



Escola Universitària
Politécnica de Mataró

Enginyeria Tècnica de Telecomunicació: Especialitat Telemàtica

SISTEMES DE TELECOMUNICACIÓ I SENYALITZACIÓ ALS TRANSPORTS PÚBLICS

Daniel Domínguez Gómez

Ponent: Antoni Satué

TARDOR 2008

*Dedicat als meus pares i a en David,
per haver-me donat recolzament i
ànims per a continuar amb la carrera
en els moments més difícils i en els
que m'havia arribat a plantejar la
possibilitat de deixar-ho córrer*

*Agraïments a totes les persones,
empreses i entitats que han
col.laborat en la realització d'aquest
Projecte i en especial al meu ponent
per tota l'ajuda oferta*

* En totes les imatges, esquemes, figures, taules i / o gràfics apareguts al llarg de la memòria d'aquest Projecte s'ha fet referència al seu origen, a excepció de les realitzades pel mateix autor. Si hi ha alguna imatge amb dades errònies es prega comunicar-ho.

RESUM

Avui en dia, amb la massificació de les grans ciutats, el transport públic es la millor sol.lució per a millorar la mobilitat de milions de persones cada dia, ajudant a reduir la contaminació i descongestionant el tràfic de vehicles privats.

Des del moment en que els vehicles inicien el seu servei i fins que el finalitzen, els sistemes de telecomunicació i senyalització juguen un paper molt important pel correcte funcionament d'aquests, establint comunicacions remotes entre dos punts diferents per a transmetre qualsevol tipus d'informació o per assegurar la correcta circulació, evitant així accidents i contratemps.

La finalitat d'aquest projecte es explicar els diferents sistemes de telecomunicació i senyalització utilitzats en els transports públics del nostre país.

Primer de tot es presenten tots els sistemes amb les seves principals característiques i després s'expliquen, de forma més exhaustiva, els corresponents al transport ferroviari i a d'altres tipus de transport, aprofundint en la seva evolució, els components que s'utilitzen i com funcionen. Acte seguit es fa una visió sobre aquests sistemes en un futur. El projecte es complementa amb un estudi de dues infraestructures existents al nostre país que utilitzen algunes de les especificacions en quant a telecomunicació i senyalització estudiades.

RESUMEN

Hoy en día, con la masificación de las grandes ciudades, el transporte público es la mejor solución para mejorar la movilidad de millones de personas cada día, ayudando a reducir la contaminación y descongestionando el tráfico de vehículos privados.

Desde el momento en que los vehículos inician su servicio hasta que lo finalizan, los sistemas de telecomunicación y señalización juegan un papel muy importante para el correcto funcionamiento de estos, estableciendo comunicaciones remotas entre dos puntos distintos para la transmisión de cualquier tipo de información o para asegurar la correcta circulación, evitando así accidentes y contratiempos.

La finalidad de este proyecto es explicar los diferentes sistemas de telecomunicación y señalización utilizados en los transportes públicos de nuestro país.

Primero de todo se presentan todos los sistemas con sus principales características y después se explican, de manera más exhaustiva, los correspondientes al transporte ferroviario y a otros tipos de transporte, profundizando en su evolución, los componentes que se utilizan y cómo funcionan. Acto seguido se ofrece una visión sobre estos sistemas en un futuro. El proyecto se complementa con un estudio de dos infraestructuras existentes en nuestro país que utilizan algunos de los sistemas de telecomunicación y señalización estudiados.

ABSTRACT

Today, with the massification of big cities, public transports are the best solution to improve the mobility of million people every day, helping to reduce pollution and making easier private traffic.

Right from the start to the end of transport service, telecommunication and signaling systems are essential for their smooth runnings, establishing remote communications between two different points to transmit any information or to ensure the right circulation, avoiding accidents or setbacks.

The aim of this project is to announce the different systems of telecommunication and signaling used in public transports of Spain.

First of all it presents all the systems with its main characteristics and then explains more exhaustive the systems corresponding to the railway transport and to another kind of transports, emphasizing its evolution, used components and how it works. Next it explains the evolution of these systems in the future. The entire project is complemented by a study of two infrastructures existing in our country which put into practice some of the telecommunication and signaling systems studied.

ÍNDEX

1. OBJECTIUS	1
2. INTRODUCCIÓ	3
2.1. SISTEMES DE TELECOMUNICACIÓ	3
2.1.1. GSM-R	3
2.1.2. DVB-RCS	5
2.1.3. TAULA COMPARATIVA	6
2.2. SISTEMES DE SENYALITZACIÓ	7
2.2.1. ERTMS	7
2.2.2. ASFA	8
2.2.3. EBICAB	10
2.2.4. ETCS	12
2.2.5. LZB	14
2.2.6. PZB	16
2.2.7. TVM	18
2.2.8. ATP	19
2.2.9. FAP	21
2.2.10. ATO	23
2.2.11. ATS	25
2.2.12. AVL	27
2.2.13. GAS	28
2.2.14. TAULA COMPARATIVA	30
2.3. SISTEMES DE GESTIÓ	31
2.3.1. SAE	31
3. APLICACIÓ AL TRANSPORT FERROVIARI	35
3.1. SISTEMES DE TELECOMUNICACIÓ AL TRANSPORT FERROVIARI	35
3.1.1. GSM-R	35
3.1.2. DVB-RCS	47

3.2. SISTEMES DE SENYALITZACIÓ AL TRANSPORT FERROVIARI	52
3.2.1. ETCS	52
3.2.2. ERTMS	62
3.2.3. ASFA	77
3.2.4. ATP	86
4. APLICACIÓ A ALTRES TRANSPORTS	97
4.1. SISTEMES DE TELECOMUNICACIÓ A ALTRES TRANSPORTS	97
4.1.1. DVB-RCS	97
4.2. SISTEMES DE SENYALITZACIÓ A ALTRES TRANSPORTS	101
4.2.1. AVL	102
4.2.2. GAS	111
5. ESTUDI D'INFRASTRUCTURES	117
5.1. SISTEMA ERTMS LAV MADRID - BARCELONA	117
5.2. SISTEMA ATP TRAMVIA DE BARCELONA (TRAMBESÒS)	121
6. CONCLUSIONS	131
ANNEX I. SENYALITZACIÓ FERROVIÀRIA VERTICAL	135
ANNEX II. ACCIDENT DE METRO A VALÈNCIA	140
ANNEX III. INAUGURACIÓ TÚNEL URBÀ AMB ERTMS	143
ANNEX IV. SISTEMA GPS	146
ANNEX V. PROJECTE CITYMOBIL	149
ANNEX VI. GLOSSARI D'ACRÒNIMS	154
BIBLIOGRAFIA	159

1. OBJECTIUS

En els temps que corren i amb la massificació que sofreixen les grans ciutats avui en dia, els transports públics suposen una bona sol.lució per a millorar la mobilitat de milions de persones cada jornada, les quals es desplacen per anar a treballar, a estudiar, de compres, a sopar fora de casa, etc..., ajudant també a reduir la contaminació i a guanyar temps als usuaris en determinats recorreguts, apart de descongestionar el tràfic de vehicles privats que circulen pels carrers.

Des del moment en que els vehicles inicien el seu servei i fins que el finalitzen, els sistemes de telecomunicació i senyalització juguen un paper molt important per al seu funcionament, encarregant-se d'establir una comunicació remota entre dos punts diferents per a transmetre qualsevol tipus d'informació (sistemes de telecomunicació) o per a assegurar la correcta circulació i evitar accidents o contratemps (sistemes de senyalització). Sovint, a no ser que l'usuari sigui un aficionat o conegui el món ferroviari, aquest paper fonamental passa desapercbut per a la gran majoria, els quals potser pensen que el conductor té domini total sobre els moviments del vehicle i que aquest pren totes les decisions, que el vehicle no rep cap tipus d'informació des del centre de control o que, si ho fa, es a través d'un telèfon mòbil de l'empresa o qualsevol altre cosa que se'ls pugui acudir i que potser, en el pitjor dels casos, no podríem arribar a imaginar.

La meua curiositat front a aquestes situacions, el ser usuari habitual dels transports públics (principalment tren, tramvia i metro) i una petita afició i, alhora fascinació pel món ferroviari, m'han portat a realitzar un estudi sobre els sistemes que utilitzen els transports a l'hora de rebre o transmetre informació i la manera en que s'organitza el tràfic d'aquests, resultant el treball que es presenta a continuació.

Com ja s'ha comentat en el paràgraf anterior, l'objectiu d'aquest treball es donar a conèixer els diferents sistemes de telecomunicació i senyalització que s'utilitzen en els transports públics de les mitjanes i grans ciutats del nostre país (trens, metro, autobusos, tramvies, taxis, etc...), malgrat que també es farà menció a alguns que es fan servir a d'altres països.

En el segon capítol es presenten tots els sistemes amb les seves característiques principals i a continuació, dos capítols més en els que es fa un estudi més exhaustiu dels que corresponen al transport ferroviari i dels que corresponen a altres tipus de transport.

En el tercer capítol s'aprofundeix en els sistemes més importants que corresponen al transport ferroviari, destacant-ne la seva evolució, característiques principals, components, mode de funcionament, subministradors principals del material i la implementació d'aquests a casa nostra.

En el quart capítol es fa el mateix que en el tercer, però aquest cop orientat a transports que no son de tipus ferroviari, on també es destaca l'evolució, les característiques principals, els components, el funcionament i la implementació d'aquests al nostre país.

Ja en el cinquè i últim capítol es parla de dues infraestructures existents en el nostre territori que apliquen alguns dels sistemes de senyalització o telecomunicació vistos al llarg dels capítols anteriors, destacant-ne el material utilitzat, les companyies que han intervingut, els costos d'instal.lació d'aquests sistemes, etc... . El que s'intenta amb aquest apartat es trobar un complement de la part teòrica explicada que la faci més entenedora i amena per a les persones que puguin consultar aquest treball.

Els resultats esperats al finalitzar la realització del treball son que es coneguin els sistemes de telecomunicació i senyalització més importants utilitzats als transports públics del nostre país, les seves principals avantatges i inconvenients i unes nocions sobre el seu mode de funcionament. També s'ha de conèixer la manera com s'han implementat dos dels sistemes comentats a dues infraestructures del nostre territori, malgrat que amb tenir una idea d'aquesta informació ja n'hi ha prou. Per acabar, mitjançant la visió de futur dels sistemes que es presenta a l'apartat de conclusions, es pot saber també que ens deparen els propers anys en quant a aquest tema es refereix, coneixent alguns dels projectes que s'han engegat o es té intenció d'engagar d'aquí a poc o la manera en que evolucionaran els ja existents.

2. INTRODUCCIÓ

Els sistemes de telecomunicació i senyalització dins els transports públics porten a terme una important tasca, malgrat que pocs usuaris se n'adonen d'aquest paper fonamental. Són capaços tant de proporcionar seguretat en la circulació dels mateixos com de regular-los, optimitzant la seva capacitat de transport de passatgers.

En els següents apartats es farà una aproximació a la majoria de sistemes dels dos tipus (telecomunicació i senyalització) que conviuen al nostre país, donant una petita definició de cadascun, una referència al seu mode de funcionament, les característiques fonamentals dels mateixos i fent cinc cèntims dels llocs on s'apliquen a l'actualitat. Per acabar també he cregut convenient fer una petita menció als sistemes de gestió, ja que es poden considerar els que estan per davant dels anteriors, perquè un cop funciona la senyalització i les comunicacions són possibles, es porta a terme un procés de gestió per tal d'optimitzar el funcionament, les freqüències de pas i les capacitats dels diferents sistemes de transport.

2.1 - Sistemes de telecomunicació

Els sistemes de telecomunicació s'encarreguen d'establir una comunicació remota entre dos punts diferents per tal de transmetre qualsevol tipus d'informació.

A continuació es fa referència als sistemes *GSM-R* i *DVB-RCS* i al final s'ofereix una taula comparativa entre aquests dos.

2.1.1 - GSM-R

El *Global System for Mobile Communications - Rail* o **Sistema Global de Comunicacions Mòbils per a Ferrocarrils** es tracta d'una adaptació pel món del ferrocarril del sistema de

comunicacions basat en l'estàndard *GSM (Global System for Mobile Communications)* utilitzat pels telèfons mòbils quotidians.

Aquest sistema utilitza unes freqüències reservades dins la banda del *GSM-900*: dels 876 MHz. als 880 MHz. per a l'enviament d'informació (*uplink*¹) i dels 921 MHz. als 925 MHz. per a la recepció (*downlink*²), evitant així que es produeixin interferències amb les xarxes *GSM* públiques. Es tracta de, junt amb el sistema de senyalització *ECTS*, d'un dels components de l'especificació a nivell europeu *ERTMS*.

Els avantatges a destacar serien:

- La informació es va enviant de forma continuada cap els Centres de Tràfic Centralitzat (els anomenats *CTC*) gràcies a les estacions de telecomunicacions que hi ha al llarg del recorregut de les línies ferroviàries.
- Com a tecnologia digital permet ampliar l'interoperativitat i prestar més serveis.
- El correcte funcionament d'aquesta especificació està garantida fins a velocitats de 500 Km./h..
- Saber la posició del tren en cada moment podria portar a treballar amb un sistema en el que s'eliminessin tot tipus de senyals i balises, ja que les distàncies de seguretat vindrien definides pel mateix tren en funció de la seva velocitat i aquestes dades s'enviarien als altres combois, marcant-los la velocitat màxima a la que poden circular per evitar qualsevol tipus de col·lisió.
- Com que es basa en la tecnologia *GSM* ja existent, no cal aplicar-la des de zero, només heretar les característiques d'aquesta i adaptar-la a les noves necessitats.
- El seu baix cost en comparació amb d'altres tecnologies.

¹ Uplink: Enllaç de tipus ascendent generat des d'un punt cap a l'altre per a l'enviament d'informació.

² Downlink: Enllaç de tipus descendent generat des d'un punt cap a un altre per tal de rebre qualsevol informació.

- Possibilita la unificació de varies xarxes ferroviàries del món en una de sola gràcies a la seva versatilitat.

Aquesta tecnologia digital ja està implementada dins un gran nombre de països europeus, com per exemple Espanya, França, Regne Unit, Alemanya, Països Baixos, Bèlgica, Suïssa, Suècia, Noruega, Finlàndia, etc... i poc a poc es va introduint a d'altres països del món com ara la Xina, l'Índia o Aràbia Saudí.

2.1.2 - DVB-RCS

Les sigles anteriors corresponen al sistema *Digital Video Broadcast - Return Channel by Satellite* o del català **Distribució de Vídeo Digital - Retorn del Canal per Satèl.lit**. Es tracta d'un estàndard a nivell europeu que permet aplicacions de tipus interactives i bidireccionals³ a través de les xarxes i sistemes de satèl.lits.

En utilitzar aquest sistema de telecomunicació, la transmissió i recepció de les dades es realitza a través d'enllaços via satèl.lit i sense la necessitat d'un canal de retorn de tipus terrestre, oferint així una solució normalitzada per a integrar aquest en la mateixa xarxa que s'ha utilitzat per a la recepció.

Les característiques que fan d'aquest un sistema especial es descriuen a continuació:

- Tant la transmissió com la recepció de les dades es realitza a través d'enllaços connectats via satèl.lit.
- L'estructura del sistema generalment es basa en una topologia del tipus estrella, on l'element central es el satèl.lit i després es troben múltiples terminals receptors i transmissors a la superfície terrestre.

³ Bidireccional: Que permet la transmissió d'informació en les dues direccions (d'un element a l'altre i a l'inrevés).

- Pot treballar en tres tipus de bandes de transmissió depenent el tipus de freqüències utilitzades: la banda *C*, la *Ku* i la *Ka*.

Aquest estàndard obert va ser definit el mes de Maig de l'any 2000 per l'empresa *SES (Société Européenne des Satellites)*, de Luxemburg i es va començar a introduir en el mercat de les telecomunicacions el Novembre de l'any 2001. En l'actualitat, l'empresa *Alcatel* col.labora amb *SES* per tal d'oferir solucions sota aquest estàndard.

2.1.3 - TAULA COMPARATIVA

A la Taula 2.1.3.1 que hi ha a continuació es pot veure un resum dels sistemes de telecomunicació tractats en els apartats anteriors, tot destacant l'any en que van entrar en funcionament i els països en els que s'utilitzen actualment:

Sistemes de Telecomunicació als transports públics:		
Sistema	Any entrada funcionament	Països que l'utilitzen
DVB-RCS	2000	Espanya, Regne Unit, França, Itàlia, Alemanya, Bèlgica, Suïssa, Irlanda, Luxemburg, Rússia, Estats Units i Xina
GSM-R	2003	Espanya, França, Regne Unit, Itàlia, Alemanya, Bèlgica, Suïssa, Suècia, Noruega, Finlàndia, Dinamarca, Irlanda, Hongria, Luxemburg, Polònia, Rússia, Eslovènia, Estats Units, Austràlia, República Txeca, Àustria, Croàcia, Xina, Índia i Aràbia Saudí

Taula 2.1.3.1 - Taula comparativa Sistemes de Telecomunicació

2.2 - Sistemes de senyalització

Els sistemes de senyalització s'encarreguen de transmetre informacions des d'un punt determinat al conductor per tal d'assegurar la correcta circulació i evitar qualsevol tipus d'accident o contratemps.

A continuació es fa referència a alguns dels sistemes més utilitzats (*ERTMS*, *ASFA*, *ETCS*, *ATP*, etc...) i a d'altres que no tant (*EBICAB*, *LZB*, *TVM*, *GAS*, *AVL*, etc...). Al final de l'apartat s'ofereix una taula comparativa entre tots els sistemes tractats.

2.2.1 - ERTMS

Sistema desenvolupat a nivell dels països europeus, les sigles del qual provenen de les paraules angleses *European Railway Traffic Management System*, que signifiquen **Sistema de Gestió del Tràfic Ferroviari Europeu**.

Es tracta d'un conjunt d'especificacions comuns que s'estan desenvolupant actualment per a la gestió del tràfic de les línies de ferrocarril de transport europees. Les característiques que aquest presenta son fixades per la *UNISIG* (*Union Industry of Signaling* o Unió de la Indústria de la Senyalització) i controlades per l'*ERA* (*European Railway Agency* o Agència Europea del Ferrocarril) d'acord amb la *UIC* (*Union Internationale des Chemins de Fer* o Unió Internacional de Ferrocarrils).

Els principals objectius del *ERTMS* son els següents:

- Millorar decisivament la interoperativitat⁴ del material rodat definint un estàndard tècnic de senyalització i seguretat que permeti superar les diferències que existeixen entre els diferents països europeus.

⁴ Interoperativitat: Condició mitjançant la qual sistemes heterogenis poden intercanviar-se processos o dades.

- Augmentar la capacitat de les línies reduint l'interval de temps entre trens.
- Augmentar els nivells de seguretat dins i fora dels vagons.
- Reduir les despeses que es deriven de la construcció d'instal·lacions fixes o de passar de sistemes propietaris⁵ que fan que els mercats siguin de tipus captius⁶ a d'altres d'oberts i competitius.

Els seus orígens daten de l'any 1996, quan diverses companyies membres de la *UNISIG* van decidir treballar en el seu desenvolupament, el qual ha estat i segueix sent difícil i porta acumulats múltiples retards, tot i contar amb subvencions per part de la Comunitat Europea, interessada també en que aquest projecte tiri endavant.

2.2.2 - ASFA

Sistema desenvolupat a Amèrica per la companyia *Westinghouse Air Brake Company* (*Wabco*) però que s'utilitza exclusivament al nostre país, les sigles del qual signifiquen **Anunci de Senyals i Frenada Automàtica**.

Utilitzat únicament pel tràfic ferroviari, es tracta d'un conjunt de processos basats en la repetició de senyals dins la cabina mitjançant la transmissió puntual entre les vies i la locomotora per a assegurar que es compleixen les ordres que s'estableixen en les senyals convencionals i que també compta amb certes funcions de control sobre el tren. Compost per una sèrie d'equips instal·lats a la via (emissors) i a la part de sota del tren (receptors), els primers s'encarreguen d'informar al comboi de l'estat dels senyals i de les restriccions sobre la seva marxa al pas per determinats punts que reben el nom de balises (veure a continuació Figura 2.2.2.1). Un cop transmeses, el maquinista ha de reconèixer la seva

⁵ Sistema propietari: Sistema que utilitza únicament les seves instal·lacions i que no és compatible amb les dels demés.

⁶ Sistema captiu: Sistema que només funciona si s'implementa la seva pròpia infraestructura, sense capacitat per a poder operar amb les d'un altre de diferent.

recepció, però si no ho fa després de pocs segons o el vehicle no porta una velocitat adequada en referència a les condicions imposades pel senyal, l'equip ASFA acciona la frenada d'emergència, aturant el tren.



Figura 2.2.2.1 - Balisa ASFA a la línia de Rodalies Barcelona - Mataró

Alguns avantatges destacables d'aquest sistema son els següents:

- Com que es tracta d'un sistema modern, es poden utilitzar “*transponders*”⁷ d'alta freqüència, fet que permet la transmissió de més dades de la via cap al comboi. El sistema només utilitza 5 dades, però es permeten fins a 9 de diferents.
- Al pas d'una senyal vertical lateral (veure més informació a l'Annex I), a diferència d'altres sistemes de senyalització, l'advertència al maquinista es realitza mitjançant un avís de tipus acústic i, en certes ocasions, lluminós, fet que provoca que el conductor no hagi de tenir un alt nivell d'atenció per al seu posterior reconeixement.
- Apart de tractar-se d'un sistema de senyalització, inclou aspectes relacionats amb la seguretat, donat que en cas de que el maquinista no reconegui la recepció de les senyals laterals o que la velocitat del comboi no s'adeqüi a les condicions imposades per aquesta, l'equip acciona la frenada d'emergència per tal d'aturar el tren.

⁷ Transponder: Dispositiu encarregat de recepcionar, amplificar i retransmetre un senyal en una banda diferent a la que s'ha rebut.

Els orígens d'aquest sistema daten dels anys 70, moment en que la companyia *Westinghouse Air Brake Company (Wabco)* es va adjudicar el concurs convocat per la companyia espanyola *RENFE* (REd Nacional de Ferrocarriles Españoles) per a tal efecte, però no va ser fins a l'any 1978 quan realment va començar a entrar en servei, molt més tard que altres administracions ferroviàries europees que ja havien generalitzat abans sistemes simples de senyalització dina la cabina i frenada d'emergència.

2.2.3 - EBICAB

Sistema per al control ferroviari d'alta velocitat desenvolupat per la multinacional *Ericsson* per a varis països europeus (Suècia, Noruega, Portugal, Bulgària i Espanya).

Es tracta d'un sistema que ofereix una supervisió semi continua de la velocitat dels trens mitjançant la transmissió d'informació puntual a través de balises⁸ instal.lades a les vies (veure Figura 2.2.3.1) i que dota a aquests d'una autèntica protecció. Existeixen dues versions d'aquest sistema: *EBICAB 900* i *EBICAB 700*.

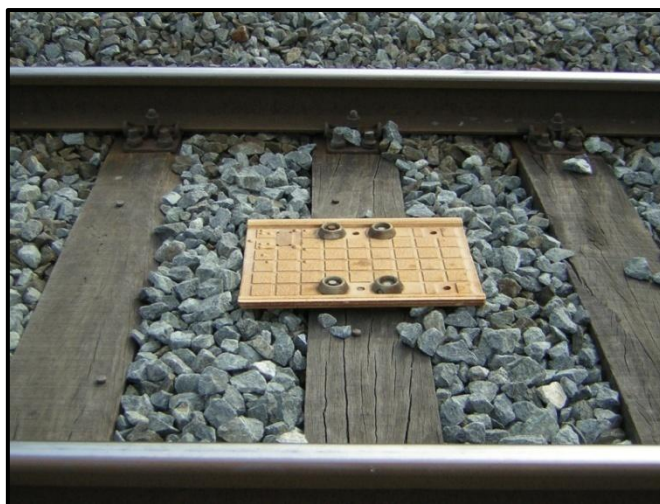


Figura 2.2.3.1 - Balisa EBICAB instal.lada al Corredor ferroviari mediterrani

(Font: *Ferropedia* - Article "EBICAB")

⁸ Balisa: Dispositiu emissor de senyals electromagnètiques que son recollides per un captador situat sota els vehicles.

EBICAB 900 es un sistema utilitzat al Corredor Mediterrani espanyol que fa us de balises instal·lades a les vies i equips informàtics dalt del tren. Les primeres contenen codificadors de senyal al seu interior o enclavaments electrònics que, al pas del tren, reben energia d'aquest i mitjançant l'antena receptora que incorporen a la part inferior, es transmet la informació entre els dos elements (emissor i receptor) utilitzant un sistema inductiu o de comunicació en sèrie, permetent la transmissió de paquets amb un màxim de 255 bits.

EBICAB 700 s'utilitza a Suècia, Noruega, Portugal i Bulgària. La seva principal diferència en relació amb l'anterior es que aquest només pot transmetre paquets de 12 bits útils d'un total de 32 bits i que admet fins a 5 balises passives per cada senyal transmesa.

Avantatges a tenir en compte per aquest sistema poden ser els següents:

- Permet ser aplicat a trens d'alta velocitat.
- Com que de vegades s'utilitzen enclavaments electrònics, la quantitat d'informació que es transmet es molt major en relació amb d'altres sistemes.
- El conductor pot introduir dins els sistemes del comboi característiques com per exemple la identificació del tren, la seva longitud, el tipus de velocitat, la velocitat màxima, característiques de la frenada i pressurització del tren.
- El maquinista pot rebre indicacions visuals sobre el límit de velocitat establert, si ha sobrepassat aquest, alarmes de tot tipus, permís de pas, preavis de frenada, etc... .
- Es poden implementar restriccions de velocitat permanents, temporals o en situacions d'emergència mitjançant la utilització de balises no concatenades.

Aquest sistema es tracta d'una derivació del sistema *SLR* per a la transmissió d'informació desenvolupat també per la companyia *Ericsson* (veure Figura 2.2.3.2 a la plana següent).



Figura 2.2.3.2 - Antic panell de control de cabina SLR
(Font: Wikipedia - Article "SLR")

2.2.4 - ETCS

Les seves sigles provenen de les paraules *European Train Control System* (**Sistema de Control Ferroviari Europeu**) i s'utilitza únicament per als transports ferroviaris, mostrant un especial interès per les línies d'alta velocitat.

Aquesta especificació es va escriure l'any 1996 en resposta a una proposició de la Directiva del Consell de la Unió Europea sobre la interoperativitat del sistema ferroviari transeuropeu d'alta velocitat. Aquesta necessitat va sorgir degut a que les xarxes de ferrocarril europees han evolucionat de forma separada i independents entre si, amb poques característiques en comú (notables diferències en quant a senyalització, sistemes de control i tensions de funcionament) tret de les que s'atribueixen a la utilització la maquinària i els mecanismes estàndard. El sistema es divideix en quatre nivells funcionals i d'aplicació: *ETCS - Nivell 0*, *ETCS - Nivell 1*, *ETCS - Nivell 2* i *ETCS - Nivell 3*.

ETCS - Nivell 0: no es tracta ben be d'un sistema en si, simplement es la manera d'anomenar un comboi equipat amb el sistema de senyalització *ETCS* que circula per una ruta on aquestes especificacions no estan implementades.

ETCS - Nivell 1: sistema de senyalització dins la cabina que pot funcionar de manera complementària i sense interferir en relació amb el ja existent.

ETCS - Nivell 2: sistema de protecció i senyalització basat en transmissions de ràdio digitals que permet prescindir de la senyalització de la via.

ETCS - Nivell 3: sistema amb el que es té informació exacta de la posició i integritat de cada tren mentre duri el seu trajecte.

Alguns avantatges a destacar d'aquest sistema podrien ser:

- Pot funcionar de manera complementària a un sistema de senyalització ja existent, sense interferir en el seu funcionament.
- Gràcies a la monitorització⁹ continua de la senyalització de la via i de dades sobre el trajecte en punts fixos que subministren les balises instal·lades a les vies (veure Figura 2.2.4.1), l'ordinador pot calcular la velocitat màxima i la corba de frenada¹⁰, garantint així la seguretat a bord.



Figura 2.2.4.1 - Balisa ETCS
(Font: Ferropedia - Article "ETCS")

⁹ Monitorització: Consisteix en controlar aspectes concrets d'alguna cosa de forma continua i visualitzant els valors obtinguts.

¹⁰ Corba de frenada: Relació entre la longitud i el temps que triga un vehicle en assolir la velocitat zero i parar-se per complet depenent de la velocitat a la que circuli en un moment determinat.

- Gràcies a les transmissions de ràdio digitals es pot prescindir de la senyalització lateral de la via.
- Permet als trens informar automàticament de la seva posició exacta en intervals regulars al Centre de Ràdio - Bloqueig (*RBC*), el qual monitoritza el moviment d'aquests de manera contínua.
- Gràcies al coneixement de l'estat de les vies, de la posició exacta dels trens i de la integritat d'aquest durant tot el trajecte es permet augmentar l'ocupació de les línies.

ETCS es desenvolupa dins la iniciativa *ERTMS* (*European Rail Traffic Management System* o Sistema de Gestió del Tràfic Ferroviari Europeu) i es porta provant en algunes línies ferroviàries del nostre país des de l'any 1999, malgrat que ciutats com Hongria i Itàlia el tenen operatiu des de finals del 2005.

2.2.5 - LZB

L'acrònim *LZB* prové de les paraules alemanyes *Linien Zug Beeinflussung*, que significa **Control Continu del Tren** i s'utilitza per a denominar un tipus de sistema de seguretat per al control del tràfic ferroviari.

Es tracta d'un conjunt d'especificacions per a trens d'alta velocitat proposades a Alemanya per la multinacional *Ericsson* i dirigides a empreses ferroviàries d'allà, a altres d'Àustria i també a alguns trams de via del nostre país. Consisteix en un sistema que presenta al maquinista, de forma continuada, tota la informació que es necessita per a conduir el tren, controlant alhora els paràmetres de velocitat per a que, en cas de sobrepassar-la, es produeixi la frenada automàtica del tren.

Entre els avantatges més importants d'aquesta tecnologia es troben els següents:

- A través del punt de control es reben informacions sobre l'estat de la línia en cada moment i del tren en particular que hi està circulant.
- El conjunt de totes les dades generen instruccions que es transmeten als trens que circulen per aquelles vies mitjançant els llaços¹¹ continguts a les vies (veure Figura 2.2.5.1), les quals son rebudes pels maquinistes que els condueixen a través del panell de control de la cabina (veure Figura 2.2.5.2).



Figura 2.2.5.1 - Llaços LZB al llarg de les vies
(Font: Wikipedia - Article "LZB")



Figura 2.2.5.2 - Panell de control de cabina LZB
(Font: Ferropedia - Article "Linien Zug Beeinflussung")

¹¹ Llaços de via: Dispositius semblants a les balises que transmeten informació a través de les vies i després aquesta es captada per els trens

- Es pot utilitzar aquest sistema per a activar la frenada automàtica en cas de que la velocitat del tren sigui superior a la permesa i també per a d'altres funcions que poden passar desapercebudes per a l'usuari, com per exemple l'encesa dels llums de l'interior del comboi en entrar dins un túnel, el tancament de les trapes de recirculació de l'aire acondicionat per evitar canvis de pressió o l'entrada de males olors en determinades zones de la línia.

Les primeres proves amb aquest sistema es van dur a terme l'any 1963 dins la xarxa *Inter City Express (ICE)* d'Alemanya i a partir del 1974 es va començar a implementar a línies d'altres països, entre els que s'inclou Espanya i més concretament algunes línies de rodalies.

2.2.6 - PZB

Les sigles corresponen a les paraules alemanyes *Punktförmige Zug Beeinflussung*, que traduït al català resulta ser **Control Puntual del Tren** i es tracta d'un sistema de seguretat per al control del tràfic ferroviari.

Basant-se en un conjunt d'especificacions que té com a principals elements uns imants ressonants situats a les vies (veure Figura 2.2.6.1 al final de la plana següent) i els que emeten constantment camps magnètics situats a la part inferior del comboi (veure Figura 2.2.6.2 al final de la plana següent), es pot fer que un tren passi a partir d'un determinat punt (l'imant de la via no pot ressonar i es troba inactiu), considerant via lliure o que aquest no pugui rebassar-lo (l'imant de la via ressona i es troba en actiu), activant senyals òptiques per al maquinista a la cabina o la frenada d'emergència.

Avantatges importants d'aquest sistema es passen a descriure a continuació:

- Donat que l'imant de la via obté l'energia per inducció amb el del comboi, en cas de que el subministrament energètic es talli, el sistema segueix funcionant.

- Al treballar amb diverses freqüències, cadascuna d'elles s'utilitza per a supervisar diversos aspectes: les senyals avançades (a 1000 Hz.), la velocitat depenent del tipus de tren (a 500 Hz.) i les senyals principals (a 2000 Hz.).
- Es permet al maquinista especificar determinats paràmetres del tren, com per exemple el tipus de comboi i les característiques de frenada.

A dia d'avui, aquest sistema s'utilitza a països com Alemanya i Àustria per a línies que poden assolir fins a un màxim de 160 Km./h.. Des de la seva introducció, allà l'any 1934, les instal·lacions fixes no han canviat gaire, malgrat que si que ho han fet els aparells de cabina, els quals han anat canviant a mida que es podien instal·lar versions de software que presentaven una major complexitat en la seva manera de funcionar o treballar.



Figura 2.2.6.1 - Imants ressonants PZB a les vies
(Font: Ferropedia - Article "PZB")



Figura 2.2.6.2 - Imant ressonant PZB sota els combois
(Font: Ferropedia - Article "PZB")

2.2.7 - TVM

Les seves sigles signifiquen *Transmission Voie-Machine* (**Transmissió de la Via al Tren**) i es tracta d'un sistema de senyalització a cabina (veure Figura 2.2.7.1) utilitzat únicament per a les línies de ferrocarril d'alta velocitat de França.



