

## ATP DEL CORREDOR DEL MEDITERRÁNEO: AVANCES EN LA SEGURIDAD DE LA CONDUCCIÓN

Carlos Díez Arroyo

*Director de las Obras del Proyecto  
Ministerio de Fomento . Subdirección General de Construcción  
Plaza de los Sagrados Corazones, 7  
Madrid 28036*

### RESUMEN.

A velocidades superiores a los 200 Km/h, el maquinista debe asimilar rápidamente una gran cantidad de información que fluye ininterrumpidamente, tanto desde la vía como desde el interior de la propia cabina del tren. Las señales, eslabón fundamental de la seguridad, se suceden con gran rapidez y deben ser interpretadas siempre sin ambigüedad. Estos hechos, manifestados por la progresiva elevación de las prestaciones de los trenes, necesitan soluciones con el fin de facilitar al máximo la conducción a los maquinistas

Actualmente, RENFE utiliza un sistema puntual de aviso denominado ASFA que supone una ayuda al maquinista al informar, en la cabina de conducción, sobre el estado de la señal que el tren sobrepasa. En algunos casos, como el rebase de una señal en rojo, el sistema es capaz de aplicar automáticamente los frenos de emergencia.

Sin embargo, para velocidades superiores a 200 Km/h, la funcionalidad ofrecida por el sistema existente, no garantiza suficientemente la seguridad de la conducción, puesto que no existe un control automático que garantice el frenado efectivo del tren,



aparte de la propia voluntad del maquinista. Los sistemas de Protección Automática de tren nacen, pues, por la necesidad de supervisión continua de velocidades debida a explotación y trazados.

En consecuencia, las unidades serán dotadas de un sistema de Protección Automática de Trenes, abreviadamente ATP (del inglés Automatic Train Protection), cuya misión se puede resumir en los siguientes puntos básicos :

- ❶ Informar al maquinista permanentemente de la velocidad máxima a la que puede circular, teniendo en cuenta tanto las características fijas de la línea (curvas, túneles, etc.) como las restricciones variables (estado de la señalización, posición de desvíos, pasos a nivel, etc.).
- ❷ Controlar continuamente la velocidad real del tren, en relación con los perfiles de seguridad calculados por el sistema. En caso necesario, el sistema tiene la capacidad para emitir alarmas, aplicar automáticamente el freno de servicio o, incluso, el freno de emergencia.

## **1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE ATP.**

Las necesidades implícitas en los nuevos conceptos de explotación ferroviaria, precisan de prestaciones novedosas , ofrecidas en este proyecto a través de una nueva tecnología: EBICAB 900 TBS; que constituye una apuesta de futuro como alternativa de solución para sistemas avanzados, con presencia en diferentes Proyectos de ámbito Europeo que participarán en la definición de sistemas futuros de protección ferroviaria.

Tiene entre otras relevantes características :

- ➔ Exportabilidad a la totalidad de la red ferroviaria, con independencia de la Explotación y Sistema.
- ➔ Concurrencia con otros proyectos internacionales de análogas características, utilizando las mismas tecnologías con origen en las mismas empresas constructoras.
- ➔ Participa de los criterios en los Foros Europeos de Normalización en Control y Protección del Tren.



- ➔ Este sistema da origen, y concurre, en concreto, con la definición Europea de EUROBALIZA.

En el sistema EBICAB 900 TBS la configuración básica está constituida por el **Equipo de vía** y por el **Equipo de a bordo**

**Equipo de vía** : Codificadores, Balizas.

- ☐ Los datos obtenidos de enclavamientos o señales individuales, se suministran a los **Codificadores** digitales, éstos elaboran un telegrama de 255 bits transmitido por cable a la **Baliza**.

