO**: Más especialización y mayores exigencias

Sistema UNATTENDED

Es probable que la conclusión tras el estudio fuera **desaconsejar** un sistema completamente automático (**Unattended**) debido a los **grandes costes** y **dificultades de implantación**.

Sistema DRIVERLESS

- El Sistema **DRIVERLESS** exige menos requerimientos de adaptación en el resto de sistemas e instalaciones ajenos al ATC:
- **ANDENES:** Barreras anti – intrusión en vía (Puertas de Andén)
 - **MATERIAL MÓVIL:** Preparado para la realización de inversiones de marcha automáticas

Sistema DRIVERLESS

Podemos asegurar que, de forma general, la implantación de un Sistema **Driverless** es siempre posible **sin grandes modificaciones y costes económicos**.

UNATTENDED vs DRIVERLESS

- La VERSATILIDAD que proporcionan los sistemas de Dimetronic permite la implantación progresiva por escalones: ESCALABILIDAD

Esta característica puede resolver el interrogante sin asunción de riesgos, optando por la implantación, en una primera instancia, de un Sistema Driverless (**TBS500** o **SIRIUS**), para posteriormente evolucionar a un Sistema Unattended

Driverless
con puertas automáticas



Driverless con
cierre de puertas manual

Puertas de andén en toda la línea



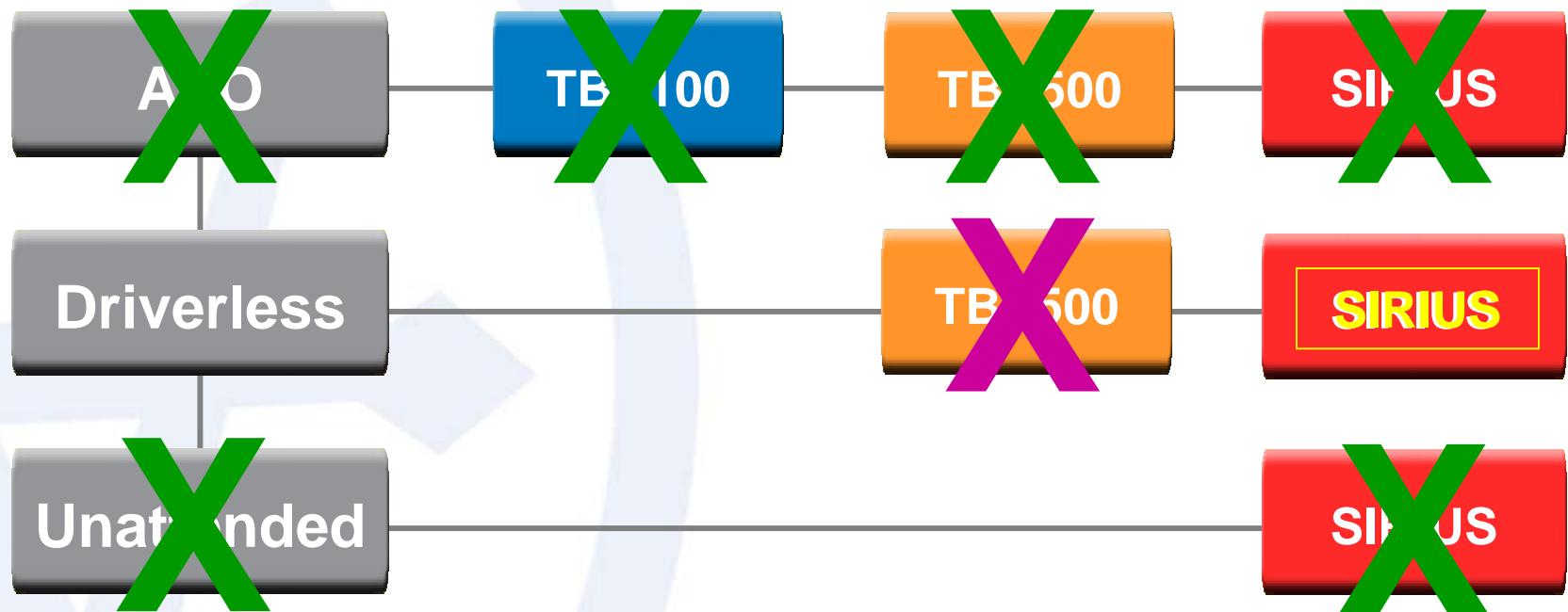
Puertas de andén
sólo en terminales

4.- APLICACIÓN TEÓRICA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE MADRID



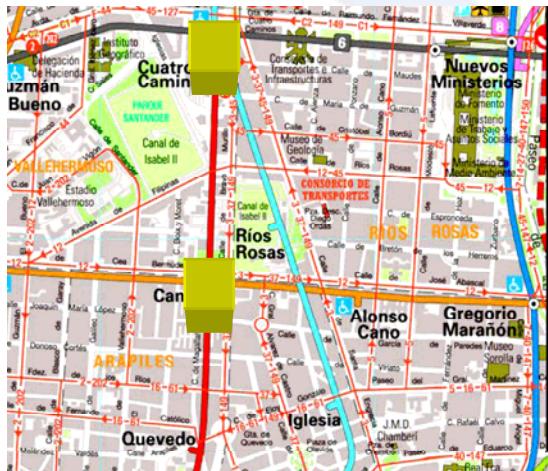
Aplicación teórica de automatización de la línea 2 del Metro de Madrid

→ Nos vamos a centrar en la implantación de un Sistema **Driverless**:

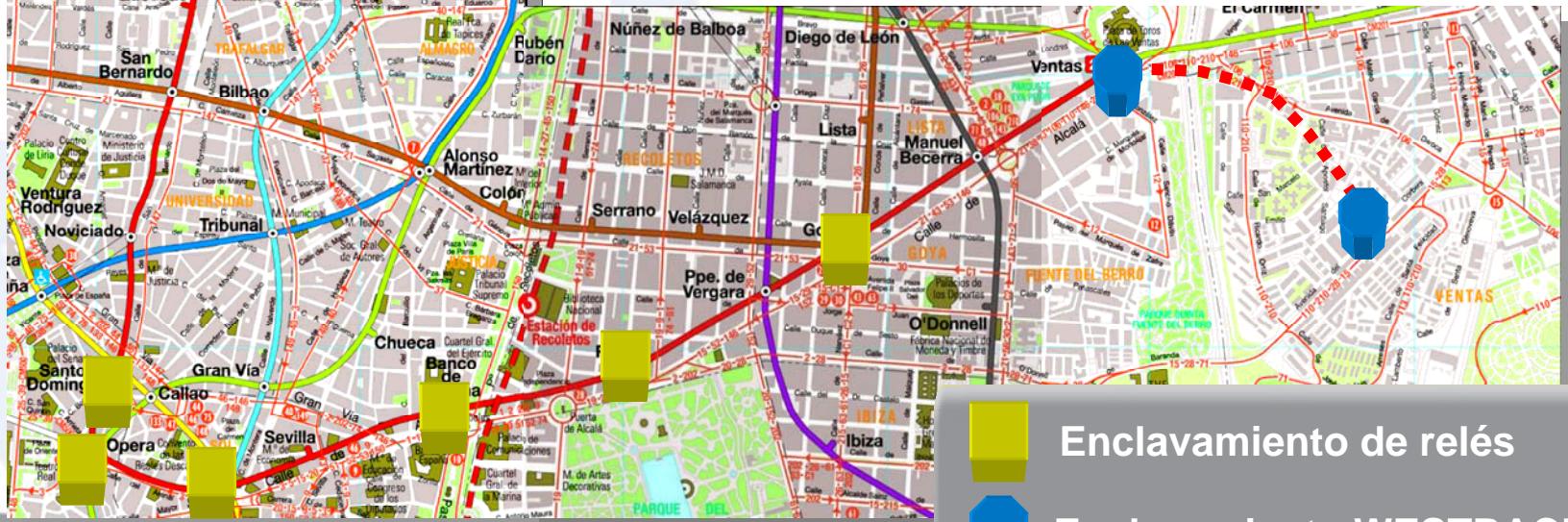


... y en concreto del **SIRIUS Driverless** de Dimetronic

La línea 2 de Metro de Madrid



- Enclavamientos de relés y electrónicos
- Circuitos de vía 50 Hz
- ATP Códigos de Velocidad
- NO hay ATO



Enclavamiento de relés

Enclavamiento WESTRACE



Invensys
DIMETRONIC
signals

Cómo implantar SIRIUS Driverless en L2

Intervenciones sobre los sistemas de señalización y ATP existentes:

EN VÍA:

- I/L de relés => **Sustitución por I/L WESTRACE**
- I/L WESTRACE => **Modificaciones Software**
- ATP Códigos de Velocidad (SCV) =>
 - Permanece operativo durante todo el proceso
 - Tras la implantación del CBTC puede permanecer operativo para situaciones degradadas

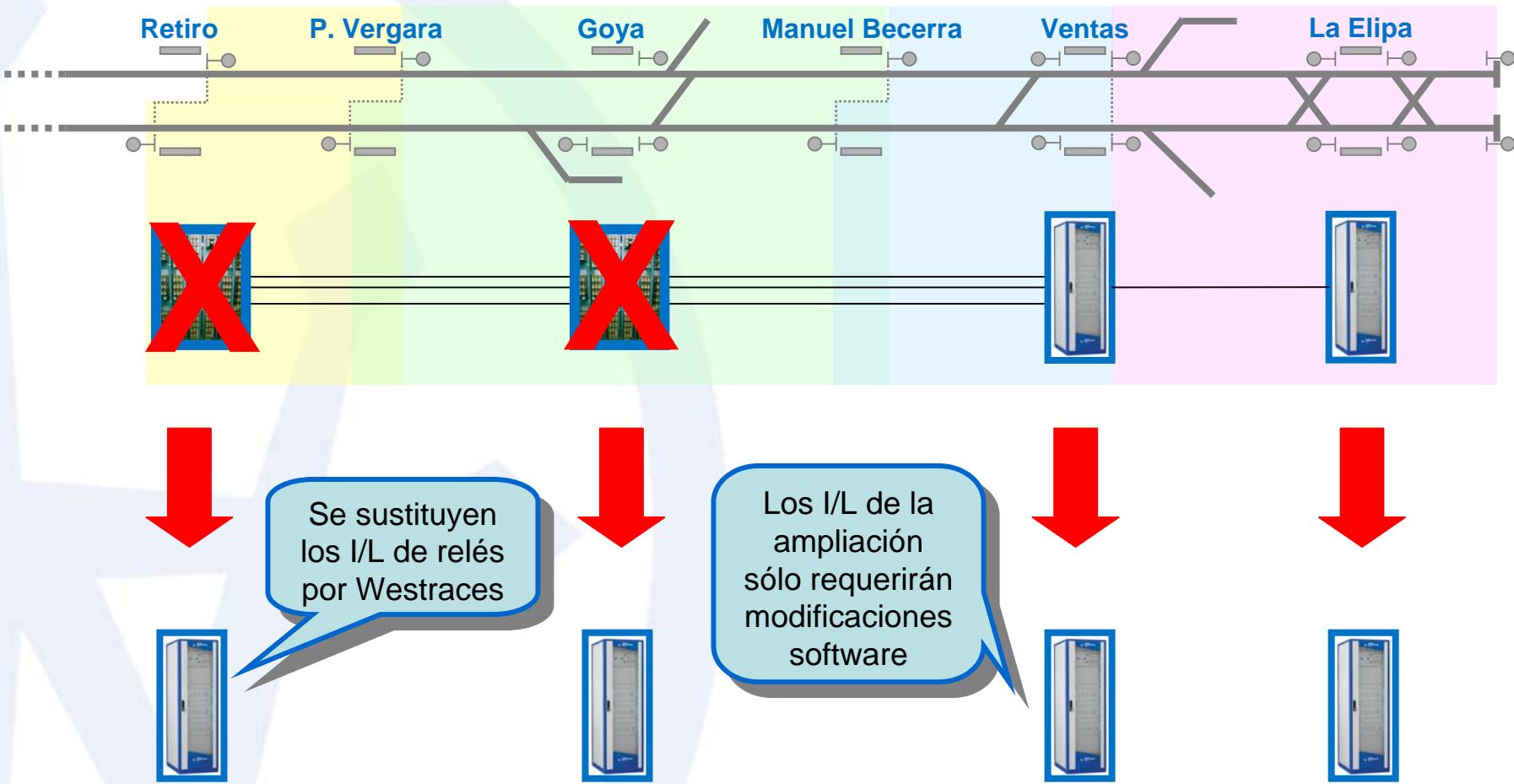
EN TREN:

- UT3000 con TBS500 =>
 - Se añade Hardware (radio vital + DMI)
 - Se realizan intervenciones para la inversión de marcha automática
 - Se modifica Software

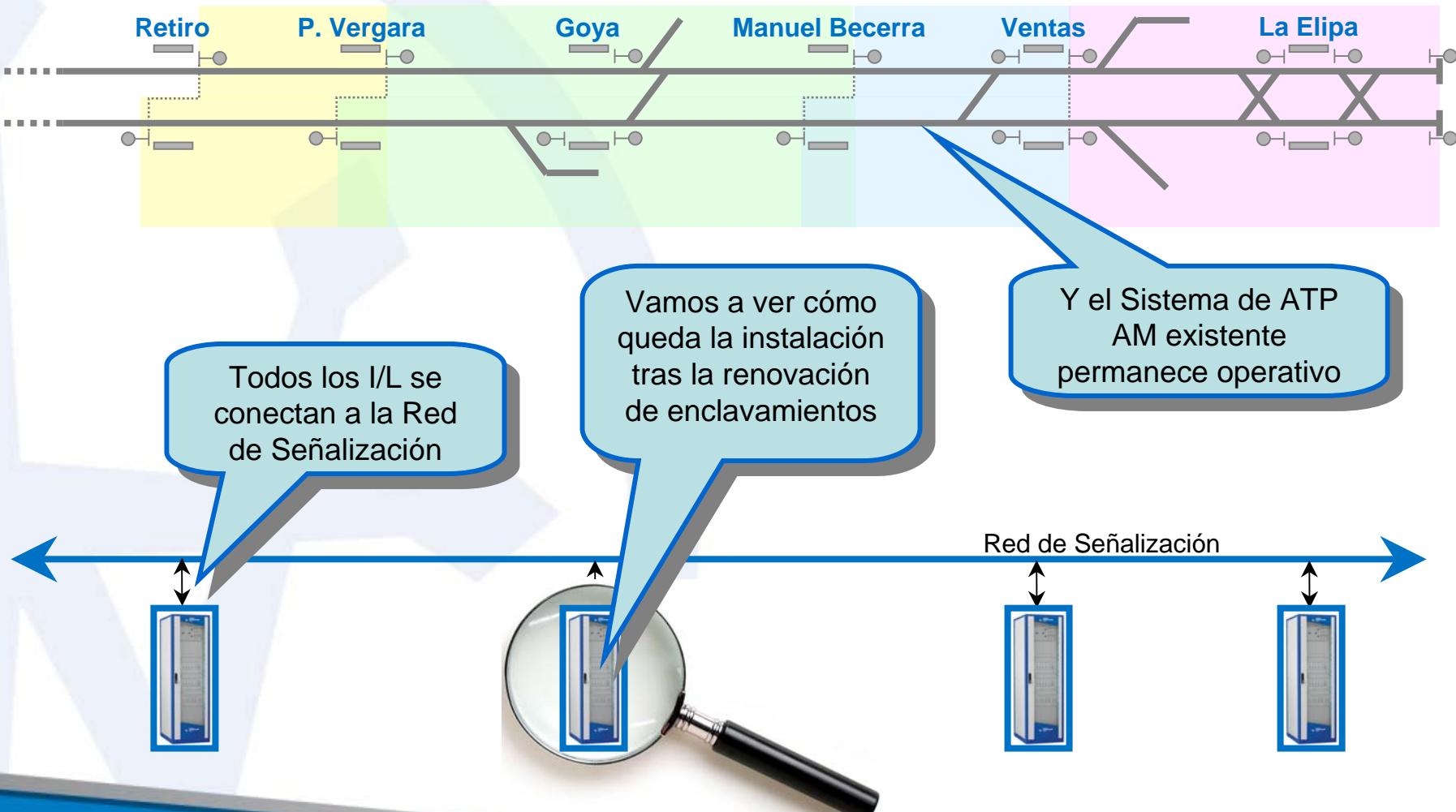
Cómo implantar SIRIUS Driverless en L2



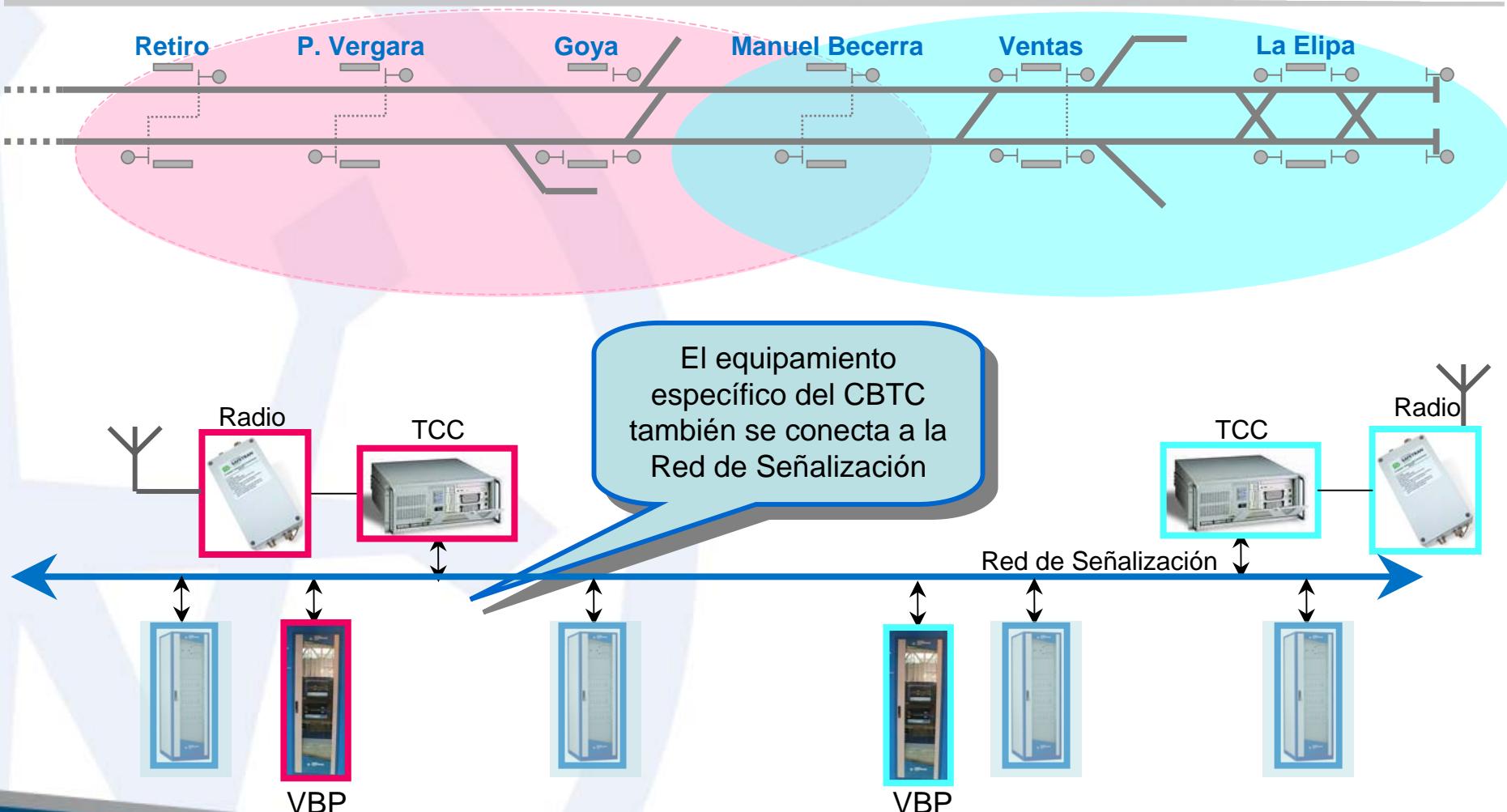
Cómo implantar SIRIUS Driverless en L2



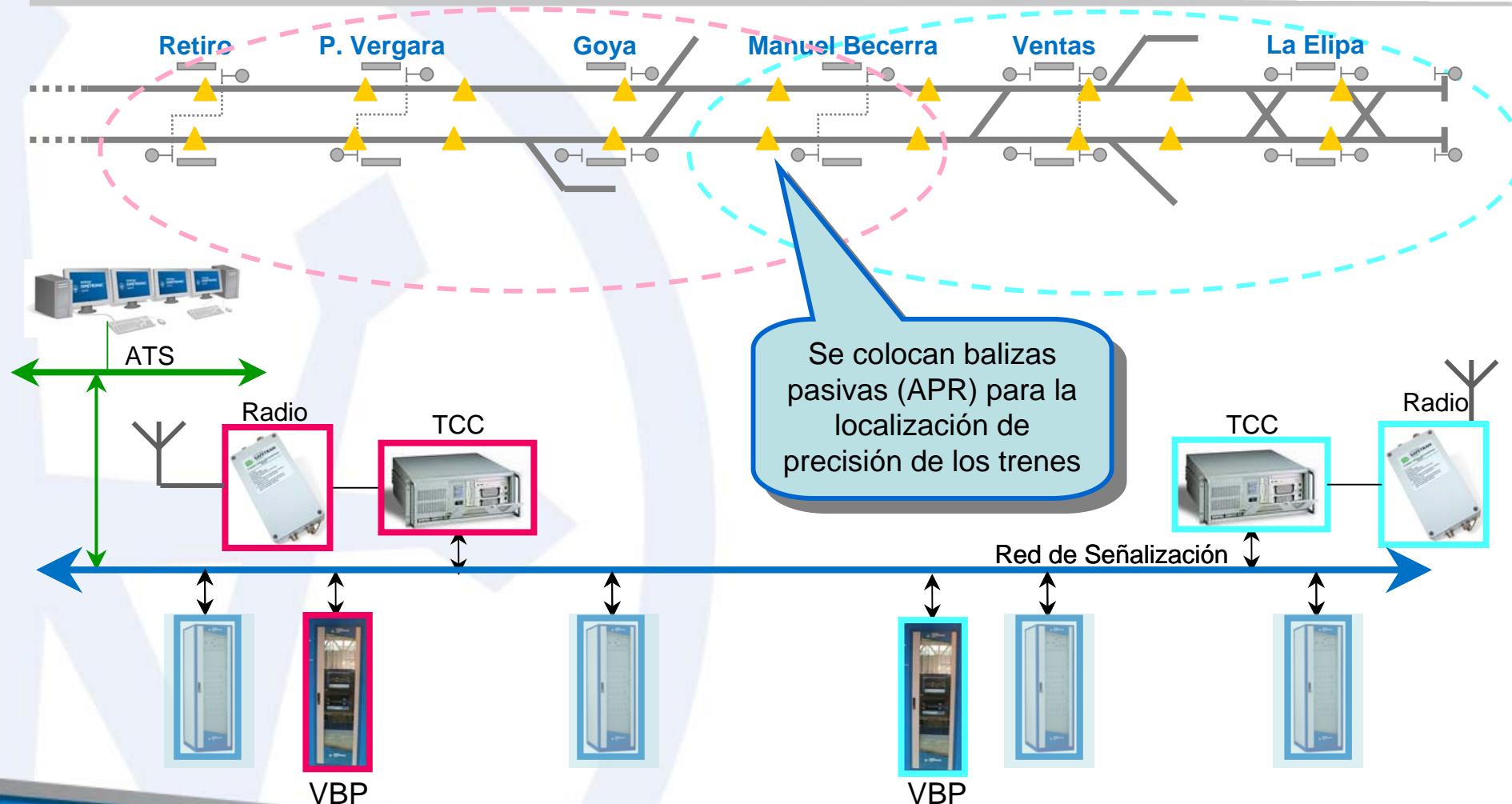
Cómo implantar SIRIUS Driverless en L2



Cómo implantar SIRIUS Driverless en L2

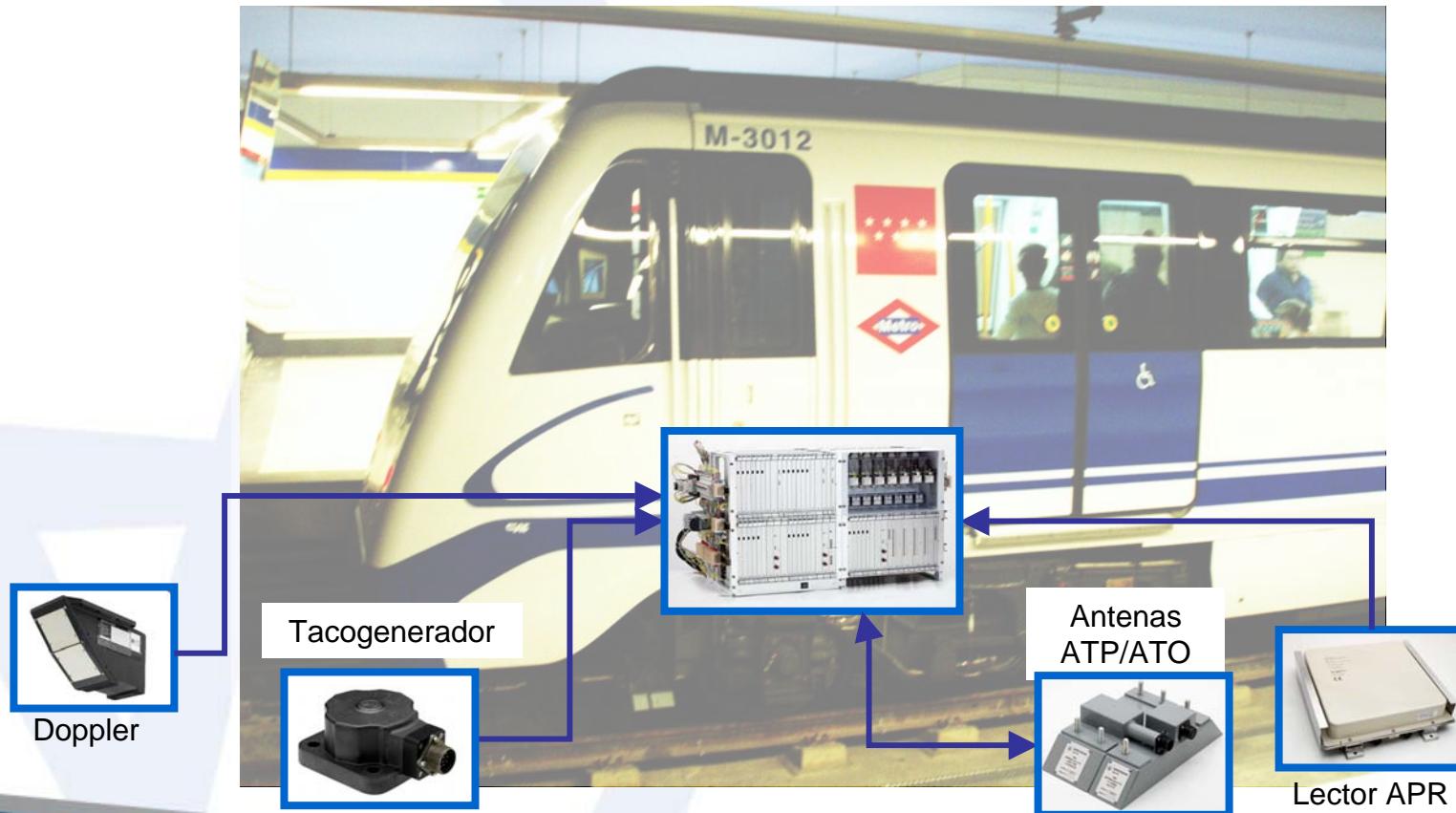


Cómo implantar SIRIUS Driverless en L2



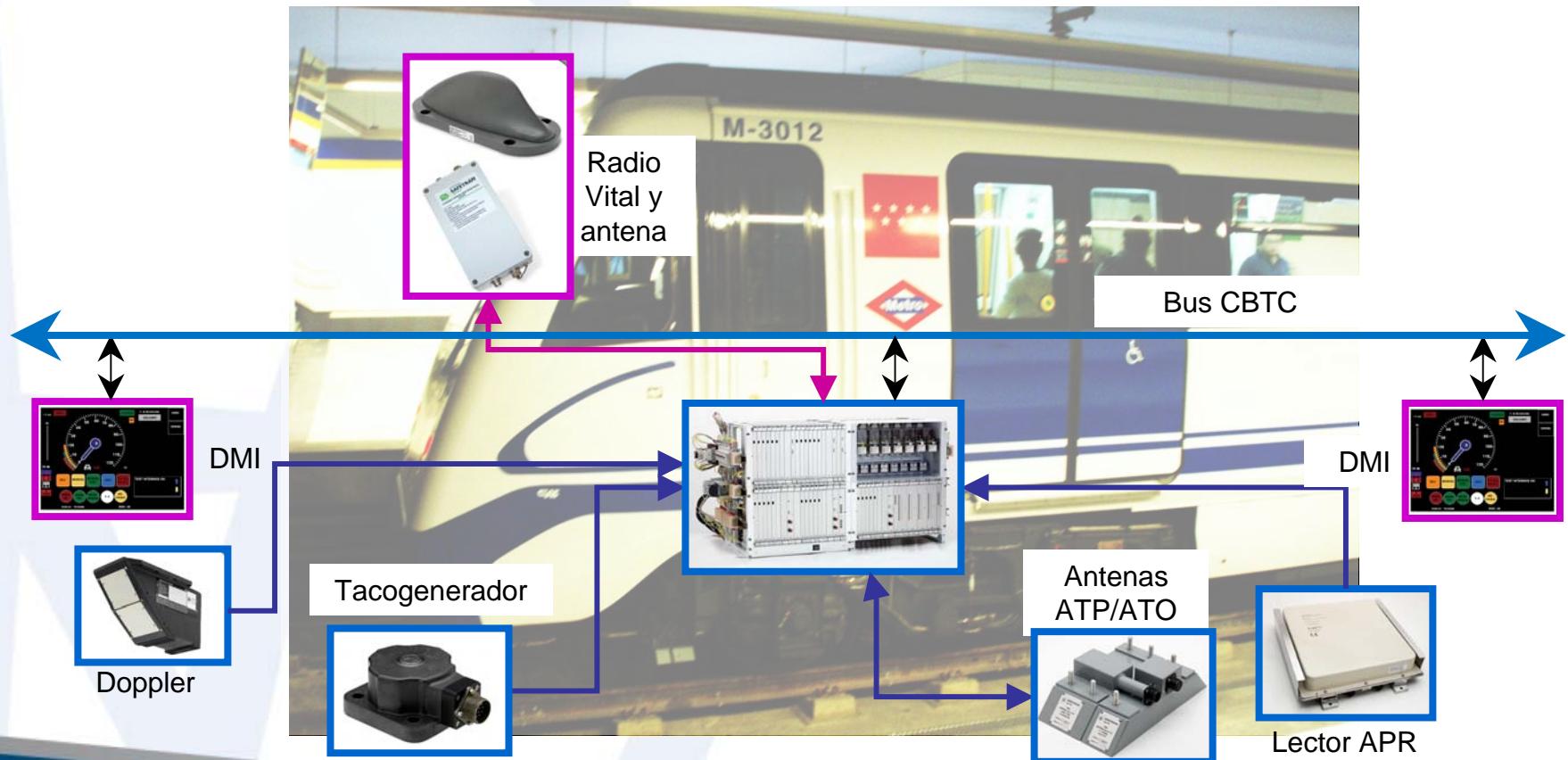
Cómo implantar SIRIUS Driverless en L2

