

L'evolució del

FERROCARRIL



Índex

	<u>Pàg.</u>
1.- Introducció al ferrocarril.....	3
1.1 Cronologia.....	6
2.- Noves idees.....	11
2.1 Energies renovables	12
2.1.1 L'energia solar.....	13
2.2 Aerodinàmica.....	15
2.2.1 Origen de les forces aerodinàmiques.....	15
2.3 Sistemes de seguretat.....	18
2.4 Materials.....	23
2.4.1 Estructura.....	23
2.4.2 Coberta.....	24
2.4.3 Accessoris.....	26
2.5 Motor del ferrocarril.....	26
2.6 Confort.....	27
2.6.1 Comoditat.....	28
2.6.2 Visualització.....	29
2.6.3 Acústica.....	30
3.- Síntesis.....	31
3.1 Aplicacions a un tren convencional.....	31
3.2 Creació d'un tren.....	32
3.3 Recobriments.....	33
4.- Conclusió.....	34
5.- Agraïments.....	35
6.- Bibliografia.....	35
7.- Webgrafia.....	36
8.- Annex.....	37

1.Introducció

El ferrocarril és un sistema de transport terrestre guiat sobre rails. Al segle XVIII,



diversos focus miners d'Europa van descobrir que les vagonetes carregades es desplaçaven amb més facilitat si les giraven guiades sobre per un carril fet de planxes de metall, ja que això reduïa la força de fregament. Els carrils de les vagonetes servien per al desplaçament del carregament fins a la via fluvial més propera. Fins que va arribar la

Revolució Industrial (1750), que va suposar la creació d'un mitjà de transport molt més eficaç per al transport de les primeres matèries cap a la indústria.

Els dos principis mecànics, guiat de rodes i la utilització de la força motriu, van ser combinats per l'enginyer de mines anglès *Richard Trevithick* el qual va aconseguir adaptar-los a la màquina de vapor, per fer funcionar una locomotora arrossegant cinc vagons.

Van transcórrer dues dècades durant els quals es van desenvolupar els rails de ferro fos que suportaven els pes d'una locomotora de vapor. La potència necessària per arrossegar trens es va assegurar col·locant una locomotora de vapor sobre dos o més eixos amb les rodes unides mitjançant bieles, en lloc d'un o dos vagons,

La primera via fèrria pública, la línia *Stockton-Darlington*, al nord-est d'Anglaterra, dirigida per George Stephenson, va ser inaugurada el 1825. Durant alguns anys aquesta via només va transportar mercaderies; en algunes ocasions s'utilitzava cavalls com a força motora. La primera via fèrria pública per al transport de passatgers i de càrrega que funcionava exclusivament amb locomotores de vapor va ser la de *Liverpool-Manchester*. També dirigida per *George Stephenson*.

L'èxit comercial, econòmic i tècnic de la línia *Liverpool-Manchester* va transformar el concepte de les vies fèrries, que va suposar la creació d'un mitjà de transport molt més eficaç per al transport de les primeres matèries cap a la indústria.

Es va establir en Europa (excepte a la Gran Bretanya) la tradició del ferrocarril com a empresa pública i l'obligació del govern de finançar el manteniment i l'ampliació de les vies fèrries a nivell nacional. La participació del govern estava més orientada a impedir la duplicació innecessària de les vies fèrries més lucratives i garantir que els ferrocarrils s'expansionessin de la millor forma per al desenvolupament social i econòmic de l'estat o del país del que es tractava.

Les constructores d'Europa i Amèrica del nord van adoptar l'amplada del ferrocarril de 1.435 mm del projecte *George Stephenson*. En canvi, Espanya va optar per l'amplada de 1.668 mm (l'equivalent de sis peus castellans de la època); els arguments tècnics afirmaven que com Espanya era una país de orografia accidentada, les fortes pendents del traçats exigirien que les locomotores, per augmentar la seva potència, haurien de tenir un calaix de foc més ampli que la resta de les europees, la qual cosa obligaria a ampliar el conjunt mecànic i, per tant, la via.



Als Estats Units el desenvolupament del Ferrocarril es va veure reforçat amb el desig d'arribar a l'interior del país, des de les ciutats de la costa est.

La idea d'enllaçar l'est dels Estats Units amb la costa del Pacífic, es va veure fomentada pels pioners establerts a la costa oest, que van decidir començar la construcció del ferrocarril cap a l'est, convertint-se l'empresa en una carrera per aconseguir el major nombre de quilòmetres fins el punt de trobada; això es va fer que la construcció del ferrocarril fos una gesta més que una obra d'enginyeria.

A partir d'aquests fets, el ferrocarril ha anat evolucionant fins arribar al ferrocarril tal com el coneixem actualment.

Ara bé, l'objectiu d'aquest treball no és repassar la història d'aquest mitjà de transport, sinó intentar fer una predicció de com es desenvoluparà el coneixement de les noves tecnologies i l'ús de les energies renovables en aquest camp.



1.1 Cronologia del ferrocarril

Els fets esmentats són els més importants de la història del ferrocarril. N'hi ha molts més d'importants, i per anomenar-los utilitzarem un eix cronològic explicat a continuació:

Cap al 1550 – A les mines d'Alemanya es van utilitzar rails de fusta per al transport de vagonets mitjançant cavalls.

1761 - Els primers rails de ferro a Anglaterra.

1782 - L'enginyer escocès *James Watt* inventa la màquina de vapor, imprescindible per a la posterior invenció del ferrocarril.

1789 - L'enginyer anglès *William Jessop* utilitzava rodes de ferro dentades en rails d'exploracions carboníferes en Leicestershire.

1802 - Primera línia fèrria pública al sud de Londres.

1804 - Primera locomotora de vapor, de *Ricard Trevithick*.

1814 - *George Stephenson* construeix la seva primera locomotora *Blucher*.

1825 - *George Stephenson* va obrir primera línia ferroviària a vapor entre Stockton i Darlington, per al transport de mercaderies des d'una mina de carbó a un port fluvial.

1829 - *George Stephenson* i el seu fill *Robert*, arriben als 47 km/h amb la seva locomotora *The Rocket*, prop de Liverpool.

1830 - La línia *Liverpool-Manchester* inaugura el primer servei de passatgers. La línia prova la viabilitat del transport per ferrocarril i comença al Regne Unit una massiva inversió de capital per a la construcció de línies, cosa que seria imitada poc després per la resta del món.

1835 - El 5 de maig s'obre a Bèlgica la primera línia continental, entre Brussel·les i Mechelen.

1837 - Primer ferrocarril espanyol en la línia *Güines-L'Havana*.

1848 - Primer ferrocarril peninsular: *Barcelona-Mataró*.

1851 - Segon ferrocarril peninsular: *Madrid-Aranjuez*.

1852 - Primer ferrocarril asturià: *Gijón-Langreo*.

1852 - Quart ferrocarril peninsular: *grau de València - San Felip de Xàtiva*.