Figura 2.2.7.1 - Panell de control de cabina TVM

(Font: Google Images - images.google.es)

Com d'altres ja comentats, aquest mètode s'utilitza per al control dels trens, amb la diferència de que per a aquest, la informació es transmet a través d'impulsos elèctrics enviats per les vies, sent rebuts per les antenes que van col·locades sota els combois. Gràcies a l'ordinador de bord es descodifiquen els senyals, proporcionant informació al maquinista sobre la velocitat a la que es circula en aquell precís instant, la velocitat que es vol assolir (veure Figura 2.2.7.2) i algunes indicacions sobre l'aturada o la marxa.



Figura 2.2.7.2 - Indicador de velocitat màxima al panell de control de cabina

(Font: Wikipedia - Article "*Transmission Voie - Machine*")

Els punts forts d'aquest sistema es descriuen a continuació:

- Les característiques d'aquest mètode fan que tingui un alt grau d'automatització. Gràcies a aquest aspecte es podria arribar a eliminar la figura del conductor en els trajectes, degut a que existeixen suficients garanties de que un tren arribi a determinada estació mitjançant la informació que es subministra.
- El sistema es pot donar en dos estats: permissiu i no permissiu. En el primer, el maquinista no necessita d'autorització per a poder actuar, mentre que en el segon haurà d'obtenir el permís del centre de control. Tot plegat, de vegades, es tradueix en una optimització del temps.

Aquest mètode va ser desenvolupat pel grup francès de transports *CSEE*, fàcilment visible gràcies al seu llampant indicador sota els senyals verticals (veure Figura 2.2.7.3) i fins fa poc es tractava d'un dels sistemes més avançats del món, malgrat que ja ha quedat desfasat pel material base que utilitza: els relés¹².



Figura 2.2.7.3 - Indicador de senyal vertical TVM
(Font: Wikipedia - Article "Transmission Voie - Machine")

2.2.8 - ATP

El nom d'aquest sistema prové de les paraules *Automatic Train Protection* o **Protecció Automàtica del Tren** i s'encarrega de supervisar la conducció de trens per tal d'evitar qualsevol tipus de problema durant els trajectes que portin a terme.

¹² Relé: Aparell format per un electroimant que al rebre un corrent elèctric estableix altres connexions de tipus elèctriques.

El sistema funciona a partir de balises instal·lades a les vies que transmeten al comboi informació sobre l'estat del recorregut i la velocitat màxima permesa en aquell punt, el qual les recull gràcies a l'antena que porta integrada a la part inferior (veure Figura 2.2.8.1). La informació anterior sumada a la que recull el taulell de control del tren (velocitat a la que es circula en aquell moment i posició exacta) provoca que s'adverteixi al conductor de possibles problemes en el trajecte, per la qual cosa, si aquest no respon, el sistema actuarà per garantir la seguretat dels viatgers.



Figura 2.2.8.1 - Antena receptora ATP sota els combois
(Font: Web no oficial del tramvia de Catalunya - www.tramvia.org)

Els aspectes a destacar sobre aquest sistema són:

- Indica al conductor del comboi la velocitat màxima permesa per a cada tram del recorregut realitzat i controla que aquest no l'excedeixi (en cas de que ho faci s'activarà la frenada d'emergència).
- Entre d'altres, el sistema està capacitat per a activar la frenada d'emergència del tren, eludir l'obertura de portes en llocs no indicats, de no deixar que es depassi un semàfor en vermell o d'evitar la col·lisió de dos combois.

Les especificacions descrites en aquest sistema s'utilitzen a països com el Regne Unit, Irlanda i Austràlia des de principis dels anys 90, arran de varis accidents ocorreguts durant els dos anys anteriors, els quals es van saldar amb un gran nombre de víctimes i ferits. A partir d'aquell moment, es va començar a treballar en un model de control per als trens, estenent-se anys després a altres països. A casa nostra, empreses com *Transports Metropolitans de Barcelona (TMB)*, *TRAM Barcelona* o *Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC)* l'utilitzen per al control de les seves flotes ferroviàries.

2.2.9 - FAP

El significat d'aquest acrònim es **Frenada Automàtica Puntual** i es tracta d'un sistema de senyalització utilitzat en algunes línies del sistema ferroviari per a controlar la velocitat i per a informar al conductor del comboi.

El sistema, al igual que la majoria dels utilitzats en el transport ferroviari, funciona a partir de balises instal·lades a les vies (veure Figura 2.2.9.1) que transmeten informació al maquinista i disposen d'un dispositiu que paralitza el tren en cas de que el comboi continuï el recorregut tot i que el semàfor es mostri amb el disc de color vermell.



Figura 2.2.9.1 - Balisa FAP

(Font: Google Images - images.google.es)

Entre els seus avantatges es pot parlar dels següents:

- Indica al conductor del comboi la velocitat màxima permesa per a cada tram del recorregut realitzat.
- Entre d'altres, el sistema està capacitat per a activar la frenada d'emergència del tren, de fer respectar al conductor les distàncies de seguretat o de no deixar que es depassi un semàfor en vermell.

Però en el cas d'aquest sistema s'ha de parlar d'un gran desavantatge que ha fet que es vagin implementant altres formes de senyalització i control a les línies que contaven amb ell fins fa poc, el fet de que no s'adverteixi al conductor del perill d'objectes caiguts i que no controli que el conductor del comboi excedeixi la velocitat màxima permesa. Aquests dos importants problemes comporten que hagi de ser el propi maquinista el que determini com es fa el recorregut en funció del seu traçat i es ell també qui ha de reaccionar davant la presència d'un obstacle no esperat en el trajecte.

Actualment, cap línia de metro ni ferrocarril de l'estat espanyol té implementat aquest sistema degut a la falta de seguretat que suposa. Cal destacar que les que hi restaven van evolucionar al sistema *ATP* (*Automatic Train Protection* o Protecció Automàtica del Tren) arrel d'un greu accident ocorregut al Metro de València el Juliol de l'any 2006 (44 morts i 47 ferits en descarrilar un comboi a una corba d'entrada a l'estació, veure Annex II per a més informació) i d'altre no tan greu a la localitat Mallorquina de Manacor al Maig d'aquest any 2008 (9 ferits en entrar un comboi a una velocitat excessiva a una estació terminal i xocar contra les tanques). Les següents figures (Figura 2.2.9.2 i Figura 2.2.9.3 que es mostren a la plana següent) corresponen a una instantània presa de cadascun d'aquests accidents:



Figura 2.2.9.2 - Un dels combois del Metro de València després de l'accident
(Font: El Mercantil Valenciano)



Figura 2.2.9.3 - Tasques de retirada del comboi afectat a Manacor
(Font: Agència EFE)

2.2.10 - ATO

Les sigles corresponen a les paraules angleses *Automatic Train Operation* o en el nostre idioma **Operació Automàtica del Tren** i fan referència a un sistema ferroviari que governa el tren de forma automàtica, sense la intervenció del conductor (veure Figura 2.2.10.1 a la plana següent).



Figura 2.2.10.1 - Panell de control de cabina ATO

Font: Google Images - images.google.es)

Aquesta manera de conducció compta amb la supervisió constant del sistema de senyalització *ATP* (*Automatic Train Protection* o Protecció Automàtica del Tren), del qual ja s'ha parlat anteriorment i que fa que el comboi no s'excedeixi de la velocitat màxima permesa en cadascun dels trams pels que circula durant el trajecte. El conductor, que de moment es troba dins la cabina (ja es veurà com evoluciona el sistema amb el pas dels anys), simplement es limita a supervisar, a obrir i tancar les portes dins les estacions en les que té parada el tren i a posar en funcionament el sistema després de casa estació.

Entre d'altres beneficis, el sistema *ATO* presenta els següents avantatges:

- Redueix el temps de trajecte entre estacions degut a que apura al màxim la velocitat màxima marcada pel sistema *ATP* però mai la sobrepassa, per la qual cosa el passatge ja no ha de patir les típiques frenades a la meitat del túnel.
- La frenada és uniforme i el que fa es que el mateix sistema regula la velocitat i la va adequant a la distància que li falta per arribar al punt on ha de parar, el qual sempre és el mateix.
- Al anar els tren més ràpid, les línies poden millorar i ampliar la seva freqüència de pas, guanyant d'aquesta manera més ocupació.

Ciutats estrangeres com Londres, París, Kuala Lumpur, Washington, Hong Kong, Manila, Singapur o Tokyo ja compten amb aquest sistema, mentre que al nostre país, només el Metro de Barcelona (a l'actualitat les línies 2, 3, 5 i 11) pot dir que treballa amb aquest innovador sistema, el qual s'anirà implementant amb el pas dels anys. L'exemple més proper el podem trobar a la nova línia 9 del Metro de Barcelona, encara en construcció (veure Figura 2.2.10.2), la qual funcionarà sense conductor des del moment de la seva inauguració.



Figura 2.2.10.2 - Obres de construcció de la futura L9 del Metro de Barcelona
(Font: Agrupament Ferroviari de Barcelona - www.agrupament.net)

2.2.11 - ATS

Les sigles corresponen a les paraules angleses *Automatic Train Supervision* o en català **Supervisió Automàtica del Tren** i fan referència a un sistema ferroviari que centralitza els moviments de cada tren, la seva situació i que pot ordenar les maniobres que aquests han de realitzar.

La implantació d'aquest tipus de sistema respon a la filosofia de concedir prioritat absoluta a les actuacions que permeten reduir els riscos derivats de la intervenció humana en quant a la circulació, alhora que s'augmenta la qualitat de les instal·lacions i dels sistemes amb els que es treballa. Una altra característica es que tot el tràfic ferroviari passa a estar regulat

i gestionat per sistemes informàtics i automàtics gràcies a la informació subministrada per les caixes receptores que hi ha instal·lades a les vies (veure Figura 2.2.11.1).



Figura 2.2.11.1 - Caixes receptores ATS instal·lades a les vies
(Font: Google Images - images.google.es)

Sobre els aspectes d'aquesta tecnologia cal destacar el següent:

- Els programes informàtics permeten el seguiment de cadascun dels trens identificats amb un nombre i d'aquesta manera poder optimitzar les rutes, els trajectes i encaminaments tant a nivell de previsió com el moment en el que es produeixen incidències, tractant d'ajustar situacions reals a les teòriques.
- Es proporciona a l'operador ferroviari una gran quantitat d'informació i una major manejabilitat del sistema, el que facilita les tasques de regulació del trànsit de trens.
- Permet gestionar la circulació de trens amb la màxima seguretat en quant a que es redueixen els riscos derivats de les errades del conductor al incorporar tecnologia vital per la que qualsevol problema fa que el sistema evolucioni a la condició més segura, evitant d'aquesta manera qualsevol tipus de xoc amb altre comboi o accident.

L'origen d'aquests sistemes es remunta als Estats Units d'Amèrica, on hi havia nombroses línies de via única amb apartadors d'encreuament en llocs desèrtics o gairebé despoblats. Després de la Segona Guerra Mundial la gran majoria de països el van anar implementant, però totes les funcions es realitzaven per mitjà de missatges telefònics dirigits al personal encarregat de la senyalització a cada punt. Amb el pas del temps, s'han començat a controlar per ordinadors, podent treballar de forma manual en el moment que es produeixi alguna avaria o anomalia en el sistema. L'any d'instal·lació del primer sistema d'aquest tipus al nostre país va ser el 1942 al *Metro de Madrid* i anys després *RENFE* la va implementar en un tram de la línia de Palència a La Corunya.

2.2.12 - AVL

Sigles corresponents a les paraules angleses *Automatic Vehicle Location* o **Localització Automàtica de Vehicles** en català. Es tracta d'un sistema per a la localització de vehicles especialment orientat a les flotes d'autobusos, taxis o altres cotxes de servei.

L'especificació es basa en el sistema *GPS (Global Positioning System*, veure Annex IV per a més informació), el qual determina la posició geogràfica d'un vehicle en un moment determinat i transmet aquesta informació a un punt on podrà ser utilitzada i explotada segons les necessitats dels que la gestionen.

Entre els avantatges dels que es disposen amb aquest sistema es poden destacar els següents:

- Es disminueix de forma dràstica el temps de resposta d'un vehicle en cas de que es requereixi a una adreça determinada.
- S'eliminen les voltes innecessàries per accedir a un lloc determinat, fet que comporta un ús més correcte del vehicle i que evita usos no autoritzats del mateix.

- S'ofereix seguretat tant als passatgers que hi viatgin dins el vehicle com per als mateixos conductors.
- Es poden controlar els excessos de velocitat de les flotes, disminuint així els accidents que es deuen a aquest fet o emprenent accions contra els conductors que sobrepassin les velocitats màximes fixades.
- En cas de robatori del vehicle, el dispositiu *GPS* que du integrat farà que es pugui localitzar amb exactitud i rapidesa el lloc on es troba. Aquest fet també pot fer disminuir les primes de l'assegurança del vehicle.
- Es poden administrar els vehicles en temps real còmodament des d'una oficina o mitjançant un telèfon amb PDA¹³, reduint costos en trucades per a localitzar-los, obtenint més guanys gràcies a la millora dels processos operatius o prenent decisions en cas de que es produeixin imprevistos o contratemps.

A dia d'avui, gairebé totes les ciutats disposen d'un sistema d'aquest tipus per al control de les seves flotes de transport públic, malgrat que l'ús del mateix no es limita simplement a aquesta finalitat, sinó que també es poden incloure vehicles d'emergències (ambulàncies i camions de bombers), personals (una empresa dedicada al *carsharing*¹⁴, per exemple), per a la construcció (camions, excavadores, grues), de seguretat pública (cotxes de policia, furgonetes antidisturbis) o de serveis (camions d'escombraries, cotxes de neteja).

2.2.13 - GAS

El significat de l'acrònim en anglès es *Guided Automatic System*, que significa **Sistema Automàtic de Guiat**, un conjunt d'especificacions que es centren principalment en el control de tramvies i de metros lleugers.

¹³ PDA: *Personal Digital Assistant*. Ordinador portàtil de mida molt reduïda que permet controlar altres dispositius, intercanviar informació amb ordinadors convencionals, etc..., segons les seves característiques.

¹⁴ Carsharing: Nom amb el que es coneix al sistema mitjançant el qual diversos usuaris comparteixen un mateix cotxe, el qual pot ser de lloguer o d'un d'ells.

El sistema consisteix en un guiat automatitzat (sense la intervenció de cap conductor) de flotes de vehicles a través d'un ordinador, sobre una plataforma independent de la resta del tràfic urbà. Les seves característiques funcionals són molt similars als sistemes de transport metropolità convencional, pensats principalment per a recorreguts curts o mitjans per l'interior de grans ciutats o al voltant de la seva àrea metropolitana.

Els aspectes més competitius que es podrien destacar són els següents:

- Menor cost degut a que s'ha de prescindir de personal per a la conducció del vehicle en qüestió.
- Major capacitat i flexibilitat per a l'exploració del servei, degut a que tot es controla de forma automàtica i, per tant, molt més ràpid.
- Especialment pensat per a recorreguts curts o mitjans dins les grans ciutats, reduint els costos de les inversions per a la seva posada en marxa.
- Disposen de diversos subsistemes de senyalització: *ATO (Automatic Train Operation)*, que regula la velocitat, les parades i els temps de detenció a les andanes, l'obertura i tancament de portes i la informació cap als viatgers, el subsistema *ATP (Automatic Train Protection)*, el qual substitueix a l'anterior en cas d'errada o problemes en el seu funcionament i per últim el *ATS (Automatic Train Supervision)*, que s'encarrega de la monitorització i de dirigir totes les operacions del sistema en la seva totalitat i transmetre-les a l'operador central, contribuint així a la presa de decisions en cas de que es produeixin situacions excepcionals o d'emergència.

Des de fa uns anys i després d'una llarga davallada, aquest sistema de transport guiat ha sofert un desenvolupament tecnològic extraordinari, tot degut a les necessitats sorgides en quant a mobilitat dins la nostra societat. Més recentment han aparegut altres sistemes automàtics que, si bé es troben en fase experimental, tenen un gran interès en quant a les conseqüències que poden tenir en un futur sobre la mobilitat dins mitjanes o grans ciutats.

2.2.14 - TAULA COMPARATIVA

A la Taula 2.2.14.1 que hi ha a continuació es pot veure un resum dels sistemes de senyalització vistos en els apartats anteriors, tot destacant l'any en que van entrar en funcionament i els països en els que s'utilitzen actualment:

Sistemes de Senyalització als transports públics:		
Sistema	Any entrada funcionament	Països que l'utilitzen
ASFA	1978	Espanya
ATO	1968	Espanya, Regne Unit, França, Estats Units, Xina, Filipines, Singapur, Malàisia i Japó
ATP	1990	Espanya, Regne Unit, Irlanda i Austràlia
ATS	1990	Espanya i Estats Units
AVL	1995	Espanya, Regne Unit, França, Itàlia, Estats Units, Xina, Japó, Alemanya, Portugal, Suïssa, Holanda
EBICAB	1993	Espanya, Suècia, Noruega, Portugal i Bulgària
ERTMS	1996	Espanya, Itàlia, Suïssa i Holanda
ETCS	1996	Espanya, Itàlia i Hongria
FAP	1986	<i>Actualment ja no s'utilitza</i>
GAS	2006	<i>Encara en proves a Espanya, Regne Unit i Itàlia</i>
LZB	1963	Espanya, Alemanya i Àustria
PZB	1934	Alemanya i Àustria
TVM	1981	França

Taula 2.2.14.1 - Taula comparativa Sistemes de Senyalització

2.3 - Sistemes de gestió

Els sistemes de gestió s'encarreguen de, una vegada aplicats els de senyalització i telecomunicació, estudiar les dades que els arriben i portar a terme un procés de gestió per tal d'optimitzar el funcionament, les freqüències de pas i les capacitats de cadascun dels mitjans de transport, tenint en compte que tots són diferents i que es veuen influïts per aspectes ben diferents.

A continuació es fa referència a un de sol, degut a que no es tracta d'un dels punts principals del treball, sinó que simplement es tracta d'una puntualització arrel dels sistemes tractats anteriorment. El que s'estudia es el sistema *SAE*.

2.3.1 - SAE

Acrònim que prové de les paraules **Sistemes d'Ajuda a l'Explotació** i que es centra en els transports de tipus terrestre, especialment les línies d'autobús, les flotes de tramvies i els ferrocarrils.

Es tracta de sistemes de control integral que proporcionen la informació necessària per a conèixer, regular i gestionar en temps real el funcionament i els recursos disponibles dins les xarxes de transport amb la finalitat d'optimitzar i millorar el servei a curt o mitjà termini, així com en un període més llarg de temps, propi dels processos de planificació.

Els avantatges que ofereixen aquests sistemes son els següents:

- Mitjançant una important millora de la regularitat i una major adaptació entre les condicions de la demanda i les possibilitats de l'oferta, s'aconsegueix un increment de la qualitat del servei que s'ofereix.
- Es redueixen els costos d'explotació sobre la base d'una millor adequació de la flota en termes de volum i optimització dels serveis.

- Disminueix el consum energètic dels vehicles gràcies a les optimitzacions ja esmentades, provocant menys efectes nocius sobre el medi ambient i es millora el control tècnic de la flota.
- S'incrementa l'eficiència en la gestió del tràfic de la flota i la fiabilitat en la presa de decisions gràcies a una major flexibilitat i transparència en la gestió.
- Els accidents ocorreguts son mínims i així es dota de major seguretat als usuaris i als conductors.

Malgrat que els precedents d'aquest sistema es situen al Japó cap a l'any 1970, a Europa, de la manera amb la que els coneixem avui en dia, no es va produir fins els anys 90, estant totalment generalitzats a dia d'avui. Dins el nostre país, pràcticament totes les grans i mitjanes ciutats compten amb aquest sistema en els seus transports públics (Barcelona, Badalona, València, Vigo, Saragossa, Madrid, Palma de Mallorca, Bilbao, Murcia, Las Palmas de Gran Canaria, entre d'altres...), oferint, per exemple, informació sobre el temps que cal esperar per a l'arribada del següent vehicle o comboi (veure Figura 2.3.1.1 i Figures 2.3.1.2 i 2.3.1.3 a la plana següent).



Figura 2.3.1.1 - Panell informatiu dels autobusos de Badalona



Figura 2.3.1.2 - Panell informatiu del tramvia de Barcelona
(Font: Bernat Borràs - www.trenscat.cat)



Figura 2.3.1.3 - Panell informatiu del metro de Barcelona
(Font: Prensa19 - prensa19.blogspot.com)

3. APLICACIÓ AL TRANSPORT FERROVIARI

De tots els sistemes de telecomunicació i senyalització que s'han vist en el tema anterior, a continuació, es destacaran el més importants orientats al transport ferroviari, ja sigui perquè s'utilitzen en l'actualitat al nostre país o degut a que esdevenen uns dels més importants a nivell mundial quan es parla del món del ferrocarril.

3.1 - Sistemes de telecomunicació al transport ferroviari

Dins aquest apartat es trien els sistemes *GSM-R* i el *DVB-RCS*. El primer d'ells s'explica perquè, apart de que intenta ser una especificació a nivell europeu, s'està utilitzant a algunes línies del nostre país i forma part del sistema de senyalització europeu *ERTMS*, juntament amb el conegut *ETCS*. El segon també s'utilitza habitualment per a la transmissió d'informació i per això considero que també es mereix una menció apart i un aprofundiment per tal de conèixer el seu mode de funcionament.

3.1.1 - GSM-R

El Global System for Mobile Communications - Rail o **Sistema Global de Comunicacions Mòbils per a Ferrocarrils** es tracta d'una adaptació per als transports ferroviaris del sistema de comunicacions basat en l'estàndard *GSM (Global System for Mobile Communications)*.

Evolució

Des dels primers dies de la comunicació per ferrocarrils, cadascuna de les operadores nacionals han tingut almenys un sistema de comunicacions per ràdio per a tota la seva

flota, principalment en unes bandes de freqüència determinades (de 440 a 470 MHz.), però utilitzant multitud de tipus de modulacions, codis i senyalitzacions. El principal problema d'aquest antic sistema va esdevenir quan, amb el temps, el nombre de línies de ferrocarril d'alta velocitat anava creixent per tota Europa i en un mateix trajecte, els trens, podien arribar a travessar varies fronteres. A partir d'aleshores va aparèixer la necessitat de crear un únic sistema Europeu de radiocomunicacions per a la xarxa ferroviària, que es el que ara coneixem com a *GSM-R (Global System for Mobile Communications - Rail)*.

L'any 1993, la Unió Internacional de Ferrocarrils (*UIC: Union Internationale des Chemins de Fer*) va definir aquest nou sistema de telecomunicacions que es basava en la tecnologia *GSM-900* lleugerament modificada. Per tal de validar que les especificacions d'aquesta tecnologia es podien aplicar al camp ferroviari, des de l'any 1995 es va posar en marxa un projecte amb la participació de la *UIC* (veure Figura 3.1.1.1), la Comunitat Europea (*CE*), tres grans eixos ferroviaris i alguns proveïdors de *GSM* que estaven disposats a donar suport al desenvolupament d'aquesta nova tecnologia. El projecte va rebre el nom de *MORANE (Mobile Oriented Radio Network* o Ràdio Mòbil per a Xarxes de Ferrocarril Europees) i es va aplicar de forma pilot a tres línies europees: Florència - Arezzo (Itàlia), Stuttgart - Mannheim (Alemanya) i al metro de París (França).



Figura 3.1.1.1 - Logotip UIC
(Font: www.uic.asso.fr)

Acabada la prova del projecte ja es tenia el sistema implementat en tres petites xarxes independents entre sí, malgrat que les funcions fonamentals de l'especificació estaven disponibles i operatives a totes elles, aspecte més rellevant i amb major importància. D'igual manera les companyies que havien col.laborat ja disposaven del material necessari per a futures aplicacions.

L'any 1997, la *UIC* va publicar un memoràndum adreçat a totes les companyies de ferrocarril europees, 32 de les quals el van signar en aquell moment i es van comprometre a no invertir més en sistemes de ràdio analògica, sinó que només ho farien sobre el de tipus digital (el *GSM-R*). A partir d'aquí els països pioners en la seva implementació també col.laborarien mitjançant l'intercanvi de coneixements i experiències.

L'ETSI (*European Telecommunications Standards Institute* o Institut Europeu de Normes de Telecomunicacions) va acceptar aquesta nova especificació l'any 1999 (veure Figura 3.1.1.2) i la EIRENE (*European Integrated Railway Radio Enhanced Network* o Xarxa Millorada de Ràdio per als Ferrocarrils Integrats d'Europa) l'any 2000.



Figura 3.1.1.2 - Logotip ETSI
(Font: www.etsi.org)

A partir d'aquell moment, la UIC (*Union Internationale des Chemins de Fer*) va crear un acord d'execució entre totes les companyies col·laboradores per tal de que es comprometessin a iniciar l'aplicació del *GSM-R*, com a més trigat l'any 2003. Aquest acord va ser signat per 17 de les companyies.

Actualment, països com Espanya, Alemanya, Bèlgica, Finlàndia, França, Gran Bretanya, Itàlia, Suïssa, la República Txeca, Àustria, Croàcia, Xina, Dinamarca, Hongria, Irlanda, Luxemburg, Polònia, Rússia, Eslovènia, els Estats Units i Austràlia, entre d'altres, sumen les 37 companyies de ferrocarril que han acordat centrar el seu desenvolupament telemàtic a partir del sistema *GSM-R*, destacant que fins i tot s'inclouen operadores de fora d'Europa. Se'l considera, juntament amb el sistema de senyalització *ECTS*, un dels components de l'especificació *ERTMS* de nivell europeu.

Característiques

Com a característiques generals del sistema de telecomunicació *GSM-R* es podrien considerar les que es comenten a continuació:

- Es guanya capacitat per a actuar davant qualsevol imprevist degut a que la informació es va enviant de forma continuada cap els Centres de Tràfic Centralitzat¹⁵ (*CTC*).

¹⁵ Centres de Tràfic Centralitzat: *CTC*. Centre en el que es rep tota la informació referent als transports públics, s'estudia i es mana actuar en conseqüència i segons les necessitats sorgides.

- El fet de que estigui basada en una tecnologia ja existent (*GSM*), significa que no cal aplicar-la des del principi, sinó que només cal heretar les seves característiques i fer-ne una adaptació a les noves necessitats.
- Gràcies a que es tracta d'una tecnologia digital, permet que es pugui ampliar la interoperativitat i que la prestació de serveis sigui major.
- El correcte funcionament d'aquesta especificació està garantit fins a velocitats de 500 Km./h., aspecte que el fa ideal per als nous mètodes de transport d'alta velocitat.
- El fet de poder saber la posició de qualsevol element en cada moment pot portar a treballar en un sistema en el que s'elimini tot allò que interactua amb ell, aconseguint que l'element es teledirigeixi des d'un lloc remot.
- El preu de la seva implementació, com la resta de sistemes, comporta una elevada inversió de diners, però en comparació amb d'altres tecnologies, aquesta resulta més barata.
- Possibilita la unificació de diversos elements en un de sol gràcies a l'elevada versatilitat¹⁶ que presenta.
- Aquesta tecnologia suporta comunicacions de veu i de dades a través de circuits commutats.

I com que es tracta especialment d'un sistema orientat a les comunicacions de tipus ferroviàries i les companyies que les gestionen precisen d'uns elevats requeriments de seguretat, cal destacar que en la seva especificació es van incrementar les següents característiques pròpies del mercat:

- S'implementen elements avançats en trucades de veu que inclouen serveis d'emergència i de transmissions a grups o en mode de difusió per tal de distribuir la informació sobre un nombre determinat de subscriptors a aquestes xarxes.

¹⁶ Versatilitat: Capacitat d'alguns sistemes per adaptar-se a diferents infraestructures.

- Possibilitat de prioritzar i apropiar les trucades en funció de la necessitat de l'abonat en un moment determinat.
- Adreçament funcional per permetre contactar amb un abonat sabent només el nombre del tren en el que es troba, ja que la resta de passes per tal d'arribar a ell les realitzarà la xarxa intel·ligent que hi ha integrada dins el propi sistema.
- Adreçament dependent de la posició per tal de poder localitzar a un abonat del servei. Això significa que marcant sempre el mateix codi i dependent de la cèl·lula de ràdio en la que estigui localitzat l'iniciador de la trucada, aquesta serà dirigida un nombre determinat d'una línia fixa.
- Es disposa d'una matriu d'accés que permet habilitar i bloquejar diferents rutes de comunicació per tal de que la resta d'abonats no puguin trucar als nombres funcionals.
- Es poden realitzar diagnòstics de l'estat del comboi via ràdio.
- Permet oferir serveis de valor afegit de cara als usuaris, com per exemple la venda de bitllets a bord, consulta de bases de dades i informació, etc... .

L'aplicació de totes les característiques anteriors són les que conformen l'especificació *GSM-R*, malgrat que a dia d'avui encara es treballa per a poder ampliar-les i dotar al sistema d'una major capacitat per a la transmissió d'informació.

Components

La xarxa de *GSM-R* s'estructura en els següents subsistemes, que a la vegada estan formats per una sèrie de components amb una funció específica assignada: el subsistema d'estacions mòbils *MS*, el d'estacions base *BSS*, el de xarxa i commutació *NSS* i el d'operació i manteniment *OMS*.

El *Subsistema d'estacions mòbils (MS)* s'encarrega de la comunicació entre trens, entre el personal de manteniment o amb el Punt Central de Ràdio (*PCR*) i es compon dels següents equips que ho permeten:

- **Punt Mòbil de Ràdio (PMR):** terminal de ràdio fix que es situa a la cabina dels trens i que té una potència d'emissió de 8 W. (39 dBm.). Es pot veure un exemple a continuació (Figura 3.1.1.3):



Figura 3.1.1.3 - Punt mòbil de ràdio GSM-R
(Font: Wikipedia - Article "GSM-R")

- **Punt Portàtil de Ràdio (PPR):** terminal de ràdio portàtil que té una potència d'emissió de 2 W. (33 dBm.). Es pot veure un exemple a continuació (Figura 3.1.1.4):



Figura 3.1.1.4 - Punt portàtil de ràdio GSM-R
(Font: Wikipedia - Article "GSM-R")

La sensibilitat a la recepció de la senyal de ràdio es de -102 dBm. i cadascun dels equips disposa de la seva corresponent targeta *SIM* (*Subscriber Identify Module* o Mòdul d'Identificació de la Subscripció), la qual conté informació individual i específica de cadascun dels usuaris.

El **Subsistema d'estacions base (BSS)** proporciona totes les funcions de transmissió i control necessàries per a la cobertura de ràdio dins l'àrea de servei. Les estacions **BTS** (veure Figura 3.1.1.5) estan connectades en forma d'anell per a una major fiabilitat i estan controlades per una o més controladores d'estacions base **BSC**.



Figura 3.1.1.5 - Antena de GSM-R
(Font: Wikipedia - Article "GSM-R")

La potència d'emissió de les estacions **BTS** es de mitjana 50 W., tot i que depèn principalment de les necessitats de les telecomunicacions. La sensibilitat a la recepció de la senyal de radio acostuma a rondar els -107 dBm., l'altura de les torres en les que s'instal·len son d'uns 30 m. i el guany de l'antena de 17 dBi..

El **Subsistema de xarxa i commutació (NSS)** es on es realitzen les funcions de control i enrutament de les trucades, tant de les de telefonia mòbil com aquelles cap a una xarxa fixa o una de tipus **GSM-R** (veure Figura 3.1.1.6).



Figura 3.1.1.6 - Estació de telecomunicació GSM-R
(Font: Wikipedia - Article "GSM-R")

El **Subsistema d'operació i manteniment (OMS)** es l'encarregat de la gestió i el control dels recursos i serveis que ofereix la xarxa (veure Figura 3.1.1.7). S'integra en els sistemes

generals de gestió i control i ajuda al manteniment de la xarxa de telecomunicacions amb el Centre d'Operació i Manteniment (*OMC*).

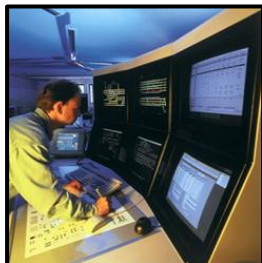
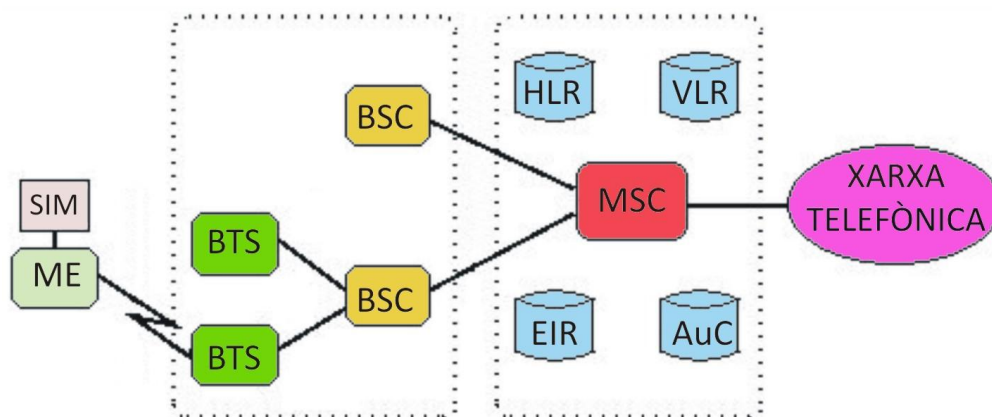


Figura 3.1.1.7 - Centre d'Operació i Manteniment GSM-R
(Font: www.ertms.com)

Funcionament

Com que es tracta d'un sistema basat en la tecnologia *GSM*, el seu funcionament base i els equips que s'utilitzen (veure Figura 3.1.1.8) tenen molt a veure amb el d'aquesta. Les seves especificacions evolucionen al mateix temps que les del sistema *GSM*, però la principal diferència es que s'adapten a les necessitats presentades pel món ferroviari.