Los trenes de la serie 3000 ya están equipados con TBS500



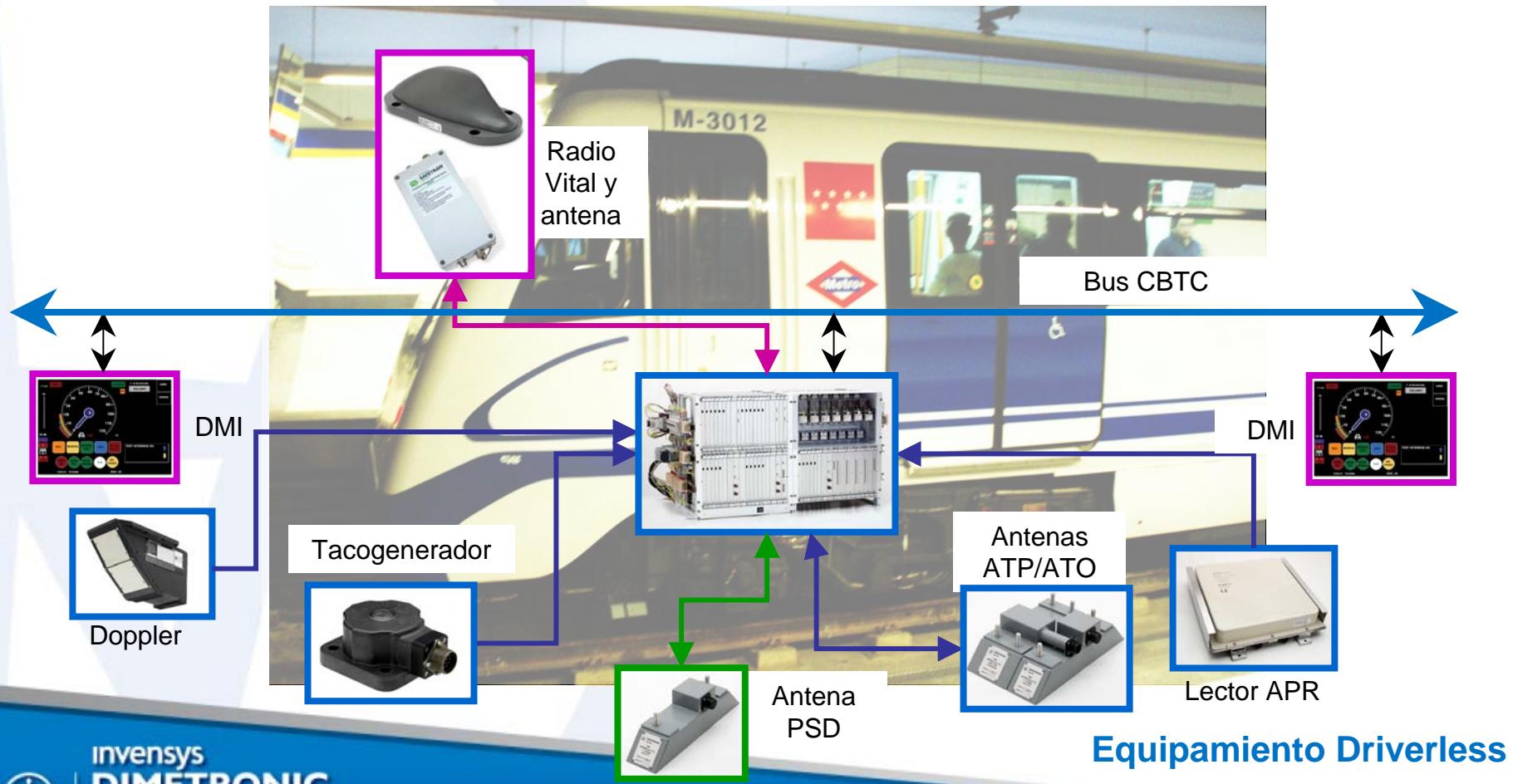
Cómo implantar SIRIUS Driverless en L2

Los trenes de la serie 3000 ya están equipados con TBS500

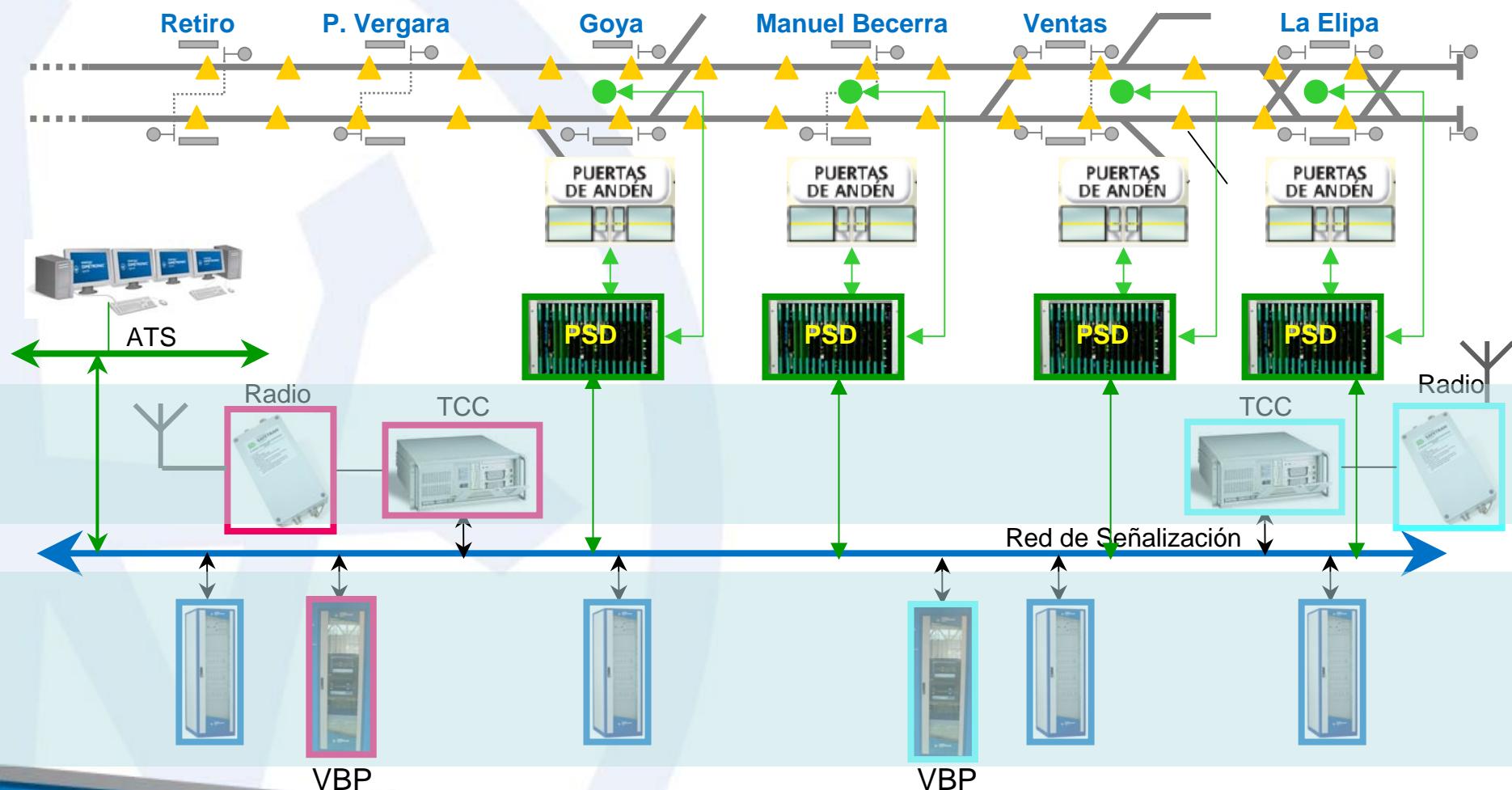


Cómo implantar SIRIUS Driverless en L2

Los trenes de la serie 3000 ya están equipados con TBS500



Cómo implantar SIRIUS Driverless en L2



5.- EJEMPLO PRÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN: LÍNEA 11 DEL METRO DE BARCELONA



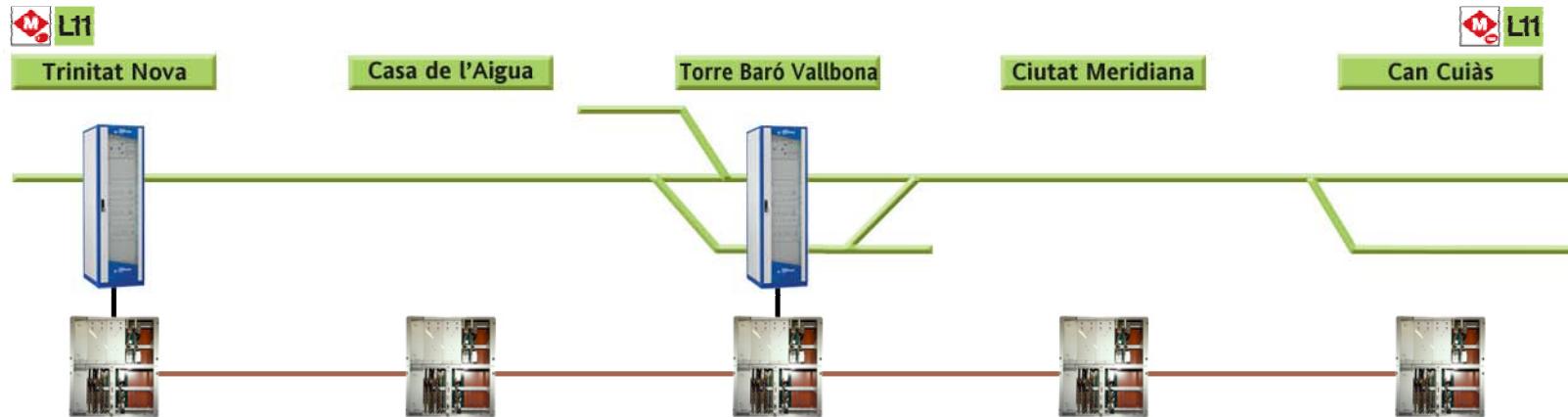
Configuración de la Línea 11 del Metro de Barcelona



Fases de implantación por “escalones”

	FASE 1 (2003)	FASE 2 (2004)	FASE 3 (2007)
SISTEMA DE ATP / ATO	TBS 100 (SCV)	TBS 500 (SDO)	TBS 500 D (DRIVERLESS)
UBICACIÓN AGENTE A BORDO	EN CABINA	EN CABINA	EN ZONA DE PASAJE
PUERTAS DE ANDÉN	NO	NO	SÍ
ARRANQUE DEL TREN	AGENTE A BORDO	AGENTE A BORDO	AUTOMÁTICO
INVERSIÓN DE MARCHA	MANUAL	MANUAL	AUTOMÁTICA
COMUNICACIÓN TREN-VÍA	NO	NO	SÍ
ARQUITECTURA EQUIPOS EMBARCADOS	DOS CANALES DE ATP UN CANAL DE ATO	DOS CANALES DE ATP UN CANAL DE ATO	ATP (2003) TRES CANALES DOS CANALES DE ATO

Fase 1: TBS 100 (octubre de 2003)



Enclavamientos electrónicos Westrace en configuración "hot stand-by"