1855 - El ferrocarril de Panamà es converteix en la primera línia transcontinental.

1857 - Usats per primera vegada rails d'acer a Anglaterra.

1863 - El primer ferrocarril metropolità és inaugurat a Londres.

1865 - L'empresa *Pullman* introdueix el cotxe-llit als Estats Units.

1869 - Primera línia transcontinental nord-americana.

1873 - Primera línia gallega: *Santiago – Carril*.

1881 - La primera línia electrificada del món s'inaugura a Alemanya.

1884 - Astúries queda connectada amb Madrid en un trajecte de 22 hores de durada.

1890 - L'electricitat s'introdueix al metro de Londres i permet la construcció de grans línies subterrànies.

1891 - Comença la construcció del transiberià, que finalitza el 1904 amb un recorregut de 9.313 km.

1897 - Primer tramvia elèctric a Espanya: tramvia de Sant Sebastià.

1912 - S'inaugura el ferrocarril *Madeira-Memorà* a l'Estat de Rondònia, Brasil durant l'anomenada primera febre del cautxú.

1913 - A Suècia entra en servei el primer ferrocarril explotat amb locomotores dièsel.

Anys 1920 - Les empreses ferroviàries espanyoles tenen pèrdues, cosa que comporta en un primer moment subvencions públiques i posteriorment la creació de *RENFE*.

- Primera línia electrificada a Espanya.

- La rampa entre les estacions de naixença i Gàdor a Almeria en 1907, electrificada amb corrent altern trifàsica a 6000 V.

- Electrificació en la dècada dels anys vint, de la rampa de Pajares (Astúries-Lleó) que s'electrificarà en corrent continu a 3000 v, que serà el sistema més utilitzat a la xarxa espanyola (ample 1668mm). Encara que va arribar a existir un bon nombre de quilòmetres de línies que es van electrificar a 1500 V en corrent continu; i amb el pas dels anys van ser transformats als 3000V a causa de les millors característiques d'aquesta tensió per al funcionament de les locomotores. Després, amb l'arribada de l'alta velocitat el 1992 es passarà a utilitzar el corrent altern a 25 kV 50Hz, que sembla que serà la tensió i la freqüència que s'utilitzarà a la xarxa europea.

1934 - Primera locomotora dièsel a Amèrica del nord, a la ciutat de Chicago.

1938 - Rècord mundial d'una locomotora a vapor a Anglaterra que arriba a una velocitat de 203 km/h.

1941 - Es crea RENFE (Xarxa Nacional dels Ferrocarrils Espanyols).

1948 - Es nacionalitzen totes les línies fèrries argentines sota l'Empresa de Ferrocarrils de l'Estat Argentí (EFEA), antecessora de Ferrocarrils Argentins.

Anys 1960-Anys 2000 - Diversos països introdueixen l'alta velocitat per poder competir amb el transport aeri i per carretera, que en portar les quotes de mercat fa que la majoria de les línies siguin deficitàries i hagin de ser nacionalitzades.

1964 - Al Japó entra en funcionament el Shinkasen o Tren bala, entre Tòquio i Osaka. La velocitat mitjana és de 160 km/h.

1979 - França inaugura el Tren d'alta velocitat TGV amb una velocitat mitja de 213 km/h.

1985 - Alemanya desenvolupa l'ICE (Trens d'alta velocitat dels ferrocarrils d'Alemanya).

1987 - Rècord mundial de tracció dièsel a Regne Unit (HST-125 de British Railways) que arriba a una velocitat de 238 km/h.

1990 - Record mundial de tracció elèctrica, la branca TGV-A 325 de TGV francès arriba a 515,3 km/h.

1992 - Entra en funcionament a Espanya la línia d'alta velocitat entre Madrid i Sevilla.

1996 - Inauguració de les millores del Corredor Mediterrani para arribar a 220 km/h.

1997 - Primer servei comercial del tren d'alta velocitat Euromed, de RENFE, a 200 km/h.

2003 - Inauguració a Espanya de la línia d'Alta Velocitat entre Madrid, Saragossa i Lleida, així com del corredor d'alta velocitat *Saragossa-Osca*.

Estan en construcció les línies que connectaran Madrid amb Barcelona i Valladolid.

2006 - (02/09/2006) Rècord mundial de locomotores elèctriques a Alemanya, a la NBS (Neu Bau Strecke) *Nürnberg-Ingolstadt* de 357 km/h amb l'ÉS-640 1216-050 (Taurus).

2007 - (03/04/2007) Rècord mundial de tracció elèctrica a França a una branca de TGV-POS (*Paris Ostfrankreich-Süddeutschland*) de 574'8 km/h en la línia d'alta velocitat *LGV-EST*.

2. Noves idees

En aquest apartat veurem l'evolució de les parts més importants que té un tren, és a dir, especularem sobre com podria ser el futur de cadascun dels elements que té el ferrocarril.

Les característiques que veurem i analitzarem seran els components més importants d'un ferrocarril: les línies físiques del tren, les energies existents, l'aplicació a la màquina, els materials, la propulsió, la seguretat, l'interior, l'aerodinamisme, etc.

Es farà una breu explicació de què és, com s'utilitza, possibles aplicacions, etc.



Aquest model de tren és un prototip.

Per tant, intentarem fer una aproximació de la recerca de nous aparells que siguin aplicables al ferrocarril. A continuació exposarem les idees:



A la foto es mostra els trens japonesos shikansen d'última tecnologia.

2.1. Energies renovables

El ferrocarril és el mitjà de transport més integrat ambientalment. Ofereix els nivells més reduïts d'impacte ambiental: sonor, visual, d'emissions contaminants i amb un nivell de consum energètic summament ajustat a les prestacions que ofereix.

Podria aportar-se un allau de dades, però de totes elles poden ressaltar-se algunes particularment eloqüents:

- El consum equivalent d'energia d'un tren d'alta velocitat és 3,5 vegades inferior al del cotxe i 4,2 vegades menor al de l'avió.
- La plataforma de la línia d'Alta Velocitat *Madrid-Barcelona-Frontera francesa* ocupa 14 metres, la meitat del que ocupa una autopista de 4 carrils.
- El conjunt dels mitjans de transport són responsables del 27% de les emissions de CO₂. El ferrocarril aporta menys del 1% d'aquesta xifra (0,02% del total). Això suposa que les emissions generades pel ferrocarril són 40 vegades menors que les produïdes pel transport per carretera.
- Un sol tren de mercaderies transporta la mateixa càrrega que 40 grans camions
- Els trens elèctrics (tots els d'alta velocitat i prop del 100% dels de rodalia) no emeten gasos contaminants procedents de la combustió.
- El tren circulant sobre una via doble és capaç de transportar en una hora el mateix nombre de viatgers que es desplaçarien en el mateix temps en una autopista de 6 carrils, i el seu efecte ambiental molt més reduït.
- Només un tren de rodalia eliminaria 1,5 km. d'embús.
- Els costos produïts per la contaminació són 60 vegades menors en el ferrocarril que en la carretera.
- Per cada tona transferida de la carretera al ferrocarril es reduiria en un 88% l'emissió equivalent de CO₂.

