Serie 37 - Innovación y Tecnología

2

autor Walter Fabian Adad - Marcelo Cammisa

Argentina 2030

TRENES DE LEVITACION MAGNETICA

Serie 37

1

temas

- Descripción y funcionamiento de la tecnología
- Tipos de tecnología
- Ventajas de los trenes magnéticos
- Desventajas de los trenes magnéticos
- Líneas maglev en el mundo
- Actualidad y futuro de la tecnología
- Nuevas tecnologías en desarrollo

CÁMARA ARGENTINA DE LA CONSTRUCCIÓN

AREA DE PENSAMIENTO ESTRATEGICO

Innovación y Tecnología

autor Walter Fabian Adad - Marcelo Cammisa

TRENES DE LEVITACIÓN MAGNÉTICA

Serie 37

AREA DE PENSAMIENTO ESTRATEGICO

CÁMARA ARGENTINA DE LA CONSTRUCCIÓN

TRENES DE LEVITACION MAGNETICA

Cámara Argentina de la Construcción

autor Walter Fabian Adad -
Marcelo Cammisa

Adad, Walter

Trenes de levitación magnética / Walter Adad ; Marcelo Cammisa. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : FODECO, 2019.

50 p. ; 30 x 21 cm.

ISBN 978-987-4401-58-8

1. Construcción. I. Cammisa, Marcelo II. Título

CDD 690

Esta edición se terminó de imprimir en Imprenta Dorrego S.R.L., Av. Dorrego 1102 – Buenos Aires

En el mes de Diciembre de 2019

1era. edición – Diciembre 2019 / 150 ejemplares

diseño Hey, Baires!

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, almacenada o transmitida en manera alguna ni por ningún medio, ya sea electrónico, químico, óptico, de grabación o de fotocopia sin previo permiso escrito del editor.

ISBN 978-987-4401-58-8

9 789874 401588

	Resumen ejecutivo	05
	Introducción	07
1	Antecedentes históricos	09
2	Descripción y funcionamiento de la tecnología	13
	Levitación	15
	Propulsión	16
	Guía/Dirección de viaje	16
3	Tipos de tecnología	17
	Electromagnetic Suspension “EMS”	19
	Electrodynamic Suspension “EDS”	20
	Suspensión con imanes permanentes “Inductrack”	21
	Comparación entre las distintas tecnologías: EMS, EDS, Inductrack	22
4	Ventajas de los trenes magnéticos	23
	Comparativa con trenes convensionales	25
	Comparativa con aviones	26
5	Desventajas de los trenes magnéticos	27

6	Líneas Maglev en el mundo	31
	China	33
	Japón	34
	Corea Del Sur	34
7	Actualidad y futuro de la tecnología	35
	China	37
	India	37
	Japón	37
	PAN-European Corredor IV	38
	Reino Unido	38
	Estados Unidos	38
8	Nuevas tecnologías en desarrollo	39
	Hyperloop	41
9	Bibliografía	45

RESUMEN EJECUTIVO

Actualmente los trenes de levitación magnética son sistemas de transporte electrónico controlados por computadora, que no requieren partes mecánicas móviles para la suspensión, aceleración y frenado.

Si nos centramos en el aspecto ambiental encontramos que, al no quemar combustible fósil, los trenes Maglev producen menos contaminación que los ferrocarriles tradicionales y los aviones. Asimismo, gracias al escaso sonido que emiten, no inquietan el hábitat y la fauna que poseen en cercanías como sí lo hacen los trenes convencionales.

También debemos considerar que, si bien la energía eléctrica posee la ventaja de no ser contaminante, la manera en la que se obtenga - su generación - todavía lo es, y estos trenes consumen enormes cantidades de energía.

Estos sistemas además podrían influir en el ámbito social, al generar más puestos de trabajo relacionados a la investigación y el desarrollo de mejoras para la nueva tecnología. Al ser veloces y eficientes, podrían mantener las ciudades más conectadas.

La humanidad va en camino a ciudades cada vez más pobladas. Soluciones de transporte más rápidas, seguras y no contaminantes, serán la respuesta para esta mayor urbanización.

Acompañando al auto eléctrico, estos medios de transporte masivo buscarán una mayor eficiencia en el desplazamiento y en bajar los índices de polución.

La inversión en esta clase de medio de transporte es elevada, pero si se tuviera en cuenta el bajo mantenimiento de las vías y del tren debido a su levitación, esta inversión podría ser compensada con un ahorro por dichos conceptos a lo largo del tiempo de uso.

Se espera que con los avances y mejoras tecnológicas que el sistema vaya adquiriendo, los costos tenderán a disminuir en el futuro. El desarrollo que lleva a cabo Japón con la línea Chuo Shinkansen, seguramente se convierta en el inicio de la puesta en marcha de otros proyectos similares alrededor del mundo. Además, si se tiene en valoración el éxito comercial del tren Maglev de Shanghái, estos vehículos pueden considerarse como una opción para el sistema de transporte del futuro.