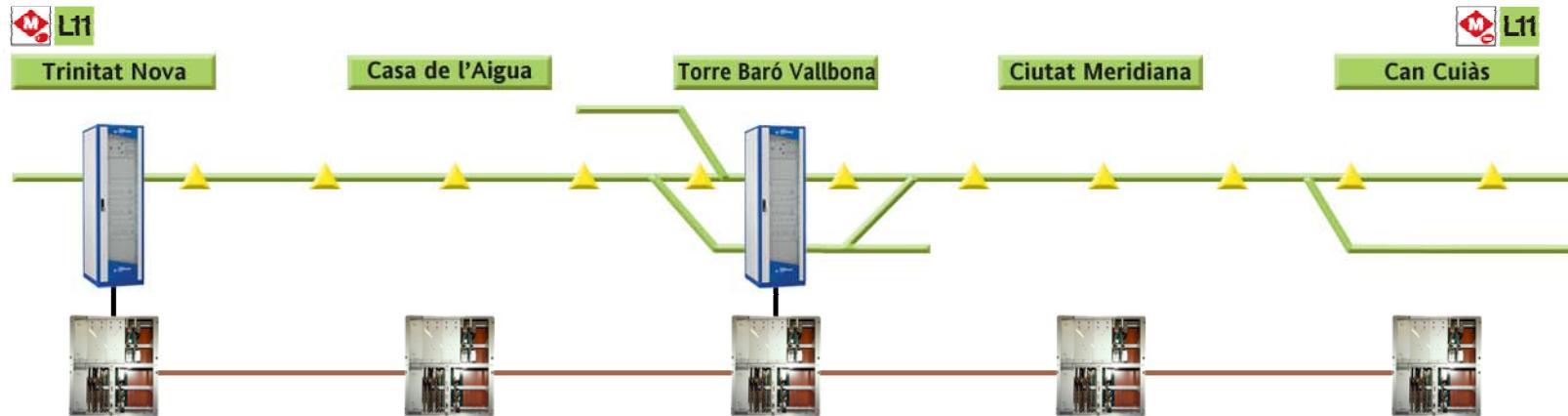
Circuitos de Vía sin Juntas FS2550 y Equipos de ATP – FM

Equipos de ATO vía EVCE y EVSE y balizas de ATO vía

Equipos embarcados **TBS100**

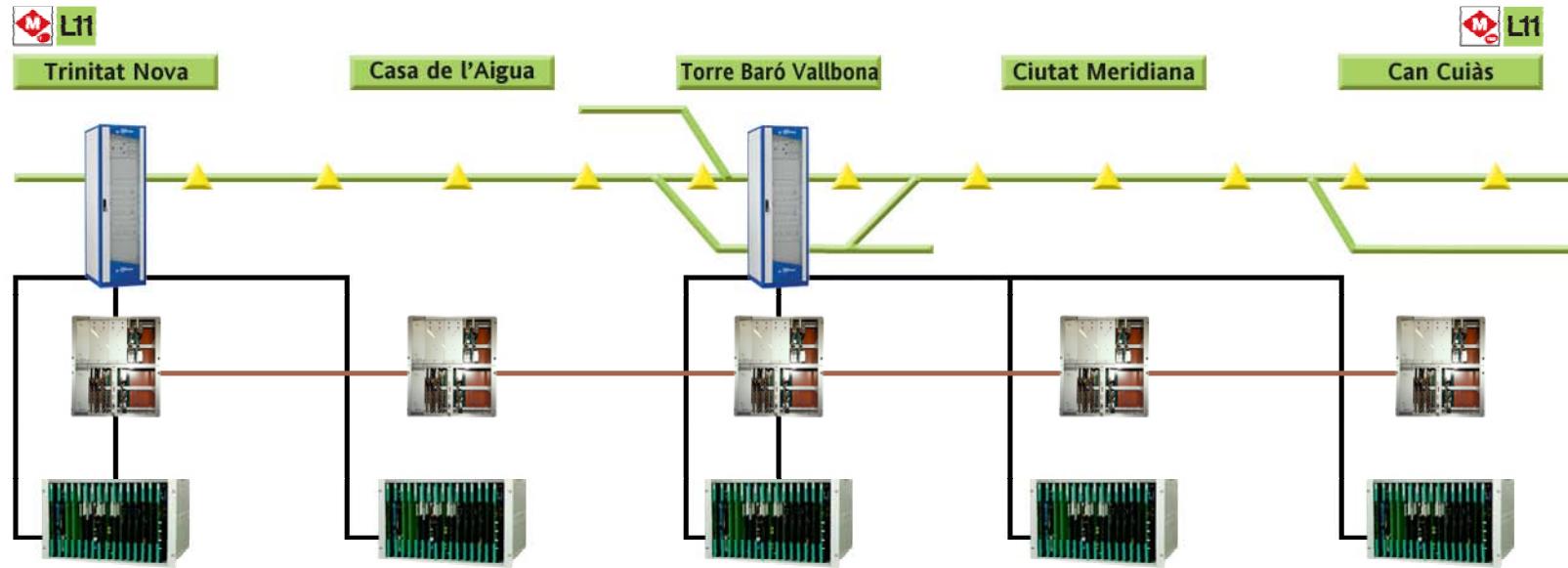
(2 canales de ATP, 1 canal de ATO)

Fase 2: TBS 500 (julio de 2004)



- Enclavamientos electrónicos Westrace en configuración "hot stand-by"
- Circuitos de Vía sin Juntas FS2550 y Equipos de ATP – FM
- Balizas pasivas para localización precisa (APR)
- Equipos de ATO vía EVCE y EVSE y balizas de ATO vía
- Equipos embarcados: **Migración a TBS500 (APR, Doppler)**
(2 canales de ATP, 1 canal de ATO)

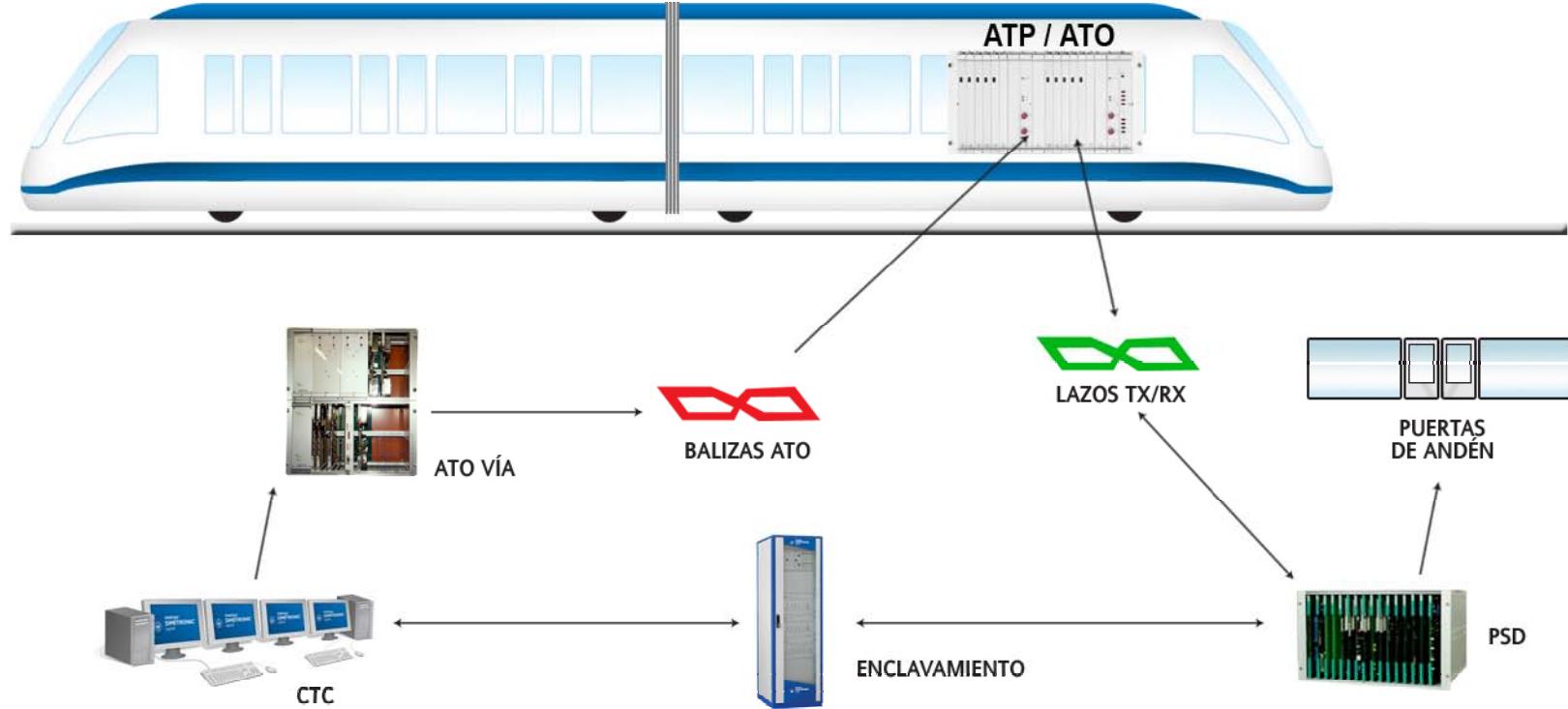
Fase 3: TBS 500 Driverless (previsto verano 2007)