Mirant cap al futur, hem fet una anàlisi de les energies renovables existents, i la que millor s'adapta al ferrocarril és l'energia solar. Hem fet una anàlisi de com podríem aplicar-la, que s'explica a continuació:

2.1.1 L'energia solar

L'energia solar és l'energia obtinguda directament del Sol. La radiació solar que incideix a la Terra es pot aprofitar per la seva capacitat d'escalfar o directament a través de l'aprofitament de la radiació en dispositius òptics o d'altres tipus. És un tipus d'energia neta i renovable, se la coneix com energia verda.



Pannells solars absorbent la llum de Sol.

Per protegir-los, s'ha pensat a col·locar unes planxes de plàstic transparent que recobriran els panells; les planxes, estaran subjectades per les vores pel material del sostre, és a dir, els panells estaran aïllats de les condicions meteorològiques.

L'energia dels panells solars serà aprofitable al cent per cent ja que, com està al sostre, li donarà tota la llum possible. I no suposa cap molèstia ja que no modifiquen la línia física del tren.



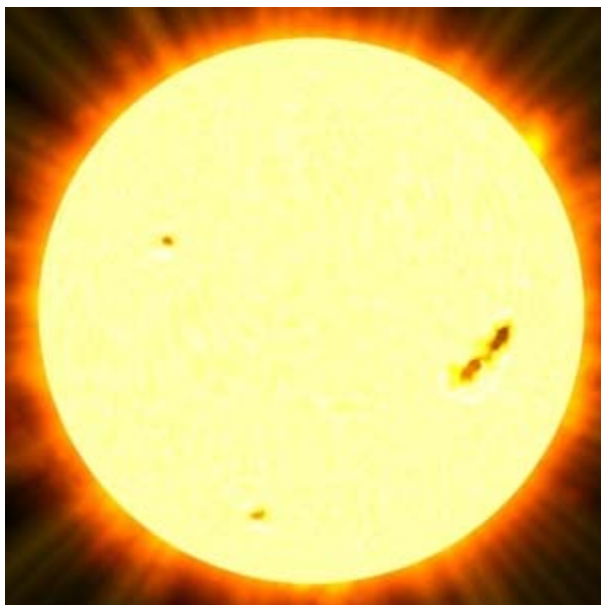
Aquí podem observar com la llum podria ser un element que funcionés amb aquesta energia

L'energia verda lògicament no mourà la màquina, però aportarà un mínim d'energia: l'escalfament de l'aigua, la refrigeració del tren, la il·luminació de l'interior, la cuina, els conductes de ventilació... L'energia sobrant s'emmagatzemarà en unes bateries, que no són ben bé bateries, sinó bateries d'alta capacitat, ja que aconseguen capacitats suficientment grans perquè se les pugui utilitzar com a petits generadors d'electricitat.

Els condensadors es col·locarien de manera que no provoqués molèsties, és a dir, en l'espai que quedaria entre el terra de la màquina i la planxa de l'exterior. Entre aquestes superfícies es col·locaran aïllants de tota mena (tèrmics, acústics, etc.). Si fos així aportaria més estabilitat al tren, ja que s'inclinaria menys a les corbes.

Entre els avantatges més importants de l'aprofitament de l'energia solar al tren, ens trobem que és una energia neta, barata i inesgotable. Per altra banda, el major inconvenient pot ser el pes, ja que a l'hora d'aprofitar l'espai, la màquina guanya una mica de pes.

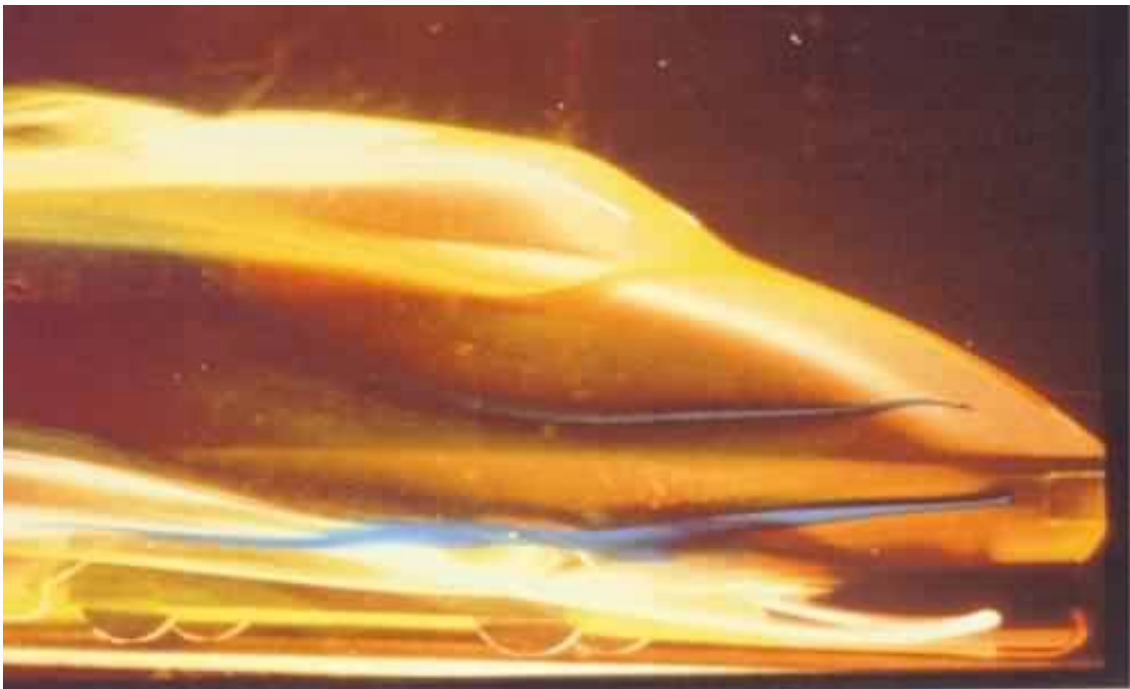
Bàsicament, la instal·lació dels panells aportarà grans beneficis al llarg del temps; les bateries també seran de gran utilitat, ja que no solament emmagatzemarem energia solar, sinó altres tipus d'energia. L'estructura està pensada perquè passi tan desapercebuda com sigui possible, (aïllada per aquest mateix motiu, i protegida contra els agents meteorològics) ja que juguem amb aquest factor: economitza el tren tan com sigui possible sense que es noti.



La font natural de l'energia, el Sol.