SIM: Mòdul Identificació Subscriptor

ME: Terminal Mòbil

BTS: Estació Base

BSC: Controlador d'Estació Base

HLR: Registre Localització Local

VLR: Registre Localització Visitant

MSC: Centre de Commutació Mòbil

EIR: Registre Identificació de Terminal

AuC: Centre d'Autenticació

Figura 3.1.1.8 - Equips utilitzats en el sistema GSM

(Font: *Taringa!*, *Inteligencia Colectiva* - Article "Introducción a la red celular")

El sistema *GSM-R* utilitza, a Europa, les següents freqüències reservades per l'*ETSI* des de l'any 1995 dins la banda del *GSM-900*: dels 876 MHz. als 880 MHz. per a l'enviament d'informació (*uplink*) i dels 921 MHz. als 925 MHz. per a la recepció (*downlink*), evitant així que es produeixin interferències amb les xarxes *GSM* públiques. L'amplada de banda de 4 MHz. permet una modulació amb un màxim de 19 ones portadores, espaiades amb 200 KHz. entre canals. Cadascuna d'aquestes ones portadores disposen de 7 canals per a transmetre veu i dades i 1 per a la senyalització. La modulació utilitzada es la *GMSK* (*Gaussian Minimum Shift Keying*).

Per tal de que s'estableixi una trucada mitjançant el *GSM-R*, tal i com es mostra a la Figura 3.1.1.9 de la plana següent, des del punt de control cap a un dels maquinistes del tren, caldrà que el dispositiu receptor de ràdio (el *PMR* o el *PPR*) que aquest utilitza estigui sincronitzat a una de les estacions base de les que hi ha distribuïdes al llarg del recorregut i rebre de part d'aquesta els missatges *FCCH* (canal corrector de freqüència), *SCCH* (canal de sincronització) i *BCCH* (canal de control de *broadcast*). Aleshores, per tal d'originar una trucada i establir comunicació amb el comboi, l'usuari del punt de control haurà de marcar la combinació de dígitos corresponents i pressionar el botó d'enviar. El dispositiu principal transmet una ràfega de dades *RACH* (canal d'accés aleatori) utilitzant el mateix nombre de canals de radiofreqüència absoluts (*ARFCN*) que l'estació base a la que està connectat, la qual respon amb un missatge *AGCH* (canal d'accés concedit) sobre el *CCCH* (canal de control comú), que assigna al dispositiu un nou canal *SDCCH* (canal de control dedicat) per a establir una connexió. Aquest dispositiu, en rebre totes les senyals i processar-les, comença a transmetre ràfegues. El *SDCCH* envia missatges entre punt central i l'estació base, tenint en compte la validació i l'autenticació de l'usuari, mentre que la xarxa telefònica commutada (*RTB*) connecta l'adreça marcada amb el *MSC* (centre de commutació de serveis mòbils) i aquest commuta el camí que ha de recórrer la veu fins a l'estació base servidora. A partir d'aquest moment la comunicació està establida entre el centre de control i el maquinista del comboi, transmetent-se a través dels canals de pujada (*uplink*) i baixada (*downlink*) comentats anteriorment. En acabar la trucada, el *SDCCH* (canal de control dedicat) queda alliberat i la línia disponible. Si el que es vol realitzar una trucada des de la cabina del comboi cap al centre de control, les passes són les mateixes però en sentit contrari al que s'ha explicat en aquesta última part.

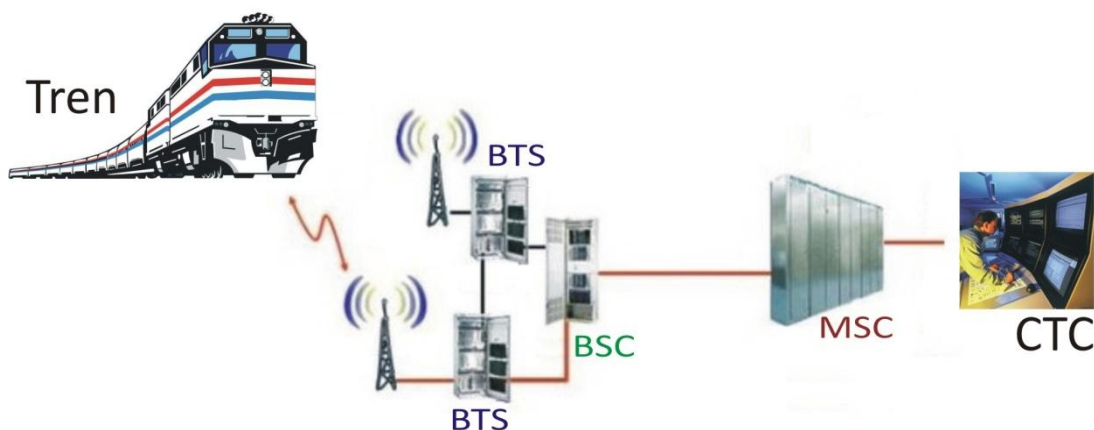


Figura 3.1.1.9 - Funcionament simplificat del sistema GSM-R
(Font: Wikipedia - Article "GSM-R")

Amb la seva gran fiabilitat i qualitat de servei, el sistema *GSM-R* millora els procediments de seguretat, operació i manteniment que es requereixen per a l'exploració dels sistemes de transport actuals i disminueix els costos d'exploració. Al mateix temps, proporciona les comunicacions de veu i dades per a cobrir les necessitats d'estacions, personal de manteniment, vigilància i seguretat i dels treballs a les vies.

Aquesta tecnologia digital ja està implementada dins un gran nombre de països europeus, com per exemple Espanya, França, Regne Unit, Alemanya, Països Baixos, Bèlgica, Suïssa, Suècia, Noruega, Finlàndia, etc... i poc a poc es va introduint a d'altres països del món com ara la Xina, l'Índia o Aràbia Saudí.

Subministradors

Algunes de les empreses que operen a les xarxes actuals de *GSM-R* (veure Figura 3.1.1.10) i les seves corresponents funcions son les següents:

- **Nokia Siemens Networks:** denominada per les sigles *NSN*, es tracta d'una empresa nascuda de l'aliança entre la finlandesa *Nokia* i l'alemanya *Siemens* l'any 2007 i que està especialitzada en temes de comunicacions via ràdio i accessos de banda ampla.

- **Huawei:** empresa d'origen xinès fundada l'any 1988 que s'especialitza en investigació i el desenvolupament (I+D), producció i màrqueting d'equipaments de comunicacions i xarxes.
- **Nortel:** empresa canadenca, abans coneguda com *Northern Telecom Limited*, fundada l'any 1895 i que s'especialitza en el desenvolupament de hardware, software i serveis per a proveïdors de telecomunicacions i per a empreses.



Figura 3.1.1.10 - Logotips d'algunes empreses operadores GSM-R

(Font: Google Images - images.google.es)

Com a desenvolupadors de centres de desenvolupament i de control es podrien destacar les següents empreses (veure Figura 3.1.1.11 de la plana següent), malgrat que n'hi ha de moltes més:

- **Siemens Transportation Systems:** coneguda com amb les sigles *STS*, es tracta d'una de les divisions de l'empresa alemanya *Siemens* que es dedica a la investigació i desenvolupament de sistemes de comunicacions, control i senyalització dins l'àmbit ferroviari, així com també de l'electrificació.
- **Frequentis:** empresa d'origen austríac fundada l'any 1947 que s'encarrega, entre d'altres tasques, del desenvolupament d'equips de ràdio pel control de flotes de tipus ferroviàries.



Figura 3.1.1.11 - Logotips d'algunes empreses que fabriquen centres de control de GSM-R

(Font: Google Images - images.google.es)

I com a fabricants de terminals, ja siguin fixos (de cabina) o mòbils (de mà), podem trobar els que es comenten a continuació, entre d'altres:

- **Sagem:** acrònim resultant de *Société d'Applications Générales de l'Électricité et de la Mécanique*, d'origen francès i fundada l'any 1924 que s'encarrega de desenvolupar serveis i sistemes de telecomunicacions i de la fabricació dels seus corresponents components electrònics.
- **Alstom:** corporació francesa fundada l'any 1928 amb el nom d'*Alsthom* i amb seu al nostre país que s'encarrega de la fabricació d'equipaments i aparells per a la generació d'energia i per al transport.
- **Hörmann Funkwerk Kölleda:** empresa alemanya fundada el 1945 que es dedica al desenvolupament de xarxes, aparells i tecnologies aplicades a la vigilància i a les telecomunicacions.



Figura 3.1.1.12 - Logotips d'algunes empreses que fabriquen terminals GSM-R

(Font: Google Images - images.google.es)

3.1.2 - DVB-RCS

El *Digital Video Broadcasting - Return Channel by Satellite* o **Distribució de Vídeo Digital - Retorn del Canal per Satèl.lit** es tracta d'un estàndard basat en la tecnologia *DVB (Digital Video Broadcasting)* que permet l'execució d'aplicacions de tipus interactives i bidireccionals a través de les xarxes i sistemes de satèl.lits.

Evolució

Tradicionalment, els satèl.lits de comunicació s'han utilitzat per a establir enllaços troncats¹⁷ que transporten circuits telefònics commutatats, circuits dedicats¹⁸ i canals de televisió amb el sistema punt a punt, però des de fa uns anys, se'ls ha intentat trobar, a més de totes aquestes, una utilitat per tal d'establir comunicacions amb els transports públics.

Els orígens els podem trobar en el servei *DVB (Digital Video Broadcasting)*, l'anagrama del qual es mostra a la Figura 3.1.2.1, que s'encarregava de crear i proposar els procediments d'estandardització de la televisió digital, els quals van ser àmpliament acceptats a Europa i a la majoria dels continents on s'ha presentat, a excepció dels Estats Units i Japó que ja tenien altres sistemes. A partir de la seva posada en servei, es van voler utilitzar les seves característiques de compressió d'àudio i vídeo i posterior transmissió dins altres camps, sorgint estàndards com per exemple el DVB-S (Digital Video Broadcasting - Satellite), el DVB-C (Digital Video Broadcasting - Cable), el DVB-T (Digital Video Broadcasting - Television) o el DVB-H (Digital Video Broadcasting - Handheld). Tots ells responen a una classificació pel tipus de dispositiu pel qual es transmet l'informació: per satèl.lit (DVB-S), per cable (DVB-C), per televisió (DVB-T) o per un dispositiu portàtil (DVB-H).



Figura 3.1.2.1 - Logotip DVB
(Font: Google Images - images.google.es)

¹⁷ Enllaç troncal: Connexió lògica i física entre dos dispositius de xarxa a través dels quals viatja la informació.

¹⁸ Circuit dedicat: Connexió física entre dos o més dispositius únicament utilitzada per aquests.

Veient la necessitat de comunicació o transmissió d'informació cap o des dels transports públics i tenint davant les telecomunicacions mitjançant satèl·lit que, amb els avançaments tecnològics i la utilització de freqüències més altes van reduir la mida i, per tant, el cost dels terminals, es va començar a treballar en un sistema que utilitzés aquests dispositius per a l'enviament d'informació des del punt de control cap a la unitat de transport públic en qüestió. El fet d'aconseguir l'enviament d'informació no va ser complicat, però la necessitat de no haver d'utilitzar un canal de retorn de tipus terrestre sinó que aquest



Figura 3.1.2.2 - Logotip DVB-RCS
(Font: Google Images - images.google.es)

s'integrés dins la xarxa de satèl·lit va fer que el projecte s'endarrerís i no va ser fins l'any a nivell europeu per tal de pal·liar aquestes mancances: el sistema *DVB-RCS (Digital Video Broadcasting - Return Channel by Satellite)*, conegut gràcies al logotip que es mostra a l'esquerra d'aquestes línies (Figura 3.1.2.2).

A partir de l'any següent (2000) es van començar a desenvolupar aparells compatibles amb aquest sistema, però no va ser fins el Novembre de 2001 que algunes empreses el van introduir en el transport públic.

Característiques

Com a característiques més importants del sistema de telecomunicació *DVB-RCS* orientat al tràfic ferroviari es poden considerar les que es mostren a continuació:

- Tant la transmissió com la recepció de les dades es realitza a través d'enllaços que es connecten via satèl·lit.
- La tecnologia de transmissió d'informació utilitzada permet que múltiples combois comparteixin una mateixa comunicació, optimitzant així els recursos que s'ofereixen.
- Permet el transport d'informació mitjançant el protocol *IP*, suportant també els utilitzats per l'enrutament (*RIP* i *IGMP*) i els de transport (*RTP*, *UDP*, etc...).

- L'estàndard es basa generalment en sistemes amb una topologia d'estrella on hi ha el distribuïdor central (*hub*¹⁹), el satèl·lit i múltiples terminals receptors i transmissors sobre la superfície terrestre.
- El sistema opera amb tres bandes diferents depenent del tipus de freqüències utilitzades: la banda *C*, la banda *Ku* i la banda *Ka*.
- La utilització d'un canal de retorn dota a aquest sistema amb una important capacitat de xarxa interactiva.
- Gràcies a la utilització de "*transponders*" es poden arribar a assolir elevades velocitats de transmissió: fins a 40 Mbits/s. en l'enviament de dades (enllaç ascendent o d'anada) i en la recepció (enllaç descendent o de tornada).

L'aplicació de les característiques que s'han comentat són les que conformen el sistema de telecomunicacions d'aplicació europea *DVB-RCS*. A dia d'avui el sistema està prou desenvolupat i només es treballa en optimitzacions del mateix i en millorar les velocitats de transmissió de la informació.

Components

La xarxa de *DVB-RCS* s'estructura en diversos components, els quals hauran d'estar instal·lats tant als punts de control com als propis combois, per tal de que el sistema funcioni correctament i pugui dur a terme les funcions per a les que ha estat dissenyat.

El ***Terminal de Satèl·lit Interactiu (SIT)*** s'instal·la a cadascun dels combois de la flota i, juntament amb l'antena que també s'ha de col·locar (moltes vegades aquesta ve integrada dins el *SIT*), s'encarrega de rebre la informació transmesa des del punt de control a través del canal de baixada (*downstream*²⁰) establert amb el satèl·lit. En cas de que el conductor

¹⁹ Hub: Dispositiu que permet centralitzar els diferents elements d'una mateixa xarxa. Rep la informació, la repeteix i emet a través d'aquests.

²⁰ Downstream: Flux de dades que va des d'un servidor remot al nostre dispositiu.

del tren desitgi enviar informació també es farà des d'aquest dispositiu, però aquest cop mitjançant el canal de pujada (*upstream*²¹). Es pot veure un exemple a la figura 3.1.2.3.



Figura 3.1.2.3 - Terminal de Satèl.lit Interactiu DVB-RCS
(Font: HighSpeedSat - www.highspeedsat.com)

El **Terminal Receptor de Satèl.lit (SRT)** es troba al punt de control i no es més que una antena que porta a terme les mateixes funcions que el terminal de satèl.lit interactiu (*SIT*) comentat anteriorment: crea un enllaç entre aquest i el satèl.lit, enviant la informació a través del canal de pujada (*upstream*) i rebent-la pel de baixada (*downstream*). Es mostra un exemple a la Figura 3.1.2.4.



Figura 3.1.2.4 - Terminal Receptor de Satèl.lit DVB-RCS
(Font: Albentia Systems - www.albentia.com)

Funcionament

Com que es tracta d'un sistema basat en la tecnologia *DVB*, el seu funcionament base té molt a veure amb el d'aquesta. Les seves especificacions evolucionen al mateix temps que ho fa l'anterior, però amb la diferència de que es van adaptant a les necessitats que presenten els transports públics de tipus ferroviari.

El sistema *DVB-RCS* utilitza canals que s'estableixen via satèl.lit per tal d'enviar i rebre informació des del punt de control cap als combois o a la l'inrevés. Després, mitjançant la utilització de diversos protocols, s'optimitzaran les funcions que aquests proporcionen.

²¹ Upstream: Flux de dades que va des del nostre dispositiu a un servidor remot.

En cas de que es vulgui enviar informació, es crea un canal de pujada (*upstream*) cap el satèl.lit. Un cop establert, el protocol²² utilitzat per a la transmissió de la informació es el *TDMA* (*Time Division Multiple Access*), que crea varis canals virtuals separats en temps i freqüència, permetent un major enviament d'informació en el mateix espai temporal. Tot el procés anterior es porta a terme en aproximadament 1.5 segons.

Per tal de rebre la informació que ha arribat al satèl.lit, aquest crea un enllaç amb el receptor, el qual utilitzarà el canal de baixada (*downstream*) per a la transmissió. El protocol que s'utilitza es altre cop el *TDMA*, que crea diversos canals virtuals separats en temps i freqüència i el procés es desenvolupa també en un temps d'1.5 segons. Un cop rebuda la informació, es pot utilitzar el canal de retorn (*Return Channel*) del que disposa aquest sistema per a contestar, utilitzant un protocol diferent als anteriors per a aquesta transmissió: el *MF-TDMA* (*Multi Frequency - Time Division Multiple Access*). Aquesta característica que permet el retorn el dota de la capacitat interactiva que el caracteritza i el funcionament explicat anteriorment es veu resumit en el següent esquema (Figura 3.1.2.5):

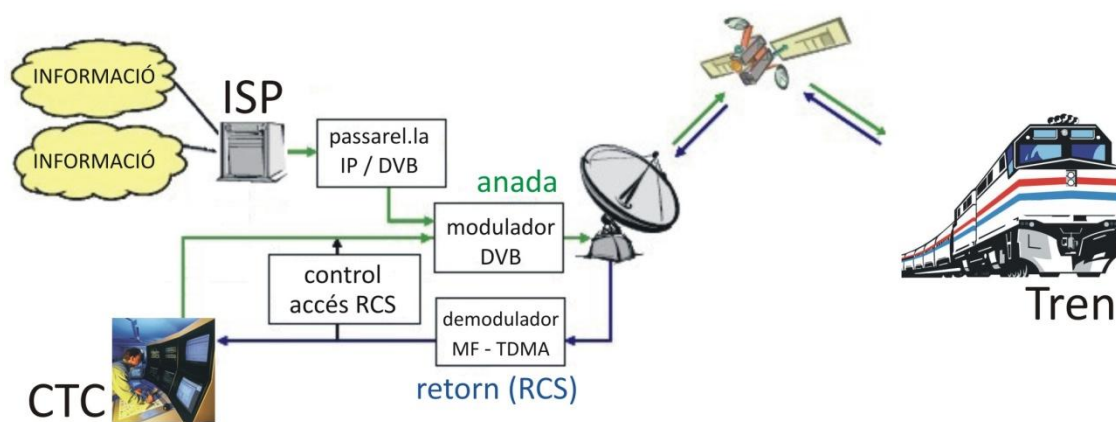


Figura 3.1.2.5 - Funcionament del sistema DVB-RCS

(Font: Universidad Pública de Navarra - Article "Redes de acceso por satélite")

Aquest estàndard treballa amb amplades de banda de 26, 32 i 72 MHz., podent arribar a velocitats de fins a 760 Mbps. i operant en les bandes de tipus *C*, *Ku* i *Ka*, malgrat que aquestes dues últimes son les que més predominen a l'actualitat. Les freqüències que s'han

²² Protocol: Sistema, regles i conjunt de normes establides per a permetre la comunicació entre dos dispositius informàtics.

reservat per aquest estàndard son les següents: dels 13.75 GHz. als 14.25 GHz., dels 14 GHz. als 14.25 GHz. o dels 29.5 GHz. als 30 GHz. per a l'enviament d'informació (*uplink*) i dels 10.95 GHz. als 12.75 GHz. per a la recepció de la informació (*downlink*). La modulació que s'utilitza es una combinació entre la de *Codi Gray* i la *QPSK (Quaternary Phase Shift Keying)*, la qual permet una alta tolerància a les errades i soluciona els problemes de velocitat esdevinguts de les limitacions de potència.

3.2 - Sistemes de senyalització al transport ferroviari

Dins aquest apartat es trien els sistemes *ETCS*, el *ERTMS*, el *ASFA* i el *ATP*. El primer d'ells es tractarà perquè és una especificació a nivell europeu que s'utilitza a algunes línies del nostre país i forma part del segon que es comentarà, el *ERTMS*, juntament amb el sistema de telecomunicació *GSM-R*. Aquest últim és un dels més importants i en el que sembla que es basaran la majoria de les operadores europees en un futur no molt llunyà. El tercer a comentar es el *ASFA*, utilitzat únicament per l'empresa espanyola *RENFE* arrel d'un concurs que va convocar cap als anys 70. Per últim es parlarà del *ATP*, que s'encarrega de supervisar la conducció dels trens per tal d'evitar qualsevol tipus de problema durant els trajectes i que a casa nostra l'utilitzen les empreses *TMB (Transports Metropolitans de Barcelona)* o *FGC (Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya)*.

3.2.1 - ETCS

El *European Train Control System* o **Sistema de Control Ferroviari Europeu** es tracta d'un conjunt d'especificacions establertes a nivell europeu que s'encarreguen del control i de la senyalització del tràfic ferroviari, mostrant un especial interès per les línies d'alta velocitat.

Evolució

Des del principi de la circulació ferroviària, cadascuna de les operadores de ferrocarrils han anat desenvolupant els seus propis sistemes per tal de controlar i senyalitzar el pas dels combois i garantir el millor servei de cara als passatgers. Van començar amb sistemes manuals i amb el pas dels anys anaven passant als controlats de manera automàtica, evolucionant de forma separada i independents entre si segons el país en el que es trobessin, amb poques característiques en comú.

No fa masses anys i amb l'ampliació del nombre de línies de ferrocarril, especialment les d'alta velocitat i aquells recorreguts que passaven per diversos països, van començar a sorgir els problemes esdevinguts d'aquella varietat de sistemes comentada en el paràgraf anterior i amb ells la necessitat de disposar, almenys, d'un sistema a nivell europeu per al control i la senyalització d'aquests trens.

L'any 1996 es va escriure l'especificació *ETCS (European Train Control System)* en resposta a una proposició feta anys enrere per la Directiva del Consell de la Unió Europea del 23 de Juliol sobre la interoperativitat del sistema ferroviari d'alta velocitat a nivell europeu. Amb aquesta s'intentaven pal·liar les diferències en quant a senyalització, sistemes de control i tensions de funcionament, entre d'altres... , partint de que la utilització de la maquinària i els mecanismes era la mateixa en tots els països.

Per aquesta es van definir diversos nivells funcionals i estructurals segons el grau d'implementació de la tecnologia a bord dels combois: *ETCS Nivell 0*, *ETCS Nivell 1*, *ETCS Nivell 2* i *ETCS Nivell 3*. Aquest nivell depèn de l'equip instal·lat al llarg del trajecte i de la manera en que la informació es transmeti al tren, podent ser visualitzat fàcilment des de la cabina del comboi.

El sistema *ETCS* es porta a terme dins la iniciativa *ERTMS (European Railway Traffic Management System)*, juntament amb el sistema de telecomunicació *GSM-R (Global System for Mobile Communications - Rail)*, que en el nostre país estava en fase de proves des de l'any 1999 i que ja funciona des de l'any passat en la línia d'alta velocitat que uneix Madrid i Barcelona com a sistema de senyalització i control. D'altra banda, a Hongria hi

ha una línia que opera entre Budapest i Hegveshalom amb *ETCS* de Nivell 1 i unes altres a Itàlia entre Roma i Nàpols i a Alemanya des de Juterbog a Leipzig amb *ETCS* de Nivell 2 des de finals de l'any 2005.

Característiques

Com a característiques generals del sistema de senyalització *ETCS* es poden destacar les que es mostren a continuació:

- Es defineixen 4 nivells funcionals dins el sistema, segons el grau d'aplicació del mateix en el trajecte del comboi.
- Es tracta d'un sistema que, segons el nivell utilitzat, pot funcionar de manera complementària a un altre de senyalització que ja existeixi, sense interferir en el seu funcionament. El Nivell 3 no permet aquesta característica.
- Gràcies a una continua monitorització de la senyalització de la via i de un conjunt de dades sobre el trajecte en determinats punts fixos, l'ordinador que hi ha a bord del comboi pot calcular la velocitat màxima i la corba de frenada, garantint d'aquesta manera la seguretat dels passatgers.
- Depenent del nivell que s'utilitzi, com que es treballa amb transmissions de ràdio digitals i constants, es pot prescindir de la senyalització lateral de la via.
- Permet als trens informar automàticament de la seva posició exacta cada certs intervals de temps regulats al punt de control, el qual monitoritza el moviment dels combois de manera contínua.
- Gràcies al coneixement constant de l'estat de les vies, de la posició exacta dels trens i de la integritat d'aquests durant tot el trajecte es permet augmentar l'ocupació de les vies i, per tant, el nombre de combois, les freqüències de pas i la quantitat de passatgers que viatgen en una línia.

Les possibilitats d'aplicació de les característiques comentades anteriorment són les que conformen el sistema de senyalització europea *ETCS*. A dia d'avui el sistema s'utilitza a pocs llocs però en molts es troba encara en fase de proves juntament amb l'aplicació del *ERTMS*, del qual forma part el que es tracta en aquest apartat. Segons les previsions, cap a l'any 2020 el nombre de kilòmetres que l'utilitzin a tota Europa serà de 4500 Km..

Nivells

Aquest sistema, en el seu disseny, s'ha dividit en 4 nivells funcionals i d'aplicació segons el grau d'implementació que es porti a terme en els combois:

ETCS - Nivell 0: quan un comboi equipat amb el sistema de senyalització *ETCS* circula per una ruta on aquestes especificacions no estan implementades.

Els dispositius instal·lats a bord del tren monitoritzen l'estat de la via i del propi comboi, indicant al conductor la velocitat màxima a la que ha de circular dins dels límits de seguretat establerts. El maquinista ha de complir la senyalització vertical del recorregut i en cas de que en el mateix trajecte entri en una via on s'utilitzi un nivell superior de *ETCS*, la velocitat màxima es veurà limitada per la que s'hagi indicat a l'última balisa sobrepassada.

ETCS - Nivell 1: sistema de senyalització dins la cabina que pot funcionar de manera complementària i sense interferir amb un altre ja existent i que s'estigui també fent servir. Principalment utilitzat en línies amb baixa o mitjana intensitat de tràfic, es tracta d'una tecnologia suplementària per a la senyalització vertical de la via, la qual incrementa el nivell de seguretat en cas de que s'instal·li senyalització temporal de precaució (unes obres, per exemple) o en àrees amb restriccions de velocitat (quan es passa per nuclis urbans, llocs on es fan operacions de manteniment, etc...). També permet incrementar la velocitat de la línia gràcies a la senyalització dins la cabina.

Les balises instal·lades a la via indiquen al comboi si s'ha de parar o té via lliure per a circular per un tram determinat i també l'informen sobre la posició en la que es troba en aquell moment. Amb aquesta informació i la obtinguda a partir de la monitorització constant dels moviments del comboi, l'ordinador que hi ha instal·lat a bord pot calcular la velocitat màxima a la que hauria de circular segons l'estat del trajecte i la seva corresponent corba de frenada.

ETCS - Nivell 2: sistema de protecció i senyalització basat en transmissions de ràdio digitals que permet prescindir de la senyalització vertical de la via. Al igual que el Nivell 1, pot funcionar de manera complementària i sense interferir amb un altre ja existent i que estigui en ús. Utilitzat en línies que presenten una mitjana intensitat de tràfic, es tracta d'una tecnologia que, gràcies a la eliminació total o parcial de la senyalització vertical, permet incrementar la velocitat de la línia.

Les autoritzacions sobre si el comboi té via lliure per a circular per un tram determinat o be la prohibició de fer-ho es mostren al conductor a través del taulell de la cabina, malgrat que també hi ha informacions d'altres tipus de senyals. La supervisió del tren encara es porta a terme gràcies a les balises que es troben a les vies, però com que es suporten transmissions de ràdio digitals, tots els trens informen automàticament i en intervals regulars de temps al centre de Control de Tràfic Centralitzat (CTC) de la seva posició exacta i el lloc cap a on es dirigeixen (la seva destinació). L'ordinador instal·lat a bord del comboi monitoritza de manera constant les dades que es transmeten i calcula la velocitat màxima permesa segons les condicions del trajecte pel que es circula.

ETCS - Nivell 3: sistema amb el que es té informació exacta de la posició i integritat de cada tren durant tot el seu trajecte. A diferència dels nivells anteriors, aquest no permet el funcionament complementari amb altres sistema ja existents, però si que es possible, com en el Nivell 2, el conèixer la posició exacta dels trens gràcies a les balises instal·lades a les vies i a través de sensors que son també capaços de determinar la integritat del tren i dels passatgers que en ell viatgen. El principal avantatge d'aquest nivell consisteix en la reducció de costos per haver de prescindir totalment de la senyalització vertical i s'utilitza

principalment en línies que tenen una alta demanda i per les que circulen trens d'alta velocitat.

Les balises i sensors (transductors d'eix²³, acceleròmetres²⁴ i radars²⁵) instal·lats a les vies permeten saber el lloc on es troba un comboi determinat i el seu estat amb un alt grau de fiabilitat. L'ordinador de bord informa de manera continuada al centre de Control de Tràfic Centralitzat (CTC) sobre la posició del comboi des del començament de la composició fins a l'últim dels vagons, cosa que permet que també es controli la seguretat del tren (veure Figura 3.2.1.1). Això últim s'explica perquè amb la informació rebuda es pot definir la distància que ha d'haver entre dos combois, podent donar al segon tren el permís d'avançar fins al punt de seguretat en relació al primer (el que es coneix com a "cantó"²⁶ dins l'argot ferroviari o "cantón" en castellà), evitant d'aquesta manera que pugui haver-hi qualsevol tipus d'accident i incrementant també l'ocupació de la via i, per tant, les freqüències de pas i el nombre de passatgers.



Figura 3.2.1.1 - Fotografia d'un centre de Control de Tràfic Centralitzat
(Font: Revista Líneas - Reportatge "Tecnología aplicada a la regulación ferroviaria")

Actualment, els tres primers nivells (Nivell 0, Nivell 1 i Nivell 2) es troben operatius en algunes línies d'Europa, però l'últim (Nivell 3), encara està en procés de desenvolupament,

²³ Transductor d'eix: Dispositiu que rep la potència d'un sistema mecànic o electromagnètic i la transmet a un altre, generalment d'una manera diferent a l'anterior.

²⁴ Acceleròmetre: Dispositiu encarregat de mesurar l'acceleració d'un vehicle o comboi.

²⁵ Radar: Aparell electrònic utilitzat per a mesurar la distància des de la que s'emet una radiofreqüència fins que aquesta retorna.

²⁶ Cantó: Distància que ha d'haver entre dos combois per tal de que es garanteixi la seguretat d'aquests.

esperant que sigui operatiu cap allà l'any 2020. D'altra banda, el procés de supervisió de la integritat dels trens és molt complex i necessita d'una alta inversió, per això no convé traslladar-lo als models de tren més antics.

Components

El sistema *ETCS* s'estructura en diversos components, els quals hauran d'estar instal·lats al llarg del recorregut per tal de que el sistema funcioni correctament i pugui dur a terme les funcions per a les que ha estat dissenyat.

Les **Balises** estan instal·lades a la via (veure Figura 3.2.1.2) i reben ordres des del centre de Control de Tràfic Centralitzat (*CTC*) sobre si un comboi pot passar d'aquell punt o be s'ha d'esperar, les quals transmeten als trens en passar pel damunt seu, així com també informació sobre la seva posició. A través d'elles també s'envia informació cap al *CTC* sobre els trens que per allà hi circulen, tot això quan s'utilitza el Nivell 1 del *ETCS*. En el Nivell 2 i Nivell 3 s'encarreguen de la supervisió de la integritat del tren i d'activar les ordres d'emergència rebudes del *CTC* al pas dels trens en cas de que el sistema no hagi funcionat correctament.



Figura 3.2.1.2 - Balisa ETCS

(Font: Wikipedia - Article "European Train Control System")

Els **Sensors**, que inclouen els transductors d'eix (veure Figura 3.2.1.3), els acceleròmetres (Figura 3.2.1.4 a la plana següent) i els radars (Figura 3.2.1.5 a la plana següent), permeten conèixer l'estat dels trens amb un alt grau de fiabilitat en cada moment i durant tot el trajecte que es porti a terme.



Figura 3.1.2.3 - Transductor d'eix ETCS

(Font: Google Images - images.google.es)

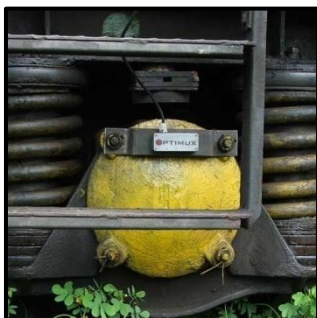


Figura 3.1.2.4 - Acceleròmetre ETCS

(Font: Google Images - images.google.es)



Figura 3.1.2.5 - Radar ETCS

(Font: Wikipedia - Article "European Train Control System")

Les **Antenes**, generalment situades a la part superior dels combois, envien informació des d'aquests cap al centre de Control de Tràfic Centralitzat (*CTC*) sobre la seva posició i la seva destinació mitjançant les transmissions de ràdio digitals en el Nivell 2 i Nivell 3. També reben les autoritzacions o denegacions de pas per part del *CTC*. Es pot veure la fotografia d'una a la Figura 3.1.2.6.



Figura 3.1.2.6 - Antena ETCS

(Font: Google Images - images.google.es)

El **Taulell de Control** o ordinador de bord (veure Figura 3.1.2.7), en el Nivell 1 del *ETCS*, rep la informació per part de les balises, la processa i s'encarrega d'avisar al maquinista, així com també de calcular la velocitat màxima a la que ha de circular segons el trajecte i la corresponent corba de frenada del comboi. En el Nivell 2 monitoritza constantment les dades trameses.



Figura 3.1.2.7 - Taulell de control de cabina ETCS
(Font: Google Images - images.google.es)

Funcionament

Com que es diu que el *ETCS - Nivell 0* es dona quan un comboi equipat amb el sistema de senyalització *ETCS* circula per una ruta on aquest no està implementat, no se li pot definir un funcionament específic, només que dependrà del sistema amb el que es treballi en aquell trajecte pel que circula, perquè no s'ha d'oblidar que aquesta especificació a nivell europeu, en els seus tres primers nivells d'aplicació (Nivell 0, Nivell 1 i Nivell 2), pot funcionar de manera complementària a un altre sistema de senyalització que ja s'estigui utilitzant.