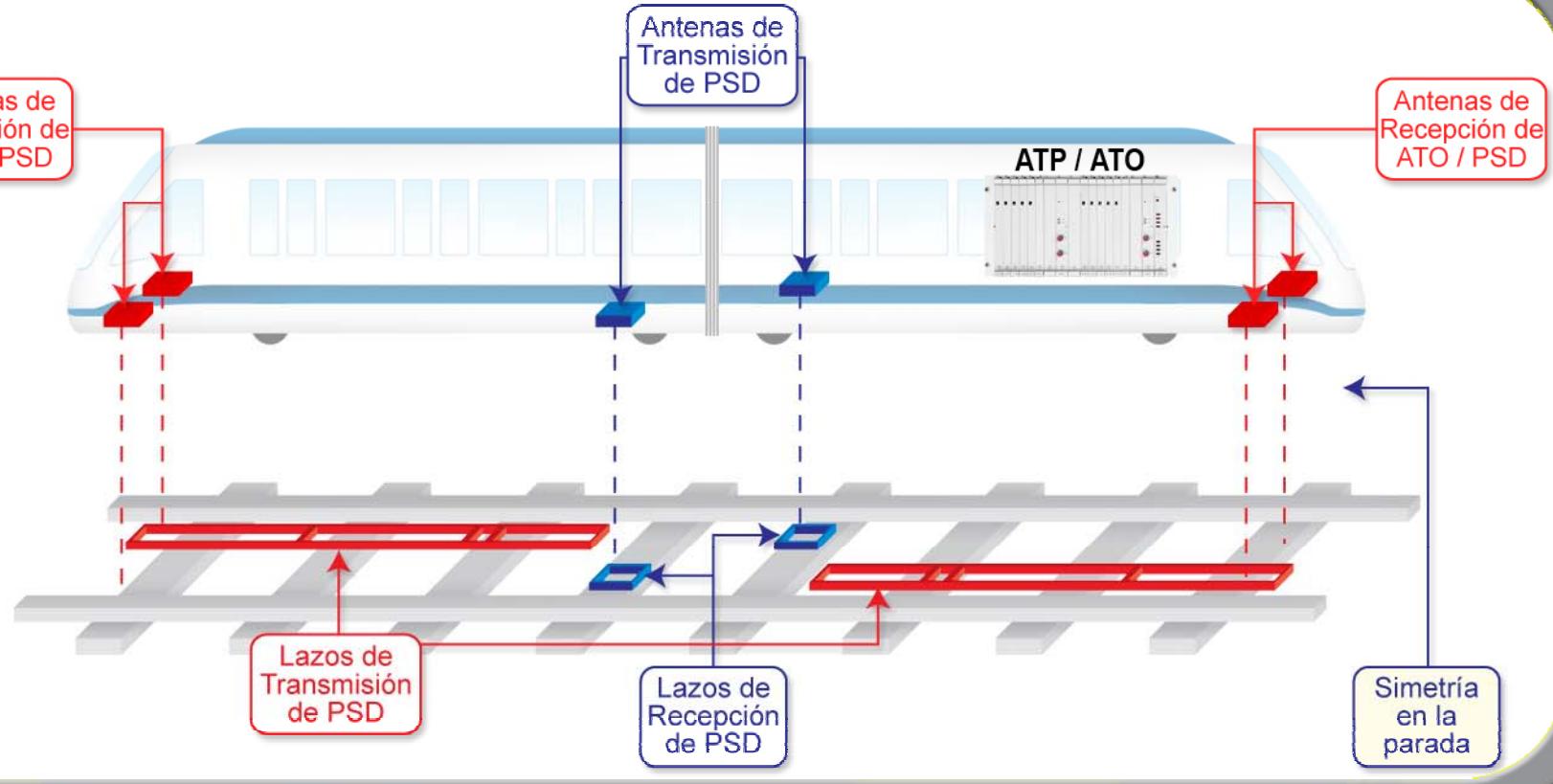
- Enclavamientos electrónicos Westrace en configuración "hot stand-by"
- Circuitos de Vía sin Juntas FS2550 y Equipos de ATP – FM
- Balizas pasivas para relocalización (APR)

- Equipos de ATO vía EVCE y EVSE y balizas de ATO vía
- Equipos embarcados:
Incremento de disponibilidad (ATP 3 canales (2oo3), 2 canales de ATO), transmisión Tren – vía e inversión de marcha automática
- PSD (Platform Screen Doors)

Diagrama funcional del Sistema Driverless

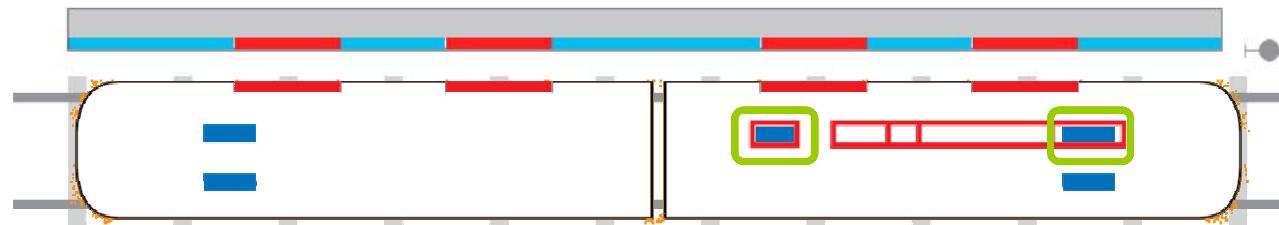


Comunicación bidireccional tren-vía del sistema “Driverless”



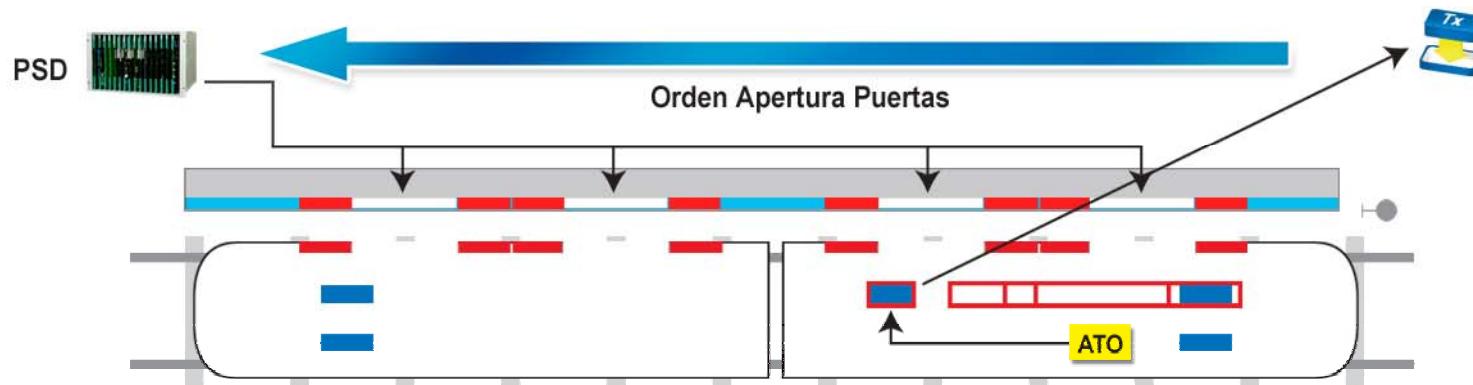
Proceso de intercambio de información

El proceso comienza una vez que el tren se estaciona correctamente en el andén, con las antenas confrontadas con sus respectivos lazos.



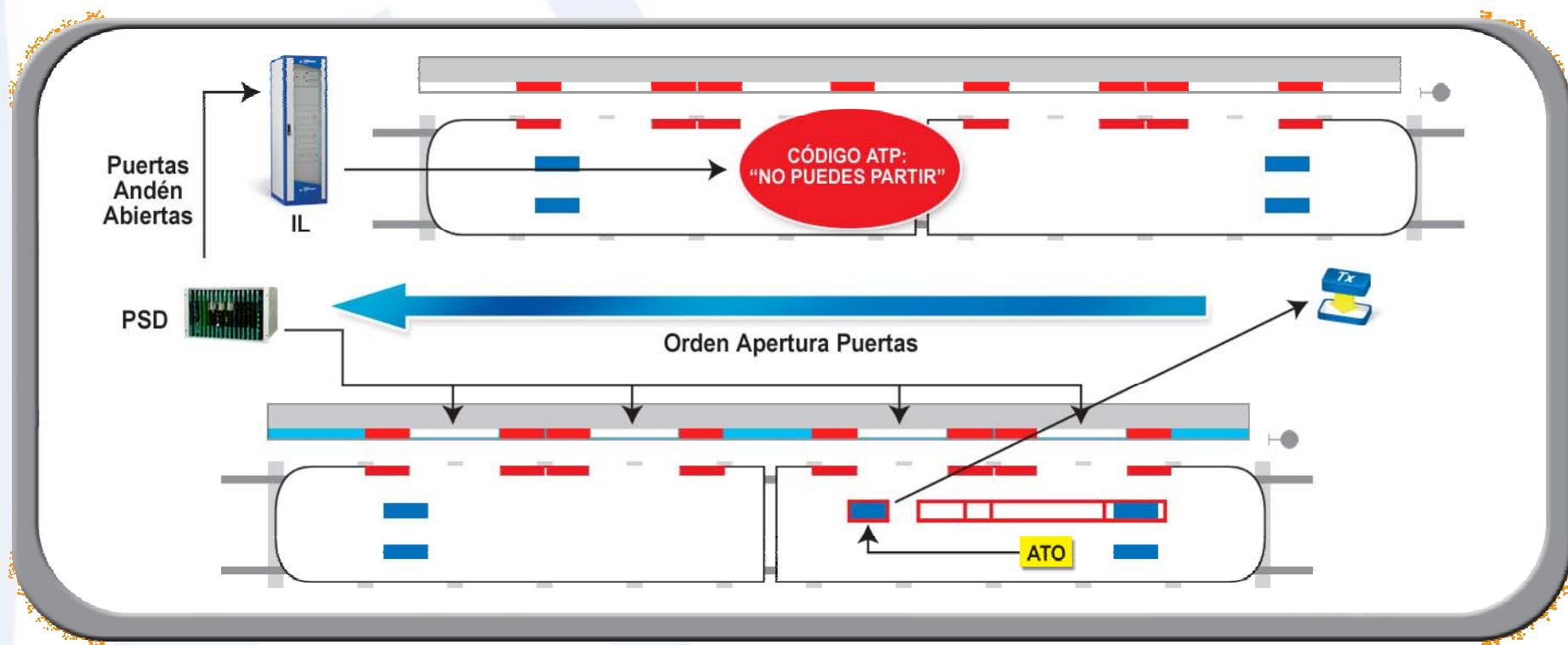
Proceso de intercambio de información

El equipo de ATO de tren envía, por una parte, la orden de apertura de puertas de tren, y por otra, la Orden de Apertura de Puertas de Andén.



Proceso de intercambio de información

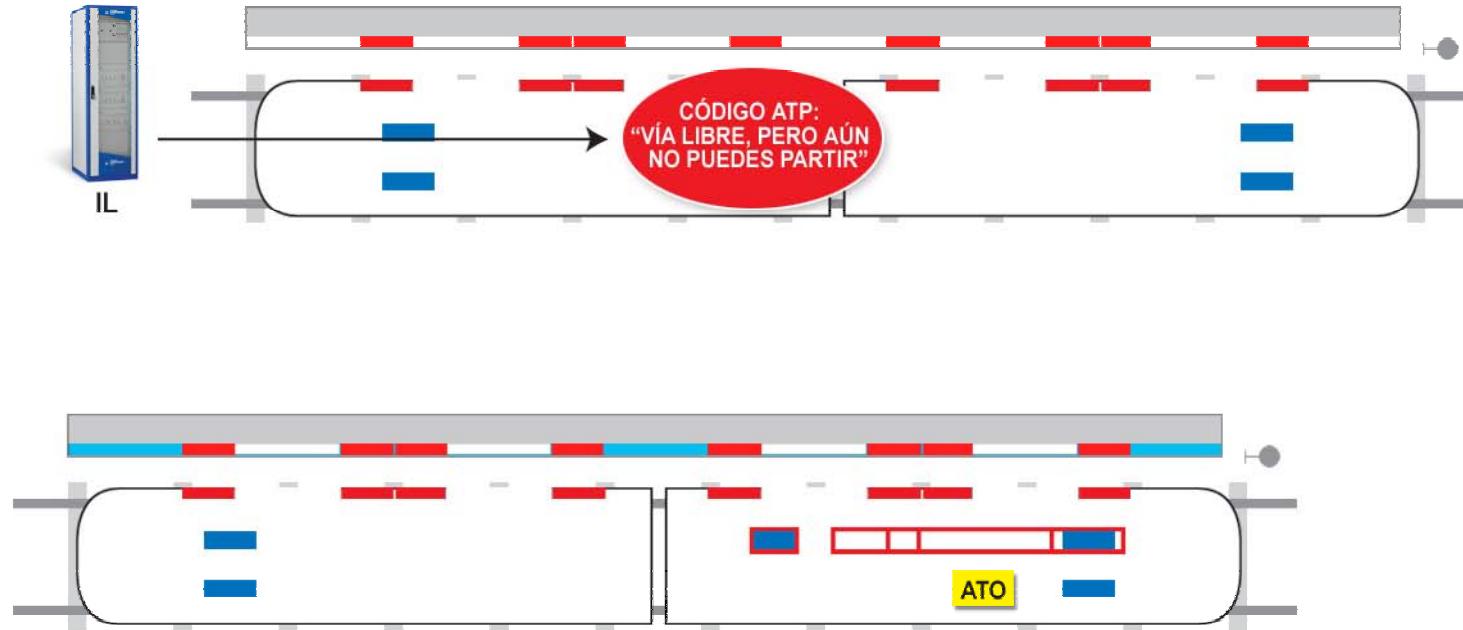
El PSD transmite el estado de las puertas de andén al enclavamiento. Cuando la información recibida indica que las puertas están abiertas, el enclavamiento selecciona el código de ATP adecuado para dicho c.v. que impida moverse al tren.