2.2 Aerodinàmica

L'aerodinàmica és la part de la mecànica que s'encarrega d'estudiar el moviment relatiu entre un sòlid i el fluid gasós (generalment l'aire) que l'envolta, determinant pressions i forces que es generaran . Abasta diferents nivells de velocitat, que depenen de si la velocitat de l'element de l'objecte d'estudi està per sota o per sobre de la velocitat del so de l'aire. En el cas del ferrocarril ens trobem amb el coeficient de rendiment baix subsònic. En aquest camp podem aplicar els mateixos principis aerodinàmics que permeten a un automòbil circular i a un avió volar, amb l'única diferència (en el cas de l'avió) que el perfil aerodinàmic del ferrocarril ha de produir una força resultant cap al terra, en lloc d'una força de sustentació cap a dalt.



En la foto observem un TGV a través del túnel de vent, probant l'aerodinàmica.

2.2.1 Origen de les forces aerodinàmiques

Quan en un procés mecànic interactuen dos sòlids, les forces s'apliquen i trasmeten un punt de contacte. Però quan un sòlid interactua amb l'aire, en les molècules de l'aire es produeix una distorsió, de manera que comencen a moure's pel voltant del sòlid. L'aire canvia de forma, fluint al voltant del sòlid i mantenint un

contacte físic amb tots els seus punts. D'aquesta manera, el punt de contacte són tots els punts del sòlid.

Tot això explica que, tenint un parell de forces, generen una força de pressió, normal a la superfície del cos, a causa de la velocitat relativa entre ambdós, i una força de fregament, tangent a la superfície del cos, a causa de la velocitat de l'aire.

Forces de pressió

En tots els fluids existeixen tres tipus d'energies: la potencial, la cinètica, i la de pressió; i, a més, la suma d'aquestes tres energies s'ha de mantenir constant. Això va permetre establir el Principi de Bernoulli (un fluid en moviment la suma de la pressió i la velocitat en un punt qualsevol es manté constant, per la qual cosa, si s'augmenta la velocitat, disminueix la pressió, i a l'inrevés). Això és molt interessant, ja que permet establir una distribució de pressions a partir d'una distribució de velocitats i a l'inrevés.

Si sumem totes les forces de pressió obtenim, una força neta total, que estarà aplicada en un punt imaginari, anomenat "centre de pressions". Si establim la direcció de moviment del fluid (o ferrocarril) i descomponem la força en dos components, en la seva direcció i en la seva perpendicular, la primera serà la força d'arrossegament que s'oposa a l'avançament de la màquina i la segona, la força d'adherència, que fa que el tren s'adhereixi o tingui tendència a separar-se del terra.

Forces de fregament

Si sumem totes les forces de fregament que actuen en els diferents elements de superfície obtenim una resultant total, aplicada en el "centre de pressions". Si la descomponem en les dues direccions anteriors, obtenim una força d'arrossegament que s'oposa al desplaçament de la màquina. La resultant de la normal no l'entorpeix, ja que la simetria del tren elimina aquesta força.

Coeficients i forces aerodinàmiques

Vista la complexitat dels efectes de l'aire sobre la màquina i amb la finalitat de facilitar-ne l'estudi, s'ha disposat d'una única variable (coeficient) que permetrà de forma senzilla, conèixer els efectes que resultin presents. Normalment, el valor d'aquests coeficients es determina de forma experimental en un ambient controlat (túnel de vent), en el qual es podrà conèixer la velocitat, la densitat de l'aire, l'àrea de referència (factor de forma) i la sustentació produïda sobre un cos conegut (model).



En la foto ens fixem en la forma que se li han donat a aquests ferrocarrils per a que tinguin menys coeficient de fregament

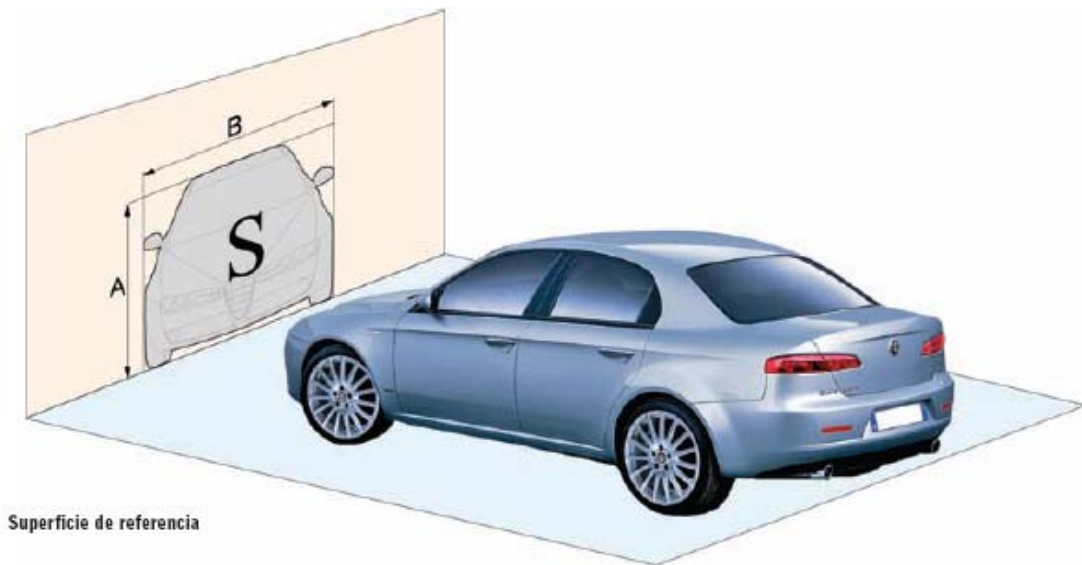
Per a tot això, hauran de complir-se determinats paràmetres de similitud, per exemple: similitud geomètrica, cinemàtica i dinàmica.

És la següent fórmula:

$$C_x = \frac{F_x}{\frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot S}$$

Donde: C_x = Coeficiente de arrastre
 F_x = Fuerza de arrastre
 ρ = Densidad del aire
 V = Velocidad
 S = Superficie frontal de referencia

En principi, la superfície de referència pot ser qualsevol vehicle, el més habitual és prendre la superfície frontal projectada del vehicle $S = 0,80 \text{ a } 0,85 \cdot (A \cdot B)$.



2.3 Sistemes de seguretat

Els sistemes de seguretat han anat evolucionant a la llarg de la història, de manera que cada cop són més eficaços, es reconeix que és més segur anar amb tren que amb cotxe, ja que, la seguretat ha augmentat, és a dir, el conductor només es un “supervisor” que el sistema de seguretat funcioni correctament.

Avui en dia, els sistemes de seguretat permeten avisar dels perills amb molta antelació, a més a més, tota l'estructura del ferrocarril està pensada perquè hi hagi el mínim desperfecte en cas de qualsevol tipus d'accident.

El nostre tren també està pensat d'aquesta forma, hem instal·lat sistemes que són l'última innovació tecnològica.

La tecnologia aplicada en matèria de seguretat comença per les vies. Es construeixen vies fèrries meticulosament estudiades per evitar friccions i calentament excessius a altes velocitats. Requereixen corbes curtes i de gran angle. Sense grans desnivells i especialment dissenyades per a la alta velocitat.