## ATP DEL MEDITERRANEO

### • CONFIGURACIÓN TREN/VÍA

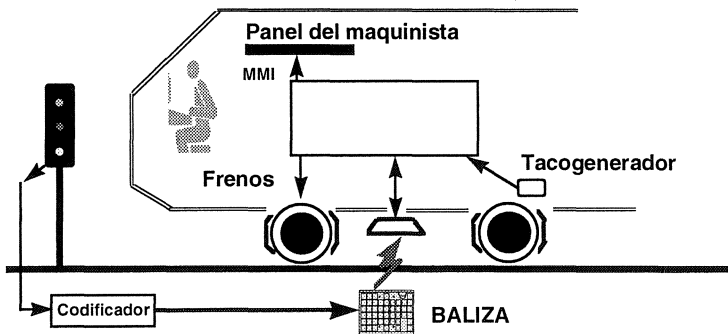


Fig 1

**MINISTERIO DE FOMENTO**

- ☐ La Baliza, a su vez, repite el telegrama en forma de campo electromagnético al paso del tren, por excitación previa desde la antena en la locomotora, traspasándole la información recogida por el codificador. Todo este proceso, posee los más altos niveles de seguridad, de hecho, el telegrama digital de transmisión consta de 180 bits disponibles para información, los restantes forman parte de campos de detección y chequeo de la información (Checksum, CRC's).

**Equipo de a bordo** : Antena ATP, SUCAP ( Subsistema de captación ATP ), Tacogeneradores, ECP( Equipo de Control y Proceso ); EIC ( Equipo de relación con el conductor ) y Panel de Conducción.

□ Una vez en la locomotora, la señal recogida por la antena es descriptada y tratada por el Subsistema de captación SUCAP, que a su vez entabla comunicación con el ECP traspasándole los datos de forma legible por el sistema, existiendo siempre una comunicación permanente entre ambos. Éste, analizará la dinámica del tren, compartiendo la operación con el maquinista a través del EIC y efectuando en su caso control sobre frenos.

## 2. FUNCIONALIDAD ASFA

El Sistema ASFA (Anuncio de Señales y Frenado Automático), en su versión incorporada en el Corredor, nace para posibilitar la circulación de trenes a 200 Km/h, bajo un modo degradado del ATP, como un sistema de anuncio de señales que mantiene nexo de unión con la generalidad del material embarcado. El equipamiento de vía, balizas y unidades de conexión de las señales, permite enviar al tren la información correspondiente al aspecto de las mismas.

Si la indicación de la señal es la de anuncio de parada, anuncio de precaución o preanuncio de parada, además de simplemente informar, exige en esta versión, la actuación del maquinista sobre un pulsador instalado a tal fin; si no lo hace en un tiempo establecido, el equipo provoca el frenado de emergencia.

Si la indicación de la señal es la de parada, en el punto de transmisión situado 300m antes de la señal se controla que la velocidad del vehículo es igual o inferior a una preestablecida bajo sanción de frenado de emergencia.

Tanto las indicaciones presentadas por las señales, como las actuaciones del maquinista relacionadas con el equipo, quedan almacenadas en el registrador del vehículo.

El maquinista dispone de una llave o pulsador que le permite rebasar una señal prohibitiva cuando por avería del equipo de vía o cualquier otra circunstancia le sea autorizado el rebase, sin que se produzca el frenado de emergencia.

## 3. FUNCIONALIDAD ATP.

□ La función de protección de todo sistema ATP, basado en la información que le proporcionan los sistemas de señalización, es impedir que los trenes pasen a una velocidad inapropiada por el trazado. Esto, por supuesto, incluye la parada en los puntos que lo requieran.



□ La protección contra sobrevelocidad, se fundamenta en la supervisión continua de la velocidad del tren, y su comparación con los perfiles de velocidad calculados a bordo, en base a la información recibida de la vía, y las propias características del tren. El sistema ATP actúa sobre los frenos del tren, para evitar que el exceso de velocidad, pueda llevar al tren a una situación de riesgo.