Se concluye entonces que las perspectivas de desarrollo de los sistemas Maglev dependerán en gran medida de la infraestructura existente, de los recursos disponibles y de las futuras necesidades de la sociedad.

INTRODUCCIÓN

En el pasado, el ferrocarril ha estimulado e impulsado el crecimiento económico. En algunas partes del mundo se considera esencial para la diversificación económica. También es el modo más eficiente, a distancias de medianas a largas, para transportar grandes volúmenes de personas y mercaderías.

Con el rápido ritmo del cambio tecnológico, demográfico y ambiental es evidente que el ferrocarril está actualmente experimentando una especie de renacimiento. A continuación, se describirán brevemente, los principales hitos que permiten sustentar esta afirmación. Ellos son: Crecimiento demográfico, cambios climáticos, movilidad integrada e inteligente y nuevas tecnologías.

- Crecimiento demográfico

Se estima que la población urbana mundial está creciendo a dos personas por segundo, sumando 172.800 nuevos habitantes de la ciudad todos los días. Una megaciudad puede ser una sola área metropolitana o dos o más áreas metropolitanas que convergen para formar mega regiones. Estas, pueden ocupar cientos de kilómetros y ser hogar de más de 100 millones de personas. Las megaciudades están aumentando en número y tamaño y la mayoría de estas se encuentran en mercados emergentes.

El ritmo creciente de la urbanización pondrá más énfasis en los sistemas e infraestructuras de la ciudad, lo que requerirá que las áreas urbanas sean mucho más eficientes. De esta forma, aparecerán nuevas oportunidades para formas de transporte, como el ferrocarril, que dependen de la densidad para funcionar de manera eficiente.

- Cambios climáticos

Por otro lado, los efectos del cambio climático son complejos y de gran alcance, pero cada vez hay más pruebas que sugieren que habrá un aumento en la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos. Con el crecimiento de las poblaciones, esto también significa que cada vez más personas podrían verse afectadas por el cambio climático.

Los cambios en la temperatura, la actividad más intensa de la tormenta y el aumento del nivel del mar pueden tener implicancias importantes para el diseño, la operación y el mantenimiento de la infraestructura de transporte. Esto podría aumentar el riesgo de interrupciones, daños y fallas en dichos sistemas. Por lo tanto, la infraestructura de transporte deberá construirse teniendo en cuenta la capacidad de recuperación.

- Movilidad integrada e inteligente

De acuerdo con el Foro Internacional de Transporte, en 2050 la movilidad de los pasajeros aumentará en un 200-300% y la actividad de flete hasta en un 150-250%. Esto significa que será necesario implementar soluciones inteligentes para proporcionar una capacidad de transporte adecuada para volúmenes crecientes de bienes y personas.

El increíble ritmo del cambio tecnológico en el transporte hace que sea difícil pronosticar el futuro con precisión. Sin embargo, las tendencias apuntan a sistemas inteligentes e integrados para el transporte de pasajeros y mercaderías.

La tecnología máquina a máquina (M2M) aumentará la eficiencia mediante el uso de sensores integrados en una amplia gama de objetos y sistemas para automatizar tareas y ofrecer análisis y supervisión en tiempo real.

Los aumentos en la potencia de la computadora y la capacidad de manejar el procesamiento de grandes cantidades de datos en tiempo real, conducirán a un uso más efectivo de Big Data, permitiendo que los modos de transporte se comuniquen entre sí y con el entorno, allanando el camino para soluciones de transporte verdaderamente integradas.

- Nuevas tecnologías

El ritmo creciente del cambio tecnológico será uno de los principales impulsores del cambio para el sector del transporte.

La historia del progreso tecnológico proporciona una poderosa evidencia de que el cambio no es lineal sino exponencial, y es muy probable que los ciclos de innovación y las mejoras tecnológicas se aceleren aún más.

Los avances en la nanotecnología en particular pueden conducir a nuevos materiales que son más ligeros, más fuertes, más inteligentes y más verdes. Materiales como el grafeno, que es revolucionario en cuanto a su resistencia, flexibilidad y conductividad, podrían tener numerosas aplicaciones y soportar estructuras completamente nuevas.

Los avances en la ciencia de los materiales también están mejorando dramáticamente el rendimiento de las baterías, cambiando el potencial de almacenamiento de electricidad.

Se espera que la impresión 3D revolucione la cadena de suministro, reduciendo la necesidad de fabricación, transporte y almacenamiento en serie. Ciertos sectores industriales verán un cambio de producción central a descentralizada, y del envío intercontinental a una distribución más regional y nacional.