En el *ETCS - Nivell 1*, les balises que hi ha instal·lades a la via reben informació des del centre de Control de Tràfic Centralitzat (*CTC*) sobre si el proper comboi pot passar d'aquell punt o bé s'ha d'esperar a que es doni l'ordre de circular. Aquesta informació, des del *CTC*, la poden conèixer a partir de les dades rebudes per part dels combois i aplicant les mesures de seguretat corresponents que defineixen la distància que hi ha d'haver entre un tren i l'altre. D'igual manera, les balises tenen també informació sobre la seva posició i tot això ho transmeten al tren un cop passa per damunt, el qual obliga al maquinista a actuar segons les ordres rebudes i segons les senyals verticals que troba durant el trajecte, i

l'ordinador de bord es capaç de calcular la velocitat màxima a la que ha de circular depenent de l'estat del trajecte i la corresponent corba de frenada per al comboi. En cas de que el maquinista no faci cas de les ordres que rep o sobrepassi la velocitat màxima establerta, el tren es bloquejarà de manera automàtica i activarà la frenada d'emergència.

En el *ETCS - Nivell 2*, les balises instal·lades a la via encara juguen un paper important per a la seguretat dels trajectes. En aquest nivell, els trens transmeten informació cada cert interval de temps al centre de Control de Tràfic Centralitzat (*CTC*) sobre la seva posició i la seva destinació gràcies a les antenes que porten incorporades i mitjançant la utilització de transmissions de ràdio digitals. A partir d'aquestes dades i mitjançant l'aplicació de les mesures de seguretat que defineixen la distància que hi ha d'haver entre un tren i l'altre, generen les autoritzacions o denegacions de pas i les transmeten a cadascun dels combois, en els quals el maquinista les pot veure a través del taulell de control i ha d'actuar en conseqüència. Si el maquinista no fa cas de les ordres o sobrepassa la velocitat màxima establerta per l'ordinador de bord gràcies a la monitorització constant de les dades trameses, el tren activarà la frenada automàtica. El paper de les balises en aquest nivell es el supervisar la integritat del tren i també activar ordres d'emergència al pas dels trens en cas de que el sistema no hagi funcionat correctament, les quals les reben des del *CTC*.

El *ETCS - Nivell 3* és el més complet de tots. Les balises i sensors (transductors d'eix, acceleròmetres i radars) que hi ha instal·lats a les vies permeten conèixer l'estat dels trens amb un alt grau de fiabilitat, però l'ordinador de bord, a través de l'antena que hi ha instal·lada al tren, s'encarregarà d'enviar informació de manera continuada al centre de Control de Tràfic Centralitzat (*CTC*) sobre la posició del comboi en tot moment des del començament de la composició fins a l'últim dels vagons. Amb aquesta informació i aplicant les mesures de seguretat que defineixen la distància que hi ha d'haver entre un tren i l'altre, el *CTC* envia les ordres o denegacions de pas als combois, definint aleshores el que es coneix com a "cantó" ferroviari, que es la distància mínima que ha d'haver entre el final del primer tren i el principi del segon per a que un trajecte es consideri segur. Amb aquest sistema ja no es necessita de senyalització vertical a la via, ja que les velocitats màximes a les que pot circular el tren i la seva corba de frenada són també definides pel *CTC* i enviades a cadascun dels combois.

3.2.2 - ERTMS

El *European Railway Traffic Management System* o **Sistema de Gestió del Tràfic Ferroviari Europeu** es tracta d'un sistema desenvolupat a nivell europeu que permet la gestió del tràfic ferroviari de les línies del continent.

Evolució

Des de que es parla del concepte de senyalització ferroviària, amb el pas del temps, cadascuna de les operadores de ferrocarrils han anat desenvolupant els seus propis sistemes per tal de controlar i senyalitzar el pas dels combois i garantir la seguretat dels passatgers. Des d'aleshores fins no fa pas masses anys, aquests sistemes han anat evolucionant cap a un funcionament automàtic, però de forma separada, independents entre si i amb poques característiques en comú.

Amb l'ampliació del nombre de línies de ferrocarril i amb la construcció de línies d'alta velocitat que et poden dur d'un país a un altre en unes hores van començar a sorgir els problemes, ja que la varietat de sistemes en relació d'un país a un altre feia que els trajectes s'endarrerissin o, fins i tot, obliguessin als passatgers a canviar de tren en alguna estació terminal al entrar o sortir d'un país determinat. Amb l'obertura de les fronteres entre els països de la Unió Europea, aquests problemes comentats evidenciaven que es necessitava, almenys, d'un sistema a nivell europeu per al control, la comunicació i la senyalització d'aquests trens. Per posar un exemple, en el moment de començar a desenvolupar aquest sistema, a Europa hi havia 4 amplades de via principals, 5 sistemes d'electrificació i, més, 20 sistemes de senyalització i control de tràfic: *ATB*, *ASFA*, *AWS*, *TVM*, *EBICAB*, *SIGNUM*, *BACC*, *ZUB*, *INDUSI*, *EVM*, *KHP*, entre d'altres (veure Figura 3.2.2.1 a la plana següent).

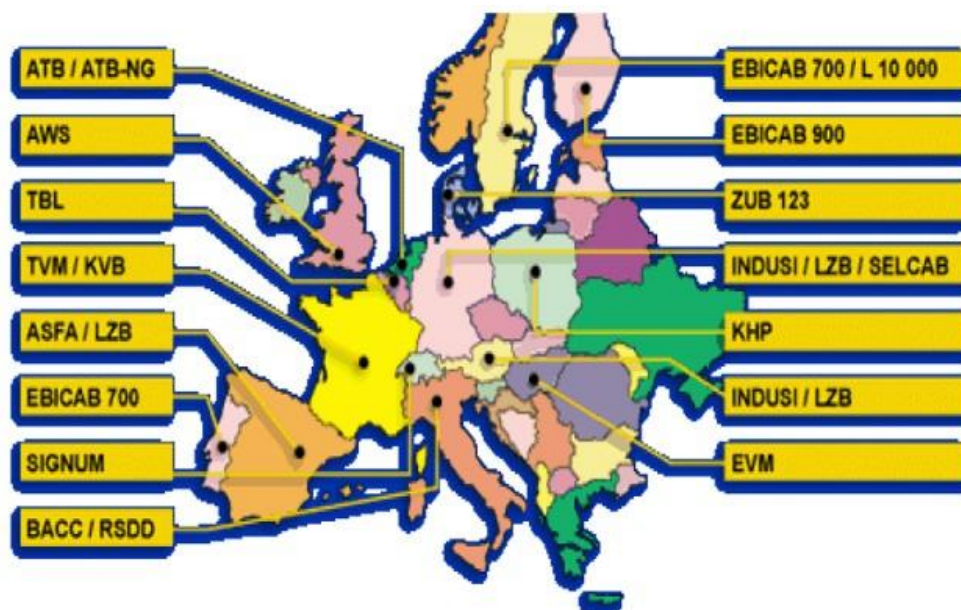


Figura 3.2.2.1 - Principals sistemes de senyalització ferroviària a Europa
(Font: Metro de Madrid - Presentació "Introducción a la Señalización Ferroviaria")

L'any 1996, la *UNISIG* (*Union Industry of Signaling* o Unió de la Indústria de la Senyalització), va desenvolupar un conjunt d'especificacions comuns que encara avui es veuen modificades o ampliades, les quals son controlades per l'*ERA* (*European Railway Agency* o Agència Europea del Ferrocarril), l'anagrama de la qual es pot veure a la Figura 3.2.2.2 de la part inferior dreta d'aquestes línies, i d'acord amb la *UIC* (*Union Internationale des Chemins de Fer* o Unió Internacional del Ferrocarril). La finalitat de definir un estàndard tècnic que permetés superar les diferències que existien entre els diferents països europeus buscava millorar la interoperativitat del material rodat, augmentar la capacitat de les línies i els nivells de seguretat dins i fora dels vagons i reduir les despeses que es deriven de la construcció d'instal.lacions fixes. En resum, evitar sistemes propietaris per països i entrar en mercats de tipus captius.



Figura 3.2.2.2 - Logotip ERA
(Font: www.era.europa.eu)

El mes d'Abril de l'any 2000, comptant per una banda el sistema de senyalització *ETCS* (*European Train Control System*) i el de telecomunicació *GSM-R* (*Global System for*

Mobile Communications), es va decidir unir-los per tal de crear-ne un de nou (veure Figura 3.2.2.3): l'anomenat *ERTMS* (*European Railway Traffic Management System*).



Figura 3.2.2.3 - Elements que formen el sistema de senyalització ERTMS

(Font Imatges: Google Images - images.google.es)

Fins al dia d'avui, el desenvolupament d'aquest sistema ha estat i segueix sent complicat, acumulant múltiples retards, tot i que rep subvencions per part de la Comunitat Europea, interessada en que aquest projecte tiri endavant. En ell hi han treballat 6 companyies de ferrocarril membres de la *UNISIG* (veure Figura 3.2.2.4): *Alstom* (França), *Ansaldo STS* (Itàlia), *Bombardier* (Canadà), *Invensys Rail Group* (Regne Unit), *Siemens* (Alemanya) i *Thales* (França).



Figura 3.2.2.4 - Companyies membres de la UNISIG

(Font Imatges: Google Images - images.google.es)

Donat que les companyies *RENFE* (Red Nacional de Ferrocarriles Españoles - Espanya), *SBB* (*Schweizerische Bundesbahnen* - Suïssa) i *NS* (*Nederlandse Spoorwegen* - Holanda) no havien desenvolupat cap tipus de sistema de senyalització propi per a trens d'alta velocitat com altres països europeus (el sistema francès *TVM* o l'alemany *LZB*), aquestes

van veure en el desenvolupament del *ERTMS* una gran oportunitat i van decidir implementar-lo en les seves noves línies d'alta velocitat. Per això es pot dir que els països pioners en l'aplicació d'aquest sistema (veure Figura 3.2.2.5) han estat Espanya (any 2002 amb *ETCS - Nivell 1* i l'any 2006 amb *ETCS - Nivell 2*), Suïssa (any 2000 amb *ETCS - Nivell 1* i any 2006 amb *ETCS - Nivell 2*) i Holanda (any 2006 directament amb *ETCS - Nivell 2*), els quals han sofert la immaduresa del sistema i grans endarreriments en la seva aplicació, però ara es troben en una posició molt avantatjada i amb capacitat per exportar els seus coneixements i experiències als països veïns.



Figura 3.2.2.5 - De dreta a esquerra: logotips operadores RENFE, SBB i NS
(Font Imatges: Google Images - images.google.es)

Altres països com Itàlia i Hongria van fer circular els seus trens regulars durant un període de proves amb *ERTMS*, però al cap del temps van revertir a la senyalització tradicional per, segons ells, la complicació del sistema.

A dia d'avui, fora de les nostres fronteres, podem trobar força països que experimenten amb aquest sistema (veure Figura 3.2.2.6 de la propera plana), però com a trams operatius amb aquest com a definitiu, destaquen la línia d'alta velocitat d'Itàlia entre Roma i Nàpols (*ETCS - Nivell 2* i a 300 Km./h., veure Figura 3.2.2.7 a continuació), a la línia d'alta velocitat de Suïssa entre Mattstetten i Rothrist (tram de Berna a Zurich amb *ETCS - Nivell 2* i a 200 Km./h., veure Figura 3.2.2.8 a continuació), al Túnel de base de Lötschberg a Suïssa (*ETCS - Nivell 2* i amb un màxim de 250 Km./h.) i a la línia d'alta velocitat d'Holanda entre Schiphol i Amberes (*ETCS - Nivell 2* i màxim 250 Km./h.).



Figura 3.2.2.6 - Implementació del sistema ERTMS al món (en groc al mapa)

(Font: www.ertms.com - Apartat "Projects")

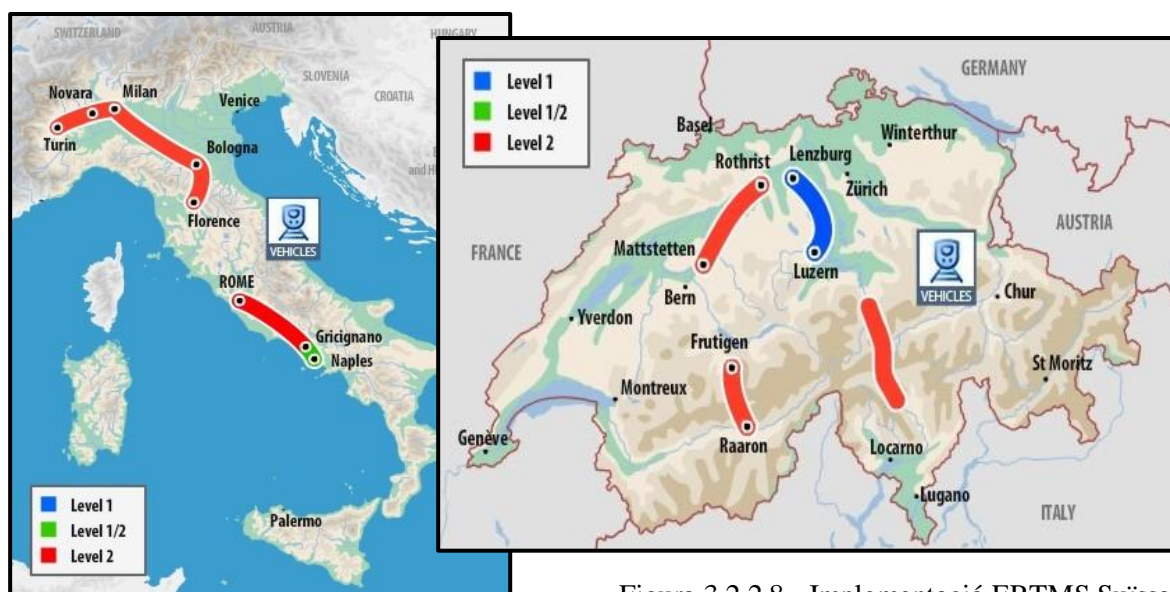


Figura 3.2.2.7 - Implementació ERTMS Itàlia

(Font: www.ertms.com - Apartat "Projects")

Figura 3.2.2.8 - Implementació ERTMS Suïssa

(Font: www.ertms.com - Apartat "Projects")

L'evolució del sistema al nostre país es presenta al subapartat "Implementació al nostre país" que es troba al final d'aquest mateix tema.

Característiques

Com a característiques més importants del sistema europeu de senyalització *ERTMS* es poden comentar les següents:

- Busca millorar de forma decisiva la interoperativitat del material rodat a través de la definició d'un estàndard tècnic de senyalització i seguretat que permeti superar les diferències que existeixen entre els diferents països de la Unió Europea.
- El sistema utilitza les funcions de control i senyalització del sistema *ETCS* i les de telecomunicació del ja comentat *GSM-R*.
- Gràcies a la reducció de l'interval de temps entre trens s'augmenta la capacitat de les línies que circulen per un determinat trajecte.
- Es disposa de quatre nivells d'operativitat definits pel sistema *ETCS*: Nivell 0, Nivell 1, Nivell 2 i Nivell 3, els quals són diferents entre ells i porten a terme funcions clarament diferenciades.
- Augmenten els nivells de seguretat dins i fora dels vagons de tren.
- Es redueixen les despeses que es deriven de la construcció d'instal·lacions fixes o de passar de sistemes propietaris que fan que els mercats siguin de tipus captius a d'altres d'oberts i competitiu.

L'aplicació de totes les característiques anteriors són les que conformen l'especificació *ERTMS*, malgrat que encara avui es treballa per a la implementació d'aquest sistema, el qual ha estat i segueix sent difícil per la gran varietat d'especificacions que hi ha en els diversos països interessats en aplicar-les (amplades de via, sistemes d'electrificació, sistemes de senyalització i control, etc...).

Components

La xarxa de *ERTMS* consta de dos components: el sistema de control i senyalització *ETCS* (*European Train Control System*) i el sistema de telecomunicació *GSM-R* (*Global System for Mobile Communications - Rail*). Per tal de conèixer-los millor, cal estudiar-los per separat i diferenciar les funcions de l'un i l'altre, cosa que ja s'ha fet en apartats anteriors d'aquest tema.

El *Sistema de Control Ferroviari Europeu (ETCS)* s'encarrega del control de la línia ferroviària a través dels seus quatre nivells d'aplicació. Monitoritza de forma constant la senyalització de la via i la situació del comboi. Els components d'aquest sistema (balises, sensors, antenes i el taulell de control, veure Figures 3.2.2.9, 3.2.2.10 i 3.2.2.11 a continuació) s'han estudiat i ampliat ja a l'apartat 3.2.1 - *ETCS > Components* d'aquest mateix treball.



Figura 3.2.2.9 - Balisa ERTMS
(Font: Google Images - images.google.es)



Figura 3.2.2.10 - Antena ERTMS sota els combois
(Font: Google Images - images.google.es)



Figura 3.2.2.11 - Antena ERTMS a la part superior
(Font: Google Images - images.google.es)

El **Sistema Global de Comunicacions Mòbils per a Ferrocarrils (GSM-R)** s'encarrega de les telecomunicacions entre el punt de control de la xarxa ferroviària i el maquinista del comboi, ampliant la interoperativitat i la prestació del servei. Tots els components o subsistemes que hi intervenen en aquest procés es presenten ampliat a l'apartat 3.1.1 - *GSM-R > Components del mateix treball.*

Funcionament

Donat que el funcionament del sistema de senyalització *ERTMS* ve determinat pel propi dels sistemes *ETCS* (només Nivell 1, Nivell 2 i Nivell 3) i *GSM-R*, caldrà estudiar-los per separat però tenint en compte que treballen plegats i que un component que serveix per a un, també pot fer servei a l'altre.

En quant al sistema de senyalització *ETCS* (*European Train Control System*), com ja s'ha comentat en d'altres apartats, es compta amb diversos nivells funcionals i d'aplicació: Nivell 0, Nivell 1, Nivell 2 i Nivell 3.

El *ETCS - Nivell 0* no es considera dins el sistema *ERTMS*, ja que es dona quan un comboi equipat amb *ETCS* circula per una ruta on aquest no està implementat. Amb això, el tren funcionarà segons el sistema definit en aquell trajecte, deixant de banda el *ERTMS*.

En el *ETCS - Nivell 1*, tal i com es mostra a la Figura 3.2.2.12 que hi ha a la plana que ve a continuació, les balises que hi ha instal·lades a la via reben informació des del centre de Control de Tràfic Centralitzat (*CTC*) sobre si el proper comboi pot passar d'aquell punt o

be s'ha d'esperar a que es doni l'ordre de circular. Aquesta informació, des del *CTC*, la poden conèixer a partir de les dades rebudes per part dels combois i aplicant les mesures de seguretat corresponents que defineixen la distància que hi ha d'haver entre un tren i l'altre. D'igual manera, les balises tenen també informació sobre la seva posició i tot això ho transmeten al tren un cop passa per damunt, el qual obliga al maquinista a actuar segons les ordres rebudes i segons les senyals verticals que troba durant el trajecte, i l'ordinador de bord es capaç de calcular la velocitat màxima a la que ha de circular depenent de l'estat del trajecte i la corresponent corba de frenada per al comboi. En cas de que el maquinista no faci cas de les ordres que rep o sobrepassi la velocitat màxima establerta, el tren es bloquejarà de manera automàtica i activarà la frenada d'emergència.

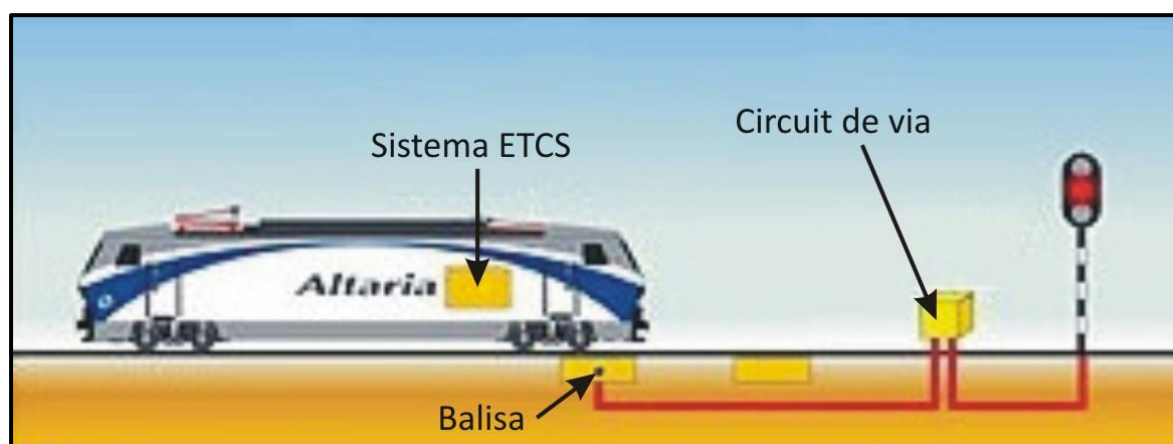


Figura 3.2.2.12 - Funcionament Nivell 1 ERTMS

(Font: Revista Vialibre - Article "Sistema de gestió europeu de circulació ferroviària: ERTMS")

En el *ETCS - Nivell 2*, com es pot veure a la Figura 3.2.2.13 que apareix a la plana següent, les balises instal·lades a la via encara juguen un paper important per a la seguretat dels trajectes. En aquest nivell, els trens transmeten informació cada cert interval de temps al centre de Control de Tràfic Centralitzat (*CTC*) sobre la seva posició i la seva destinació gràcies a les antenes que porten incorporades i mitjançant la utilització de transmissions de ràdio digitals. A partir d'aquestes dades i mitjançant l'aplicació de les mesures de seguretat que defineixen la distància que hi ha d'haver entre un tren i l'altre, generen les autoritzacions o denegacions de pas i les transmeten a cadascun dels combois, en els quals el maquinista les pot veure a través del taulell de control i ha d'actuar en conseqüència. Si el maquinista no fa cas de les ordres o sobrepassa la velocitat màxima establerta per

l'ordinador de bord gràcies a la monitorització constant de les dades trameses, el tren activarà la frenada automàtica. El paper de les balises en aquest nivell es el supervisar la integritat del tren i també activar ordres d'emergència al pas dels trens en cas de que el sistema no hagi funcionat correctament, les quals les reben des del CTC.

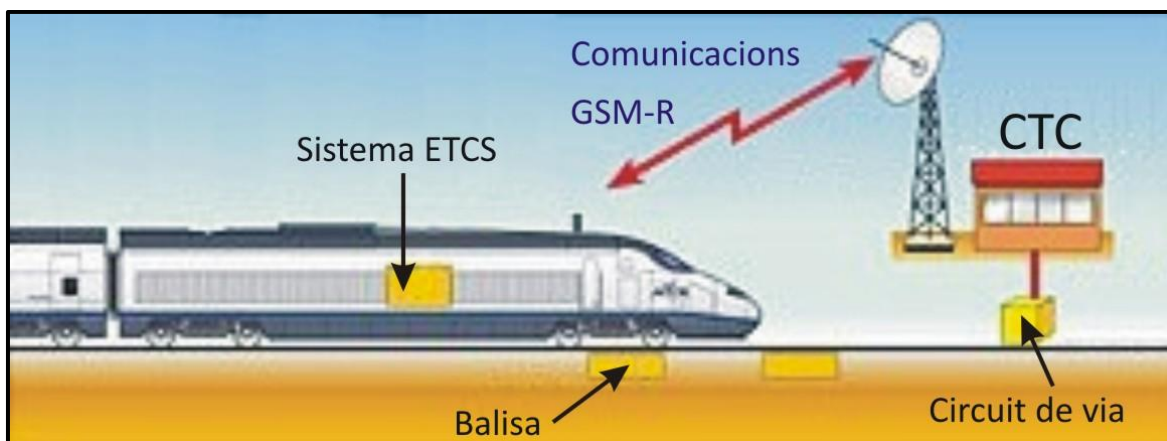


Figura 3.2.2.13 - Funcionament Nivell 2 ERTMS

(Font: Revista Vialibre - Article "Sistema de gestión europeo de circulación ferroviaria: ERTMS")

Per últim, en el *ETCS - Nivell 3*, tal i com es veu esquematitzat a la Figura 3.2.2.14 de la plana següent, les balises i sensors (transductors d'eix, acceleròmetres i radars) que hi ha instal·lats a les vies permeten conèixer l'estat dels trens amb un alt grau de fiabilitat, però l'ordinador de bord, a través de l'antena que hi ha instal·lada al tren, s'encarregarà d'enviar informació de manera continuada al centre de Control de Tràfic Centralitzat (*CTC*) sobre la posició del comboi en tot moment des del començament de la composició fins a l'últim dels vagons. Amb aquesta informació i aplicant les mesures de seguretat que defineixen la distància que hi ha d'haver entre un tren i l'altre, el *CTC* envia les ordres o denegacions de pas als combois, definint aleshores el que es coneix com a "cantó" ferroviari, que es la distància mínima que ha d'haver entre el final del primer tren i el principi del segon per a que un trajecte es consideri segur. Amb aquest sistema ja no es necessita de senyalització vertical a la via, ja que les velocitats màximes a les que pot circular el tren i la seva corba de frenada són també definides pel *CTC* i enviades a cadascun dels combois.

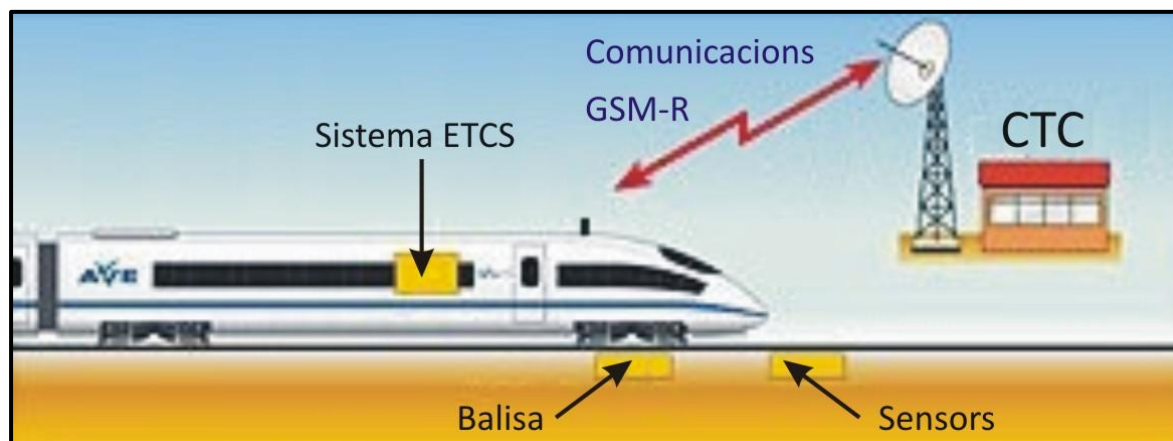


Figura 3.2.2.14 - Funcionament Nivell 1 ERTMS

(Font: Revista Vialibre - Article "Sistema de gestión europeo de circulación ferroviaria: ERTMS")

I pel que fa al ja anteriorment comentat sistema de telecomunicacions *GSM-R* (*Global System for Mobile Communications*), es tracta d'un conjunt d'especificacions bassades en la tecnologia *GSM* que, per tal que s'estableixi una trucada des del punt de control cap al maquinista del tren, caldrà que el dispositiu receptor de ràdio que aquest utilitza estigui sincronitzat a una de les estacions base de les que hi ha distribuïdes al llarg del recorregut i rebre de part d'aquesta els missatges *FCCH* (canal corrector de freqüència), *SCH* (canal de sincronització) i *BCCH* (canal de control de *broadcast*). L'usuari del punt de control haurà de marcar la combinació de dígitos corresponents al comboi amb el que vol parlar i pressionar el botó d'enviar. El dispositiu principal transmet una ràfega de dades *RACH* (canal d'accés aleatori) cap a l'estació base, la qual respon amb un missatge *AGCH* (canal d'accés concedit) sobre el *CCCH* (canal de control comú), que assigna al dispositiu un nou canal *SDCCH* (canal de control dedicat) per a establir una connexió. Aquest dispositiu, en rebre totes les senyals i processar-les, comença a transmetre ràfegues. El *SDCCH* envia missatges entre punt central i l'estació base, tenint en compte la validació i l'autenticació de l'usuari, mentre que la xarxa telefònica commutada (*RTB*) connecta l'adreça marcada amb el *MSC* (centre de commutació de serveis mòbils) i aquest commuta el camí que ha de recórrer la veu fins a l'estació base servidora. A partir d'aquest moment la comunicació està establida entre el centre de control i el maquinista del comboi, transmetent-se a través dels canals de pujada (*uplink*) i baixada (*downlink*) comentats anteriorment. En acabar la trucada, el *SDCCH* (canal de control dedicat) queda alliberat i la línia disponible. Si el que

es vol realitzar una trucada des de la cabina del comboi cap al centre de control, les passes son les mateixes però en sentit contrari al que s'ha explicat en aquesta última part.

Subministradors

Les empreses associades a la *UNISIG* i que, per tant, son les principals subministradores de material per al sistema *ERTMS* son les següents (veure Figura 3.2.2.15):

- **Alstom:** corporació francesa fundada l'any 1928 amb el nom d'*Alsthom* i amb seu al nostre país que s'encarrega de la fabricació d'equipaments i aparells per a la generació d'energia i per al transport.
- **Ansaldo STS:** fundada l'any 1846, es tracta d'una empresa italiana que es dedica a la mecànica i fabricació de vaixells, vehicles industrials, camions i material ferroviari, així com també del desenvolupament de sistemes de control.
- **Bombardier:** corporació d'origen canadenc fundada l'any 1942 que en un principi es dedicava a la fabricació de material aeroespacial, però que des del 1970 s'encarrega, entre d'altres, del disseny i desenvolupament de sistemes ferroviaris, així com material rodant i sistemes de senyalització i comunicació.
- **Invensys Rail Group:** empresa d'enginyeria britànica fundada l'any 1999 que dissenya *software* i equips d'automatització basats en *hardware*, així com també sistemes de control i comunicació de trens.
- **Siemens:** empresa alemanya fundada l'any 1847 que es dedica a la investigació i desenvolupament de sistemes de comunicacions, control i senyalització dins l'àmbit ferroviari, així com també de l'electrificació.
- **Thales:** empresa electrònica francesa fundada l'any 2000 que fabrica sistemes de radars i de control, entre d'altres, pel mercat ferroviari.



Figura 3.2.2.15 - Logotips empreses subministradores ERTMS

(Font: Google Images - images.google.es)

Implementació al nostre país

Al nostre país, al igual que va ocórrer a Suïssa i Holanda, la implantació del *ERTMS* ha estat accidentada. En un principi, el Ministeri de Foment va adjudicar la instal·lació d'aquest sistema a la línia d'alta velocitat que unia Madrid amb Lleida com a complement del ja establert *ASFA* (Anunci de Senyals i Frenada Automàtica), amb intencions d'ampliar-lo després fins a Barcelona. Degut a que aquesta decisió es va prendre quan el sistema estava lluny d'assolir la seva capacitat funcional, l'evidència de que *ERTMS* no podia ser operatiu i altres defectes de la infraestructura van frustrar la inauguració de la línia prevista per l'any 2003. Des d'aquell moment, l'operadora *RENFE* i l'organisme *ADIF* (Administración De Infraestructuras Ferroviárias) es van plantejar la conveniència d'instal·lar el sistema d'origen alemany *LZB* (*Linien Zug Beeinflussung*) fins que el desenvolupament del *ERTMS* estigués més avançat, resultant un cost de 120 milions d'euros. Finalment, els bons resultats de les proves realitzades amb el *ETCS - Nivell 1* van fer que es seguís amb aquest nou sistema europeu.

A dia d'avui, Espanya es el país europeu que compta amb major nombre de línies que utilitzen el sistema *ERTMS*, destacant les següents (veure Taules 3.2.2.1 i 3.2.2.2 i Figura 3.2.2.16 de les planes següents com a complements):

Línies d'Alta Velocitat (LAV) d'amplada estàndard:		
Línia	Nivell / Velocitat	En servei des de
Madrid - Lleida	N1 - 300 Km/h. N2 - 350 Km/h.	N1 - Abril 2006
Lleida - Roda de Barà	N1 - 300 Km/h. N2 - 350 Km/h.	N1 - Desembre 2006
Roda de Barà - Barcelona	N1 - 300 Km/h. N2 - 350 Km/h.	N1 - Febrer 2008
Zaragoza - Huesca	N1 - 200 Km/h.	<i>N1 - Previst per 2009 (actualment amb ASFA)</i>
Madrid - Valladolid	N1 - 300 Km/h. N2 - 350 Km/h.	N1 - Desembre 2007
Madrid - Toledo	210 Km/h.	<i>Equipat amb N1 i N2 (actualment amb LZB)</i>
Córdoba - Málaga	N1 - 300 Km/h. N2 - 350 Km/h.	N1 - Desembre 2007

Taula 3.2.2.1 - Línies d'alta velocitat d'amplada estàndard d'Espanya que utilitzen *ERTMS*
(Font: Ferropedia - Article "ERTMS")

Línies Convencionals d'amplada ibèrica:		
Línia	Nivell / Velocitat	En servei des de
Albacete - La Encina	N1 - 220 Km/h. N2 - 220 Km/h.	<i>En proves</i>
Madrid (Rodalies) ²⁷	N1 - 90 Km/h. N2 - 120 Km/h.	N1 - Juliol 2008

Taula 3.2.2.2 - Línies d'alta velocitat d'amplada ibèrica d'Espanya que utilitzen *ERTMS*
(Font: Ferropedia - Article "ERTMS")

²⁷ Madrid (Rodalies): Per a més informació sobre aquest tram veure Annex III.