#### 4. PERFILES DE VELOCIDAD.

□ Perfiles de velocidad límite.

Perfil de velocidad límite. La velocidad límite es aquella que el tren no debe exceder en ningún momento durante su marcha. Para el cálculo de este perfil, se considera, en cada momento, el valor más pequeño de las siguientes velocidades: velocidad máxima de la línea, velocidad máxima del tren y velocidad máxima impuesta por la señalización.

En las curvas de parada, el perfil de velocidad límite disminuirá hasta una velocidad de liberación configurable (10 o 30 Km/h, según casos), por debajo de esta velocidad se permitirá circular al tren.

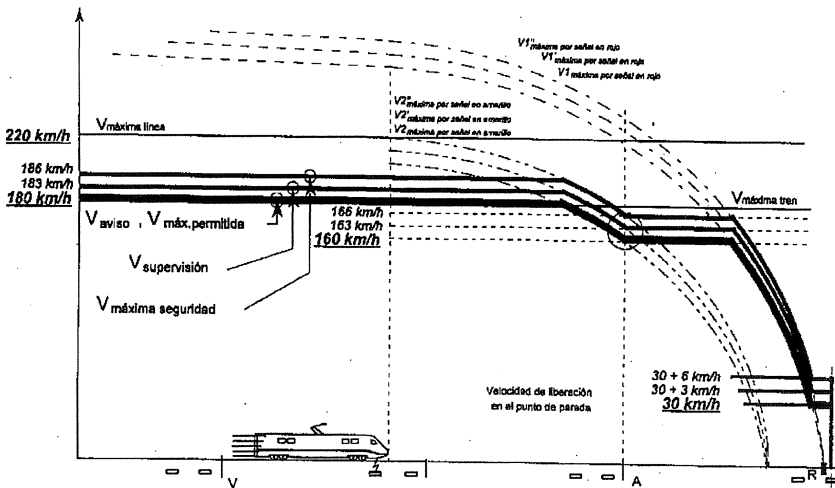


Fig 2

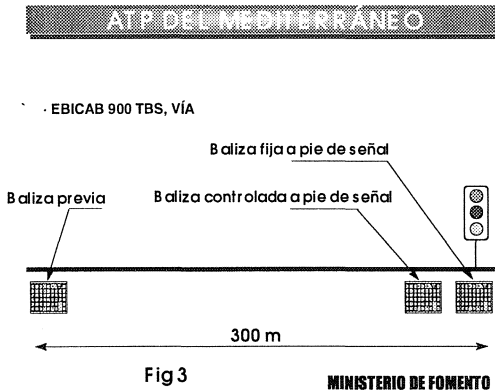
Perfil de velocidad de aviso. Este perfil se encuentra por encima del perfil de velocidad límite (3 Km/h). Si la velocidad del tren alcanza este perfil, el sistema alerta al maquinista, con indicaciones luminosas y acústicas.

Perfil de velocidad de supervisión. La velocidad de supervisión, es aquella a la cual el sistema solicita la aplicación del freno de servicio. Para el cálculo de este perfil, se considera en cada momento, el valor más restrictivo de los siguientes: velocidad máxima de la línea, velocidad máxima del tren y velocidad máxima definida por el límite del movimiento impuesto por la señalización. La diferencia con el perfil inferior (aviso) es una cantidad prefijada (2 Km/h).

Perfil de velocidad máxima de seguridad. La velocidad máxima de seguridad define la aplicación del freno de emergencia, en caso de que llegue a alcanzarse. La diferencia con el perfil de velocidad de supervisión es una cantidad prefijada (3 Km/h).

## 5. ANALISIS DE LA INSTALACIÓN DE VÍA : PUNTO DE INFORMACIÓN.

□ La instalación de vía consta, en el caso más general de una Baliza, denominada Controlada a pie de señal, que reporta toda la información de las zonas tras la señalización dependiendo de su estado. Para anticipar datos existe con una tarea similar una Baliza previa.