Los robots inteligentes jugarán un papel más importante en la inspección de la infraestructura, como túneles y puentes, y en el mantenimiento eficiente de las estructuras de envejecimiento. Por ejemplo, ya se están construyendo modelos para reparar y modernizar las tuberías de agua envejecidas, mientras que los robots de arrastre pueden probar los cables de carga y las ataduras de puentes, elevadores y teleféricos. La robótica de enjambre, una teoría basada en el comportamiento de enjambres que se observa en las colonias de hormigas y abejas, es otra área para futuros proyectos de transporte e infraestructura. Involucra pequeños robots individuales que trabajan hacia un objetivo más amplio mediante la distribución del trabajo. La minería, la detección del clima y la reparación de infraestructura podrían algún día beneficiarse de enjambres de robots baratos.

En cuanto a la tecnología de transporte, además de los trenes maglev, aparecen conceptos como el tren Hyperloop de Elon Musk. Según sus dichos, funcionaría solo con energía solar y sería mucho más rápido que un tren bala o incluso un avión. También utilizaría la levitación magnética para propulsarse hacia adelante.

Con una población mundial en aumento y con necesidades de consumo en expansión, la demanda de energía y recursos será creciente. El consumo mundial de recursos prácticamente se triplicará a 140 mil millones de toneladas por año para 2050 considerando que la progresión económica y el consumo continúen en sus trayectorias. Esta creciente demanda ocurrirá en un momento en el que encontrar nuevas fuentes de suministro y métodos de extracción es cada vez más difícil y costoso.

Los recursos necesarios para mantener los niveles actuales de crecimiento económico pueden no estar disponibles en las próximas décadas. Sin embargo, para el año 2050 podría haber una mejor aplicación de una economía circular, donde los materiales usados se reciclan nuevamente en la cadena de producción, lo que reduce el desperdicio y aumenta la eficiencia.

La inestabilidad política en muchas regiones ricas en petróleo podría crear incertidumbre sobre los suministros y precios del petróleo, y es probable que respalde el cambio hacia formas alternativas de combustible. Las nuevas tecnologías de combustible, como el GNL (gas natural licuado), el hidrógeno y la energía solar, también podrían causar un alejamiento de los combustibles fósiles y requerir nuevos métodos de transporte.

Desde el punto de vista de la inversión en infraestructura, la implementación de estas nuevas tecnologías puede resultar costosa, más aún, cuando se necesitan construir túneles y puentes, o atravesar montañas y otros tipos de terrenos difíciles.

A lo largo de este informe, se desarrollará la tecnología de los trenes de levitación magnética, su funcionamiento, las ventajas y desventajas respecto de otros medios de transporte existentes y el estado actual de los mismos.

capítulo 1

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Los aportes a la invención y desarrollo del sistema Maglev provienen prácticamente de un siglo atrás. El inventor alemán Alfred Zehden fue el creador de la primera forma de transporte electromagnético a inicios del 1900. Pero los que presentaron mayor popularidad fueron Hermann Kemper y Emile Bachelet.

Hermann Kemper investigó sobre la levitación magnética durante muchos años, hasta que en 1933 logró explicar el sistema de flotación a través de campos magnéticos de un vehículo sin ruedas. Su patente fue utilizada para construir la red Transrapid.

Por otro lado, el francés Emile Bachelet en 1914 presentó el prototipo de un vehículo de levitación magnética. Mediante las fuerzas de atracción magnética y repulsión, detalló cómo se colocan los imanes en una vía y en el vehículo, y como dotarlos de la energía necesaria para crear campos magnéticos que posibiliten el movimiento del dispositivo a través de los mismos. Puntualizó acerca del establecimiento de tres campos magnéticos: uno para hacer levitar el vehículo, cuya composición reacciona con el campo magnético de la vía; el segundo para hacer que el dispositivo se mueva sobre esa vía mientras levita, y el último para el recorrido que efectúe el vehículo.

Utilizó una vía con un carro en el cual se emplearon cepillos estabilizadores para mover y mantener la alineación del dispositivo con los imanes ubicados debajo del riel. Estos se encienden cuando pasa el tren, y una corriente oscilante de alta frecuencia ofrece el campo magnético necesario para elevarlo. Luego, se ubicaron un conjunto de imanes de anillo a lo largo de la vía para otorgarle movilidad al carro, con lo cual, el tren avanzaba a medida que dichos anillos se cargaban de energía.

Este proyecto fue uno de los antecedentes más importantes de la tecnología Maglev, y facilitó los posteriores desarrollos, como el Transrapid de Shanghai o el japonés Linimo.

En la década del 60, el ingeniero electrónico inglés Eric Laithwaite inventó el motor eléctrico lineal, un dispositivo que puede impulsar un tren de pasajeros, y que no requiere contacto físico entre el vehículo y la pista, con lo cual, sería efectivo para su utilización en los sistemas de transporte Maglev.