Figura 3.2.2.16 - Implementació ERTMS Espanya

(Font: www.ertms.com - Apartat "Projects")

La longitud total d'aquestes línies es de 1298.3 Km.: 1048.3 Km. amb línies d'alta velocitat i 250 Km. de convencionals. La majoria d'empreses subministradors per aquesta infraestructura han estat: *Ansaldo STS* (Madrid - Lleida), *Alstom* (Zaragoza - Huesca), *Invensys Rail Group* (Córdoba - Málaga), *Thales* (Lleida - Barcelona, Madrid - Valladolid i Madrid - Toledo) i *Siemens* (Córdoba - Málaga, Lleida - Barcelona, Madrid - Valladolid, Madrid - Toledo). Un exemple de comboi que circula per aquests trams, així com l'interior de la seva cabina es poden veure a les següents Figures 3.2.2.17 i 3.2.2.18:



Figura 3.2.2.17 - Tren Siemens S-103 entrant a l'Estació de Sants de Barcelona

(Font: *Ferropedia* - Article "LAV Madrid-Zaragoza-Barcelona")



Figura 3.2.2.18 - Taulell de control de cabina del Siemens S-103
(Font: RENFE)

Tan bon punt es posi en funcionament el *ETCS - Nivell 2*, el qual ha de permetre velocitats de fins a 350 Km./h. en alguns trajectes, es podran incrementar considerablement les freqüències de pas i, per tant, la capacitat de les línies.

3.2.3 - ASFA

L'**Anunci de Senyals i Frenada Automàtica** es tracta d'un sistema exclusiu de la companyia espanyola *RENFE* que, a través de la repetició de senyals dins la cabina mitjançant la transmissió puntual d'informació entre les vies i la locomotora, permet assegurar que es compleixen les ordres que s'estableixen en els senyals convencionals. També compta amb certes funcions de control sobre el tren.

Evolució

En el moment en que va aparèixer la necessitat de controlar el tràfic ferroviari, cadascuna de les operadores han anat desenvolupant els seus propis sistemes, adequant-los a les seves

necessitats i també a les seves possibilitats, però principalment a la infraestructura que es tenia en aquell moment, com es el cas del nostre país.

Anys mes tard de que altres administracions ferroviàries europees ja haguessin generalitzat els seus propis sistemes simples de senyalització a la cabina i de frenada d'emergència, als anys 70, a Espanya, l'operadora *RENFE* (REd Nacional de Ferrocarriles Españoles) va convocar un concurs per a tal efecte, el qual es va adjudicar la companyia americana *Westinghouse Air Brake Company* (*Wabco*), el logotip de la qual es pot veure a la Figura 3.2.3.1, just a la dreta d'aquestes línies. Es tractava d'un sistema compost per una sèrie d'equips instal·lats a la via (emissors) que informaven al tren de l'estat de les senyals i de les restriccions mitjançant aparells que aquests incorporaven (receptors).



Figura 3.2.3.1 - Logotip Wabco
(Font: www.wabco-auto.com)

El sistema *ASFA*, que es el l'acrònim que va rebre a partir de les paraules Anuncio de Señales y Frenado Automático, va ser adoptat i posat en marxa definitivament per *RENFE* l'any 1978 en el tram entre Guadalajara i Azuqueca de Henares (Madrid), malgrat que portava en proves des del Maig de 1972 en aquest trajecte amb una locomotora de la sèrie 353 (veure Figura 3.2.3.2 a continuació) i que va arribar a assolir els 222 Km/h.. Al tractar-se d'un sistema més modern que d'altres ja existents en aquell moment, es van poder utilitzar dispositius d'alta freqüència, el que permetia la transmissió de més dades des de la via cap als trens (fins a 9 tipus de dades), en contrast amb d'altres com el francès *Crocodile* (desenvolupat l'any 1872 amb transmissió de 2 tipus de dades) o l'alemany *PZB* (implantat l'any 1934 amb la transmissió de 3 tipus de dades). Una altra característica que el va fer important en relació amb els altres, va ser que al pas d'una senyal lateral, el conductor ha de respondre a una advertència acústica i, en alguns casos, lluminosa, mentre que en els d'altres països no es compta amb cap tipus de recordatori a la cabina.



Figura 3.2.3.2 - Tren de la sèrie 353 de RENFE

(Font: Fernando Monroy Peña)

Durant més de 25 anys el sistema s'ha utilitzat, però també s'ha descobert que tenia serioses limitacions, les quals es podrien pal·liar, en part, amb el nou sistema establert, l'*ASFA Digital*. Va ser l'any 2005 quan es va pensar en la implementació d'aquest, la qual es portaria a terme en dues fases.

La primera fase d'implementació de l'*ASFA Digital* rep el nom de *ASFA Digital Mode Bàsic* i va entrar en funcionament el Setembre de 2007, consistint en un canvi dels equips de a bord dels trens adaptant-los a la tecnologia digital, la qual permet la supervisió de la velocitat del tren després de reconèixer una senyal i oferir una nova iconografia²⁸ a una pantalla que recorda al maquinista en tot moment l'avís que ha reconegut, evitant així possibles errades en la interpretació de la indicació de senyals. En canvi, en els equips de la via no es necessari en aquesta primera fase. La implementació d'aquest sistema va suposar una inversió de 80 milions d'euros i el canvi de 2650 equips.

La segona fase encara està pendent d'aplicació i rebrà el nom de *ASFA Digital Mode Avançat*. Aquesta consisteix en la modificació dels equips de la via per a que facilitin als maquinistes major informació sobre la senyalització de la via. La seva implementació està

²⁸ Iconografia: Conjunt d'icones d'un determinat sistema.

prevista per a l'any 2012, però podria veure's desbancada per la implementació del sistema ja estudiat *ERTMS (European Railway Traffic Management System)*.

Durant tots els seus anys de funcionament, ja sigui amb la primera versió o amb la digital, el sistema *ASFA* ha contribuït a mantenir un alt nivell de seguretat en els nostres trens, l'evolució del qual ha permès respondre als requeriments de les línies d'alta velocitat com a sistema de recolzament.

Característiques

Com a característiques més importants del sistema de senyalització *ASFA* es poden destacar les que es venen a presentar a continuació:

- Com que es tracta d'un sistema modern, es poden utilitzar “*transponders*” d'alta freqüència, fet que permet la transmissió de més dades de la via cap al comboi. El sistema només utilitza 5 dades, però es permeten fins a 9 de diferents.
- Al pas d'una senyal vertical lateral, a diferència d'altres sistemes de senyalització, l'advertència al maquinista es realitza mitjançant un avís de tipus acústic i, en certes ocasions, lluminós, fet que provoca que el conductor no hagi de tenir un alt nivell d'atenció per al seu posterior reconeixement.
- Permet un interval mínim de pas entre trens de 10 minuts i una velocitat màxima marcada en 200 Km./h..
- Apart de tractar-se d'un sistema de senyalització, inclou aspectes relacionats amb la seguretat, donat que en cas de que el maquinista no reconegui la recepció de les senyals laterals o que la velocitat del comboi no s'adeqüi a les condicions imposades per aquesta, l'equip acciona la frenada d'emergència per tal d'aturar el tren.
- Degut a la seva alta fiabilitat i als bons resultats obtinguts des que es va instaurar aquest sistema, en moltes línies d'alta velocitat de nova creació s'està instal·lant com a

segon sistema per si el funcionament dels nous sistemes, generalment *ERTMS* (*European Railway Traffic Management System*), fos erroni.

L'aplicació de totes les característiques anteriors són les que conformen el sistema *ASFA*, el qual, a dia d'avui encara s'utilitza, i molt, a les línies convencionals del nostre país.

Components

La xarxa *ASFA* del nostre país compta amb diversos components, els quals es classifiquen segons estan instal·lats a la via o al tren i que depenen de la funció que realitzen.

Les **Balises** es consideren equips de via i poden ser de dos tipus: fixes o commutables per relés (veure Figura 3.2.3.3). Es tracta de dispositius que un cop reben la informació sobre la senyal que s'està a punt de travessar per part de les caixes de connexió, aquestes la transmeten als trens que els hi passen pel damunt. Sempre se n'instal·len dues per cada senyal vertical que es troba i sentit de la circulació: la balisa prèvia i la balisa de peu de senyal.



Figura 3.2.3.3 - Balisa ASFA
(Font: *Ferropedia* - Article "*ASFA*")

- **Balisa Prèvia:** col·locada generalment a una distància de 300 m. de la senyal, anuncia dins la cabina que s'acosta una nova indicació.
- **Balisa de Peu de Senyal:** situada aproximadament a uns 5 m. de la indicació vertical, representa dins la cabina el que la senyal vol indicar.

Es tracta de dispositius estàtics i passius, es a dir, que no necessiten alimentació per a la transmissió d'informació, malgrat que sí que els hi farà falta per a actualitzar les dades a transmetre.

Les **Caixes de Connexió** estan també situades a la via i serveixen per a transmetre la informació de les senyals que apareixen durant tot el trajecte cap a la balisa a la que estan associades i des d'aquestes cap els combois que hi circulen per aquell trajecte (veure Figura 3.2.3.4).



Figura 3.2.3.4 - Caixa de connexions ASFA

El **Receptor de Senyal** es considera equip a bord del tren i generalment està situat sota el bastidor de la part davantera del comboi i a la dreta del sentit de la marxa (veure Figura 3.2.3.5). Al passar pel damunt de les balises, aquest capta la informació que es transmet, la processa i s'envia cap al panell de control de la cabina, on el conductor la veurà reflectida.



Figura 3.2.3.5 - Receptor de senyal ASFA sota el tren
(Font: Ferropedia - Article "ASFA")

El **Panell de Cabina**, situat a dalt del tren i utilitzat per a la recepció de la informació processada pel receptor de senyal, s'encarrega de presentar-la al conductor segons les

especificacions establertes per a que aquest actui de la manera adequada. A la Figura 3.2.3.6 de la plana següent es pot veure el corresponent a un dels nous trens de Rodalies model *Civia*.



Figura 3.2.3.6 - Panell de control de cabina ASFA
(Font: RENFE)

El **Tacògraf** també es situa a l'interior de la cabina (veure Figura 3.2.3.7) i es el dispositiu que s'encarrega de enregistrar totes les intervencions que esdevenen en cadascun dels trajectes que un tren realitza. Entre d'altres, s'emmagatzema informació sobre la velocitat a la que es circula, si es produeix alguna frenada d'emergència, els reconeixements de les senyals per part del conductor, les vegades que el tren s'ha parat al llarg del trajecte, etc... .



Figura 3.2.3.7 - Tacògraf ASFA dalt del comboi
(Font: Ferropedia - Article "ASFA")

Funcionament

El sistema *ASFA* utilitza 9 freqüències que van des dels 55 KHz. fins els 115 KHz. per a la transmissió d'informació entre la via i el tren. Aquesta comunicació es basa en circuits ressonants amb acoblaments magnètics que poden transmetre fins a 9 dades diferents, una per cadascuna de les freqüències comentades al principi.

Els circuits ressonants en via (balises) s'ajusten a una freqüència representativa del aspecte de la senyal, la qual ve determinada per la informació que proporcionen les caixes de connexió que es troben també a la via. Els equips de bord es troben bloquejats en la freqüència de terra, la qual serveix com a testimoni del funcionament de l'equip de la locomotora.

Un cop el tren es troba en circulació i passa pel damunt d'una de les balises, en el receptor de senyal s'origina un desplaçament de la freqüència permanent acord amb el circuit ressonant de la balisa, es processa i s'envia cap al panell de la cabina. Aquest dispositiu s'encarrega de presentar-la al conductor, el qual ha de reconèixer la recepció, ja que si no ho fa, el sistema ordena automàticament al tren que es detingui mitjançant la frenada d'emergència. Passarà el mateix en cas de que la velocitat no s'adeqüi a les condicions imposades pel senyal vertical de la via. Ordenada aquesta execució, el maquinista no podrà reprendre el control dels equips de tracció del comboi fins que el vehicle no s'hagi parat completament o circuli a menys de 5 Km./h. (segons model de tren) i aquest els rearmi de manera manual.

Amb la senyalització semafòrica, el sistema *ASFA* actua segons el color amb el que es trobi. En cas de que la senyal estigui en verd, l'advertència a cabina serà de tipus acústica i de mig segon de durada, indicant que el tren pot circular a la velocitat màxima permesa en aquell tram del trajecte. Si el semàfor està en groc, en passar per la balisa prèvia el conductor haurà de frenar fins arribar a la velocitat adequada, l'avís es portarà a terme mitjançant una advertència sonora i lluminosa continua que ha de ser reconeguda pel maquinista abans de 3 segons. Per últim, si el llum està en vermell, en passar per la balisa prèvia el conductor haurà de frenar amb l'objectiu de parar-se abans de la senyal vertical, la indicació acústica serà de 3 segons i la lluminosa de 10 segons, parant-se el tren abans de rebassar-la. En els dos últims casos, si el tren s'excedeix de la velocitat recomanada o el maquinista no reconeix el senyal (semàfor en groc) o no s'ha parat abans de la senyal (semàfor en vermell), el sistema activa la frenada d'emergència. De tota manera, davant una pèrdua del senyal, en tots els cassos (semàfor en verd, en groc o en vermell) s'activaria la frenada d'emergència. Si el sistema de senyalització no funciona correctament i el conductor té autorització per rebassar un senyal restrictiu, aquest haurà d'actuar sobre el

panell de control 10 segons abans de passar sobre la balisa de peu de senyal, evitant així la frenada d'emergència.

Dins el reglament d'*ADIF* (Administrador d'Infraestructures Ferroviàries), ens espanyol que gestiona les vies, estacions, comunicacions i infraestructures de l'operadora ferroviària *RENFE* (veure logotip a la Figura 3.2.3.8 de la part inferior esquerra d'aquestes línies), els trens es classifiquen en diversos tipus, expressats mitjançant un nombre múltiple de 10, el qual indica la velocitat màxima que poden arribar a assolir en les condicions més favorables de traçat i classe de via. Sota el sistema *ASFA*, els trens del tipus 50, 60 i 70 no poden passar els 35 Km./h. pel damunt d'una balisa prèvia que



Figura 3.2.3.8 - Logotip ADIF
(Font: www.adif.es)

indiqui una senyal de parada. Els trens de tipus 80, 90 i 100 es veuen limitats a 50 Km./h., mentre que els de tipus 110 o superior ho poden fer fins a 60 Km./h.. El tipus de tren es calcula, amés de en funció de les característiques dels vehicles que el componen, pel percentatge de frenada (la massa de frenada corresponent a 100 tones de tren), aspecte que indica la seva potencia de frenada.

Implementació al nostre país

Al nostre país, *ASFA* representa un sistema propi de la operadora *RENFE* i que també han adoptat altres companyies ferroviàries (*Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya* a casa nostra), per la qual cosa està molt estès per tot el territori: 9842 kilòmetres de via de la xarxa d'*ADIF* (Administrador d'Infraestructures Ferroviàries).

Els principals trajectes de la nostra comunitat que compten amb aquest sistema són: Barcelona - Girona, Girona - Frontera Francesa, Barcelona - Tarragona, Tarragona - Lleida (veure Figura 3.2.3.9 a continuació) i totes les línies de *Rodalies* (C1, C2, C3, C4, C7 i C10) del nucli de Barcelona (veure Figura 3.2.3.10).



Figura 3.2.3.9 - Fotografia tren de llarga distància model Alvia
(Font: Bernat Borràs - www.trenscat.cat)



Figura 3.2.3.10 - Fotografia nous trens de Rodalies model Civia
(Font: Bernat Borràs - www.trenscat.cat)

3.2.4 - ATP

El sistema de **Protecció Automàtica del Tren** (*Automatic Train Protection*) s'encarrega de supervisar la conducció dels combois per tal d'evitar qualsevol tipus de problemes esdevinguts durant els trajectes que es portin a terme.

Evolució

Com la resta de sistemes de senyalització tractats fins al moment, el *ATP* va sorgir de la necessitat de controlar el tràfic ferroviari a mida que aquest s'anava incrementant, amb l'objectiu d'oferir una major seguretat i millor servei a l'usuari.

Els seus orígens daten dels anys 80, quan ja existien dins el mercat ferroviari diversos sistemes de control i senyalització. Aquest es va començar a dissenyar basant-se en la tecnologia que permetien els microprocessadors que hi havia en aquells anys, sobretot pensat per a la realització de tasques de control.

Arran de l'accident *Clapham Junction* ocorregut el 12 de Desembre de l'any 1988 al Regne Unit (veure Figura 3.2.4.1) i altres dos ocorreguts a Irlanda i Austràlia a principis del 1989, es va començar a implementar el sistema a les principals operadores ferroviàries d'aquells països. Els tres accidents es van saldar amb un gran nombre de víctimes i ferits, per la qual cosa es va decidir accelerar el procés, que va culminar amb la posada en marxa del primer trajecte equipat amb sistema *ATP* l'any 1990, a Londres.



Figura 3.2.4.1 - Accident Clapham Junction ocorregut al Regne Unit l'any 1988
(Font: Wikipedia - Article "Clapham Junction Rail Crash")

Amb el pas dels anys, el sistema s'ha anat estenent a d'altres països i ha anat millorant els problemes detectats durant els seus primers anys de vida, arribant també a operadores ferroviàries del nostre país, com son: *Transports Metropolitans de Barcelona (TMB)*, *Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC)*, *TRAM Barcelona*, *Metro Bilbao*, *Metro Madrid*, *Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana (FGV)*, *Serveis Ferroviaris de Mallorca (SFM)* o *Metropolitano de Tenerife (MTSA)*, entre d'altres... (veure Figura 3.2.4.2). Les companyies anteriors gestionen metros i tramvies principalment.



Figura 3.2.4.2 - Logotips d'algunes empreses que operen amb ATP a Espanya
(Font: Google Images - images.google.es)

Característiques

Com a característiques més importants del sistema de control i senyalització *ATP* es poden destacar les comentades en les línies següents:

- El sistema, gràcies a la comunicació que manté amb el comboi, pot indicar al conductor del comboi la velocitat màxima permesa per a cada tram del recorregut i controlar que aquest no la sobrepassi, així com també altres aspectes importants per al control de la seguretat dels combois.
- En cas de que el conductor excedeixi la velocitat màxima permesa, el sistema activa la frenada d'emergència.

- El sistema està capacitat per a eludir l'obertura de portes en llocs no indicats, no deixar depassar un semàfor en vermell, evitar la col·lisió de dos combois i activar la frenada d'emergència en cas de que sigui necessari.
- Es treballa també amb advertències acústiques, fet que facilita la recepció dels avisos per part del maquinista.

L'aplicació de totes les característiques anteriors són les que conformen el sistema *ATP*. Actualment s'utilitza en la majoria dels metros i tramvies que existeixen, juntament amb d'altres sistemes que ja es van comentar en l'apartat 2.2 - *Sistemes de Senyalització* d'aquest projecte (el sistema *ATO* - *Automatic Train Operation* o el *ATS* - *Automatic Train Supervision*).

Components

La xarxa *ATP* compta amb diversos components per tal de dur a terme les seves funcions, els quals poden estar situats a la via o en el mateix tren.

Les **Balises** estan situades a la via (veure Figura 3.2.4.3) i s'encarreguen de la transmissió de la informació que contenen cap al comboi. Entre d'altres, guarden dades sobre l'estat del recorregut pel que circula el comboi i de la velocitat màxima permesa des d'aquell punt fins a la propera balisa que aquest es trobi a la via.



Figura 3.2.4.3 - Balisa ATP a les vies
(Font: www.tramvia.org)

El **Receptor de Senyal** està situat a la part inferior del comboi (veure Figura 3.2.4.4) i que al passar pel damunt d'una de les balises s'encarrega de la recepció de la informació transmesa per aquestes i la processa. Un cop tractades aquestes dades, el que es fa es transmetre-les al taulell de control de la cabina per a que el conductor les reconegui i actuï segons les necessitats de les condicions imposades per les balises.



Figura 3.2.4.4 - Antena receptora ATP sota el comboi
(Font: www.tramvia.org)

El **Taulell de Control**, situat a dalt del tren i a l'interior de la cabina (veure Figura 3.2.4.5), s'encarrega de gestionar la informació sobre la velocitat a la que es circula en tot moment i la posició exacta en la que es troba el comboi. Això, junt a la informació subministrada per les balises i rebuda pel receptor de senyal (velocitat màxima permesa en aquell trajecte, estat del mateix, etc...), es mostra al conductor, el qual respondrà segons les necessitats i evitarà, així, possibles problemes durant el trajecte.



Figura 3.2.4.5 - Taulell de control cabina ATP
(Font: www.tramvia.org)

Funcionament

El sistema *ATP* té un funcionament molt semblant al de altres sistemes de senyalització vistos en apartats anteriors: el comboi rep informació que el conductor ha de reconèixer i si

no ho fa s'activen els sistemes d'emergència. Malgrat això, la principal diferència es que aquest sistema permet, apart de les proteccions de seguretat bàsiques, altres d'avançades.

Quan el comboi està circulant, gràcies al taulell de control que hi incorpora a la cabina, pot determinar la ubicació del mateix (de la capçalera i de la cua), la velocitat i la direcció cap a la que s'està dirigint. S'ha de tenir en compte que les dues primeres dades no seran del tot precises i que poden variar alguns metres (5 com a màxim). Sabent el lloc en el que es troba un comboi, el sistema pot autoritzar un límit de moviment per al que vingui al darrera, el qual vindrà també determinat per la capacitat de frenada del segon comboi, pel tipus i model de tren i per la velocitat que porti en aquell moment.

Una altre característica en moviment es la de la protecció davant un excés de velocitat. Les balises de la via transmeten informació al comboi sobre la velocitat màxima a la que pot circular, però si el maquinista no l'adequa a les condicions establertes, el sistema activa la frenada d'emergència.

Un cop el comboi ha arribat a la seva destinació o té parada en alguna estació, el sistema està capacitat per a autoritzar l'obertura de portes del mateix, sempre i quant s'hagi assolit la velocitat zero i el maquinista hagi aplicat la fre de servei. Si no es donen les condicions anteriors, per exemple quan el comboi està en moviment, les portes no s'obren. El mateix passarà quan aquest vol reprendre la marxa: si totes les portes no estan tancades i bloquejades, el comboi no es mou.

En quant a proteccions de seguretat avançades, el sistema ofereix una protecció davant moviments no autoritzats per part del comboi, això es que si es mou uns metres en sentit contrari a l'autoritzat i les balises ho detecten, s'activen els frens d'emergència. El mateix passa si un comboi s'apropa al final de via: les balises avisen al conductor i activen la frenada d'emergència per tal que es detingui abans d'arribar a aquest punt. En cas de que s'autoritzin moviments en sentit contrari per part dels controladors de tràfic, el sistema seguirà oferint controls de senyalització i seguretat gràcies a les balises instal·lades a la via. Si la via no es troba en bones condicions per a la circulació dels combois o es detecten alguns problemes que poden afectar la seguretat dels passatgers, el sistema parará els trens que circulin per aquell trajecte. I en quant al tema de passos a nivell (especialment pensat per a tramvies o metros que circulen per la superfície compartint espai amb cotxes o

vianants), el sistema pot controlar la pujada o baixada de barrera dels mateixos (en cas de que en tinguin) o l'autorització de pas o no per a cotxes i vianants gràcies als coneixements que es tenen sobre la velocitat del comboi que s'apropa. Una aplicació pràctica per a aquesta característica podria ser la de instal·lar dispositius que indiquessin el temps que falta per a que un comboi creui aquell punt.

Implementació a casa nostra

A casa nostra, el sistema *ATP* es utilitza per diverses companyies del sector ferroviari com a sistema de senyalització i seguretat: *Transports Metropolitans de Barcelona (TMB)*, *Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC)* i *TRAM Barcelona*.

TMB (Transports Metropolitans de Barcelona), que gestiona la xarxa de metro (veure Figura 3.2.4.6), funiculars i telefèrics de la ciutat de Barcelona, compta amb el sistema *ATP* per a totes les línies: L1 (Hospital de Bellvitge - Fondo), L2 (Paral·lel - Pep Ventura), L3 (Zona Universitària - Trinitat Nova), L4 (Trinitat Nova - La Pau), L5 (Cornellà Centre - Horta) i L11 (Trinitat Nova - Can Cuiàs). Les futures L9 (Can Zam - Aeroport Terminal T1) i L10 (Gorg - Zona Franca ZAL) també l'incorporaran com a sistema de senyalització i seguretat, segons informacions de *TMB*.



Figura 3.2.4.6 - Comboi del Metro de Barcelona
(Font: Associació Promoció Transport Públic - www.laptp.org)

FGC (Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya) es una empresa que gestiona algunes línies ferroviàries metropolitanes de Barcelona (veure Figura 3.2.4.7), els trens cremallera i diversos funiculars i telefèrics que hi ha repartits pel territori català, així com els telecadires i l'exploració de diverses estacions d'esquí catalanes. L'empresa compta amb el sistema de senyalització *ATP* per a totes les línies metropolitanes: L6 (Plaça Catalunya - Reina Elisenda), L7 (Plaça Catalunya - Avda. Tibidabo) i L8 (Plaça Espanya - Molí Nou / Ciutat Cooperativa); totes les línies de mitjana distància també compten amb aquest: S1 (Plaça Catalunya - Terrassa / Rambla), S2 (Plaça Catalunya - Sabadell / Rambla), S4 (Plaça Espanya - Olesa de Montserrat), S5 (Plaça Catalunya - Sant Cugat / Rubí), S8 (Plaça Espanya - Martorell / Enllaç), S33 (Plaça Espanya - Can Ros) i S55 (Plaça Catalunya - Universitat Autònoma); i les de rodalies: R5 (Plaça Espanya - Manresa / Baixador) i R6 (Plaça Espanya - Igualada).



Figura 3.2.4.7 - Comboi dels Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya

(Font: Bernat Borràs - www.trenscat.cat)

I per acabar, *TRAM Barcelona*, que dirigeix tota la xarxa de tramvia de la ciutat comtal (veure Figura 3.2.4.8), treballa principalment amb aquest sistema en totes les seves línies del *Trambaix*: T1 (Bon Viatge - Francesc Macià), T2 (Sant Martí de l'Erm - Francesc Macià) i T3 (Sant Feliu / Consell Comarcal - Francesc Macià); i del *Trambesòs*: T4 (Estació de Sant Adrià - Ciutadella / Vila Olímpica), T5 (Glòries - Gorg) i la recent inaugurada T6 (Estació de Sant Adrià - Gorg).



Figura 3.2.4.8 - Comboi del Tramvia de Barcelona

(Font: Bernat Borràs - www.trenscat.cat)

I com apunt final comentar alguns exemples d'empreses de la resta d'Espanya que l'utilitzen: *Metro Bilbao* (línies 1 i 2 de metro, veure Figura 3.2.4.9 més abaix), *Metro Madrid* (línies 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 i R de metro i la línia 1 de tramvia), *Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana* (línies 1, 3, 4, 5 i 6 de metro i L1, L3, L4 i L9 de tramvia), *Serveis Ferroviaris de Mallorca* (línies 1 i 2 de metro) o *Metropolitano de Tenerife* (línia 1 de tramvia, veure Figura 3.2.4.10 a continuació).



Figura 3.2.4.9 - Comboi del Metro de Bilbao

(Font: Wikipedia - Article "Metro de Bilbao")



Figura 3.2.4.10 - Comboi del Tramvia de Tenerife

4. APLICACIÓ A ALTRES TRANSPORTS

De tots els sistemes de telecomunicació i senyalització que es van veure al primer tema, a continuació, es destaquen el més importants orientats als transports terrestres que no són de tipus ferroviari, ja sigui perquè s'utilitzen en l'actualitat al nostre país o degut a que esdevenen uns dels més importants a nivell mundial quan es parla de transport públic en general.

4.1 - Sistemes de telecomunicació a altres transports

Dins aquest apartat es tria el sistema *DVB-RCS*. Encara que ja se n'ha parlat en el segon tema, allà es mostraven les característiques més orientades al transport ferroviari. El que es fa en aquest nou apartat es remarcar les característiques que el fan més proper a la resta de transports públics, com poden ser els autobusos.

4.1.1 - DVB-RCS

El *Digital Video Broadcasting - Return Channel by Satellite* o **Distribució de Vídeo Digital - Retorn del Canal per Satèl·lit** (veure Figura 4.1.1.1 a la dreta), tal i com es va veure a l'apartat 3.1.2- *DVB-RCS* d'aquest treball, es tracta d'un sistema basat en la tecnologia *DVB* (*Digital Video Broadcasting*) que permet l'execució d'aplicacions de tipus interactives i en els dos sentits de la comunicació a través de les xarxes de satèl·lits.



Figura 4.1.1.1 - Logotip DVB-RCS
(Font: Google Images - images.google.es)

Evolució

Des dels seus inicis, els satèl.lits de comunicació s'han utilitzat per a establir enllaços que gestionen circuits telefònics commutats, circuits dedicats i canals de televisió amb el sistema punt a punt, però des de fa uns anys s'estan intentant oferir, apart de totes aquestes, característiques dedicades als transports públics.

Temps després de la seva implementació, el servei *DVB (Digital Video Broadcasting)*, que s'encarrega de crear i proposar els procediments d'estandardització de la televisió digital, es va voler utilitzar per a la compressió d'àudio i vídeo gràcies a les seves característiques, transmetent després aquestes dades a altres camps. Amb això van sorgir diversos estàndards, entre els que destaca el *DVB-RCS (Digital Video Broadcasting - Return Channel by Satellite)*.

Aquest sistema té els seus orígens a l'any 1999, moment en que la *ETSI (European Telecommunications Institute)* va definir una norma a nivell europeu per tal de pal·liar les mancances esdevingudes per la falta d'un canal de retorn que no fos de tipus terrestre. La necessitat de comunicació o transmissió d'informació cap o des dels transports públics ja estava coberta, però es necessitava un canal de retorn que s'integrés dins la xarxa de satèl.lits, aspecte que solucionava, com ja s'ha dit, el nou sistema.

Des de l'any 2000 es desenvolupen aparells compatibles amb aquest sistema, però fins el 2001 no es va introduir al transports públics.

Característiques

Com a característiques més importants del sistema de telecomunicació *DVB-RCS* orientat als transports terrestres per carretera es poden considerar les següents:

- Tant la transmissió com la recepció de la informació es porta a terme mitjançant enllaços connectats via satèl.lit.

- La utilització d'un canal de retorn fa que aquest sistema tingui una capacitat interactiva.
- Permet el transport de la informació mitjançant el protocol de xarxa *IP*. Gràcies a això també es pot comptar amb d'altres protocols de transport (*RTP*, *UDP*, etc...) i d'enrutament (*RIP* i *IGMP*).
- La tecnologia que s'utilitza per a la transmissió de les dades permet que múltiples unitats (cotxes o autobusos) comparteixin una mateixa comunicació, optimitzant d'aquesta manera els recursos oferts pel sistema.
- L'estàndard acostuma a estar basat en sistemes que presenten una topologia de tipus estrella: un distribuïdor central, el satèl·lit i múltiples terminals receptors i emissors sobre la superfície terrestre.
- El sistema treballa amb tres tipus de bandes: la banda *C*, la banda *Ka* i la banda *Ku*. Aquesta última es ideal, ja que cobreix la major part de la superfície terrestre i permet connexions pràcticament a tot arreu, incloent-hi també els oceans.
- Gràcies a la tecnologia digital es poden arribar a assolir altes velocitats de transmissió per a l'enviament de dades (enllaç ascendent) i per a la recepció de les mateixes (enllaç descendent).

L'aplicació de les característiques comentades són les que conformen el sistema de telecomunicacions *DVB-RCS*. A dia d'avui el sistema està prou desenvolupat i només es treballa per optimitzar-lo i millorar les velocitats de transmissió.

Components

Com ja es va explicar a l'apartat 3.1.2- *DVB-RCS > Components*, la xarxa de *DVB-RCS* s'estructura en dos components, els quals han d'estar instal·lats als punts de control i també

als cotxes o autobusos, per tal de que el sistema funcioni correctament i pugui dur a terme les funcions per les que ha estat dissenyat.

El **Terminal de Satèl.lit Interactiu (SIT)** el porten cadascun dels cotxes o autobusos de la flota (veure Figura 4.1.1.2) i, juntament amb l'antena que ve integrada dins aquest, s'encarrega de rebre la informació transmesa des del punt de control a través del canal de baixada que s'estableix amb el satèl.lit. En el cas de que el conductor del cotxe o autobús vulgui enviar informació, s'utilitzarà el canal de pujada establert.



Figura 4.1.1.2 - Terminal de Satèl.lit Interactiu DVB-RCS
(Font: Google Images - images.google.es)

El **Terminal Receptor de Satèl.lit (SRT)** es troba al punt de control i porta a terme funcions d'enviament (canal de pujada o *upstream*) i de recepció (canal de baixada o *downstream*) mitjançant una antena (veure Figura 4.1.1.3).



Figura 4.1.1.3 - Terminal Receptor de Satèl.lit DVB-RCS
(Font: Google Images - images.google.es)

Funcionament

El funcionament es pot veure descrit a l'apartat 3.1.2- *DVB-RCS > Funcionament* del tema anterior, però en aquest cas, quan es parla de transport ferroviari, es farà referència als transports terrestres que no circulin sobre una via (veure Figura 4.1.1.4).

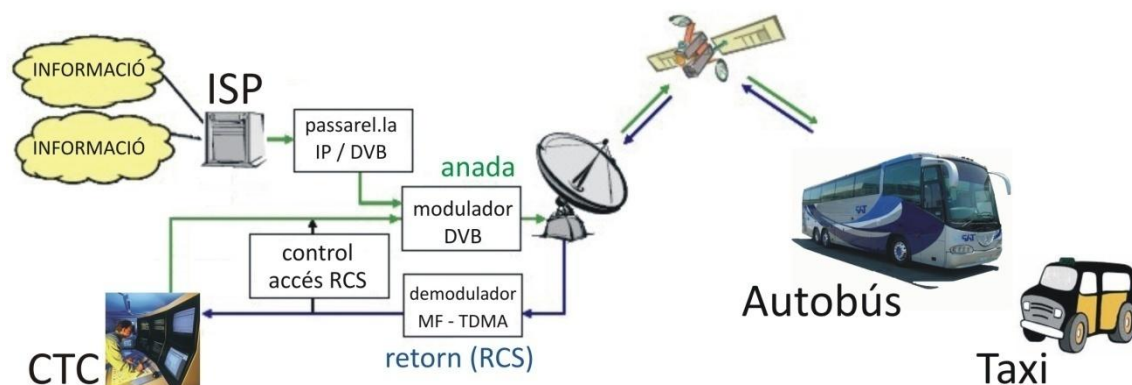


Figura 4.1.1.4 - Funcionament del sistema DVB-RCS

(Font: Universidad Pública de Navarra - Article "Redes de acceso por satélite")

Les especificacions d'aquest evolucionen al mateix temps que el sistema sobre el que es basa, el *DVB*, adaptant-se a les necessitats que presenten els transports en autobús o els cotxes de servei públic.