Els sistemes de seguretat no solament es fixen en la situació del terreny, sinó que avisen a la màquina d'alguna irregularitat. A més, quan detecten algun perill ho transmeten al tren i el mantenen parat fins que hagi passat el perill.

En aquest sentit, als passos a nivell, a més dels semàfors de tota la vida, s'instal·laran sistemes bidireccionals d'informació, connectats directament a la màquina en temps real. O sigui, en tot moment, es pot tenir situat en un tram de la via i avisar amb la suficient antelació de qualsevol contratemps. A més, es faran recomanacions de límits de velocitat o trànsit en l'itinerari.

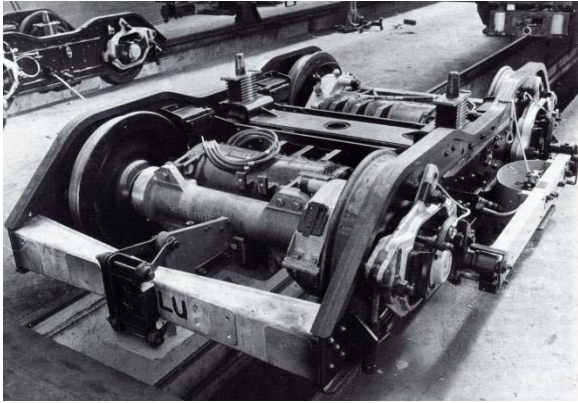
Referent al tren, la seva estructura estarà pensada perquè els passatgers siguin els menys perjudicats en cas d'accidents, és a dir, portarà el sistema de seguretat següent:

El **sistema 3D i FAT** és un dispositiu que està en procés de patent en la major part del països del món, adaptable a qualsevol vagó proveït de bugies, i que té capacitat per detectar, de manera instantània, el moment en el qual es produeix el descarrilament, provocant la frenada immediata i automàtica del tren complet. Després d'alguns anys d'investigació i disseny, en l'actualitat aquest sistema està plenament operatiu. El sistema 3D es refereix a Dispositiu Detector de Descarrilament i el sistema FAT es tradueix en les sigles de Frenada Automàtica del Tren.

El sistema 3D i FAT, redueix les devastadores conseqüències provocades pels descarrilaments en trens de mercaderies o passatgers, pel que constitueix un aportació molt important a favor de la seguretat del trànsit ferroviari i del nostre ferrocarril.

L'experiència acumulada des de la instal·lació del primer dispositiu, fa més de dos anys, permet afirmar que la fiabilitat de l'equip és molt alta i que cobreix la major part de les causes que produeixen els descarrilaments de vagons.

En termes generals aquests sistemes són un dispositiu mecànic i pneumàtic, que s'instal·la en cada bugia. La part mecànica està constituïda per un polsador, especialment dissenyat, que té la missió d'examinar la posició del bugia, en relació al bastidor o caixa del vagó, tant respecte al seu eix, com respecte al seu eix horitzontal



A el bugia es veu com eren abans perquè tota la motorització la portava la locomotora.

transversal al vagó. El mecanisme es dimensiona específicament per a cada tipus de bugia i via, fixant certes toleràncies en funció del radi de curvatura mínim de la via, dels sots màxims i d'acord amb el tipus de suspensió amb què conti el vagó. Si les toleràncies són sobrepassades, circumstància que succeeix solament

quan es produeix el descarrilament del bugie, es transfereix un moviment longitudinal al polsador.

La part pneumàtica, en percebre aquest moviment, transmet de manera instantània un senyal pneumàtic a una vàlvula automàtica, que té com a missió descarregar la pressió del col·lector general d'aire comprimit, per la qual cosa, el tren complet rep l'ordre de frenada d'emergència, i es deté. La pressió d'aire necessària per al funcionament del sistema es pren del dipòsit d'aire auxiliar del propi vagó. No és, per tant, un dispositiu capaç d'evitar els descarrilaments, perquè només actua després que es produeixen.

Ambdós sistemes tenen les següents característiques que li distingeixen dels altres:

- Aquest sistema es fonamenta en principis físics simples.
- No és un prototip, és una realitat que avui opera amb alta fiabilitat en més d'un miler de ferrocarrils.
- No utilitza conductors elèctrics ni dispositius electrònics. No necessita bateries, acumuladors ni altres fonts anàlogues d'alimentació.
- Funciona bé, amb independència de la velocitat a la qual es produeix el descarrilament.
- El seu muntatge és molt senzill, tant en vagons nous com usats.
- Té una vida útil llarga.
- Es manté estable durant tota la seva vida útil, sense necessitat d'ajustaments posteriors al seu muntatge.

En conclusió, aquest sistema es el millor de la seva categoria i per aquest motiu, entre d'altres, l'hem incorporat al ferrocarril.

Mirant més amunt, tots els cotxes del tren estan fabricats amb alumini amb sistema antibolcament, d'aquesta manera reduiran el pes i guanyaran estabilitat. També hem afegit un sistema de recuperació d'energia: la frenada del tren produeix energia elèctrica que es retorna a la xarxa.

A l'interior, el tren estarà pressuritzat perquè hi hagi el mínim escapament d'aire; els sistemes d'aire condicionat estaran connectats entre els vagons. Igualment passa amb els conductes de ventilació. Tota la il·luminació anirà amb Leds, per estalviar el màxim possible. Tot l'equip electrònic està refrigerats amb aigua, això evita l'ús de líquids contaminants.



En la foto observem els sistemes electrònics que porta el bogie.

Tot el ferrocarril portarà pantalles de *GPS* per saber on està situat en tot moment.

Al cap de la màquina, el sistema de control que utilitzarem serà l'equip de gestió **ERTMS** (European Rail Traffic Management System). Aquest sistema s'està homogeneïtzant a Europa. Això és degut a que hi havia molts programes diferents, i per saltar d'un país a un altre, calia portar-los i carregar-los tots, això era més costós per a

les mercaderies i es va optar per instal·lar només un. El sistema **ERTMS** té diferents nivells:

- Nivell 1: en aquest nivell especifica la utilitat de senyalitzacions verticals (semàfors, senyals, etc.) i sistemes de detecció d'ocupació de via per conèixer la posició dels trens. S'utilitzen eurobalises per transmetre al tren informació de forma discontinua i es realitza a bord un processament de dades.
- El nivell 2 permet l'eliminació de la senyalització vertical i només s'utilitza a la cabina perquè es té en compte un sistema de transmissió continua de dades.
- El nivell 3 també elimina la senyalització lateral i només utilitza la senyalització en cabina. Les eurobalises únicament serveixen com a punts de referència fixos per a l'ajust exacte de la posició del tren.

En resum, el conjunt conté dos grans sistemes d'última tecnologia, el sistema **3D i Fat** i el sistema **ERTMS**, amb aquests dos sistemes fan que el viatge sigui més eficientment segur que els altres equips instal·lats a bord: el sistema antibolcament, el sistema de recuperació d'energia, més tots els sistemes que hem aplicat a les vies locals.. Tot aquest conjunt fa que el ferrocarril sigui un dels trens més segurs del món.