En los ‘70 combinó el motor lineal con aerodeslizadores con el fin crear un tren de alta velocidad. Este dispositivo llamado “Tracked Hovercraft”, fue un ágil sistema de tránsito que brindaba una suspensión magnética silenciosa y eficiente sobre una vía sin mantenimiento, además de generar la electricidad requerida para alimentar la elevación magnética del tren.

Alemania comenzó a investigar sobre nuevos sistemas de transporte a fines de la década del 60, cuando evidenció la necesidad de un cambio de paradigma energético con el fin de obtener una mejor eficiencia energética y un mayor cuidado del medio ambiente.

El Maglev Transrapid 05 fue el primer tren de alta velocidad alemán para transporte de pasajeros. Se exhibió en la Exposición de Transporte de Hamburgo en 1979 sobre una ruta de 900 metros, alcanzando una velocidad de 75 km/hora. Fue tan novedoso que funcionó un par de meses después de finalizada la exposición, transportando aproximadamente a 50.000 personas. El movimiento que suscitó este proyecto generó que Alemania pusiera el foco en la construcción de estructuras más grandes para este tipo de transporte. Tal es así que en 1980 inician la construcción del modelo Transrapid en Emsland. El vehículo experimental no tripulado llamado TR06 alcanzó una velocidad final máxima de 400 km/hora. En 1993, ponen otro vehículo a prueba, el TR07, el cual consigue una velocidad récord de 450 km/hora.

Japón también utilizó esta tecnología. A partir de los 60 comenzó a desarrollar el SCMaglev. En 1972, un vehículo Maglev de más de dos toneladas alcanzó una velocidad de 60 km/hora en una pista de casi 500 metros de largo. Cinco años más tarde, otro vehículo llega a los 200 km/hora. La tecnología continúa avanzando y en 1979 el SCMaglev no tripulado alcanza 517 km/hora.

Por otro lado, en 1974 iniciaron el desarrollo del HSST. El HSST-03, si bien se encontraba dentro del rango de trenes de baja velocidad, tuvo un gran reconocimiento por parte de la sociedad.

El avance del interés por el transporte Maglev no sólo perteneció a Alemania y Japón. Países como Inglaterra, Estados Unidos, Canadá, Francia, etc. también efectuaron desarrollos sobre este sistema de transporte a partir de la década del 70.

En Inglaterra, el primer transporte comercial Maglev de baja velocidad fue inaugurado en 1984 en Birmingham, efectuando un trayecto de aproximadamente 600 metros entre su aeropuerto y la estación de tren, con picos de velocidad de 42 km/hora. Transportaba pasajeros hacia y desde diferentes lugares del aeropuerto. Funcionó en una sección de monorraíl elevada a 600m del suelo, con un tren que levitaba por electroimanes y que era propulsado por motores de inducción lineales.

Luego de más de dos años de trabajo, China inaugura en el año 2002 la Línea Maglev de Shanghái. La velocidad comercial máxima de este tren fue de 431 km/hora, transportando personas a lo largo de 30 km en poco más de 7 minutos, desde el Aeropuerto Internacional de Pudong a la estación Longyang Road, también en Pudong.

El Shanghái Maglev cuenta con un largo de 153 metros, un ancho de 3,7 metros y una altura de 4,2 metros, dividido en tres clases para admitir 574 pasajeros.

a capítulo 2

DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA

b temas

- Levitación
- Propulsión
- Guía / Dirección de viaje

El tren de levitación magnética constituye una forma de transporte basado en la suspensión, propulsión y guía utilizando la fuerza electromagnética.

La tecnología de levitación magnética se caracteriza por la falta de contacto físico entre el tren y la vía por la que circula el mismo, en otras palabras, se elimina la limitación de las ruedas del tren sobre los rieles. Dado que el aire es lo único que genera fricción, el sistema es altamente ventajoso ya que logra mayor rapidez que otros sistemas. La suspensión sobre la vía se genera gracias a campos magnéticos; el vehículo se va moviendo sobre el raíl por medio de los electroimanes que posee adheridos en su parte inferior.

Los niveles de velocidad alcanzados por los maglev abren el campo a la comparación con el transporte aéreo como un fuerte competidor, más allá de que generalmente sólo se lo compare con los trenes comunes.