4.2 - Sistemes de senyalització a altres transports

Dins aquest apartat es trien els sistemes *AVL* i el *GAS*. El primer d'ells, malgrat que no està massa estès, té especialment importància perquè amb la proliferació dels sistemes de guiat *GPS* entre els usuaris particulars, també destaca la seva utilització en les flotes de transport públic i de vehicles de servei, aspecte que permet optimitzar el seu funcionament gràcies a la informació subministrada per aquests, posicionar-los en qualsevol moment i oferir una major seguretat als viatgers. Per acabar es parlarà del sistema *GAS*, que consisteix en un guiat automàtic dels vehicles, sense la intervenció de conductor, per a recórrer distàncies curtes, malgrat que en un futur es podria aplicar a recorreguts de major durada, reduint d'aquesta manera els embussos de les ciutats i la contaminació i augmentant la seva eficiència i freqüències de pas. També es convenient parlar-ne perquè una de les proves pilot d'aquest sistema a nivell europeu s'està realitzant a la ciutat de Castelló (Comunitat Valenciana).

4.2.1 - AVL

El *Automatic Vehicle Location* o **Localització Automàtica de Vehicles** es un sistema de localització de vehicles especialment pensat per al control i la senyalització de flotes d'autobusos, taxis o altres cotxes de servei, que està basat en el sistema de posicionament global *GPS* (*Global Positioning System*). Aquest determina la posició geogràfica d'un vehicle determinat en el moment escollit i transmet la informació al punt on serà utilitzada, podent enviar també informació cap al vehicle.

Evolució

L'any 1957 la Unió Soviètica va llençar a l'espai el satèl·lit *Sputnik I* (veure Figura 4.2.1.1), que era monitoritzat mitjançant l'observació de l'anomenat *Efecte Doppler*²⁹ de la senyal transmesa. Degut a aquest fet es va pensar que, d'igual manera, la posició d'un observador es podria establir mitjançant l'estudi de la freqüència *Doppler* d'una senyal transmesa per un satèl·lit que tingués una òrbita determinada amb precisió.



Figura 4.2.1.1 - Rèplica del satèl·lit Sputnik I al Planetari de Madrid
(Font: Wikipedia - Article "Sputnik I")

²⁹ Efecte Doppler: Sistema basat en el canvi de freqüència de les ones, ja siguin sonores, lluminoses o de qualsevol altre tipus quan l'emissor d'aquestes s'apropa o s'allunya de l'observador.

L'armada dels Estats Units ràpidament va aplicar la tecnologia comentada per tal de proveir als sistemes de navegació de les seves flotes amb observacions de posicions actualitzades i precises, sorgint així el sistema *TRANSIT*, operatiu des de 1964 per a usos militars i a partir de l'any 1967 per a ús comercial. Des d'aquell moment el sistema va anar evolucionant i es va començar a gestar el que més tard s'anomenaria sistema *GPS*.

Gràcies al desenvolupament de la tecnologia i dels rellotges atòmics³⁰, durant aquella mateixa dècada es va dissenyar una constel·lació de satèl·lits, cadascun dels quals portaven un d'aquests rellotges, tots sincronitzats en base a una referència de temps determinada.

Arribat l'any 1973, es van combinar els programes de l'Armada i de les Forces Aèries dels Estats Units, sorgint el que es coneix com a *NTP (Navigation Technology Program)*, batejat després com a sistema *NAVSTAR (NAVigation Satellite Timing And Runnig*, veure Figura 4.2.1.2) l'any 1978. Entre aquest any i el 1985 es van desenvolupar i llançar onze satèl·lits experimentals d'aquest sistema (*NAVSTAR*), als que van seguir altres generacions, arribant a completar la constel·lació actual (24 satèl·lits), amb capacitat inicial des de l'any 1993 i amb operació total des del 1995. Amb aquest sistema ja implementat es podien començar a buscar aplicacions pràctiques, sorgint, entre d'altres, la necessitat de localitzar vehicles.



Figura 4.2.1.2 - Satèl·lit NAVSTAR en òrbita
(Font: Wikipedia - Article "Navstar")

³⁰ Rellotge atòmic: Rellotges molt precisos basats en la freqüència de l'oscil·lació entre dos estats d'energia de determinats àtoms o molècules, sense que aquestes vibracions resultin afectades per forces externes.

En un primer moment, el sistema *AVL* es va presentar com una barreja tecnològica de tres aplicacions ja existents des de feia uns quants anys: el ja comentat sistema *GPS*, les comunicacions sense fils i la cartografia digital. Els fets definitius que van propiciar el seu naixement van ser la disponibilitat de receptors *GPS* amb uns costos molt raonables, la proliferació de software de tractament cartogràfic, així com la disponibilitat d'aquestes dades d'àmbits urbans i territorials. La primera aplicació pràctica d'aquesta integració va consistir en conèixer la situació de qualsevol vehicle mòbil en tot moment i estigués en el lloc en el que estigués.

La ràpida evolució del sector de les telecomunicacions va fer que la tecnologia estigués disponible, però no existia mercat on implementar-la. Entre d'altres, la principal causa d'això era el desconeixement de l'existència del sistema per part dels potencials clients o la consideració dels mateixos. Molts deien que tenir coneixement de la situació dels seus vehicles en temps real era una informació rellevant, però que no justificava la inversió necessària per a la seva posada en funcionament. Aquest últim aspecte va provocar frustració i desànim a les empreses desenvolupadores del sistema, les quals s'havien vist obligades a invertir grans quantitats de diners i recursos per al desenvolupament de la tecnologia i havien tingut també que intentar educar a un mercat que no estava preparat per a consumir tals productes, tot això sense obtenir compensacions econòmiques.

Anys més tard es va fer un estudi sobre quins podrien ser els clients més potencials per a aquest sistema, obtenint que les empreses més interessades eren les que operaven amb flotes de vehicles per terra, mar o aire i dotats d'una font d'alimentació independent per tal de donar energia al dispositiu. Les primeres aproximacions comercials van ser al sector de transport de mercaderies, de passatgers urbans i interurbans, serveis cap al ciutadà (cotxes de policia, bombers, ambulàncies, transport públic, etc...), maquinaria de manteniment de carreteres i sistemes de recuperació de vehicles robats, entre d'altres.

La llista d'empreses i clients potencials es va incrementant dia rere dia, especialment gràcies a les característiques i possibilitats que aquest ofereix i a la difusió pública que el sistema ha assolit. A dia d'avui, el sistema *GPS* es el més estable dels que existeixen i ni tan sols, la futura posada en marxa del sistema europeu de satèl.lits *GALILEI*, sembla inquietar a la gran indústria desenvolupada al voltant d'aquest sistema.

Característiques

Com a característiques generals del sistema de control i senyalització AVL es podrien considerar les comentades a continuació:

- Es disminueix de forma dràstica el temps que triga en arribar un vehicle en cas de que es requereixi a una adreça determinada.
- S'eliminen les voltes innecessàries per accedir a un lloc determinat, comportant així un ús més correcte del vehicle i evitant usos no autoritzats del mateix.
- S'ofereix seguretat per als passatgers que viatgen dins el vehicle i també pels propis conductors.
- Es poden controlar els excessos de velocitat de les flotes, fet que permet que disminueixin els accidents o emprendre accions contra els conductors que sobrepassin les velocitats màximes fixades.
- En cas de robatori del vehicle, el dispositiu *GPS* que porta integrat farà que es pugui localitzar amb exactitud i de forma més ràpida el lloc on es troba. Això també comporta una possible disminució de les primes de l'assegurança del vehicle.
- Es poden administrar els vehicles en temps real i des d'una oficina o mitjançant un telèfon amb PDA, reduint els costos de les trucades per tal de localitzar-los. D'aquesta manera es poden obtenir més guanys gràcies a la millora dels processos operatius o prenent decisions en cas de que es produeixin contratemps.
- Permet la localització d'un o més vehicles des del centre de control mitjançant paràmetres que aquest subministren (lloc en el que es troba freqüències de pas, distàncies recorregudes, superació de la velocitat màxima fixada, temps de parada, temps que ha estat sense aturar-se, etc...).

L'aplicació de les característiques comentades són les que conformen el sistema de senyalització i control *AVL*. A dia d'avui encara es troba en procés de desenvolupament i en optimitzar la manera de funcionar dels ja existents.

Components

La xarxa de *AVL* consta de diversos components, els quals s'han d'instal·lar dalt el vehicle a controlar per tal de que el sistema funcioni correctament.

El **Dispositiu GPS** es localitza adherit al vehicle (veure Figura 4.2.1.3) i es el que ha sofert i sofrirà més avenços des de la seva implantació. S'encarrega de rebre la informació per part del centre de control i mostrar-la al conductor i també d'enviar les dades obtingudes pel sistema cap aquest organisme. Per fer-ho s'utilitzen generalment connexions via satèl·lit.



Figura 4.2.1.3 - Dispositiu GPS del vehicle
(Font: *MicroGPS* - www.microgps.es)

La **Cartografia**, en evolució des dels seus principis, no es tracta del principal motor del sistema, sinó més aviat un aspecte secundari. Gràcies a aquests mapes, el moure's pel territori serà més fàcil i intuïtiu per als conductors dels vehicles, evitant també voltes innecessàries o equivocacions de camí, guanyant d'aquesta manera rapidesa per tal d'arribar als llocs en els que han estat sol·licitats (veure Figura 4.2.1.4 a la plana que ve a continuació).



Figura 4.2.1.4 - Cartografia d'un sistema AVL
(Font: Google Images - images.google.es)

La **Base de Dades del Vehicle** es troba a l'equip de bord i emmagatzema tota la informació esdevinguda (veure Figura 4.2.1.5): lloc en el que es troba, freqüència de pas, distància recorreguda, velocitats assolides, velocitat màxima a la que s'ha circulat, temps de parada, temps sense parada, rutes desviades, etc... . Tota aquesta informació serà transmesa al centre de control mitjançant el dispositiu *GPS*.

Hora	Latitud	Longitud	Altitud	Distancia	Velocidad
2007-03-10 10:11:40	38.4131450	0.50317	160.3	46.93416	106.10702
2007-03-10 10:11:45	38.4131450	0.50317	160.3	46.9351	102.04677
2007-03-10 10:11:50	38.4131450	0.50317	160.3	46.9361	102.34732
2007-03-10 10:11:55	38.4131450	0.50317	160.3	46.9371	106.002
2007-03-10 10:12:00	38.4131450	0.50317	160.3	46.9381	106.002
2007-03-10 10:12:05	38.4131450	0.50317	160.3	46.9391	106.002
2007-03-10 10:12:10	38.4131450	0.50317	160.3	46.9401	106.002
2007-03-10 10:12:15	38.4131450	0.50317	160.3	46.9411	106.002
2007-03-10 10:12:20	38.4131450	0.50317	160.3	46.9421	106.002
2007-03-10 10:12:25	38.4131450	0.50317	160.3	46.9431	106.002
2007-03-10 10:12:30	38.4131450	0.50317	160.3	46.9441	106.002
2007-03-10 10:12:35	38.4131450	0.50317	160.3	46.9451	106.002
2007-03-10 10:12:40	38.4131450	0.50317	160.3	46.9461	106.002
2007-03-10 10:12:45	38.4131450	0.50317	160.3	46.9471	106.002
2007-03-10 10:12:50	38.4131450	0.50317	160.3	46.9481	106.002
2007-03-10 10:12:55	38.4131450	0.50317	160.3	46.9491	106.002
2007-03-10 10:13:00	38.4131450	0.50317	160.3	46.9501	106.002

Figura 4.2.1.5 - Base de dades d'un sistema AVL
(Font: GlobalSat - www.localizacionflotas.com)

El **Software de Gestió** s'hauria d'incloure als sistemes de gestió, però també forma part de l'especificació AVL. Gràcies a la informació subministrada per la base de dades del vehicle, al centre de control es disposarà d'aquest conjunt de programes (veure Figura 4.2.1.6 a continuació) que s'encarreguen d'estudiar-les i portar a terme processos per tal d'optimitzar el funcionament, les freqüències de pas i les capacitats, entre d'altres, de cadascun dels mitjans de transport que treballen amb aquest sistema, tenint en compte que tots son diferents i que es veuen influïts per aspectes ben diferents.



Figura 4.2.1.6 - Un software de gestió del sistema AVL
(Font: GlobalSat - www.localizacionflotas.com)

Funcionament

Com que es tracta d'un sistema que es basa en una aplicació concreta de la tecnologia *GPS*, el seu funcionament base té molt a veure amb el d'aquest. Les seves especificacions evolucionen al mateix temps que les del sistema *GPS*, però la principal diferència es que s'adapten a les necessitats presentades pel control de les flotes de transport públic.

El sistema *AVL* consta de 3 sectors ben diferenciats: el sector espacial (espai en el que es troben tots els satèl.lits de *GPS* encarregats del seguiment), el sector de control (espai que consta de les estacions des d'on es controlen els satèl.lits, es processa la informació i es sincronitzen els rellotges de cadascun d'aquests) i el sector de l'usuari (espai que compren els equips utilitzats pels vehicles).

La constel.lació *GPS* consta de sis òrbites, pràcticament circulars, amb una inclinació de 55 graus i uniformement distribuïdes en el pla de l'equador de la Terra. Hi ha quatre satèl.lits per cada òrbita, també uniformement distribuïts i a una altitud de 20180 Km., realitzant cadascun d'aquests dues voltes al voltant de la Terra per cada 24 hores.

Per tal de que s'estableixi una comunicació *AVL* entre el vehicle i els satèl.lits quan el primer vol anar a un lloc determinat, només caldrà que el conductor especifiqui aquest indret al dispositiu *GPS* i el sistema, gràcies a la comunicació via satèl.lit i mitjançant la cartografia, oferirà la ruta que aquest haurà de seguir, adaptant-la en cas de que el vehicle es desviï per un lloc que no ha estat especificat, segons les indicacions donades en el moment de fer la sol.licitud (si es volen evitar autopistes de peatge, si es vol passar per algun indret determinat durant la ruta, etc...). El sistema comentat es el mateix que si

féssim servir en el nostre cotxe un navegador *GPS* (*TomTom Navigator*, *Destinator*, *Garmin* o *Navman*, entre d'altres).

Si el que es vol es establir una comunicació *AVL* entre el centre de control i el vehicle mitjançant el software de gestió, des del primer s'haurà d'enviar la informació cap al satèl·lit, aquest la rebrà i redirigirà cap al vehicle. Un cop rebuda, el vehicle sabrà si el sol·liciten a algun lloc i si s'ha de dirigir cap aquest, si se li especifica una ruta alternativa a la que fa servir habitualment o qualsevol altre aspecte relacionat amb la mobilitat d'aquest.

Ja sigui mentre alguna de les dues parts demana una comunicació *AVL* o en el cas de que el vehicle circuli sense cap d'aquestes establerta, la base de dades que porta incorporada a l'equip de bord anirà emmagatzemant la informació ja esmentada: lloc en el que es troba, freqüència de pas, distància recorreguda, velocitats assolides, velocitat màxima a la que s'ha circulat o temps de parada, entre d'altres. Aquesta informació es transmet al centre de control a través també del dispositiu *GPS* integrat i així es pot tenir al vehicle localitzat en tot moment (veure el funcionament a través de la Figura 4.2.1.7).

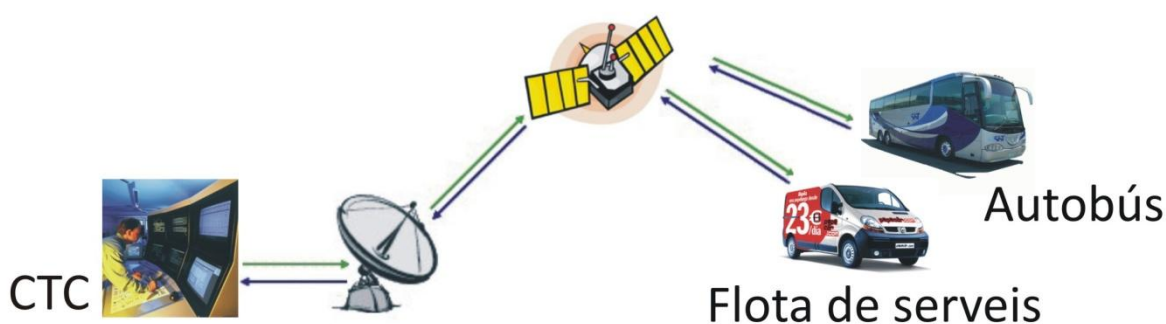


Figura 4.2.1.7 - Funcionament del sistema AVL

(Font: Diseño Electrónico de Circuitos Aplicados - www.grupodeca.com.mx)

Implementació

Tot i la interessant quantitat de prestacions i avantatges que ofereix el sistema *AVL* (*Automatic Vehicle Location*) i el gran nombre de transports i serveis als que podria donar servei i millorar la seva eficiència, el grau d'implementació d'aquest producte en el mercat ha estat molt petit fins a l'actualitat.

Les explicacions que troben les companyies que els han dissenyat i els comercialitzen són diversos, però moltes d'elles coincideixen en afirmar que no han dedicat prou esforços en fer un anàlisi previ de les necessitats del mercat ni de com comercialitzar el producte, sinó que s'han basat pràcticament només en com desenvolupar-lo. Tampoc, des de la seva sortida al mercat, s'ha intentat educar als sectors professionals als que va dirigits aquest sistema, molts dels quals són totalment aliens a les noves tecnologies. I l'últim aspecte, que no és pas menys important, es l'elevat preu dels components embarcats als vehicles, que fa que els clients posposin la seva implementació a l'espera d'una reducció dels preus.

Davant la situació actual, algunes empreses estan comprenent que han d'aprendre del mercat en comptes de tractar d'imposar les seves solucions, naixent així una aproximació de les possibilitats tècniques d'aquests sistemes cap a les necessitats reals dels clients. L'estratègia utilitzada per introduir-se en el mercat parteix del primer client, que es el que s'aventura, buscant tenir i oferir un servei diferenciat per a cadascun dels consumidors i acabant per ser un pioner en el seu sector, des d'on s'estableixen uns requeriments específics per a la seva activitat, s'efectuen les adaptacions necessàries i, un cop aconseguida la satisfacció d'aquell client, des d'aquesta plataforma publicitària, s'exporta la solució a d'altres clients del sector.

Al nostre país, sectors com el del transport urbà, els taxis, les grues i ambulàncies ja l'utilitzen, destacant empreses com *Fomento de Contruccionos y Contratas (FCC)*, el lloguer de cotxes *Pepecar* (veure Figura 4.2.1.8 de la plana següent), empreses de missatgeria entre les que es poden destacar *Halcourier* i *Seur* (veure Figura 4.2.1.9 que ve a continuació), algunes plantilles policials de Catalunya (Sant Boi de Llobregat, Castellar del Vallès, Canovelles, entre d'altres) i gran part de les flotes de transport i d'ambulàncies del país.



Figura 4.2.1.8 - Furgoneta empresa Pepecar
(Font: Pepecar - www.pepecar.com)



Figura 4.2.1.9 - Camió de l'empresa Seur
(Font: Seur - www.seur.es)

4.2.2 - GAS

El *Guided Automatic System* o **Sistema Automàtic de Guiat** es un sistema de control i senyalització de flotes de tramvies i metros lleugers que guia els vehicles a través d'un ordinador sobre una plataforma independent de la resta del tràfic urbà i sense la intervenció de cap tipus de conductor. La seva utilització està principalment pensada per a recorreguts curts o mitjans per l'interior de grans ciutats o al voltant de la seva àrea metropolitana.

Evolució

L'aparició d'aquest sistema remunta els seus principis dins el camp de la indústria, i més concretament en els robots manipuladors i les màquines que hi intervenen en els processos de producció.

A principis dels anys seixanta van ser introduïts aquests dispositius com un element més del procés productiu dins les cadenes de fabricació, oferint noves possibilitats que fins el moment eren impensables i millorant la capacitat i rapidesa de la producció (veure Figura 4.2.2.1). Aquests elements van anar proliferant gràcies a l'amplia gama de possibilitats que oferien, suscitant l'interès dels investigadors per tal d'aconseguir fabricar robots manipuladors més ràpids, precisos i fàcils de programar.



Figura 4.2.2.1 - Vehicles industrials automatitzats
(Font: Ingeniería Avanzada - www.ending.es)

Aquests avenços van desembocar en una nova etapa de l'automatització industrial, la qual va flexibilitzar la producció amb el naixement del que s'anomenaria cèl·lula de fabricació robotitzada. Els treballs que aquests desenvolupaven consistien freqüentment en tasques repetitives, fet que va ajudar a ajustar els problemes que els podrien sorgir i optimitzar les seves característiques per tal de dur a terme una funció concreta d'una manera més eficaç.

Més tard es van aconseguir desenvolupar vehicles mòbils sobre rails amb la finalitat de proporcionar un transport eficaç dels materials entre les distintes zones de les cadenes de producció, apareixent així els primers vehicles guiats de manera automàtica i els primers indicis per a crear una xarxa de transport públic en els que els vehicles funcionin d'aquesta manera: sense la intervenció de cap tipus de conductor. Principalment, el que es va fer va ser adaptar als transports ja existents algunes de les moltes característiques de les que disposaven els vehicles mòbils sobre rails creats temps enrere.

L'any 2002, a països com el Regne Unit i Estats Units es van començar a provar automòbils que comptaven amb aquest sistema de guiat automatitzat però amb la presència de conductors per a la supervisió del seu funcionament, no obtenint els resultats que s'esperaven.

Durant els següents anys la davallada d'aquests sistemes i les poques proves realitzades van ser palpables, però des del 2006, la Unió Europea prova automòbils completament

automàtics, sense volant ni pedals i que, per tant, no precisen de conductor, a diversos països comunitaris amb la finalitat de millorar la tecnologia i les possibilitats del transport públic per tal de reduir els embussos i la contaminació de les ciutats, dins el projecte anomenat *CityMobil*. Aquests països són Regne Unit (l'Aeroport de Heathrow), Itàlia (el Palau d'Exposicions de la ciutat de Roma) i Espanya (la ciutat de Castelló, a la Comunitat Valenciana).

El projecte *CityMobil* (veure logotip a la Figura 4.2.2.2 i més informació a l'Annex V) contempla les proves fins a finals de l'any 2011 i en el cas de que funcionessin de manera satisfactòria el seu us s'estendria a d'altres ciutats, augmentant així la seguretat a les



Figura 4.2.2.2 - Logotip Projecte CityMobil
(Font: www.citymobil-project.eu)

carreteres, disminuint els embussos de trànsit i propiciant un medi ambient més net, ja que es tracta de vehicles no contaminants i que circulen pràcticament sense fer soroll. Aquest reuneix 28 socis de 10 països diferents i compta amb una inversió total de 40 milions d'euros

La previsió es que degut a les necessitats sorgides en quant a mobilitat dins la societat actual, aquests sistemes continuïn el seu desenvolupament per les bones conseqüències que exerciran dins les mitjanes i grans ciutats.

Característiques

Com a característiques generals del sistema de control i senyalització *GAS* es poden destacar les que es comenten en les línies següents:

- El sistema suposa un menor cost per a les empreses degut a que s'ha de prescindir de personal per a la conducció del vehicle en qüestió, malgrat que aquest aspecte comporta també una reducció dels llocs de treball i, en conseqüència, un augment de l'atur en aquest sector.

- La capacitat i flexibilitat per a l'exploració de servei es veu augmentada degut a que tot es controla de forma automàtica i, per tant, molt més ràpid.
- Es tracta d'un sistema pensat per a recorreguts curts o mitjans dins de les grans ciutats, per la qual cosa es redueixen els costos de les inversions per a la seva posada en marxa.
- El sistema inclou altres subsistemes de senyalització en el seu funcionament: *ATO* (*Automatic Train Operation*), *ATP* (*Automatic Train Protection*) i *ATS* (*Automatic Train Supervision*).

L'aplicació de les característiques que s'han comentat són les que conformen el sistema de senyalització i control *GAS*. A dia d'avui, al sistema li falta molt per evolucionar i sembla que amb el pas del temps s'anirà implementant a la gran majoria de transports públics de tipus terrestre.

Implementació al nostre país

A Espanya, el Sistema Automàtic de Guiat (*GAS*) està en fase de proves des de l'any 2006 i fins finals de 2011 a la ciutat de Castelló (Comunitat Valenciana), dins el projecte *CityMobil* de la Unió Europea, el qual busca millorar el tràfic i les seves infraestructures a les ciutats del vell continent.

El projecte compta amb una inversió de gairebé tres milions d'euros i es disposa d'un sistema de transport amb la regularitat d'un tramvia però amb l'adaptabilitat dels autobusos (veure Figura 4.2.2.3 de la plana següent). Aquesta línia experimental recorre el tram que va des de la Universitat Jaume I fins al Parc de Ribalta.



Figura 4.2.2.3 - Vehicle del projecte CityMobil a Castelló
(Font: www.citymobil-project.eu - Apartat "Visuals > Castellon Demo")

Altres ciutats de la Comunitat Valenciana (València i Alacant) ja s'han interessat per aquest sistema, així com també Tenerife i algunes regions del País Basc.

5. ESTUDI D'INFRAESTRUCTURES

En aquest apartat es parlarà d'un parell d'infraestructures existents en el nostre territori que apliquen alguns dels sistemes de senyalització o telecomunicació vistos en els capítols anteriors, tot destacant les principals característiques d'aquestes, algunes dades complementàries, les companyies que hi ha intervingut en la seva construcció, els costos que han suposat les infraestructures, qui s'encarrega del manteniment, etc... .

5.1 - Sistema ERTMS LAV Madrid - Barcelona

Aquesta línia d'alta velocitat (LAV, veure traçat a la Figura 5.1.1) uneix l'Estació d'Atocha (veure Figura 5.1.2) de la ciutat de Madrid amb l'Estació de Sants de Barcelona (veure Figura 5.1.3), amb un tram total de 621 Km. i passant per la ciutat de Saragossa. Actualment per la línia es circula a una velocitat mitjana de 236 Km./h., unint les dues ciutats en un temps aproximat de 2 hores i 38 minuts (trens directes i marcats a la Figura 5.1.1 en color blau, en color taronja els semidirectes) i amb intencions d'assolir una velocitat màxima de 350 Km./h. en un futur no massa llunyà.

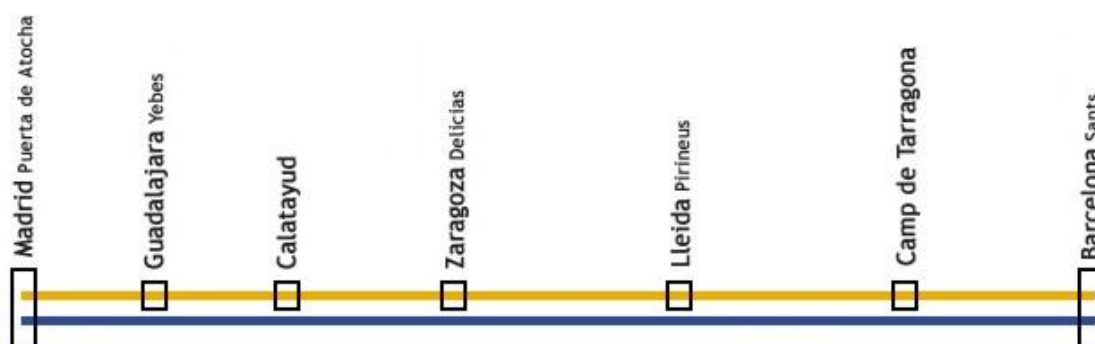


Figura 5.1.1 - Traçat de la Línia d'Alta Velocitat entre Madrid i Barcelona
(Font: Ferropedia - Article "LAV Madrid - Zaragoza - Barcelona")



Figura 5.1.2 - Fotografia de l'estació de Madrid - Puerta de Atocha
(Font: ATPM - Article: "Atocha Station, Madrid, Spain")



Figura 5.1.3 - Fotografia de l'estació de Barcelona - Sants
(Font: Bernat Borràs - www.trenscat.cat)

En quant a la senyalització i gestió del tràfic ferroviari de la línia, aquesta es la primera d'alta velocitat en la que s'ha aplicat comercialment el sistema *ERTMS* (*European Railway Traffic Management System* o Sistema de Gestió del Tràfic Ferroviari Europeu) de Nivell 1. El primer tram en utilitzar-lo va ser el que unia les ciutats de Madrid i Lleida, amb una

velocitat màxima de 300 Km./h. des de l'Abril de 2006. El segon tram, des de Lleida a Roda de Barà (província del Tarragonès) el té en funcionament a una velocitat màxima també de 300 Km./h. des del Desembre de 2006 i el recent inaugurat tram entre Roda de Barà i Barcelona, a aquesta mateixa velocitat màxima des del Febrer de 2008, moment en el que es va inaugurar després de múltiples demores. Com a sistema de suport s'utilitza l'*ASFA* (Anunci de Senyals i Frenada Automàtica), que també permet el control de la senyalització i el qual ja s'ha vist anteriorment. Les previsions de futur contemplen l'assoliment d'una velocitat màxima de 350 Km./h. i la implementació del sistema *ERTMS* de Nivell 2 per aquesta mateixa línia.

La inversió inicial per aquesta línia es va dividir en tres trams: el primer anava des de Madrid fins a Lleida, el segon de Lleida a Tarragona i el tercer de Tarragona fins a Barcelona (Estació de Sants). La estimació pel primer va ser de 4500 milions d'euros, resultant amb una suma addicional de 124 milions i costant finalment 4624 milions d'euros. Pel segon es va pensar invertir 688 milions d'euros, però diversos problemes en el traçat inicial van fer que es necessitessin 925 milions més, resultant una quantitat final de 1613 milions d'euros. La inversió inicial per a l'últim tram es va estimar en 2652 milions d'euros, però finalment, a data d'1 de Febrer de 2008, quan es va inaugurar aquest tram, els diners gastats ascendien a 2263 milions d'euros, resultant 389 menys dels estimats en un primer moment (veure Figura 5.1.4 per comparar les xifres inicials i finals dels tres trams construïts). Actualment la xarxa disposa de 16 trens, dels quals hi ha en servei 14, equipats amb el sistema de senyalització *ERTMS* i *ASFA* i amb el de telecomunicació *GSM-R*. El model de comboi utilitzat es el *AVE S-103*, fabricats per *Siemens*, amb un format bidireccional (cabines de conducció als dos extrems del tren, veure esquema a la Figura 5.1.5), capacitat per a transportar 404 passatgers, una longitud de 200 m. i un pes aproximat de 463 tones amb càrrega normal. La companyia ofereix 48 trajectes al dia (24 serveis per cada sentit) des de les 05:45 h. del matí a les 21:00 h. de la nit.

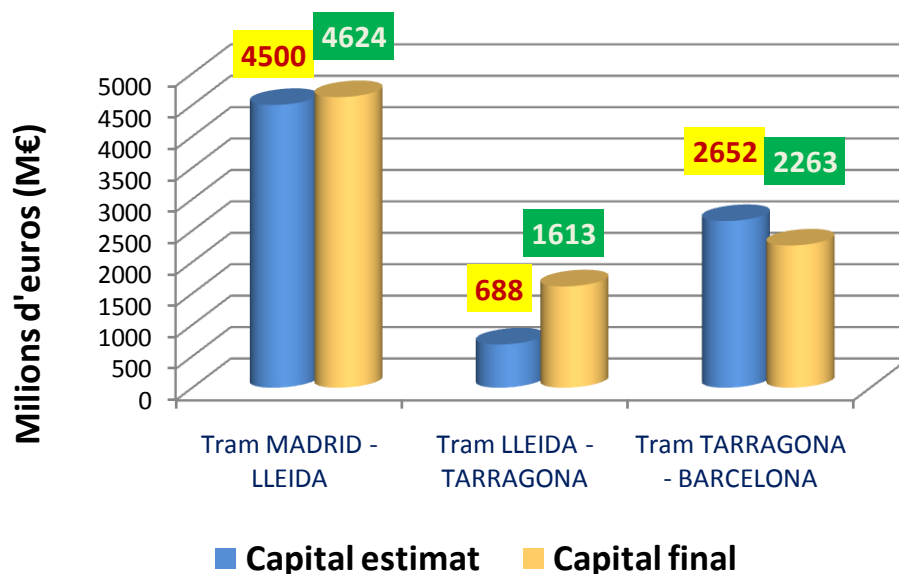


Figura 5.1.4 - Comparació entre la inversió inicial i la final de la LAV Madrid - Barcelona
(Font de les dades: Ministeri de Foment d'Espanya)



Figura 5.1.5 - Esquema del tren AVE S-103 de Siemens
(Font: RENFE)

La construcció de la infraestructura la va dur a terme la mateixa operadora Red Nacional de Ferrocarriles Españoles (*RENFE*) fins l'any 2005, moment en que una normativa a nivell europeu obligava a que es diferenciessin les activitats del transport pròpiament dites i les de manteniment de les infraestructures ferroviàries, sorgint la companyia *ADIF* (Administración de Infraestructuras Ferroviarias), que va prendre el relleu de l'anterior. La gestió de les estacions, vies i sistemes de senyalització i comunicació corren a càrrec d'aquesta última, juntament amb empreses com *Ansaldo STS*, *Invensys Rail Group*, *Thales* i *Siemens*, les quals subministren el material necessari.