Proceso de intercambio de información

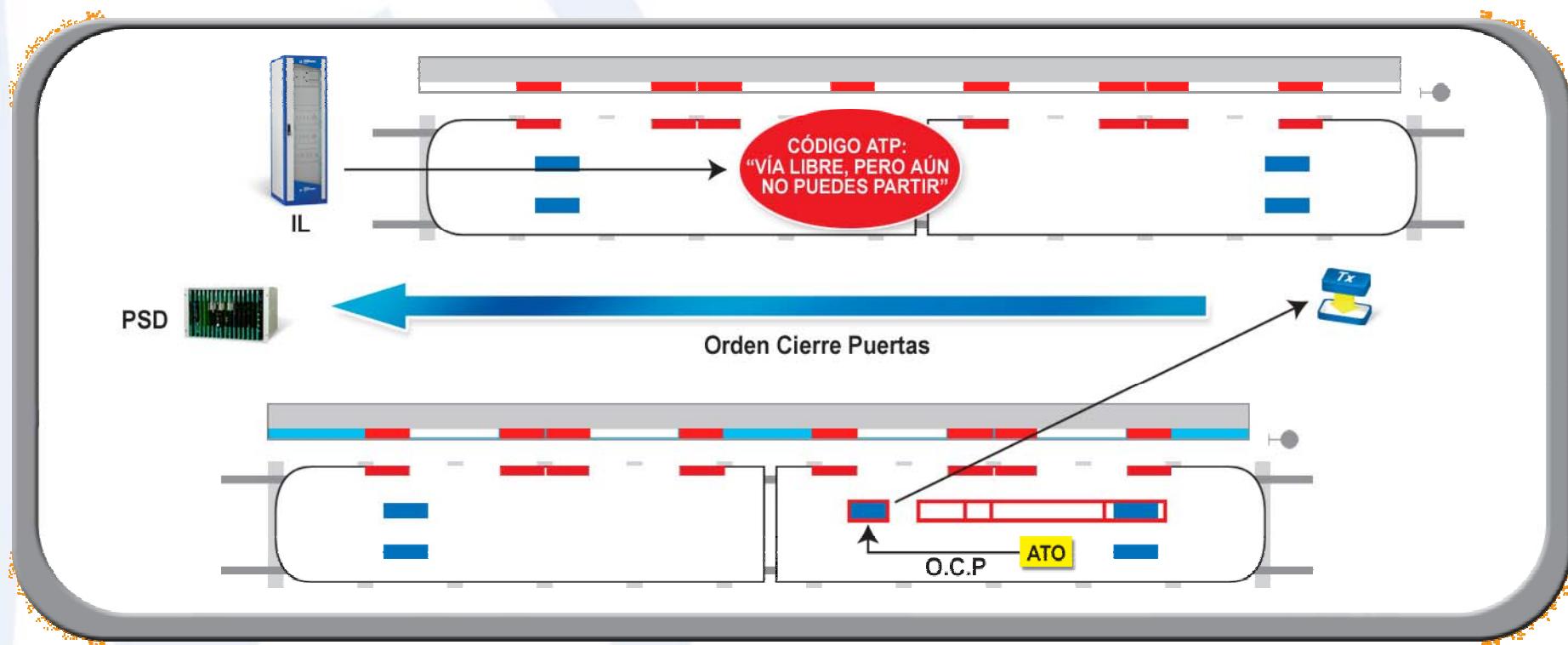
Transcurrido el tiempo de espera en andén, el Westtrace recibe el Permiso de Salida.

El Westtrace pone código adecuado (Puertas anden abiertas, permiso de salida activo y vía libre) que impide todavía arrancar al tren.



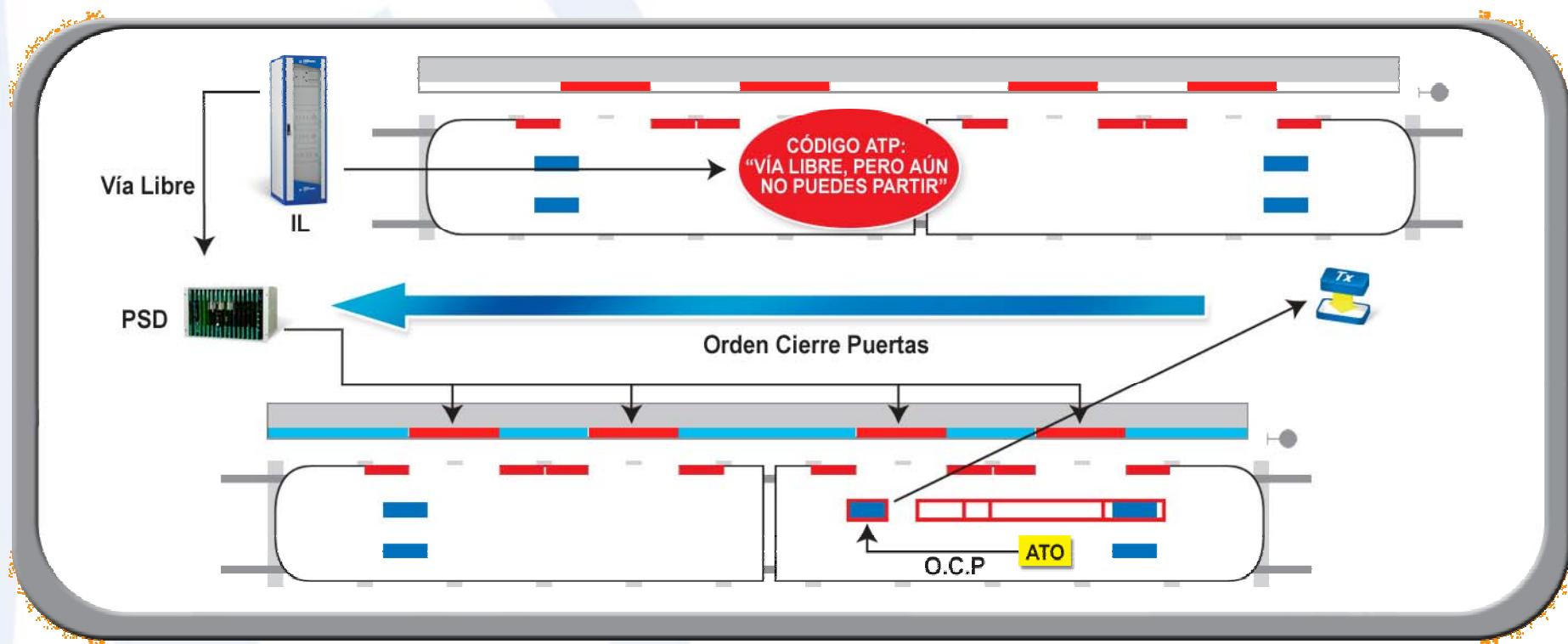
Proceso de intercambio de información

El equipo de ATO de tren envía la Orden de Cierre de Puertas de Andén al equipo PSD de estación.



Proceso de intercambio de información

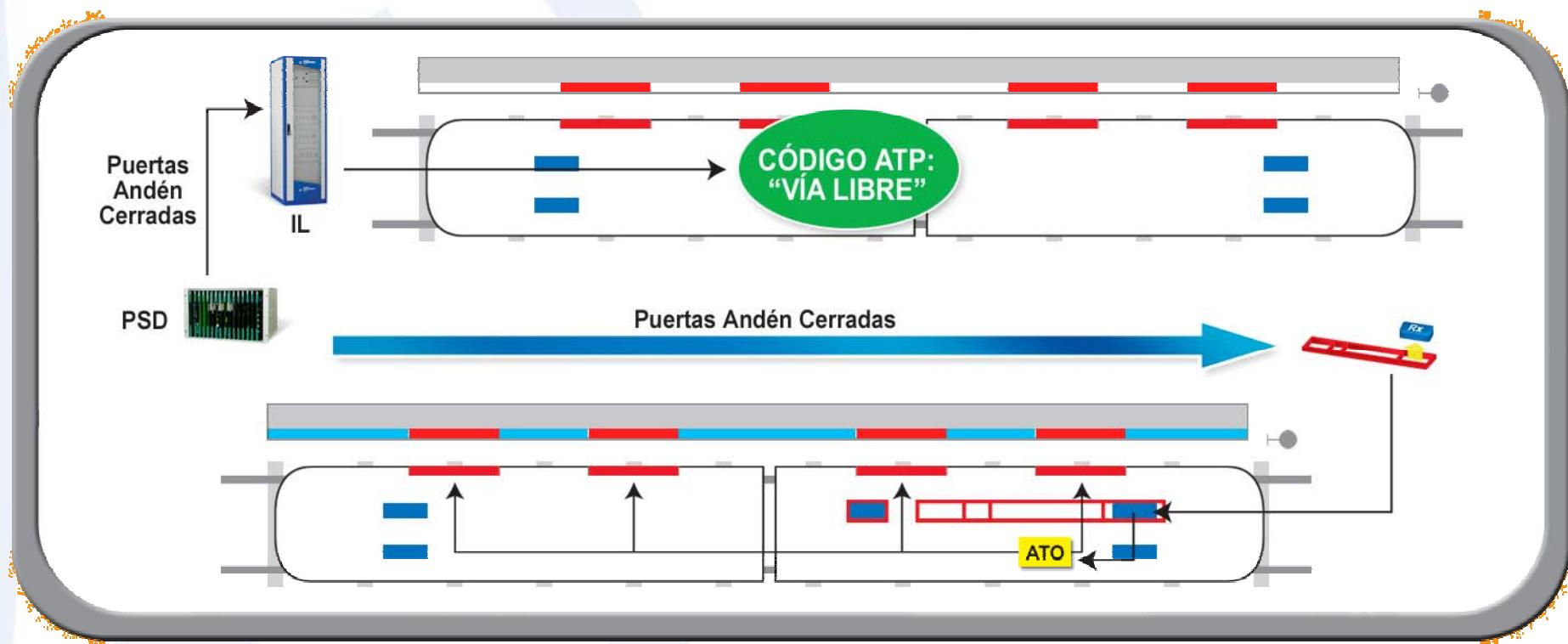
El equipo PSD se encarga de cerrar las puertas de andén, siempre y cuando se cumpla la condición de Vía Libre, transmitida por el enclavamiento.