En la posición más próxima a la señal existe además una Baliza Fija que transmite informaciones permanentes normalmente relacionadas con la geografía del trazado, y que no precisa por tanto actualización de la información contenida, se trata de una Baliza autónoma que carece de conexión a codificador. Es también destacable que las Balizas no precisan alimentación externa.

Este conjunto se denomina **Punto de Información**.



### 5.1. CASO 1 : APLICACIÓN GENERAL EN TRAYECTO.

Entre las diversas aplicaciones del sistema una de las más comunes es la aplicación no centralizada.

En ella los datos recogidos por el Codificador se extraen localmente en la ubicación real de la señalización lateral. Las entradas específicas de control de estado de Señal, calculan de forma múltiple redundante la potencia consumida en la señal, para detectar su estado



• EBICAB 900 TBS, INSTALACIÓN NO CENTRALIZADA

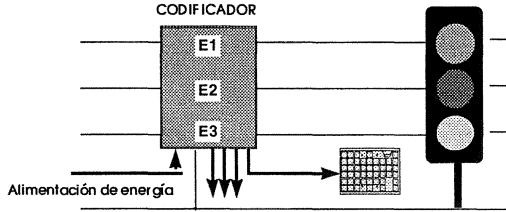


Fig 4

MINISTERIO DE FOMENTO

Con un Codificador, podrían controlarse hasta cuatro Balizas en esta aplicación

### 5.2. CASO 2 : APLICACIÓN GENERAL ZONA DE ENCLAVAMIENTO.

La segunda aplicación más frecuente, es la centralizada, en la que los datos que afectan a la zona protegida, se recogen de forma única en la cabina de equipos de enclavamiento.



• INSTALACIÓN CENTRALIZADA

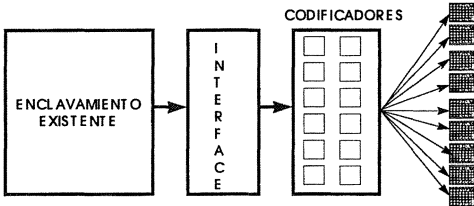


Fig 5

MINISTERIO DE FOMENTO

En la figura 5 se representa esquemáticamente la forma de extraer del sistema aquellos datos necesarios para garantizar la óptima protección y explotación del material móvil.



### 5.3. INFORMACIÓN DE BALIZAS EBICAB 900.

□ Entre los diversos datos que constituyen el campo de información suministrado por las Balizas, podríamos destacar como más importantes, los consignados en las figuras 6 y 7.

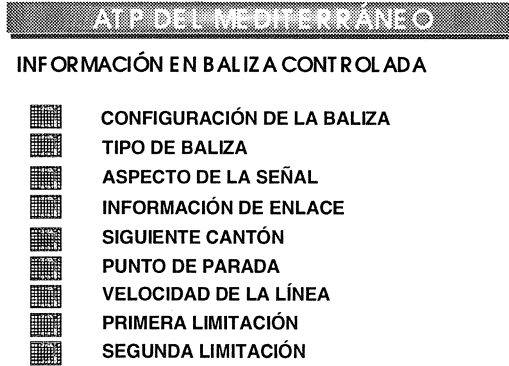


Fig 6

MINISTERIO DE FOMENTO

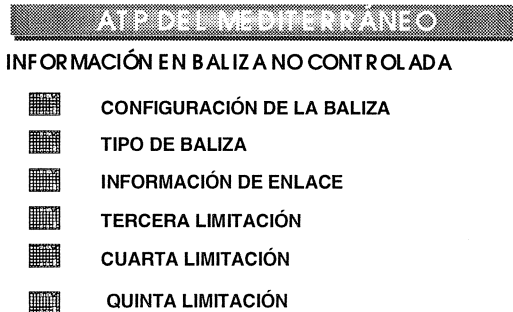


Fig 7

MINISTERIO DE FOMENTO





## 6. ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN DE A BORDO.

- El equipo embarcado está compuesto por los siguientes elementos básicos:

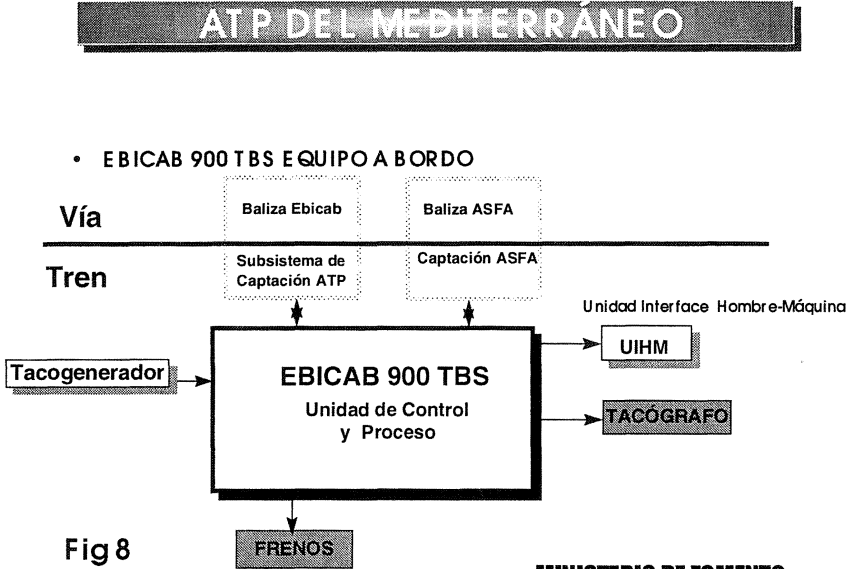
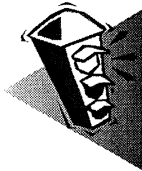


Fig 8

**MINISTERIO DE FOMENTO**

- Subsistema de Captación ATP
  - Captación ASFA
  - Equipo de Control y Proceso, ECP
  - Tacogeneradores
  - Unidad de Interface Hombre-Máquina (UIHM), que, a su vez, se compone de Equipo de Interface con el Conductor (EIC) y Panel de Conducción
- El equipo de Control y Proceso, por su parte, dispone de los módulos de interfaz necesarios para recibir la información procedente de los subsistemas de captación ATP y ASFA. Cuando recibe información a través de ellos, extrae las correspondientes a



las informaciones fijas y variables, las procesa y procede, a continuación, a presentarlas al Maquinista a través del Panel de Conducción.

- ❑ Dentro del Equipo de Control y Proceso se encuentran los Canales de Procesamiento, que constituyen la parte inteligente del mismo, responsable de la funcionalidad del Sistema. El ECP lleva 3 canales independientes que procesan las entradas de datos al sistema. Cada canal de procesamiento consta de una serie de módulos que realizan, en paralelo, una misma funcionalidad y realizan un análisis de coincidencia 2 de 3 en caso de discrepancia.
- ❑ El ECP para realizar los cálculos de velocidad y localización del tren recibe información de dos tacogeneradores situados en diferentes ejes de la locomotora o motriz.
- ❑ El ECP proporciona información suficiente al equipo registrador del tren, para la investigación de las posibles incidencias que sucedan durante la circulación del vehículo. Añade, a los clásicos registros del ASFA (aspectos de señales, RA, freno de emergencia), aquellos propios del ATP (funcionalidad en curso, velocidad real ATP, velocidad límite).