De acuerdo con lo mencionado con anterioridad, el funcionamiento del tren Maglev puede dividirse en las siguientes etapas (Grafico 1):

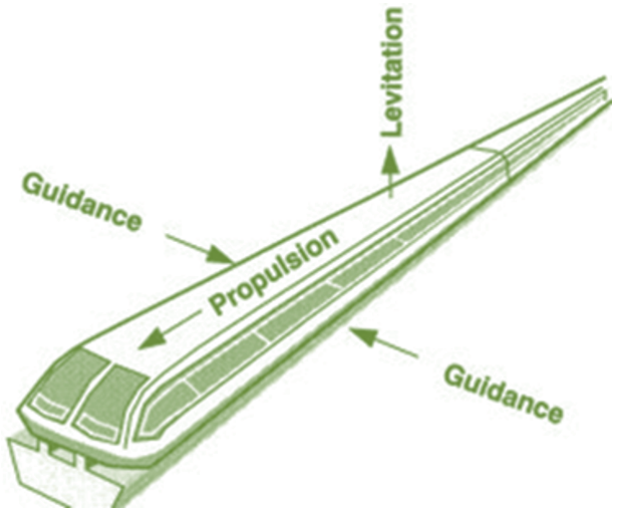

Gráfico 1: Funcionamiento de un tren de levitación magnética

Fuente:http://www.physics-and-radio-electronics.com/blog/magnetictrain-maglevtrain/

2.1- LEVITACIÓN

El Maglev levita sobre la vía gracias a la fuerza magnética generada por una serie de imanes, motivo por el cual, el tren no tiene contacto físico con el riel. Un tren de levitación magnética no posee el típico motor de los trenes convencionales, sino que utiliza los principios básicos de los electroimanes. Un electroimán es una clase de imán en el que el campo magnético es producido por una corriente eléctrica. Ampliando el concepto, podemos decir que este imán consiste en una bobina de alambre envuelta alrededor de un núcleo de hierro por el cual fluye la corriente eléctrica, generando un campo magnético a su alrededor. Los trenes están alimentados por estos campos magnéticos creados en las bobinas existentes en las paredes de la vía y la vía misma (Grafico 2).

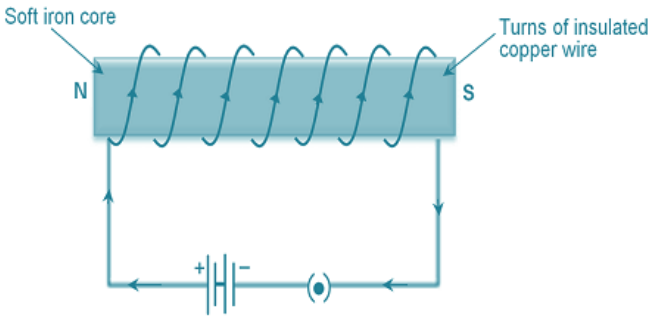

Gráfico 2: Electroimán, la corriente eléctrica que fluye a través de un núcleo de alambre, genera un campo magnético a su alrededor.

Fuente:https://www.physics-and-radio-electronics.com/blog/magnetictrain-maglevtrain/

En este sistema se distinguen tres componentes básicos (Grafico 3):

- Una gran fuente de poder eléctrico;
- Espirales de metal alineando las vías (bobinas);
- Imanes de guía debajo del tren.

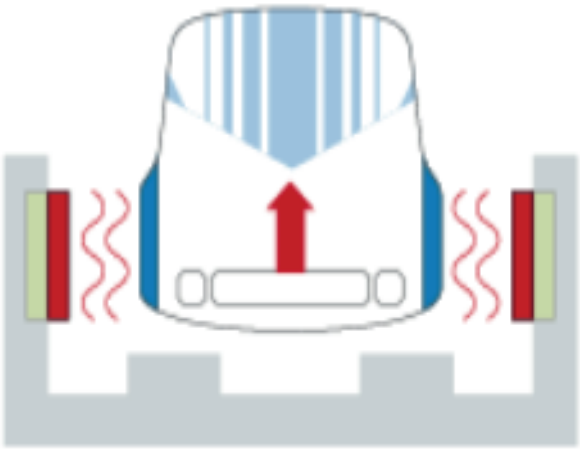

Gráfico 3: Levitación de un maglev

Fuente:https://elpais.com/elpais/2015/04/26/media/1430075341_576182.html

2.2- PROPULSIÓN

La propulsión es la acción de empujar el tren hacia adelante. El tren en movimiento junto a los imanes superconductores (en este caso, se ejemplifica la acción con el tren maglev japones), provoca una corriente en las bobinas ubicadas a cada lado de la guía. Tomando en cuenta estas señales, el sistema ingresará corrientes alternas en las bobinas de propulsión, produciendo una serie alterna de polos magnéticos "norte" y "sur" que empujan los imanes superconductores y aceleran el tren.