Les següents figures mostren l'anagrama de l'AVE (Alta Velocitat Espanyola, veure Figura 5.1.6), la seva cabina de conducció (Figura 5.1.7), una fotografia del tren durant el seu recorregut (Figura 5.1.8) i per últim la capçalera d'aquest (Figura 5.1.9):



Figura 5.1.6 - Logotip de l'AVE
(Font: Google Images - images.google.es)



Figura 5.1.7 - Cabina de conducció d'un AVE
(Font: RENFE)



Figura 5.1.8 - Tren AVE en circulació
(Font: Bernat Borràs - www.trenscat.cat)



Figura 5.1.9 - La capçalera del tren AVE
(Font: Ferropedia - Article "AVE")

5.2 - Sistema ATP Tramvia de Barcelona (Trambesòs)

Aquest recorregut de tramvia compta amb tres línies: la T4 (Estació de Sant Adrià - Ciutadella / Vila Olímpica), la T5 (Glòries - Gorg) i la recent inaugurada T6 (Estació de Sant Adrià - Gorg). En aquest cas l'estudi es centrarà en la primera de totes (la T4, veure traçat a la Figura 5.2.1), inaugurada el Maig de 2004 i que uneix els municipis de Sant Adrià de Besòs (veure Figura 5.2.2) i Barcelona (veure Figura 5.2.3), amb un tram total de 6.5 Km. i amb la possibilitat de fer transbordaments a les dues línies també comentades (la T5 i la T6) a través d'algunes de les 14 parades amb les que compta i que comparteixen línies. Actualment, els combois circulen a una velocitat mitjana de 19 Km/h., podent arribar a una màxima de 70 Km/h. i unint les dues estacions terminals en un temps aproximat de 20 minuts.



Figura 5.2.1 - Traçat de la Línia de Tramvia T4 de Barcelona
(Font: TrensCAT - www.trensCAT.cat)



Figura 5.2.2 - Fotografia de l'estació Estació de Sant Adrià
(Font: Web no oficial del tramvia de Catalunya - www.tramvia.org)



Figura 5.2.3 - Fotografia de l'estació Ciutadella / Vila Olímpica
(Font: Bernat Borràs - www.trensCAT.cat)

La inversió inicial per aquesta línia va ser de 200.5 milions d'euros, als quals se'ls va haver d'afegir 32.4 milions més per a modificacions i despeses complementaries, resultant un total de 232.9 milions d'euros (veure Figura 5.2.4). Actualment la xarxa disposa de 18 vehicles, dels quals hi ha en servei 14, equipats amb el sistema de senyalització i seguretat ATP. El model de comboi utilitzat es el *Citadis 302*, fabricats per *Alstom* en exclusiva per a la ciutat de Barcelona, amb un format bidireccional (cabines de conducció als dos extrems del comboi, veure Figura 5.2.5), capacitat per a transportar 218 passatgers, una longitud de 32.5 m. i una amplada de 2.65 m. i un pes aproximat de 40 tones en buit.

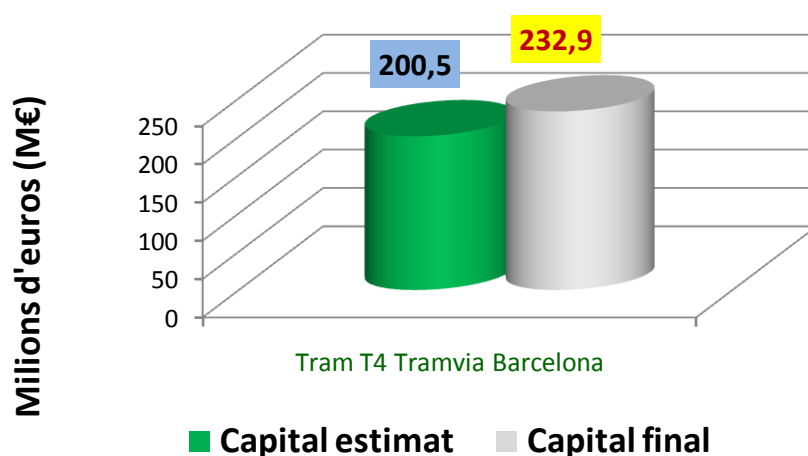


Figura 5.2.4 - Comparació entre la inversió inicial i la final de la T4 del Tramvia de Barcelona
(Font de les dades: Tramvia de Barcelona)



Figura 5.2.5 - Esquema del comboi Citadis 302 de Siemens
(Font: Tramvia de Barcelona)

L'operador *Tramvia de Barcelona (TRAM)*, veure Figura 5.2.6) manté un contracte de concessió³¹ amb l'*Autoritat del Transport Metropolità (ATM)*, veure Figura 5.2.7) i les obres les va dur a terme mitjançant un contracte amb les companyies *Fomento de*

³¹ Contracte de concessió: Model de contracte en el que una empresa acorda que d'altres s'encarreguin de l'exploració del servei que aquesta ofereix.

Contrucciones y Contratas (FCC), Comsa i Acciona (veure Figura 5.2.8). El subministrador dels sistemes de seguretat i del material mòbil va ser i continua sent *Alstom*. A dia d'avui, les empreses que tenen un contracte d'operació amb l'operador són *Fomento de Contrucciones y Contratas (FCC), Veolia Transport* i el *Grup Sarbus*, i encarregant-se del manteniment tenim a *Alstom* i *Comsa* (veure Figura 5.2.9).



Figura 5.2.6 - Logotip TRAM Barcelona
(Font: Tramvia de Barcelona - www.trambcn.com)



Figura 5.2.7 - Logotip ATM
(Font: ATM - www.atm.cat)



Figura 5.2.8 - Esquema del contracte de construcció del tramvia de Barcelona
(Font: Tramvia de Barcelona - www.trambcn.com)



Figura 5.2.9 - Esquema del contracte d'operació i manteniment del tramvia de Barcelona
(Font: Tramvia de Barcelona - www.trambcn.com)

Com ja s'ha indicat, en referència a la senyalització i gestió del tràfic de la línia, s'utilitza el sistema *ATP* (*Automatic Train Protection* o Protecció Automàtica del Tren), juntament amb semàfors que donen prioritat al tramvia sobre la resta de tràfic rodat i vianants, combinats amb una senyalització vertical durant el recorregut.

La prioritat semafòrica de la que s'ha parlat es gestiona mitjançant balises instal·lades a les vies. Durant el recorregut, bastants metres abans d'un creuament, al semàfor es pot veure un triangle fix i una franja horitzontal que indica un estat de repòs. En arribar a la primera balisa, que es la que detecta el comboi (veure Figura 5.2.10 a la plana següent), el triangle fix del semàfor comença a parpellejar i envia la senyal al sistema de regulació semafòrica. Uns metres més enllà el tramvia ja hauria d'haver estat detectat i el conductor haurà de circular en punt mort fins a rebre una ordre per part del semàfor, el qual li indicarà si pot seguir la marxa (una franja vertical il·luminada), si s'ha de parar (una franja horitzontal il·luminada) o si ha de circular amb precaució (franja vertical parpellejant). En cas de que el comboi no hagi estat detectat correctament (al semàfor segueix el triangle fix i una franja horitzontal), a uns 20 metres abans del creuament hi ha una altra balisa de confirmació que en detectar-lo (triangle parpellejant i una franja horitzontal) que li indicarà si pot circular o be si s'ha de parar mitjançant les combinacions semafòriques comentades

fa un moment. En cas de que el comboi circuli a una velocitat que no sigui adequada i el semàfor no permet que passi, el detindrà automàticament fins que el semàfor permeti la lliure circulació (veure Figura 5.2.11). D'igual manera, si la circulació es permesa però circula amb una velocitat excessiva, el frenarà fins adequar-lo a la que s'ha indicat per aquell tram de recorregut. En passar el creuament (veure Figura 5.2.12 a la plana següent), una altre balisa el detecta i torna a obrir el pas transversal per la via als cotxes i als vianants, deixant el semàfor anterior tal i com se'l va trobar en arribar: un triangle fix i una franja horitzontal (veure Figura 5.2.13). El fet de frenar o reduir la velocitat del comboi són característiques comunes del sistema *ATP* ja estudiat en capítols anteriors i les combinacions semafòriques comentades abans es poden consultar a la Taula 5.2.1 que es mostra després de les imatges que venen a continuació.



Figura 5.2.10 - Esquema funcionament Tramvia de Barcelona 1
(Font: Web no oficial del tramvia de Catalunya - www.tramvia.org)



Figura 5.2.11 - Esquema funcionament Tramvia de Barcelona 2
(Font: Web no oficial del tramvia de Catalunya - www.tramvia.org)



Figura 5.2.12 - Esquema funcionament Tramvia de Barcelona 3

(Font: Web no oficial del tramvia de Catalunya - www.tramvia.org)



Figura 5.2.13 - Esquema funcionament Tramvia de Barcelona 4

(Font: Web no oficial del tramvia de Catalunya - www.tramvia.org)

**Semàfor amb franja fixa en horitzontal:**

Significa que està prohibit el pas. Equival a un semàfor en vermell per als cotxes o per als vianants.



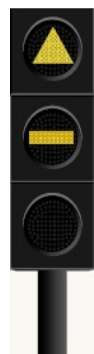
Semàfor amb triangle intermitent i franja fixa en horitzontal:

Significa que el tramvia s'està acostant al senyal i que s'activa el detector de petició de prioritat per part del comboi.



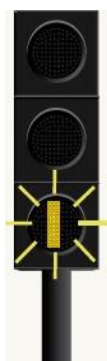
Semàfor amb franja fixa en vertical:

Significa que el pas està lliure. Equival a un semàfor en verd per als cotxes o per als vianants.



Semàfor amb triangle fix i franja fixa en horitzontal:

Significa que el detector de petició de prioritat confirma l'arribada del comboi al senyal.



Semàfor amb franja intermitent en vertical:

Significa que el tramvia s'ha d'aturar en el següent semàfor a no ser que ja hagi arribat a l'anomenat punt de decisió, en el qual haurà de passar. Equival a un semàfor en taronja pels cotxes.

Taula 5.2.1 - Combinacions semafòriques del tramvia

(Font: Tramvia de Barcelona - www.trambcn.com)

A continuació es mostren la cabina de conducció (Figura 5.2.14), una fotografia del tren durant el seu recorregut (Figura 5.2.15) i per últim la capçalera del tren (Figura 5.2.16):



Figura 5.2.14 - Cabina de conducció d'un Citadis 302
(Font: Web no oficial del tramvia de Catalunya - www.tramvia.org)



Figura 5.2.15 - Comboi Citadis en circulació
(Font: Bernat Borràs - www.trenscat.cat)



Figura 5.2.16 - Capçalera del comboi Citadis
(Font: www.tramvia.org)

6. CONCLUSIONS

En realitzar aquest treball es pot dir que ja es coneixen els aspectes fonamentals dels sistemes de telecomunicació i senyalització utilitzats pels transports públics, així com també els seus avantatges i inconvenients, però convindria conèixer què ens depara el futur, aspecte al que es fa referència en les següents línies.

La gran majoria dels sistemes de senyalització porten evolucionant des que es va decidir canviar de mode manual a automàtic, moment en que es pot dir que es va començar a parlar d'ells com a tal, malgrat que d'altres que potser eren massa exclusius ja no estan en us o s'han anat substituint per uns de més unificats.

Pel que fa a Europa, la diversitat de sistemes de senyalització i control ferroviari existents s'ha de veure eclipsada per la implementació del sistema *ERTMS (European Railway Traffic Management System)*, que en quant a senyalització es basa en el sistema *ETCS (European Train Control System)*, durant els propers anys, però aquest desenvolupament està sent complicat, acumulant múltiples retards. La Comunitat Europea subvenciona els treballs per a que aquest projecte tiri endavant i que tots els països del vell continent puguin compartir unes mateixes especificacions. Empreses com *Alstom, Ansaldo STS, Bombardier, Invensys Rail Group, Siemens* i *Thales*, que es veuen representades per l'*UNISIG (Union Industry of Signaling)*, treballen perquè això sigui possible en els propers anys. D'igual manera, països d'altres continents també s'estan interessant pel sistema i potser no ens semblarà estrany veure que aquest pugui convertir-se en un estàndard més enllà d'Europa.

Totes les previsions apunten a que altres sistemes existents al nostre país com l'*ASFA (Anunci de Senyals i Frenada Automàtica)*, propi de l'operadora ferroviària *RENFE*, no evolucionarà o si ho fa serà molt poc, utilitzant-se exclusivament per a nuclis de rodalies i com a suport d'altres més importants en cas de fallida (a la línia d'alta velocitat entre Madrid i Barcelona, apart de l'*ERTMS* també es treballa amb *ASFA* com a secundari). Els sistemes *ATP (Automatic Train Protection)*, degut a la seva fiabilitat, de ben segur que els seguiran utilitzant tramvies i metros que ja el tenen instal·lat, malgrat que el sistema *ATO*

(*Automatic Train Operation*), que no necessita de la intervenció de conductor, s'anirà imposant amb el pas dels anys, automatitzant al complet el transport ferroviari.

Els sistemes, a més, compten amb característiques de control que augmentaran de manera considerable durant els propers anys, arribant potser a un futur en el que un comboi podrà circular sense conductor i per qualsevol tipus de superfície (combinació de diversos tipus de transport públic en un de sol). Els sistemes *AVL (Automatic Vehicle Location)* s'implementaran cada cop més en les flotes d'autobusos, taxis o altres cotxes de servei, millorant el seu servei i eficiència i els de tipus *GAS (Guided Automatic System)* encara trigaran en arribar, malgrat que com ja es va comentar al llarg del treball, existeixen projectes engegats per tot el món per tal de millorar la tecnologia i les possibilitats del transport públic, entre els quals convé destacar el ja esmentat *CityMobil*, finançat per la Unió Europea i en el que, entre d'altres, hi participa la ciutat espanyola de Castelló, a la Comunitat Valenciana. Aquest projecte, que contempla proves fins a finals de l'any 2011, podria marcar el ressorgiment dels interessos per aquest sistema de senyalització i control.

Pel que fa a sistemes de telecomunicació, amb l'evolució de les comunicacions, també ho han fet aquests, deixant-ne alguns de poc efectius pel camí i afermant-ne d'altres de més eficients. En l'actualitat, les evolucions d'aquests sistemes es centren en millorar les característiques i els resultats dels que ja existeixen i s'utilitzen.

També a nivell europeu, dins el projecte d'implantació del sistema *ERTMS (European Railway Traffic Management System)*, podem trobar el sistema de telecomunicació anomenat *GSM-R*, que neix per a substituir la diversitat existent i amb la intenció de millorar les comunicacions dins els transports públics. Subvencionat per la Comunitat Europea i gràcies a les empreses ja comentades varies vegades dins el treball i que s'agrupen dins la *UNISIG (Union Industry of Signaling)*, es treballa per a que aquest aspecte es pugui dur a terme en els propers anys, malgrat que altres continents ja s'han interessat per tal d'implementar el sistema en les seves infraestructures ferroviàries.

Un altre sistema de gran importància es el *DVB-RCS (Digital Video Broadcasting - Return Channel by Satellite)*, el qual també porta evolucionant varis anys i amb previsions de seguir fent-ho durant molts més. Al tractar-se d'una tecnologia basada en la transmissió de

vídeo *DVB (Digital Video Broadcasting)*, s'anirà adaptant a les noves característiques desenvolupades per a aquest, amb la particularitat de que com que permet la transmissió d'informació en format bidireccional, de retruc es tradueix en un major nombre de possibilitats en el mateix. Una de les avantatges principals d'aquest sistema es que es treballa a partir de la xarxa de satèl.lits existents sobre el planeta, essent pràcticament accessibles des de qualsevol lloc i afavorint també la seva evolució i aplicació en el món del transport públic.

A cavall dels anteriors i amb el pas del temps, els sistemes de gestió, han anat buscant una major efectivitat sobre el material de transport públic i els vehicles existents, evolucionant gràcies als altres dos (els de telecomunicació i senyalització), adaptant-se a les noves característiques sorgides i intentant oferir un millor funcionament, una major seguretat per als passatgers, més freqüències de pas i capacitat, etc... . En els propers anys, al igual que han vingut fent fins ara, el seu desenvolupament estarà completament lligat als altres dos sistemes i serà crucial per a la millora del transport públic en general, malgrat que també dependrà molt de l'estat de les infraestructures, aspecte del que podríem dir que a casa nostra no es té massa cura.

En resum, podríem arribar a imaginar que d'aquí a uns anys, si tots els projectes engegats resulten satisfactoris, que si no hi ha endarreriments ni complicacions i les inversions corresponents es duen a terme, seria possible disposar d'un transport públic completament automatitzat (sense conductor), que sigui ràpid, segur, que presenti altes freqüències de pas, al que es pugui transmetre tot tipus d'informació i els usuaris estiguin comunicats en tot moment i que oferís molta més capacitat de la que es disposa avui en dia. Un parell de projectes molt propers a nosaltres serien la línia L11 (Trinitat Nova - Can Cuiàs) i la futura L9 (Can Zam - Aeroport Terminal T1) del metro de Barcelona. La L11, abans d'acabar l'any, serà la primera d'Espanya que funcioni sense conductor, equipada amb mampares de seguretat que tanquin les andanes de les estacions i la L9 funcionarà des del primer moment amb aquest sistema. I si encara volguéssim anar molt més lluny i amb una mica de ciència ficció de pel mig podríem arribar a pensar en una mena de vehicle exclusiu per a cadascú que pogués viatjar per tot tipus de terreny i que ens permetés anar d'una punta a l'altre del món sense haver-nos de baixar, combinant qualsevol tipus de transport imaginat: tren, metro, tramvia, autobús, taxi, vaixell, avió.

ANNEX I. SENYALITZACIÓ FERROVIÀRIA VERTICAL

La senyalització ferroviària vertical es tracta de dispositius manuals, mecànics, elèctrics o d'altres tipus que indiquen als maquinistes dels trens l'estat de disponibilitat de la via per la que circulen i, en conseqüència, els avisa de si s'han de parar o no, de la velocitat a la que han de circular o de qualsevol altre tipus d'informació. Totes elles proporcionen una circulació funcional i segura de cara als passatgers.

Un aspecte important a destacar es la posició de la senyal, ja que depenent del lloc en el que es trobi (en una via, entre varies, en una columna, etc...) podrà donar una indicació o una altre, malgrat que el seu missatge ha de ser clar, intel·ligible i no donada a que es puguin fer diferents interpretacions.

Les primeres senyals utilitzades les feien les persones mitjançant els braços, els quals a Espanya es coneixien com a "*policies dels ferrocarrils*". Més tard es van començar a utilitzar diferents objectes, però la presència física d'una persona era encara obligada, per la qual cosa es va arribar a la utilització dels banderins amb diferents colors, els quals indicaven si la via estava ocupada o lliure d'altres trens. L'aparició del semàfor mecànic l'any 1842 al ferrocarril d'Anglaterra va marcar un salt considerable, ja que no calia la presència d'un operari en el mateix lloc del senyal, sinó que des d'un punt determinat es podien controlar moltes senyals. També, la seva presentació en un punt més elevat en comparació amb les anteriors, feia que els maquinistes les reconeguessin més fàcilment, inclòs en condicions climatològiques adverses. Anys més tard es va incloure una llum a les senyals, sorgint d'aquesta manera els senyals lluminosos. Aquestes van anar avançant en proporció als avenços tecnològics fins arribar a funcionar de manera elèctrica o, com en l'actualitat, que els ordinadors son els responsables dels senyals, avisant fins i tot quan la bombeta d'un semàfor s'ha fos. Al nostre país, el sistema de senyalització *ASFA* (Anunci de Senyals i Frenada Automàtica), propi de la companyia *RENFE*, va solventar molts dels problemes esdevinguts per la incertesa del maquinista a l'hora de percebre els senyals i evitant així la possibilitat de circular sense la plena seguretat.

Els senyals es poden classificar en diferents tipus, els quals es passen a descriure a continuació:

- Segons la seva funció:
 - **Senyals fixes:** aquelles que regulen el tràfic dels trens, les maniobres i la seva velocitat. Es troben instal·lades en punts determinats de la via o de les estacions de forma permanent i es poden classificar en diversos tipus:
 - **Fonamentals:** determinen les condicions de circulació dels trens i les seves maniobres, decidint la seva prioritat o no per a ocupar el següent tram de via, si s'ha de parar o en quines condicions serà apartat o canviat de via.
 - **Indicadores:** complementen o matisen les ordres dels senyals fonamentals segons els casos.
 - **De limitació de seguretat:** anuncien i imposen restriccions en la velocitat dels trens per circumstàncies particulars de la via o de les instal·lacions amb caràcter permanent.
 - **Senyals portàtils:** aquelles que es poden transmetre al maquinista en qualsevol moment o lloc per avisar-lo o donar-li indicacions sobre circumstàncies que poden afectar la seva conducció.
 - **Senyals dels trens:** aquelles que porten els combois a la capçalera i a la cua, indicant el sentit de la marxa i la seva longitud.
- Segons el lloc en el que estan instal·lades:
 - **Senyal avançada:** la situada davant d'un senyal d'entrada.
 - **Senyal d'entrada :** la situada a l'entrada d'una estació o bifurcació.
 - **Senyal de sortida:** la situada a la sortida d'una estació o bifurcació.
 - **Senyal de protecció:** la situada davant l'anterior que està relacionada amb ella.

- **Senyal intermitja:** la situada entre la sortida d'una estació i la de davant d'un senyal d'entrada.
 - **Senyal de reculada:** la situada, en via única, a continuació d'un senyal d'entrada i, en via doble, en la via contrària.
 - **Senyal de reculada interior:** la situada a continuació de la primera agulla.
 - **Senyal de pas a nivell:** la situada davant d'un pas a nivell proveït de dispositius de seguretat automàtics.
-
- Segons el codi que indiquen:



- **Senyal en verd:** indica que la via està lliure i sense cap obstacle. Amb aquesta, el maquinista té permís per a continuar o emprendre la marxa si està parat.



- **Senyal en groc:** indica al maquinista que s'ha d'adequar a les condicions necessàries per a parar davant el següent senyal.



- **Senyal en vermell:** indica al maquinista que s'ha de parar davant el senyal.



- **Senyal en groc i verd:** ordena al maquinista el no passar de certa velocitat després del següent senyal que es trobi.



- **Senyal en vermell i blanc:** indica al maquinista que s'ha de detenir davant el senyal i que després repregui la marxa amb precaució per alguna circumstància especial.



- **Senyal en blanc:** indica al maquinista, dins una estació, que circuli amb marxa de maniobres fins al següent senyal, atenent a les indicacions subministrades.

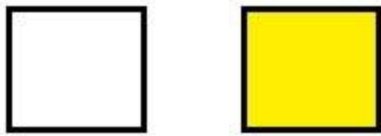
(Font de les imatges: Wikipedia - Article: "Señales de ferrocarril")

Alguns dels senyals més importants que podem trobar a les vies en un trajecte, per exemple, de Badalona a Calella, son les següents:

- **Senyals de limitació de velocitat:** indiquen el límit de velocitat al que poden circular els trens en un tram determinat, ja sigui de forma permanent (senyals amb el fons en blanc) o de manera temporal (senyals amb el fons en groc). Les de forma circular indiquen que s'ha de començar a reduir la velocitat i les que tenen forma de rombe signifiquen que ja es d'obligat compliment a partir d'aquell punt. Acostumen a col·locar-se al principi d'un tram de via, davant de creuaments o desviaments, de passos a nivell, de plataformes o d'altres llocs on es probable que els trens parin o disminueixin la seva velocitat.



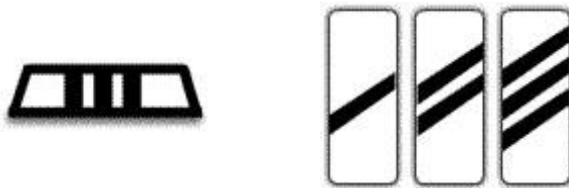
- **Senyals de velocitat:** complementen les de limitació de velocitat per indicar que s'acaben les restriccions anteriors, ja sigui de forma permanent (senyals amb el fons en blanc) o temporal (senyals amb el fons en groc).



- **Senyals per avisar:** indiquen al maquinista que ha de fer alguna cosa, com per exemple, activar un xiulet d'advertència en passar per un lloc determinat.



- **Senyals d'advertència:** indiquen al conductor que s'aproxima un desdoblament de via, de l'aproximació d'algun perill, que entra en funcionament el sistema de bloqueig d'alliberació automàtica en via única, etc... .



- **Senyals de pas:** donen informació al maquinista sobre un pas obligat o sobre quina via tenen efecte altres indicacions adjuntes.



(Font de les imatges: Wikipedia - Article: "Señales de ferrocarril")

ANNEX II. ACCIDENT DE METRO A VALÈNCIA

El dia 3 de Juliol de 2006 una unitat dels *Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana* (FGV) va sofrir un accident en el suburjà de València.

El tren format per les unitats 3736 i 3714 del model *UTA 3700* del *Metro de València* va sortir de l'estació de *Plaça d'Espanya* en direcció a *Torrent*, ambdues de la línia 1, el dia 3 de Juliol de l'any 2006, descarrilant a escassos 50 m. de l'estació de *Jesús*, dins la corba d'entrada a l'estació al voltant de les 13:03 h. del migdia, causant la mort del maquinista i de 43 passatgers i ferides greus a altres 47.

En un primer moment es va apuntar com a causa el despreniment de la volta del túnel i un possible trencament d'un dels eixos de la via. A més, i donat que un any abans s'havien produït els atemptats en el metro i autobusos de Londres, unit a que s'esperava la visita del Papa a la ciutat a finals d'aquella setmana, era inevitable pensar en un possible nou atemptat, malgrat que des del primer moment el Govern Valencià va descartar aquesta possibilitat.

Les investigacions basades en les dades registrades a la caixa negra del tren van indicar que la unitat va augmentar la velocitat fins els 81 Km./h. un minut abans d'entrar a la corba en la que el màxim permès era de 40 Km./h.. Uns segons abans de l'accident es va activar la frenada de servei i després la d'emergència, recorrent el tren 51 m. sense que la seva velocitat es reduís, mantenint-se aquesta en 81 Km./h., i baixant a continuació a 73 Km./h., segurament perquè el tren ja estava descarrilat. El comboi va circular bolcat cap a la seva esquerra i recolzat en una paret del túnel durant uns metres més fins que aquesta es va acabar i es va produir un fort impacte contra el terra, desencadenant-se el fatal desenllaç.

El sistema de senyalització i seguretat implementat en aquesta línia des de l'any 1989 era el denominat *Frenada Automàtica Puntual (FAP)*. *Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana* va optar per aquestes especificacions donada la singular característica de que 72 dels seus 80 Km. de traçat discorren en superfície i només els 8 restants sota terra. En la corba de l'accident no hi havia cap balisa, per la qual cosa es confiava en que el maquinista activés la frenada del tren.

Donat que des d'un principi es va atribuir l'accident a una errada humana, es va reprendre de nou el debat sobre si s'hauria pogut evitar amb la utilització del sistema de senyalització que venien reclamant els propis maquinistes des de feia molt de temps: el de Protecció Automàtica del Tren (*ATP* o *Automatic Train Protection*). Aquest sistema, com s'explica al llarg del treball, fa que si el conductor supera la velocitat màxima al pas d'una balisa determinada, el tren activi la frenada d'emergència i es detingui de forma automàtica.

Totes les víctimes mortals viatjaven en la primera unitat, a més dels passatgers ferits. La segona unitat no va bolcar, quedant-se sobre la via i a la qual no hi va haver víctimes mortals, només ferits. Els passatgers afectats van informar als Serveis d'Emergència mitjançant trucades des dels seus propis telèfons mòbils, els quals van acudir cap a la zona i la van acordonar per tal de rescatar els passatgers atrapats i evacuar els morts. Protecció Civil i la Conselleria de Sanitat de la Generalitat Valenciana van instal·lar dos hospitals de campanya al costat de l'estació accidentada (estació de *Jesús* de la línia 1) per tal d'atendre als ferits lleus i determinar la gravetat de les seves lesions.

Els sindicats ferroviaris i diversos partits polítics van sol·licitar la dimissió del Conseller d'Infraestructures que ocupava el càrrec en aquell moment, al considerar que l'accident s'hagués pogut evitar si les inversions en matèria d'infraestructures s'haguessin vist incrementades tal i com s'havia acordat. Des de la Conselleria es va considerar que l'accident es devia exclusivament a una errada humana i es va negar a obrir una comissió d'investigació.

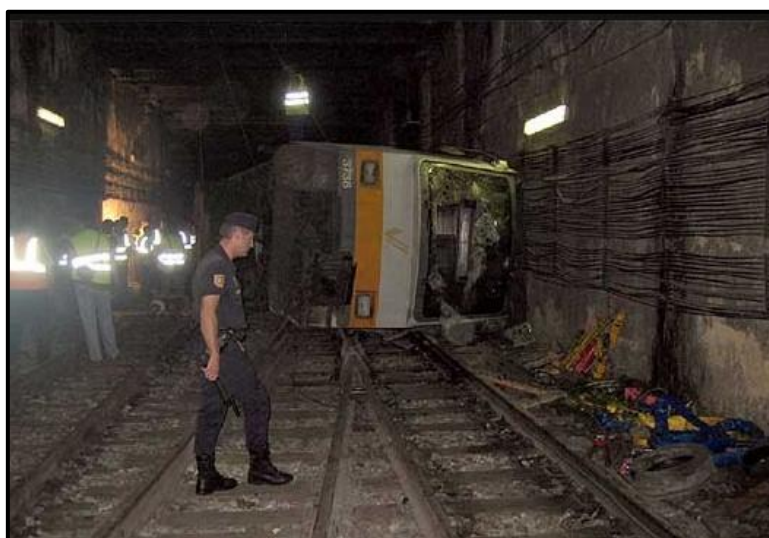
Segons una notícia apareguda al diari *El País* el 3 de Novembre de 2008, familiars i amics de les víctimes d'aquest tràgic accident reclamen encara respostes mitjançant concentracions cada dia 3 de mes, mostrant pancartes amb lemes com "*44 morts + 47 ferits = 0 respostes*" o "*seguim esperant respostes*" i en les que guarden cinc minuts de silenci i llegeixen comunicats. Tots aquests tampoc entenen per què ningú s'ha fet responsable o de com alguns partits polítics demanen a crits dimissions pels endarreriments de l'AVE a la Frontera Francesa i no per aquest tipus d'accidents. També critiquen als mitjans de comunicació per no haver-se fet ressò de les irregularitats que, en la seva opinió, s'han comés en la investigació judicial i s'acusa a la jutge que ha dut el cas de no haver posat tots els mitjans dels que disposava per a esclarir el que va passar. Pregunten

amb insistència el per què no es va fer una segona autòpsia al conductor del comboi, únic responsable segons la versió oficial, ni tampoc per què no va descarrilar la segona unitat, ja que es el que normalment succeeix quan un tren descarrila. Insisteixen també en saber si es va produir algun problema mecànic, donat que el fre es va activar dos cops seguits. Alguns pèrits van assegurar que en aquella corba hi havia una balisa de frenada, però que no estava programada i, per tant, no feia la seva funció, però la jutge segueix amb el cas arxivat reiterant que la culpa va ser del conductor.



Imatge del vagó accidentat

(Font: Diari 20 Minutos - www.20minutos.es)



Imatge del vagó en el túnel de l'accident

(Font: Diari El País - www.elpais.com)

ANNEX III. INAUGURACIÓ TÚNEL URBÀ AMB ERTMS

Retall traduït i transcrit de la notícia de l'agència *EFE* publicada a el diari *El Mundo* el 9 de Juliol de 2008 que correspon a la inauguració del primer túnel ferroviari urbà d'Espanya equipat amb el sistema de senyalització *ERTMS*.

ESCURÇARÀ DISTÀNCIES ENTRE NORD I SUD

Magdalena Álvarez inaugura el nou “túnel de l'orgull” entre Atocha i Chamartín

MADRID - La Ministra de Foment, Magdalena Álvarez, ha posat el marxa la nova connexió de Rodalies que uneix les estacions d'Atocha i Chamartín i, en conseqüència, el sud amb el nord de la Comunitat de Madrid a través del que pretén que sigui “el túnel de l'orgull” de la regió.

Acompanyada, entre d'altres, per la presidenta regional, Esperanza Aguirre, i els alcaldes de Madrid, Parla i Aranjuez, la titular de Foment ha fet el primer recorregut entre Parla i l'estació de Nuevos Ministerios pel túnel que permetrà a uns 250000 viatgers escurçar el temps de viatge entre 6 i 20 minuts.

Serán en concret els 150000 usuaris de les línies C3 (Aranjuez) i C4 (Parla) que deixaran de fer transbordament a Atocha per a dirigir-se al centre i nord de Madrid i els 100000 viatgers de la C5 (de Móstoles a Fuenlabrada) que faran transbordament amb major rapidesa al incrementar-se la freqüència dels trens.

Això, ha dit Álvarez, estalviarà temps, evitarà la saturació d'Atocha i descongestionarà la línia 1 de Metro, amb la xarxa de la qual es millorarà la interconnexió a mitjans de 2009, quan entri en servei l'intercanviador de Sol.

La nova connexió ferroviària de 8.5 Km. de longitud discorre a l'oest del col.loquialment conegut com a “túnel del riure”, que l’any 1933 va començar a construir Indalecio Prieto.

Els 34 anys que aleshores van fer falta per a acabar les obres s’han reduït en els nostres temps a una legislatura, ha apuntat Magdalena Álvarez. La infraestructura recent inaugurada ha possibilitat a la Ministra de Foment “segellar el compromís” que va adquirir amb els madrilenys l’any 2007, quan els va dir que no hi hauria un altre mes d’Agost amb un sol túnel unint Atocha i Chamartin.

Han passat 40 anys però des de demà Parla i Aranjuez estaran connectats directament per Rodalies amb Atocha, Nuevos Ministerios, Chamartin i els municipis del nord Colmenar Viejo, San Sebastián de los Reyes, Alcobendas i Tres Cantos.