## 6.1. PANEL DE CONDUCCIÓN.

- ❑ Como ya se ha visto anteriormente, el Equipo de Control y Proceso (ECP) se relaciona con el Panel de Conducción a través del EIC, Equipo de Interface con el Conductor. El EIC es un sistema basado en microprocesador que actúa sobre los indicadores del Panel de Conducción, cuando recibe órdenes del ECP. También informa a éste último de las actuaciones del maquinista sobre el Panel de Conducción.
- ❑ El Panel de Conducción consta de los siguientes elementos:

Velocímetro de doble indicación analógica para mostrar tanto la velocidad real del tren (no procedente del ATP) como la velocidad límite ATP (aquella que el conductor no debe superar). El velocímetro incluye la indicación de velocidad meta (3 dígitos) y distancia meta (barra de LEDs)

Panel repetidor. Ya que el Sistema ATP integra la funcionalidad ASFA, debe incluir los pulsadores e indicadores luminosos propios del ASFA (indicadores de frenar, aspecto V\*, aspecto R, control de velocidad, eficacia, reconocimiento, alarma, rebase autorizado, rearme de freno). Algunos indicadores son también comunes al ATP. Son exclusivos del ATP los indicadores de sobrevelocidad y fin de zona ATP. Como es habitual, y ya tan asumido por los maquinistas, en el ASFA los pulsadores e indicadores luminosos informan y exigen ciertas actuaciones del maquinista, cuando la situación lo requiere. El ATP mantiene la misma filosofía de indicadores y actuaciones.



Teclado y display. Es el medio por el cual el maquinista introduce los datos característicos del tren y selecciona el modo de conducción en el que el ATP va a operar, como se detalla más adelante.

Los datos fundamentales que el ATP necesita para el cálculo de los perfiles de frenado son la capacidad de frenado, velocidad máxima y longitud del tren.

Durante la conducción el ATP presenta al conductor en el display mensajes indicativos del estado del sistema e incidencias propias de la conducción.

## 7. MODOS DE FUNCIONAMIENTO.

Las funciones de protección del tren dependen del modo de conducción que el maquinista haya seleccionado durante la puesta en marcha del equipo embarcado.

Se distinguen los siguientes modos de conducción:

Maniobras.

ASFA Permanente.

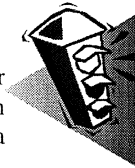
ATP.

En el Modo de Conducción de Maniobras, no es necesario que el maquinista introduzca los datos de configuración del tren, y el sistema supervisa continuamente un límite de velocidad fijado (p.ej. 30 km/h) tanto marcha adelante, como hacia atrás.

Cuando se selecciona el modo ASFA Permanente, el sistema comienza a ejecutar la funcionalidad ASFA de la misma manera que los vehículos que, en la actualidad, van equipados con el ASFA, para líneas donde no exista equipamiento de vía ATP, o para situaciones transitorias de instalación del ATP.

El modo ATP incluye tres funcionalidades diferentes y las transiciones entre ellas. Después de la introducción de datos, comienza a ejecutarse la funcionalidad Velocidad limitada, donde el sistema supervisa una velocidad de 30 Km/h.

Estando en Velocidad limitada, se producirá una transición automática, en marcha, a la funcionalidad ATP o ASFA, cuando se reciba del equipo de vía la información que define la autorización de movimiento del tren. En el caso de funcionalidad ATP, es necesario que el sistema conozca el límite (en distancia) para dicha autorización de movimiento.



En el caso de estar el sistema ejecutando la funcionalidad ASFA al recibirse información de autorización y límite de movimiento ATP, por tanto información coherente de un punto de información, se producirá, automáticamente, la transición ASFA a ATP.

La transición de ATP a ASFA se produce cuando se recibe información del equipo de vía anunciando el fin de zona de ATP. Se exige para esta transición que el tren llegue a una determinada velocidad de transición y que el maquinista reconozca (pulsador) tal circunstancia. También es posible la transición ATP-ASFA, cuando se detecte alguna avería, en la vía o en el tren, que imposibilite la funcionalidad ATP, continuando al amparo de este sistema como modo degradado del sistema.