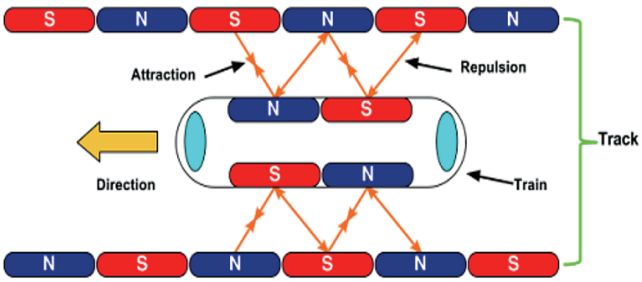

Gráfico 4: Esquema de propulsión de un Maglev

Fuente:http://www.physics-and-radio-electronics.com/blog/magnetic-train-maglevtrain/

En el Gráfico 4, el tren se mueve hacia adelante debido a la repulsión de los polos sur (SS) o polos norte (NN), y también avanza por la atracción de los polos opuestos (SN o NS). En resumen, el tren se mantiene en movimiento por la acción de repulsión y atracción.

2.3- GUÍA / DIRECCIÓN DE VIAJE

Las bobinas de propulsión van colocadas a ambos lados de la guía y están conectadas entre sí, con lo cual, cuando el tren se desvía, se produce un intercambio de electricidad que cambia el magnetismo y lo endereza. El tren siempre vuelve al centro de la guía (Gráfico 5).

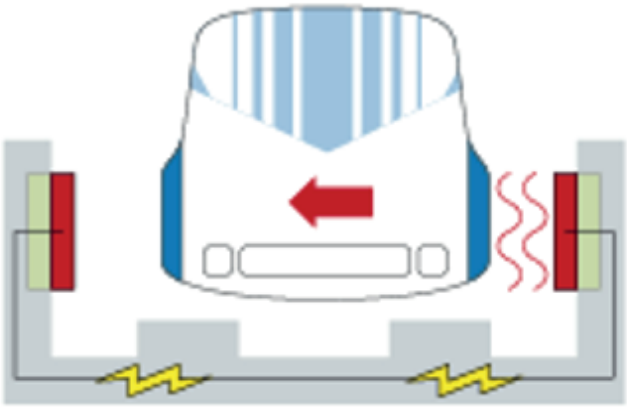

Gráfico 5: sistema de guiado de un Maglev

Fuente:https://elpais.com/elpais/2015/04/26/media/1430075341_576182.html

a capítulo 3

TIPOS DE TECNOLOGÍA

b temas

- Electromagnetic Suspension “EMS”
- Electrodynamic Suspension “EDS”
- Suspensión con imanes permanentes “Inductrack”
- Comparación entre las distintas tecnologías: EMS, EDS, Inductrack

Existen tres tipos de tecnologías de levitación:

- Por suspensión electromagnética (EMS)
- Por suspensión electrodinámica (EDS)
- Por imanes permanentes (Inductrack)

Se diferencian entre sí por la clase de tecnología de levitación que utilizan. Los imanes poseen dos polos de corriente, uno positivo y otro negativo; los de distinto signo se atraen y los de igual signo se repelen. Con lo cual, de acuerdo a como consigamos crear los campos electromagnéticos, llegaremos a los diferentes mecanismos de levitación (Gráfico 6).

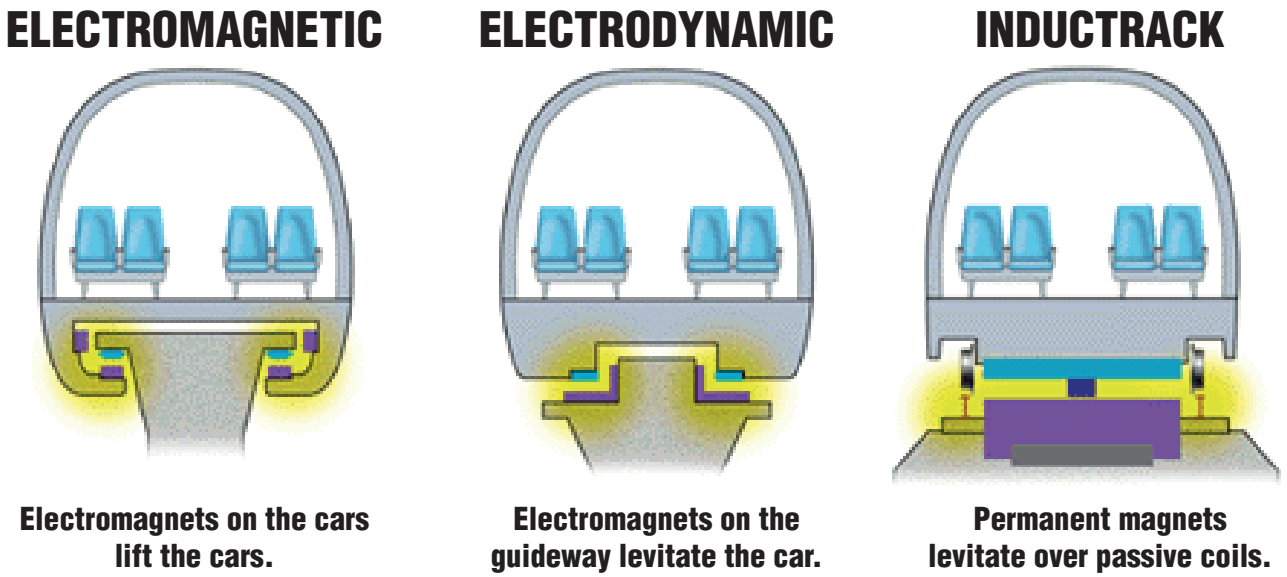

Gráfico 6: Tecnologías de levitación
Fuente: https://propelsteps.wordpress.com/2015/04/23/know-how-maglev-trains-works-without-wheels/