Aquesta cabina de control porta instal·lat el sistema ERTMS.

2.4 Materials

L'estructura del ferrocarril estarà subdividida en tres parts: l'estructura (l'esquelet del tren), la coberta i els accessoris.

2.4.1 Estructura

L'estructura és la construcció destinada a suportar el pes i la presència de les accions exteriors (forces, moments, carregues tèrmiques, pressions, etc.) sense perdre la funcionalitat per la qual es va crear. D'aquesta manera, el material que utilitzarem requerirà que compleixi aquestes funcions, nosaltres utilitzarem l'acer.



Aquest metall és un aliatge compost per ferro i carboni. L'acer és indispensable a causa del seu baix preu i la seva duresa, especialment en automòbils, trens, vaixells i components estructurals d'edificis.

Utilitzarem els acers mig en carboni, que són més resistents que els acers baixos en carboni però menys dúctils; s'empren en peces d'enginyeria que requereixen una alta resistència mecànica i al desgast.

Per tant, tota l'estructura es construirà en aquest acer específic per a que sigui segura i compleixi tots els requisits que s'exigeixen.

2.4.2 Coberta

La coberta es el recobrint de l'estructura.. Per treballar en aquest àmbit hem optat per l'alumini, perquè els altres materials, tenen molts inconvenients. Per exemple:



En aquesta foto observem els materials que han utilitzat per al tren: alumini per al recobrint i acer per a l'estructura.

- La fibra de carboni és molt cara i termoestable, és a dir, no es pot reutilitzar i és molt contaminant.
- La fusta no serveix.
- El ferro pesa moltíssim i l'òxid el rovella.
- Els aliatges del ferro també pesen molt.

Per tant, l'alumini és el millor exponent per a la fabricació de la carcassa, i té les característiques següents:

- És un metall lleuger, la densitat del qual o pes específic és de 2700 kg/m³ (2,7 vegades la densitat de l'aigua).
- Resistent a la corrosió.
- Material abundant a la naturalesa
- Material fàcil i barat de reciclar.
- De fàcil mecanització.
- Molt mal-leable, permet la producció de làmines molt primes.
- Bastant dúctil, permet la fabricació de cables elèctrics.
- Material que forma aliatges amb altres metalls per millorar les propietats mecàniques.
- Material soldable.
- A causa del seu elevat estat d'oxidació es forma ràpidament a l'aire una fina capa superficial d'òxid d'alumini impermeable i adherent que deté el procés d'oxidació, el que li proporciona resistència a la corrosió i durabilitat. Aquesta capa protectora, de color gris mat, pot ser ampliada per electròlisi en presència d'oxalats.

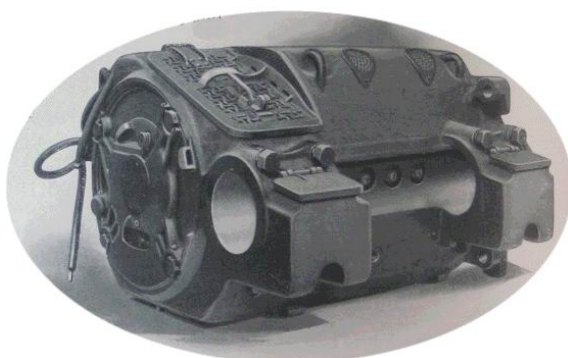
2.4.3 Accessoris

Tot el ferrocarril portarà vidres de seguretat, especials per si hi ha algun imprevist, a més estaran enfosquits, per a la comoditat dels passatgers.



Aquesta es la típica foto d'un tren japonés amb el Fujiyama darrere d'ell.

2.5 Motor del ferrocarril



Motor de gasolina de 200 cc.

el tren, per la qual cosa no necessita locomotora. Aquesta innovació permet incrementar la seguretat i guanyar espai addicional per als viatgers i per als serveis a bord.

El motor d'un ferrocarril és el cor de la màquina. Antigament, el motor estava al cap de la màquina, i portava tot el pes al davant i al darrere. Avui en dia, això ja no és així, està repartit per tot el ferrocarril. Tecnològicament parlant, incorpora un sistema de tracció distribuït per tot

Gràcies a la tracció distribuïda pot arribar a velocitats de 350 km/h. Aquest sistema aporta al tren major acceleració, més adherència al rail i major capacitat per superar pendents pronunciades. La ubicació dels motors per tot el tren i la fàcil accessibilitat permeten la intervenció simultània de diversos equips tècnics durant el manteniment, disminuint, per tant, el temps i el cost de producció.



Tren Shinkansen amb el motor distribuït.



Ferrocarril TGV amb locomotora

Els problemes que planteja aquesta velocitat i la necessària potència als sistemes convencionals de tracció per locomotora produiria un fort desgast de les vies. Per evitar això, la tracció es fa distribuïda i la meitat dels eixos estan motoritzats. D'aquesta manera, la transmissió de la potència al carril es produeix d'una manera més eficaç que els antics trens d'alta

velocitat amb màquines tractors, cosa que es tradueix en un sèrie d'avantatges.

2.6 CONFORT DEL FERROCARRIL

El confort és allò que produeix benestar i comoditat. Qualsevol sensació agradable o desagradable que nota l'ésser humà li impedeix concentrar-se en el que ha de fer. La millor sensació global durant l'activitat és la de no sentir res, indiferència enfront de l'ambient. Aquesta situació és el confort. Al cap i a la fi, per realitzar una activitat l'ésser humà ha d'ignorar l'ambient, ha de tenir confort.

Amb les altes velocitats, s'ha calculat un quadre de la relació espai-confort:

Confort	Viajero sentado	Viajero de pie
Muy bueno	1 m/s ²	0,85 m/s ²
Bueno	1,2 m/s ²	1,0 m/s ²
Aceptable	1,4 m/s ²	1,2 m/s ²
Aceptable excepcionalmente	1,5 m/s ²	1,4 m/s ²

Per facilitar la distribució d'apartats, hem subdividit el confort, en tres categories: la comoditat, la visual, l'acústica. Cadascun d'aquests subapartats té les següents característiques:

2.6.1 Comoditat

Per facilitar al viatger la comoditat, la dividirem en tres classes:

- **Club:** aquesta classe de luxe, només és a un cotxe, el qual consta de cinquanta seients (tots són butaques de cuir amb respalller inclinable i sistema de massatge), i una part d'oci, és a dir, una zona amb una taula central amb cadires on es podran fer reunions d'empresa, etc. Amb una panoràmica de vidre de tot el paisatge; seria una espècie de sala VIP. A més, el passatger podrà demanar el que vulgui al personal del tren.
- **Preferent:** aquesta classe l'ocupen el segon i el tercer cotxe, amb una capacitat de cent cinquanta places. Els seients tenen sistemes propis de restauració: llum individual, calaix portaobjectes, tauleta de lectura, etc. A més, tot el cotxe estarà ple de compartiments.
- **Turista:** és la classe més senzilla i ocuparà quatre vagons, amb una capacitat de dos-cents cinquanta seients que aniran col·locats de quatre en quatre amb una tauleta al mig, amb una paperera i un llum de sobretaula.