Proceso de intercambio de información

El equipo PSD transmite la información al sistema de ATO de tren.

Paralelamente el ATO envía el cierre de puertas de tren y finalmente, previa comprobación de puertas de tren y anden cerradas, y mientras el Westrace pone el código de ATP “Vía libre, puede arrancar”, procede a arrancar automáticamente hasta la siguiente estación.



6.- TEMAS A DEBATE



invensys
DIMETRONIC
signals

Temas a debate

P1. ¿Distancia Objetivo (TBS500) ó CBTC (SIRIUS)?

P2. ¿Unattended ó Driverless?

P3. Driverless ¿con puertas automáticas ó con cierre de puertas manual?

P4. Puertas de andén ¿en toda la línea ó sólo en terminales?



7.- REFERENCIAS

Sistemas ATP/ATO en Metropolitanos



Dimetronic: Referencias de sistemas de ATC

CLIENTE	Km de Línea con Equipos Fijos		Equipos Embarcados	
	ATP	ATO	ATP	ATO
METRO DE MADRID	275	267	955	821
METRO DE BARCELONA	51	36	217	167
FGC	42		42	
METRO DE VALENCIA	24		58	
METRO DE BUCAREST	4	4	30	30
METRO DE MANILA	13	13	20	20
TOTAL SISTEMAS DE ATC	409	320	1.322	1.038

*Las cifras incluyen los contratos en curso

METRO DE MADRID



1^a línea en 1.975

ATP en toda la red: 12+2 Líneas

ATO en 12+2 Líneas

Km de Línea con Equipos Fijos

ATP

ATO

227+48

219+48

Equipos Embarcados

ATP

ATO

813+142

679+142

CTC en toda la red



volver



Invensys
DIMETRONIC
signals

METRO BARCELONA



1^a línea en 1.985

ATP: 4 Líneas

ATO: 3 Líneas

Km de Línea con Equipos Fijos

ATP

ATO

51

36

Equipos Embarcados

ATP

ATO

168+49

118+49



volver



Invensys
DIMETRONIC
signals

1^a línea en 1.986

ATP: 1 Línea

FAP: 1 Línea

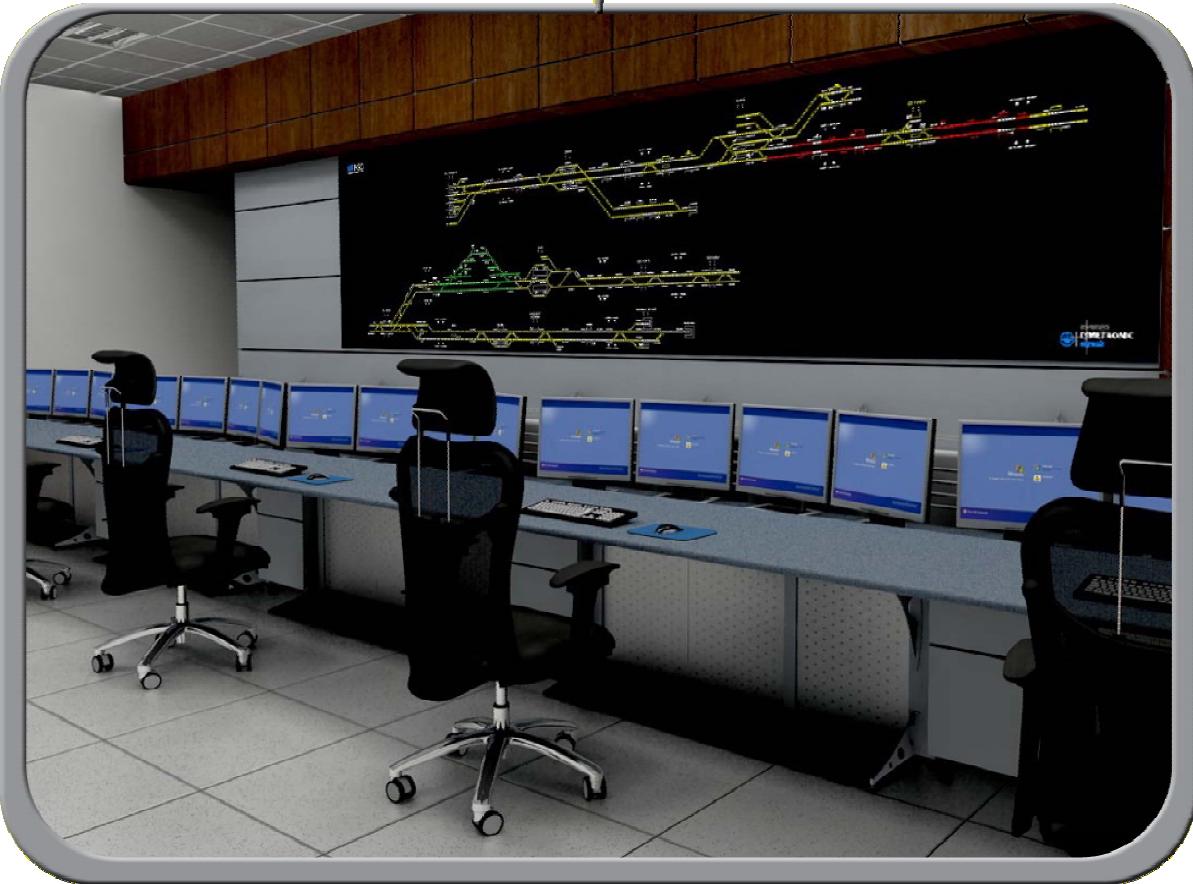
Km de Línea con
Equipos Fijos

ATP: 42

Equipos Embarcados

ATP: 42

CTC: 2 Líneas



volver

METRO VALENCIA



1^a línea en 1.995

ATP: 2 Líneas

Km de Línea con
Equipos Fijos

ATP: 24

Equipos Embarcados

ATP: 18+40

CTC en toda la red



volver



Invensys
DIMETRONIC
signals



En servicio desde 2.000

ATP: 1 Línea

ATO: 1 Línea

Km de Línea con Equipos Fijos

ATP

4

ATO

4

Equipos Embarcados

ATP

30

ATO

30

CTC: 1 Línea



volver



Invensys
DIMETRONIC
signals

METRO MANILA



En servicio desde 2.003

ATP: 1 Línea

ATO: 1 Línea

Km de Línea con Equipos Fijos

ATP

ATO

13

13

Equipos Embarcados

ATP

ATO

20

20

CTC: 1 Línea



volver



Invensys
DIMETRONIC
signals



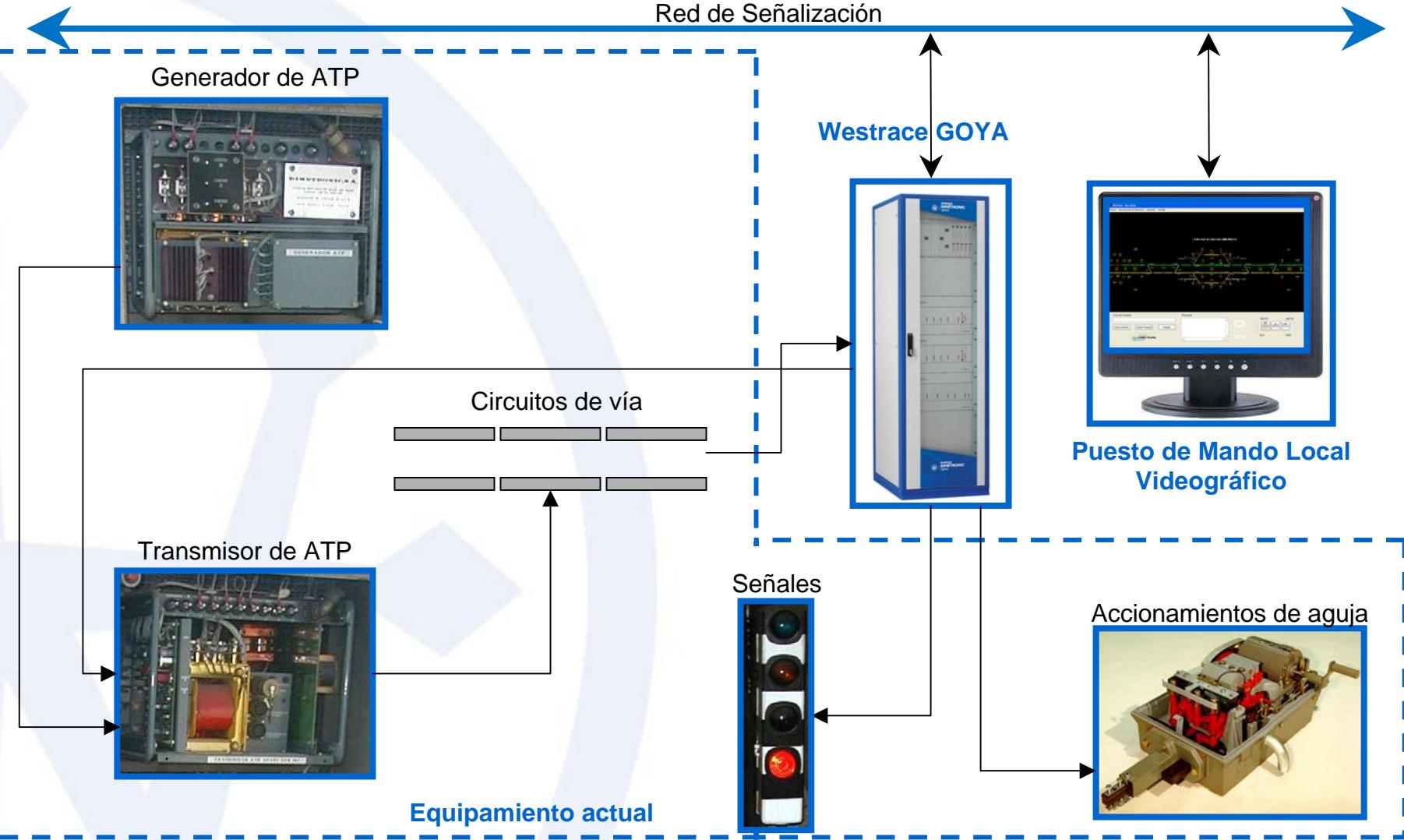
MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

12^a Reunión de Comités Técnicos de
ALAMYS

Juan Carlos Antón García
Lisboa. 15 de mayo de 2007



Invensys
DIMETRONIC
signals



Invensys
DIMETRONIC
signals