3.1- ELECTROMAGNETIC SUSPENSION "EMS"

Utiliza la fuerza de atracción magnética entre los imanes ubicados en los lados y en la parte inferior del tren, y en la guía, para llevar a cabo la levitación. El tren levita sobre dicho riel de acero, y los electroimanes lo mantienen a una distancia constante de la pista. Una vez que el tren logra levitar, se dispersa energía a las bobinas de la vía con el fin de crear un sistema de campos magnéticos que van empujando al tren a lo largo de la vía.

Así sucede con el tren Transrapid de Alemania. Estos trenes utilizan el sistema de suspensión electromagnética para que la parte inferior

del tren quede envuelta en una guía de acero. Por consiguiente, la levitación se produce entre los electroimanes ubicados debajo del tren y la vía, aproximadamente 1 cm (Gráfico 7). Además, permite que el tren continúe levitando aun cuando no está en movimiento. Estos modelos pueden llegar a la velocidad máxima de 300 millas por hora (aproximadamente 480 km por hora).

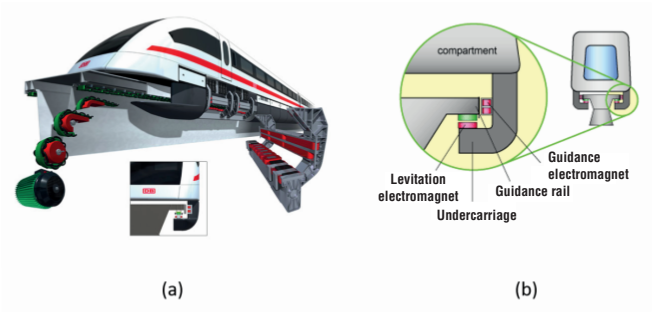

Gráfico 7: Sistema de Suspensión Electromagnética
Fuente (a): https://technologybehindthings.files.wordpress.com/2015/01/21.png
Fuente (b): http://www.physics-and-radio-electronics.com/blog/magnetictra-in-maglevtrain/

3.2- ELECTRODYNAMIC SUSPENSION "EDS"

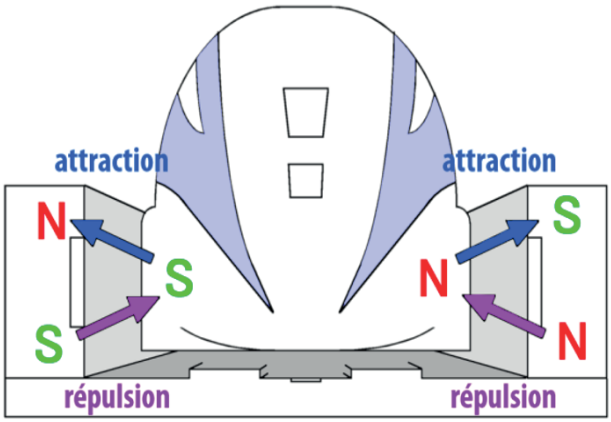

Gráfico 8: La tecnología de Suspensión Electrodinámica (EDS)
Fuente:https://ajjafh.wordpress.com/2012/09/13/the-fastest-train-in-the-world/

Este sistema es el más desarrollado por Japón. El riel y el tren ejercen cada uno un campo magnético, y el tren levita por la fuerza repulsiva entre los mismos. Esta acción (que se basa en la fuerza de rechazo de los imanes) es la que empuja al tren lejos del riel.

El campo magnético en el tren es originado por cualquiera de los electroimanes o por una matriz de imanes permanentes - como en Inductrack (Gráfico 8).

Tal como se observa en la imagen, la suspensión está impulsada por los campos magnéticos inducidos a ambos lados del vehículo por el paso de los imanes superconductores del tren.

El mecanismo funciona con superconductores de alta temperatura que deben refrigerarse con nitrógeno. Estos poseen la capacidad de conducir electricidad por un pequeño lapso de tiempo una vez que se corta la energía, principal diferencia entre los trenes Maglev alemanes y los japoneses. Al enfriar las bobinas a temperaturas muy bajas, el sistema japonés permite el ahorro energético.