Hi haurà un vagó on hi haurà la cafeteria, una àmplia zona per als passatgers. Per als viatgers de mobilitat reduïda, s'ha pensat en un WC ampli amb tots els serveis que necessitin, i també tenen accés especial per a la cafeteria, etc.

Per altra banda, hi haurà sistemes de ventilació preparats amb bombes de calor i fred, amb termòstats autoregulables, capaços de donar una temperatura estable i còmoda.

Els serveis de comunicació seran l'últim crit tecnològic, la classe Club, disposarà d'un telèfon particular a cada seient, en la Preferent es podran sol·licitar trucades quan vulguin, i haurà WIFI a tot el tren.

2.6.2 Visualització

Tots els vagons portaran sistemes de visualització integrats, amb uns trets generals i unes petites diferències:

- Trets generals:
 - ✓ Sistemes d'indicació *GPS* per a que els passatgers sàpiguen on son en cada moment.
 - ✓ Televisors per a veure documentals, pel·lícules, etc.
 - ✓ Indicadors de quan trigarà el tren a arribar al seu destí.

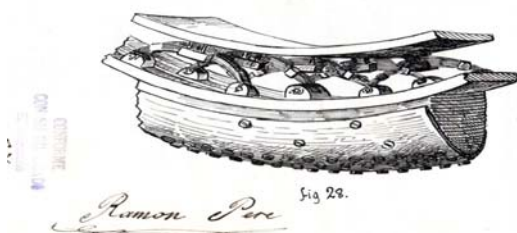
➤ Diferències:

- ✓ La classe Club te pantalles als capçals de les butaques.
- ✓ La classe preferent contarà amb pantalles al mig del passadís, i al principi també.
- ✓ La classe turista contarà amb una sola pantalla gegant al principi del cotxe.



2.6.3 Acústica

Tots els compartiments estaran insonoritzats individualment, per no molestar als altres viatgers. A més, per amortir el soroll de les rodes, s'ha pensat a col·locar unes rodes elàstiques.



Aquestes rodes tenen parts múltiples, amb ressort de goma, amb anells de goma d'una o de múltiples parts entre la llanta de roda i el cos de roda de disc. La llanta amb corona de pista, elaborada amb acer forjat o laminat. El cos de la roda de disc es compon d'un aliatge d'alumini, un altre aliatge metàl·lic o un altre material compost (per ex. fibra de carboni). A la llanta s'han previst

buidatges i al cos de la roda de disc es disposa de ranures per a la introducció dels anells de goma entre els components. Els anells de goma se subjecten per mitjà d'un anell de subjecció en forma de tascó entre el cos i la roda de disc i la llanta i es disposen fixos de forma desmuntable a través de cargols de subjecció distribuïts al perímetre.

3.Síntesi

Un cop analitzades i descrites les diferents parts d'un ferrocarril i desenvolupades les idees principals, finalment, podem arribar a una sèrie de conceptes nous:

3.1 Aplicacions a un tren convencional

Un tren convencional és un ferrocarril qualsevol de llarg recorregut o de rodalies que prescindeix de qualsevol comoditat, que només porta els mínims de seguretat establerts, materials de la mínima qualitat i un motor molt rudimentari. El projecte que farem consistirà a modificar algunes parts esmentades i substituir-les per les noves idees.

En l'àmbit de la seguretat, s'aplicaran totes les idees exposades a l'apartat 2.3. Específicament, el sistema **ERTMS** i el sistema **3D i FAT**. Ja que aquestos sistemes són eficientment segurs.

En qüestió del motor, en els trens convencionals el motor està col·locat en el cap de la locomotora. Aquest sistema té un inconvenient: no s'aprofita bé l'espai, té menys acceleració, etc. Per resoldre tots aquests inconvenients s'aplicarà el sistema de motor distribuït per tot el tren.

Si parlem dels materials, normalment els ferrocarrils estan construïts de ferro, que té uns desavantatges: el seu pes és considerable, major fricció, exposició a la corrosió, etc. Per suplir aquests defectes s'aplicarà l'estructura de materials de l'apartat 2.4.

Quant al confort, les instal·lacions del tren són mínimes. Per tal que la comoditat sigui el factor decisiu per al viatger, farem unes petites modificacions. Primer de tot, instal·larem tot el nivell turista. Quant a la ventilació, instal·larem el sistema esmentat a l'apartat del confort. A més, a cada vagó hi haurà un televisor de plasma i sistemes *GPS* per saber en tot moment on estem. D'altra banda, el tren portarà rodes elàstiques per amortir el moviment.

Per finalitzar, les aplicacions que hem instal·lat són bastant econòmiques per poder aplicar-les a la vida real i fer així, un viatge més agradable fins al destí desitjat.

3.2 Creació d'un tren

Ja que hem investigat en tots els àmbits possibles del ferrocarril, construirem un ferrocarril amb totes les idees treballades. Per tal de que sigui més fàcil l'elaboració, els subdividirem en dos tipus: alta velocitat i convencional (llarg recorregut i rodalies):

Alta velocitat

Una línia d'alta velocitat és una infraestructura per al transport públic sobre rails amb velocitats superiors per sobre dels 200-220 km/h.

El nostre ferrocarril d'Alta Velocitat tindrà totes les característiques esmentades a l'apartat 2, ja que gràcies a la recerca d'aquestes idees podem idear un ferrocarril que incorpori tota aquesta equipació sense cap problema en les llargues distàncies.

Convencional

Llarg recorregut

El ferrocarril de llarg recorregut està pensat per als viatgers que necessiten recórrer grans distàncies però que el temps no es la seva màxima prioritat. L'estructura del ferrocarril seguirà l'esquema de l'apartat 2.4. Quant a la seguretat, el tren portarà tots els sistemes de seguretat de l'apartat 2.3. A més, portarà totes les comoditats de l'apartat del confort, exceptuant que en la classe Club no portaran telèfons particulars ni televisors als capçals de les butaques. Per altra banda, equiparem el tren amb el motor

distribuït pels eixos. D'altra banda, pel que fa a les energies renovables no les aplicarem ja que són molt costoses, econòmicament parlant.

Per tant, el ferrocarril de llarg recorregut satisfarà totes les nostres exigències amb un preu més baix comparant-lo amb el ferrocarril d'Alta Velocitat.

Rodalies

Els trens de rodalies són els trens pensats per als trajectes curts. El nostre ferrocarril de rodalies també es compondrà dels materials de l'apartat 2.4. Com la seguretat del passatger és el nostre objectiu, inclourem tots els sistemes de seguretat comentats anteriorment perquè es compleixi aquest objectiu. També incorporarà el motor distribuït per eixos ja que així es guanya espai. Quant al confort, només hi haurà la classe turista, ja que en ser un trajecte curt no paga la pena posar les altres classes i comoditats.