La titular de Foment ha subratllat que aquesta infraestructura es el resultat d’una “aposta en ferm” de Foment per a les Rodalies de Madrid i, en conseqüència, amb els municipis en els que el transport públic es un factor de reequilibri territorial capaç d’atraure inversions econòmiques i elevar el benestar dels seus ciutadans.

El túnel, en la construcció del qual s’han emprat tuneladores, està dotat d’un sistema de seguretat amb les últimes tecnologies de senyalització i comunicació i que, per primer cop a Rodalies, s’utilitzen les especificacions pròpies dels trens d’alta velocitat. Aquest sistema rep el nom d’ERTMS (*European Railway Traffic Management System* o Sistema de Gestió del Tràfic Ferroviari Europeu) i s’utilitza el Nivell 1.

Álvarez ha recordat que aquesta obra tan complexa ha requerit de la col.laboració de totes les administracions i una inversió de 550 milions d’euros, inclosa l’estació de Sol, la caverna de la qual serà la més gran del món en les seves característiques.

Al acabar l’acte, i a petició de Magdalena Álvarez, la presidenta madrilenya, Esperanza Aguirre, i els alcaldes Alberto Ruíz Gallardón (Madrid), Tomás Gómez (Parla) i Jesús Dionisio (Aranjuez) han unit amb ella la cinta que simbolitzava la nova connexió ferroviària subterrània entre el sud i el nord de la Comunitat de Madrid.

Aguirre assenyala que l'obra no està acabada

La Presidenta de la Comunitat de Madrid, Esperanza Aguirre, s'ha felicitat de la posada en funcionament del nou "túnel del riure", malgrat que ha precisat que la obra no està totalment acabada, donat que falta la connexió amb l'estació de metro de Sol i ha recordat també que aquesta la va iniciar el govern del *Partit Popular (PP)*.

En declaracions fetes en el vestíbul de Nuevos Ministerios, on va tenir lloc la presentació del nou túnel, Aguirre ha afirmat que, malgrat que compren que l'estació de Sol es una "obra magna", ignora el per què no s'ha pressupostat el suficient per a que es pugui acabar en els terminis establerts.

"Vuit kilòmetres en cinc anys es bastant menys que els noranta kilòmetres que nosaltres hem fet en quatre anys en la passada legislatura" ha fet notar.

Aguirre ha indicat que l'obra no està totalment acabada i ha destacat que la primera pedra d'aquesta es va posar l'any 2003, essent Alberto Ruiz Gallardón president de la Comunitat, i el Ministre de Foment d'aleshores, Francisco Álvarez Cascos, la va projectar, la va licitar, la va adjudicar i la va començar.



Magdalena Álvarez, Ministra de Foment, durant l'acte d'inauguració

(Font: Diari El Mundo - www.elmundo.es)

ANNEX IV. SISTEMA GPS

El *Global Positioning System* (*GPS* o Sistema de Posicionament Global) es un sistema de localització dissenyat pel Departament de Defensa dels Estats Units amb finalitats militars per tal de proporcionar estimacions precises sobre posicions, velocitats i temps, el qual està operatiu des de l'any 1995 i que es basa en una xarxa d'ordinadors i una constel·lació de 24 satèl·lits per a determinar, mitjançant un sistema de triangulació, l'altitud, la latitud i la longitud de qualsevol objecte que hi hagi a la superfície terrestre. Dins l'àmbit civil i al·legant raons de seguretat, només es permet la seva utilització en un format degradat (sense tanta precisió), però mitjançant diverses tècniques, aquestes aplicacions han experimentat un fort creixement i actualment existeixen un munt de fabricants de receptors *GPS* (més de 70 en tot el món).

Arquitectura del sistema *GPS*

L'arquitectura del sistema *GPS* està formada per tres segments bàsics:

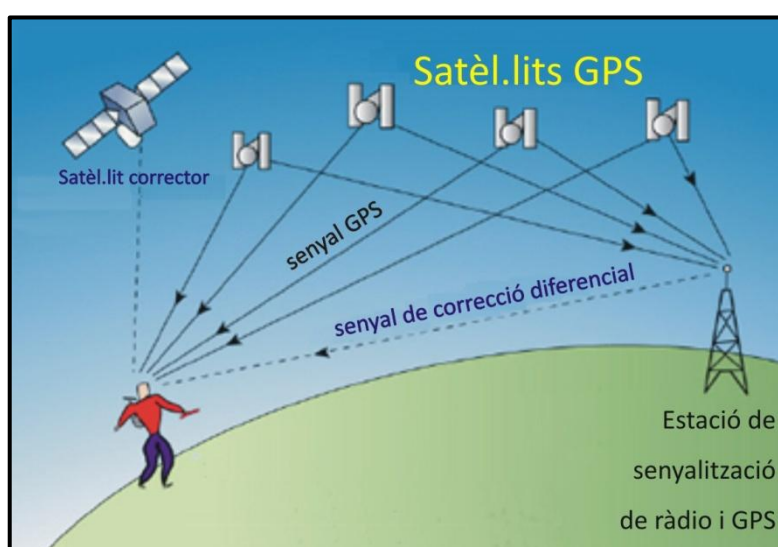
- **El segment d'espai:** format per 24 satèl·lits amb una òrbita de 26560 Km. de radi i un període igual a 12 hores.
- **El segment de control:** consta de cinc estacions encarregades de monitoritzar i mantenir en òrbita els satèl·lits, de tres antenes terrestres que envien als satèl·lits les senyals que aquests han de transmetre i una estació experta que supervisa totes les operacions anteriors.
- **El segment d'usuari:** format per les antenes i els receptors passius situats sobre la superfície, els quals reben els missatges de cada satèl·lit, calculen la distància i proporcionen una estimació de posició i temps.

Funcionament del sistema GPS

El sistema *GPS* té per objectiu calcular la posició d'un punt qualsevol en un espai de tres coordenades partint del càlcul de les distàncies del punt a un mínim de tres satèl.lits dels quals es coneix la posició.

La distància entre el receptor *GPS* i un satèl.lit es calcula multiplicant el temps de vol de la senyal emesa per la seva velocitat de propagació. Per a obtenir el temps de vol del senyal de ràdio es necessari que els rellotges dels satèl.lits i el del receptor estiguin sincronitzats, donat que els dos han de generar de manera simultània el mateix codi.

Degut a que els rellotges dels receptors poden ser un tant imprecisos, les distàncies amb errors esdevingudes per la falta de sincronisme reben el nom de pseudodistàncies, aspecte que afegeix una nova incògnita que fa que siguin necessaris un mínim de quatre satèl.lits per a estimar correctament les posicions. En el càlcul d'aquestes pseudodistàncies s'ha de tenir en compte que les senyals *GPS* són força dèbils i que es troben immerses en una banda de ràdio en la qual hi ha molt de soroll natural que afegeix una sèrie de polsos aleatoris al senyal, la qual cosa motiva la generació d'un codi pseudo-aleatori artificial. En base a aquests resultats, el receptor calcula la distància realitzant un desplaçament temporal del seu codi pseudo-aleatori fins que coincideixi amb el codi rebut.



Funcionament del sistema GPS

(Font: e-Global - Article "GPS y mapas del nuevo iPhone 3G")

Els procediments descrits anteriorment es realitzen de forma automàtica, contínua i instantània en cadascun dels receptors de *GPS*.

Aplicació dels sistemes *GPS* en el camp civil

Els camps d'aplicació del sistema *GPS* per a usos civils en els nostres dies son diversos i alguns exemples en podrien ser els següents: l'estudi de fenòmens atmosfèrics (s'utilitzen les modificacions de la velocitat de propagació del senyal *GPS* en fer-la passar per la troposfera), la localització i navegació en regions inhòspites (utilitzat com a ajuda en expedicions per regions de difícil accés), per a l'estudi geològic i topogràfic (s'estudien els moviments lents i constants de les plaques tectòniques i per a la predicció de terratrèmols), en enginyeria civil (es monitoritzen en temps real les deformacions de grans estructures metàl·liques o de ciment que estan sotmeses a càrregues), en sistemes d'alarma automàtica (aquests es connecten a sensors dotats d'un receptor *GPS* per a supervisar transports de mercaderies perilloses o de productes alimentaris frescos o congelats), per a sincronitzar senyals (utilitzat per les indústries elèctriques per a la sincronització dels rellotges de les seves estacions monitores per tal de localitzar possibles fallides en el servei elèctric), per al guiat de persones disminuïdes (s'estan duent a terme sistemes per a ajudar en la navegació de persones invidents per les ciutats), per al control de flotes de vehicles (empreses de transport públic i de serveis incorporen als seus vehicles dispositius per tal de tenir-los localitzats i guiar-los en la navegació), en sistemes d'aviació civil (utilitzat per a la navegació en vols comercials i durant les operacions d'enlairament i aterratge) i per a la navegació desatesa de vehicles (s'utilitza per a fer funcionar el transport públic sense conductor o per al moviment de dispositius de transport de càrrega) entre d'altres.

En uns anys, aquests sistemes es milloraran gràcies a l'aplicació de nous segments de control, els quals seran més precisos i que proporcionaran una millor sincronització entre els satèl·lits i els aparells receptors.

ANNEX V. PROJECTE CITYMOBIL

El projecte *CityMobil* es tracta d'un seguit d'accions cofinançades per la Unió Europea que s'encarreguen d'augmentar el coneixement de qüestions relacionades amb la integració de sistemes de transport automatitzats dins el medi urbà. Les proves van començar l'any 2006 i s'espera que es portin a terme fins a finals de 2011.



Logotip del Projecte europeu CityMobil

(Font: www.citymobil-project.eu)

Mitjançant l'estudi de l'aplicació de sistemes avançats de transport per a una millor i més efectiva organització del transport urbà es busca contribuir a una utilització més racional del tràfic motoritzat, reduir la congestió i la contaminació, millorar la seguretat i qualitat de vida i la millora general de les condicions de transport (freqüències de pas, velocitats màximes, etc...). En aquests estudis també es tenen en compte els escenaris en els que es porten a terme les proves, aspectes tècnics de les aplicacions realitzades, l'acceptació per part dels usuaris, qüestions de tipus operatives i l'avaluació que resulta de totes aquestes.

Les ciutats europees escollides i que participen dins aquest projecte son Castelló (Espanya), Roma (Itàlia) i Londres (Regne Unit).

A la ciutat espanyola de Castelló (Comunitat Valenciana), el projecte s'ha implementat sota el nom de *TVRCas* i compta amb una inversió de gairebé tres milions d'euros, consistint en una xarxa de transport públic amb la regularitat d'un tramvia i amb l'adaptabilitat dels autobusos que recorre el tram que va des de la Universitat Jaume I fins al Parc de la Ribalta. En aquest, els vehicles es desplacen per una plataforma reservada, malgrat que en alguns trams ho fan compartint infraestructura amb altres sistemes de transport, tenint aquest preferència sobre el tràfic privat en arribar a les interseccions.

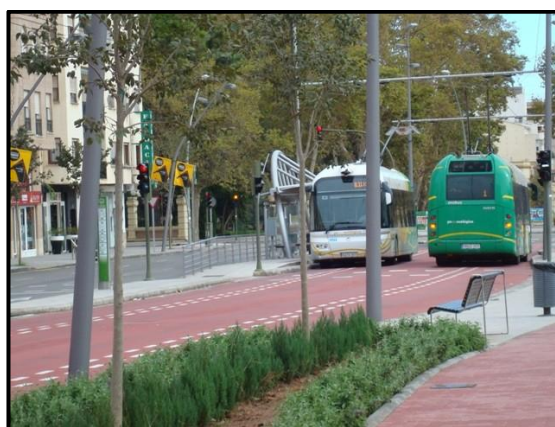
Altres ciutats de la Comunitat Valenciana com la mateixa capital (València) i Alacant ja s'han interessat per aquest sistema, així com també la ciutat de Tenerife i algunes regions del País Basc.



Vehicle TVRCas del Projecte CityMobil a Castelló



Carril especial reservat pel TVRCas



El vehicle TVRCas en circulació

(Font de les imatges: www.citymobil-project.eu - Apartat "Visuals > Castellon Demo")

A Roma, el projecte s'ha implementat a la nova fira de mostres de la ciutat sota el nom de *Cybercars*. Allà, els visitants disposen de vehicles que els transporten, d'una banda, des del pàrquing cap a l'estació ferroviària i, de l'altra, cap als pavellons. El sistema ofereix el servei quan l'usuari el demanda i les reserves de vehicles s'integren dins la gestió de l'aparcament. El seu funcionament segueix les següents pautes: cada vegada que un

vehicle fa la seva entrada rep un número de plaça al que se li haurà assignat transport automatitzat que esperarà als ocupants a la parada més propera a la plaça on el vehicle hagi estat estacionat i de la mateixa manera, altres vehicles es destinen a l'estació per a coincidir amb la sortida i arribada dels trens.



Vehicle Cybercar del Projecte CityMobil a Roma



Rail especial pel Cybercar



El vehicle Cybercar en circulació

(Font de les imatges: www.citymobil-project.eu - Apartat "Visuals > Uppsala Event")

Per últim, a Londres, el projecte s'ha implementat a l'Aeroport de Heathrow sota el nom de *ULTra*. Allà, els passatgers tenen a la seva disposició un sistema que els transporta des del pàrquing a les diferents terminals. Els vehicles utilitzats son petits, lleugers i

energèticament eficients, els quals circulen sobre una àrea reservada elevada, oferint un servei personal de taxi automatitzat de transport de tipus punt a punt, sense parades i sense haver d'esperar. L'èxit d'aquest projecte podria fer que en un futur s'estengués a altres aeroports europeus.



Vehicle ULTra del Projecte CityMobil a Londres



Via reservada pel ULTra



El vehicle ULTra en circulació

(Font de les imatges: www.ultraprt - Apartat "Heathrow")

A banda dels tres projectes engegats, a varies ciutats europees s'organitzen exhibicions per a demostrar al públic en general i a les autoritats com es pot traduir a la pràctica el transport de tipus automatitzat. Cal destacar també els estudis teòrics realitzats en un

nombre reduït de ciutats per tal d'identificar fins a quin punt el transport d'aquest tipus pot arribar a resoldre certs problemes i a quin cost.

Amb previsió de futur, la completa conducció autònoma i la provisió d'informació a qualsevol punt jugaran un paper molt important en els sistemes d'integració del tràfic de les ciutats, contribuint a la millora de la eficiència del transport en àrees urbanes denses.



Vehicle CityMobil en una de les exposicions



Diferents tipus de vehicles CityMobil



Punt d'informació del projecte CityMobil

(Font de les imatges: www.citymobil-project.eu - Apartat "Visuals > Daventry Demo")

ANNEX VI. GLOSSARI D'ACRÒNIMS

Sistemes de telecomunicació

DVB-RCS: *Digital Video Broadcast - Return Channel by Satellite* o Distribució de Vídeo Digital - Retorn de Canal per Satèl.lit.

GPS: *Global Positioning System* o Sistema de Posicionament Global.

GSM: *Global System for Mobile Communications* o Sistema Global de Comunicacions Mòbils.

GSM-R: *Global System for Mobile Communications - Rail* o Sistema Global de Comunicacions Mòbils per a Ferrocarrils.

Sistemes de senyalització

ASFA: Anunci de Senyals i Frenada Automàtica.

ATP: *Automatic Train Protection* o Protecció Automàtica del Tren.

AVL: *Automatic Vehicle Location* o Localització Automàtica del Vehicle.

ERTMS: *European Rail Traffic Management System* o Sistema de Gestió del Tràfic Ferroviari Europeu.

ETCS: *European Train Control System* o Sistema de Control Ferroviari Europeu.

GAS: *Guided Automatic System* o Sistema Automàtic de Guiat.

LZB: *Linien Zug Beeinflussung* o Control Continu del Tren.

TVM: *Transmission Voie-Machine* o Transmissió de la Via al Tren.

Sistemes de gestió

SAE: Sistema d'Ajuda a l'Explotació.

Termes ferroviaris

CTC: Control de Tràfic Centralitzat.

LAV: Línia d'Alta Velocitat.

PCR: Punt Central de Ràdio.

RBC: *Radio - Block Center* o Centre de Ràdio - Bloqueig.

Termes de telecomunicacions

AGCH: Canal d'Accés Concedit.

ARFCN: Canal de Radiofreqüència Absolut.

AuC: *Authentication Center* o Centre d'Autenticació.

BCCH: Canal de Control de Broadcast.

BSC: *Base Station Controlles* o Controlador d'Estacions Base.

BSS: *Base Station Subsystem* o Subsistema d'Estacions Base.

BTS: *Base Transmission Station* o Estació de Transmissió Base.

CCCH: Canal de Control Comú.

DVB: *Digital Video Broadcasting* o Distribució de Vídeo Digital.

DVB-C: *Digital Video Broadcasting - Cable* o Distribució de Vídeo Digital per Cable.

DVB-H: *Digital Video Broadcasting - Handheld* o Distribució de Vídeo Digital en Ma.

DVB-S: *Digital Video Broadcasting - Satellite* o Distribució de Vídeo Digital per Satèl.lit.

DVB-T: *Digital Video Broadcasting - Television* o Distribució de Vídeo Digital per Televisió.

EIR: *Equipment Identify Register* o Registre d'Identificació de Terminal.

FCCH: Canal Corrector de Freqüència.

GMSK: *Gaussian Minimum Shift Keying*.

HLR: *Home Location Register* o Registre de Localització Local.

IGMP: *Internet Group Management Protocol* o Protocol d'Administració de Grups d'Internet.

IP: *Internet Protocol* o Protocol d'Internet.

ME: *Mobile Equipment* o Terminal Mòbil.

MF: *Multi Frequency* o Varies Freqüències.

MS: *Mobile Stations* o Estacions Mòbils.

MSC: *Mobile Switching Center* o Centre de Commutació Mòbil.

NSS: *Network Switching System* o Sistema de Commutació de Xarxa.

OMC: *Operation and Maintenance Center* o Centre d'Operació i Manteniment.

OMS: *Operation and Maintenance Subsystem* o Subsistema d'Operació i Manteniment.

PMR: Punt Mòbil de Ràdio.

PPR: Punt Portàtil de Ràdio.

QPSK: *Quaternary Phase Shift Keying*.

RACH: Canal d'Accés Aleatori.

RIP: *Routing Information Protocol* o Protocol d'Encaminament de la Informació.

RTB: Xarxa Telefònica Bàsica.

RTP: *Real - Time Transport Protocol* o Protocol de Transport en Temps Real.

SCH: Canal de Sincronització.

SDCCH: Canal de Control Dedicat.

SIM: *Subscriber Identify Module* o Mòdul d'Identificació de Subscripció.

SIT: *Satellite Interactive Terminal* o Terminal Interactiu de Satèl.lit.

SRT: *Satellite Receiver Terminal* o Terminal Receptor de Satèl.lit.

TDMA: *Time Division Multiple Access* o Accés Múltiple per Divisió de Temps.

UDP: *User Datagram Protocol* o Protocol de Datagrames d'Usuari.

VLR: *Visitor Location Register* o Registre de Localització Visitant.

Empreses, companyies, organitzacions i institucions

ADIF: Administración de Infraestructuras Ferroviarias.

ATM: Autoritat del Transport Metropolità.

AVE: Alta Velocitat Espanyola.

CE: Comunitat Europea.

EIRENE: *European Integrated Railway Radio Enhanced Network* o Xarxa Millorada de Ràdio per als Ferrocarrils Integrats d'Europa.

ERA: *European Railway Agency* o Agència Europea del Ferrocarril.

ETSI: *European Telecommunications Standards Institute* o Institut Europeu de Normes de Telecomunicacions.

FCC: Fomento de Construcciones y Contratas.

FGC: Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya.

FGV: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana.

MORANE: *Mobile Oriented Radio Network* o Ràdio Mòbil per a Xarxes de Ferrocarril Europees.

MTSA: Metropolitano de Tenerife, S.A..

NAVSTAR: *Navigation Satellite Timing And Runnig.*

NS: *Nederlandse Spoorwegen.*

NSN: *Nokia Siemens Networks.*

NTP: *Navigation Technology Program.*

RENFE: Red Nacional de Ferrocarriles Españoles.

SAGEM: *Société d'Applications Générales de l'Électricité et de la Mécanique.*

SBB: *Schweizerische Bundesbahnen.*

SES: *Société Européenne des Satellites* o Societat Europea de Satèl.lits.

SFM: Serveis Ferroviaris de Mallorca.

STS: *Siemens Transportation Systems.*

TMB: Transports Metropolitans de Barcelona.

TRAM: Tramvia de Barcelona.

UIC: *Union Internationale des Chemins de Fer* o Unió Internacional del Ferrocarril.

UNISIG: *Union Industry of Signaling* o Unió de la Indústria de la Senyalització.

WABCO: *Westinghouse Air Brake Company.*

BIBLIOGRAFIA

- [1] F. Montes, “Los sistemas de señalización en el ferrocarril: su evolución”.
Instituto Católico de Artes e Industrias (ICAI). Gener / Febrer 2007. Anales de mecánica y electricidad. Planes 30 a 39.

- [2] J. C. Lorenzo i J. I. de Santiago, “El sistema ERTMS: el primer estándar paneuropeo para señalización ferroviaria orientado a la interoperabilidad”.
Instituto Católico de Artes e Industrias (ICAI). Gener / Febrer 2007. Anales de mecánica y electricidad. Planes 56 a 63.

- [3] A. Berrios, “Las comunicaciones ferroviarias: avances y retos”.
Instituto Católico de Artes e Industrias (ICAI). Gener / Febrer 2007. Anales de mecánica y electricidad. Planes 64 a 67.

- [4] Autoritat del Transport Metropolità, “Actuació de l’exercici 2003”.
Autoritat del Transport Metropolità (ATM). Gener 2004. Informe anual 2003. Planes 22 a 66.

- [5] J. M. Pérez, “Innovación tecnológica en el ferrocarril en instalaciones de seguridad”.
Revista de Obras Públicas. Noviembre 2004. Planes 65 a 74.

- [6] E. Villalonga, “ITS como herramientas de explotación y mejora de la capacidad de las líneas ferroviarias”.
CPS Ingenieros. 2008.

- [7] Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, “Memoria económica 2007”.
Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF). Gener 2008.

- [8] J. Raposo, “ERTMS: Sistema europeo de gestión de tráfico ferroviario”.
Alstom. Noviembre 2002.

- [9] A. Arranz, J. Baliñas, S. Bronte, J. García, D. González, J. Gutiérrez, A. Llamazares, F. Rojas i V. Sanz, “Aplicaciones de robots móviles”.
Universidad de Alcalá. Noviembre 2006.
- [10] I. J. Iglesias, “Interoperabilidad y ERTMS”.
Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española. Maig 2008. Asamblea PTFE. Àrea 2.
- [11] J. Ludewig, “A new signaling system for Europe’s trains”.
Community of European Railway and Infrastructure Companies. Març 2007.
- [12] Ministerio de Fomento, “Línea Madrid - Barcelona”.
Gobierno de España. Febrer 2008.
- [13] Tramvia de Barcelona i Autoritat del Transport Metropolità, “Inauguració del tramvia Diagonal - Baix Llobregat”.
Tramvia de Barcelona i Autoritat del Transport Metropolità (ATM). Abril 2004.
Dossier de Premsa.
- [14] V. Paxal, “DVB with return channel via satellite”.
Telenor. Abril 2000.
- [15] A. García, “El papel de las nuevas tecnologías en la vertebración del territorio”.
Indra. Abril 2008. Seminari Internacional de Solucions de Transport per a ciutats emergents. Santa Cruz de la Sierra (Bolivia).
- [16] G. Zarzero, “Experiencias en la construcción de redes GSM-R en las líneas de alta velocidad de ADIF”.
Siemens. Juny / Juliol 2006. Revista Bit, N° 157. Planes 53 a 55.
- [17] L. García, “Telecomunicaciones ferroviarias en las líneas de alta velocidad”.
Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF). Juny / Juliol 2006. Revista Bit, N° 157. Planes 34 a 39.

- [18] A. Pozo, A. Ribeiro, M. C. García, L. García, D. Guinea i F. Sandoval, “Sistema de posicionamiento global (GPS): descripción, análisis errores, aplicaciones y futuro”.
Dpto. de Tecnología Electrónica de la Universidad de Málaga. Febrer 2002.
- [19] P. L. Carbayo, “El libro del tren”.
Editorial Oberón. 1ª Edició, 2004.
- [20] T. Franco, “Historia del ferrocarril”.
Editorial Llibreria Universitària de Barcelona. 1ª Edició, 2007.
- [21] R. Davis, “Enciclopedia de trenes y locomotoras”.
Editorial Edimat, S.A.. 1ª Edició, 2005.
- [22] J. Wiseman, “Trenes y tranvías en España”.
Ediciones Trea, S.L.. 1ª Edició, 2008.
- [23] F. J. González i J. F. Losa, “Ingeniería ferroviaria”.
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). 1ª Edició, 2008.
- [24] J. A. Villaronte, “Ingeniería y tecnología ferroviaria: tecnología de la vía”.
Editorial Delta. 1ª Edició, 2008.
- [25] A. L. Pita, “Explotación de líneas de ferrocarril”.
Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). 1ª Edició, 2008.
- [26] A. Rubio, “Sistema GSM-R: el estándar ferroviario de comunicaciones”.
Nortel. Abril / Maig 2004. Revista Bit, N° 144. Planes 44 a 46.
- [27] M. Tugores, “Movilidad en las comunicaciones en la Guardia Civil”.
Ministerio del Interior. Octubre 2006.
- [28] “Description of the DVB-RCS VSAT system”.
Advantech Satellite Networks. Setembre 2006.

- [29] Grupo de Nuevas Actividades Profesionales, “Elementos técnicos para la gestión de frecuencias en espacios complejos: entornos ferroviarios”.
Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación. Març 2006.
- [30] R. Montalbán, “Codificación a nivel de paquete para comunicaciones móviles por satélite”.
Universitat Autònoma de Barcelona. Setembre 2007. Memòria del Treball Final de Carrera d’Enginyeria Tècnica de Telecomunicació, especialitat Sistemes Electrònics.
- [31] Anònim, “The world’s leading DVB-RCS VSAT hub & terminal solutions”.
Advantech Satellite Networks. Setembre 2006.
- [32] F. J. González, “Señalización Ferroviaria”.
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Març 2006.
- [33] J. C. Lorenzo, “Trainguarg®. ETCS - Soluciones para Europa”.
Siemens Transportation Systems. Gener 2005.
- [34] J. González, “Introducción a la señalización ferroviaria”.
Metro de Madrid. Abril 2005. Departament d’Enginyeria.
- [35] J. González, “Introducción a la señalización ferroviaria”.
Metro de Madrid. Abril 2005. Departament d’Enginyeria.
- [36] A. Carbonell, “Los sistemas inteligentes de transporte”.
Universitat d’Oporto. Abril 2003.
- [37] Renfe Operadora, “Renfe pone en circulación los primeros trenes con el nuevo sistema de seguridad ASFA Digital”.
Federación Castellano Manchega de Amigos del Ferrocarril. 26/09/2007. Noticia.

- [38] Europa Press, “Renfe contará con el apoyo del Cedex en la implementación del ERTMS hasta 2009 por 1.03 millones”
Lexur Editorial. 09/07/2006. Noticia de Negocis > Empresa.
- [39] “Vehículos de Guiado Automático (AGV)”.
Universitat Politècnica de Catalunya, Facultat d’Informàtica de Barcelona. Juny 2004. Treballs Final de Carrera.
- [40] J. Durand, “Tecnologías DVB-RCS”.
Com-IP. Febrer 2005.
- [41] J. Marcos, “CTC, la tecnología aplicada a la regulación ferroviaria”.
Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF). Octubre 2005. Revista Líneas, N° 326. Noticia d’Actualitat.
- [42] A. M. Audueza, “Tecnologías de acceso por satélite: DVB-RCS”.
Universidad Pública de Navarra. Octubre 2008. Treballs Final de Carrera.
- [43] A. García, “El sistema de gestión europeo de la circulación ferroviaria, ERTMS”.
Fundación de los Ferrocarriles Españoles. Abril 2005. Revista Via Libre, La Revista del Ferrocarril, N° 485.
- [44] M. Morales, “Europa comienza a probar coches sin volante, pedales ni conductor”.
Tendencias 21. Setembre 2006. Publicació electrònica Tendencias Tecnológicas.
- [45] R. Estrada i J. M. de Velasco, “El Ferrocarril”.
Universidad de Zaragoza. Juny 2006. Treballs Final de Carrera.
- [46] J. Guillén, “Sistema global de comunicaciones móviles para ferrocarriles, GSM-R”.
Fundación de los Ferrocarriles Españoles. Juny 2005. Revista Via Libre, La Revista del Ferrocarril, N° 487.

- [47] S. Smiler, “Bus priority systems”.
Citytransport. Novembre 2007.
- [48] A. García, “El control del tráfico ferroviario”.
Fundación de los Ferrocarriles Españoles. Juliol i Agost 2005. Revista Via Libre,
La Revista del Ferrocarril, N° 488.
- [49] P. Mertens, “Señalización de bajo coste en líneas de tráfico débil”.
Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles. Setembre 2006.
- [50] J. M. Bañeres, “SAE (Sistemas de Ayuda a la Explotación”.
Transports Metropolitans de Barcelona (TMB). Desembre 2005. Revista Hora Punta,
N° 36.
- [51] F. Álvarez, “Línea 1. Dos años después”.
Diario El Mundo. 03/07/2008. Noticias Comunitat Valenciana.
- [52] M. Gómez, “Las otras dos líneas del metro de Valencia sí cuentan con control de
velocidad”.
Diario El Mundo. 05/07/2006. Noticias València.
- [53] J. A. Martos, “Internet se sube al tren”.
Diario El País. 30/01/2008. Noticias Noves Technologies.
- [54] Agencia EFE, “Magdalena Álvarez inaugura el nuevo ‘túnel del orgullo’ entre
Atocha y Chamartin”.
Diario El Mundo. 09/07/2008. Noticias Infraestructures.
- [55] Agencia EFE, “Familiares y amigos de las víctimas del accidente de metro de
Valencia reclaman respuestas”.
El Mercantil Valenciano. 03/04/2008. Noticias València.

- [56] Agencia EFE, “Tragedia en el Metro de Valencia”.
Diario 20 Minutos. 07/07/2006. Fotogaleria edició electrònica.
- [57] www.tramvia.org. Web no oficial del tramvia de Catalunya, Diversos apartats i fotografies.
- [58] www.trenscat.cat. Trenscat: la web dels trens de Catalunya, Diversos apartats i fotografies.
- [59] www.agrupament.net. Agrupament Ferroviari de Barcelona, Diversos apartats i fotografies.
- [60] www.atm.cat. Autoritat del Transport Metropolità (ATM), Diversos apartats i fotografies.
- [61] www.trambcn.com. Tramvia de Barcelona (TRAM), Diversos apartats i fotografies.
- [62] www.laptp.org. Associació per a la Promoció del Transport Públic (PTP), Diverses informacions, notícies i fotografies.
- [63] www.transport.cat. Forum del Transport Català, Diversos temes de discussió.
- [64] www.transportebcn.es. Transporte de Barcelona, Diversos apartats i fotografies.
- [65] www.renfe.es. RENFE Operadora, Diversos apartats.
- [66] www.adif.es. Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, Diversos apartats.
- [67] www.metromadrid.es. Metro de Madrid, Diversos apartats i fotografies.
- [68] www.todotren.com.ar. TodoTren, “Apartat: Secciones II > Tecnología > Sistema LZB (Conducción Asistida de Trenes - CAT)”.

- [69] www.ertms.com. ERTMS Project, Diversos apartats i imatges.
- [70] www.dvb.org. DVB Project, Diversos apartats i imatges.
- [71] www.uic.asso.fr. International Union of Railways (UIC), Diversos apartats i imatges.
- [72] www.citymobil-project.eu. CityMobil Project, Diversos apartats i imatges.
- [73] www.etsi.org. European Telecommunications Standards Institute (ETSI), Imatges varies.
- [74] www.era.europa.eu. European Railway Agency (ERA), Imatges varies.
- [75] www.ferropedia.org. Autors Varis, Diversos articles.
- [76] www.agenciaefe.com. Agencia de Noticias EFE. Imatges varies.
- [77] www.anden1.org/anden2. Foro del Transporte Andén 2, Diversos temes de discussió.
- [78] es.wikipedia.org. Autors Varis, Diversos articles.
- [79] en.wikipedia.org. Autors Varis, Diversos articles.
- [80] fr.wikipedia.org. Autors Varis, “Article: Transmission Voie - Machine”.
Octubre 2008.
- [81] www.grupodeca.com.mx. Diseño Electrónico de Circuitos Aplicados, “Apartat: Productos y Servicios > Localización (GPS)”.
- [82] www.willtek.com. Willtek, “Apartat: Technologies > GSM-R”.
- [83] www.highspeedsat.com. Highspeedsat Retailer, Imatges varies.

- [84] www.taringa.net. Taringa!, Inteligencia Colectiva, “Article: ¿ Cómo funciona la red móvil GSM ?”.
- [85] www.albentia.com. Albentia Systems, Imatges varies.
- [86] www.e-global.es/b2b-blog. B2b Blog, “Apartat: GPS”.
- [87] www.wabco-auto.com. Wabco Vehicle Control System, Imatges varies.
- [88] www.microgps.com. MicroGPS, Imatges varies.
- [89] www.ending.es. Ingeniería Avanzada Ending, Diversos apartats i imatges.
- [90] www.localizacionflotas.com. GlobalSAT, Localización de Flotas, Informacions diverses i imatges.
- [91] www.atpm.com. About This Particular Macintosh, Diverses fotografies.
- [92] images.google.es. Google Images, Resultats varis de la cerca d’imatges.
- [93] www.pepecar.com. Lloguer de cotxes Pepecar, Imatges diverses.
- [94] www.seur.es. Empresa de transports SEUR, Imatges diverses.
- [95] prensa19.blogspot.com. Prensa19, Informacions varies.