En conclusió, aquest tren està pensat per a trajectes curts i, des del punt de vista econòmic, perquè tingui el preu més assequible possible.

3.3 Recobriments

Per tal que la insonorització sigui màxima, el mètode més efectiu per aquesta aplicació és el recobriment a la roda amb la seva finalitat d'aprofitar eficientment el material base de fabricació d'eina incorporant a la superfície una major duresa, resistència al desgast, menor coeficient de fricció, i una protecció al substrat contra l'atac químic o la corrosió.

Perquè això es compleixi, hem optat per un recobriment que encara no està al mercat, però està donant resultats excepcionals, és una generació futura, el recobriment de Carboni, que incorpora grafit que actua com a lubricant sòlid. Té el coeficient de fregament més baix de la seva categoria.

4. Conclusió

Aquest treball ha sigut un gran pou d'incògnites, ja que cada pas que donava no sabia si anava per bon camí. M'explico: d'aquest tema - l'evolució del ferrocarril- no hi ha gaire informació perquè és un tema d'actualitat i poca gent escriu sobre ell. Llavors, a l'hora de plantejar-me els apartats i els punts de vista m'he vist en una certa dificultat perquè havia d'anar-m'ho imaginant perquè quedés tot coherent.

D'altra banda, ha estat un treball molt entretingut pel que fa al tema de cercar noves idees i invencions per al ferrocarril, ja que havia de fer servir la lògica i la imaginació, a més de visualitzar on col·locar l'aparell o la peça en el "tren imaginari". El tema que més em va costar va ser el motor, perquè no volia afegir una locomotora, ja que ocupen molt espai i pesen molt. No sabia que ficar. Llavors, la revista *El semanal XL* va publicar com és el motor del ferrocarril del nou AVE serie 103, i em va salvar l'apartat perquè era exactament el que volia, un motor ideat per a estalviar.

Centrant-me en la síntesis, vaig dividir el "meu tren" en dues parts: una que ho estava tota equipada (una mena de somni escrit) i l'altra més adaptada a la realitat, amb tres tipus de ferrocarrils. Els recobriments van sorgir esporàdicament, en una de les sessions amb el tutor amb aquesta pregunta: Si el ferrocarril va a més velocitat, les rodes han de resistir molta més calor i pressió, llavors, com podem reduir aquests inconvenients?

Per finalitzar, m'ha encantat aquest tema i m'he divertit moltíssim trencant-me el cap per totes les qüestions i preguntes que m'han anat sorgint al llarg del treball.

5.Agraïments

Gràcies al meu tutor del treball, per ajudar-me en tot, per interessar-se tant quan tenia dubtes i explicar-me'ls, quan em va passar la majoria de fotos que conté aquest document, etc. Sense ell no hauria pogut fet aquest treball.

Gràcies a la periodista Yolanda del Val de la revista *Vía Libre* per la seva col·laboració i per enviar-me les revistes.

Gràcies a la professora de català per corregir-me el treball.

Gràcies al professor de tecnologia per corregir-me l'estructura del treball.

Gràcies al professor de física pels dubtes d'energies renovables que m'ha resolt .

6.Bibliografia

- ❖ *En punto*. Núm. 01. Octubre 2006.
- ❖ *En punto*. Núm. 02. Novembre 2006.
- ❖ *En punto*. Núm. 03. Desembre 2006.
- ❖ *En punto*. Núm. 04. Gener de 2007.
- ❖ *En punto*. Núm. 05. Febrer de 2007.
- ❖ *En punto*. Núm. 06. Març de 2007.
- ❖ *En punto*. Núm. 07. Abril de 2007.
- ❖ *En punto*. Núm.08. Maig de 2007.
- ❖ *Vía libre*. Núm. 486. Any XLII de maig de 2005.
- ❖ *Vía libre*. Núm. 487. Any XLII de juny de 2005.
- ❖ *Vía libre*. Núm. 488. Any XLII de juliol-agost de 2005.
- ❖ *Vía libre*. Núm. 490. Any XLII d'octubre de 2005.
- ❖ *Vía libre*. Núm. 491. Any XLII de novembre de 2005.
- ❖ *Vía libre*. Núm. 495. Any XLIII de març de 2006.
- ❖ *Vía libre*. Núm. 509. Any XLIV de juny de 2007.
- ❖ *XL Semanal*. N°1039. Del 23 al 29 de setembre de 2007.

7.Webgrafia

- ❖ http://es.wikipedia.org/wiki/Cronolog%3%ADa_del_ferrocarril
- ❖ http://es.wikipedia.org/wiki/Energia_solar
- ❖ <http://www.revistacesvimap.com/revista59/pdfs/carrocera.pdf>
- ❖ <http://www.cuerpo8.es/STOL/tecnico/STOLT3dsistem.html>
- ❖ http://www.cadenaser.com/articulo/tecnologia/despega/AVE/Lleida/85/csrsrpor/20060327csrsrtec_1/Tes/
- ❖ <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/Articulo.asp?A=12572>

Annex:

MAQUETA



Aquest va ser el projecte final del Treball de recerca, vaig crear o idear com seria el prototip de ferrocarril que m'imaginava. Vaig trigar unes dues setmanes en fer la maqueta, vaig partir d'un bloc de polietilè. Al cap dels dies va anar prenent forma, i vaig aplicar-li algunes característiques del treball, que es veuen a continuació:



En aquesta fotografia s'observa la forma que li vaig donar, un equilibri entre els dos caps per a donar-li la forma perfecta: la gota d'aigua.



Aquí observem “l’escaló” que es va crear perquè es volia aconseguir una forma de tub, i això aconseguia que els corrents d’aire es “canalitzessin” més fàcilment.



El perfil aerodinàmic es té molt en compte, tal com es reflexa en aquesta fotografia, el cap del tren adopta una forma de cunya per aconseguir que la força resultant de l'aire sigui cap al terra.



Deixant de banda l'aerodinàmica, ens centrem en les noves energies, aquí podem veure uns forats sota la cunya, a través d'aquests forats passaria l'aire, que farien girar unes turbines que aquestes, l'energia cinètica generada es convertiria en energia elèctrica (gràcies a un transformador) que donaria un petit suport a la font principal.



Aquí es pot observar els panells solars col·locats al sostre del ferrocarril, ja que aquí no modificarien la línia física del tren. En llargs recorreguts, aquets panells s'aprofitarien moltíssim ja que subministrarien suficient energia com per a abastir tota la il·luminació interior gràcies al Sol.



Per finalitzar, cal dir des de la breu experiència investigadora assolida, que ha estat una satisfacció aconseguir aventurar-me a predir el futur d'aquest mitjà sense caure en les fàcils elucubracions en que sobtadament estem abocats en tractar del futur.