El sistema de refrigeración utilizado en los trenes japoneses es un ciclo de gas cerrado en el cual el refrigerador está directamente conectado al tanque de helio del imán y el compresor está ubicado en el vagón (Gráfico 9).

Un dato no menor es que estos trenes pueden levitar hasta 10 cm sobre la guía.

Este tren demora al despegar, con lo cual deben adicionarse neumáticos de goma que puedan sostener el tren hasta que alcance una velocidad de casi 100 km por hora. Esto es así debido a que la corriente inducida y la influencia magnética no llegan a ser tan amplias como para que soporten la totalidad del peso del tren en velocidades bajas. Cuando la fuerza magnética generada supera el peso del tren, las ruedas se ocultan e inicia el proceso de levitación. El contar con llantas de goma es considerado una ventaja ante una hipotética falla de alimentación que genere que el sistema se apague.

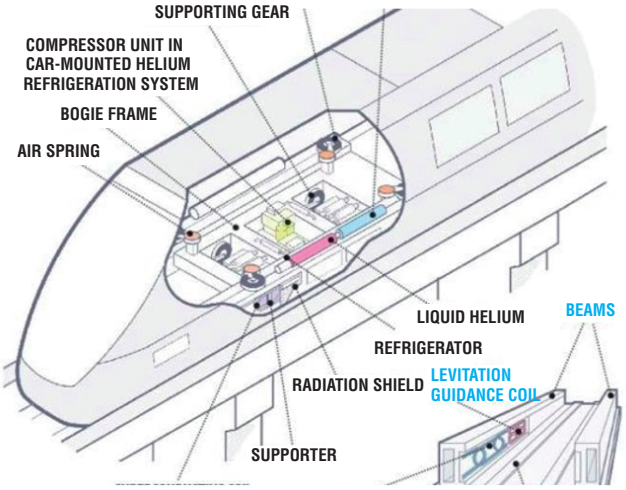

Gráfico 9: Sistema de refrigeración del tren con EDS.
Fuente: ttps://www.sciencefocus.com/science/how-it-works-eds-maglev-trains/

3.3- SUSPENSIÓN CON IMANES PERMANENTES "INDUCTRACK"

Estos trenes constituyen una versión más nueva del EDS, dado que utiliza imanes permanentes a temperatura ambiente para producir campos magnéticos, en lugar de imanes superconductores enfriados.

Los vehículos se deslizan sobre una pista construida con circuitos que forman un conjunto de peldaños en forma de escalera. A medida que el tren va avanzando, los imanes inducen una corriente en el circuito de la pista, que genera un campo magnético que repele las matrices de imanes. El producto de este proceso, es una levitación con mayor estabilidad, por lo tanto, más segura.

Inductrack usa una fuente de energía para acelerar el tren sólo hasta que comienza a levitar; el campo magnético permanente garantiza que el tren se mantenga suspendido en caso de fallo eléctrico. Estos trenes también deben llevar ruedas para procurar la propulsión, por lo que, en caso de producirse una falla energética, el tren puede ir disminuyendo la velocidad paulatinamente para terminar deteniéndose en sus ruedas auxiliares.

El sistema Inductrack posee dos componentes principales: un conjunto de imanes permanentes ubicados en el tren, y una pista empotrada con bobinas de alambre de cobre. Los imanes permanentes se acomodan en configuraciones llamadas Halbach Arrays (Matrices de Halbach, en honor al físico que trabajó en ellas). Estas matrices concentran el campo magnético en un lado (lo que genera la potencia necesaria para levitar) mientras lo reducen en el lado opuesto. Esto se logra orientando los imanes de modo que sus polos estén fuera de fase, generalmente girado a 90 grados respecto al anterior y al siguiente. Cuando las matrices se ubican debajo del tren, generan un campo magnético que induce corrientes en las bobinas de la pista debajo del vagón en movimiento, elevándolo y centrándolo (Gráfico 10).

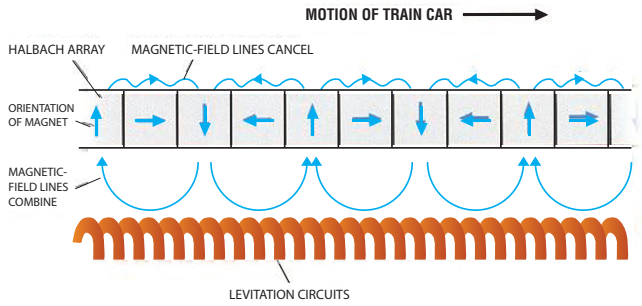

Gráfico 10: Tecnología Inductrack
Fuente: http://emt18.blogspot.com/2008/10/maglev-suspension-systems.html

Esta tecnología con imanes permanentes no había sido considerada debido a que los especialistas pensaban que no generaría suficiente fuerza de levitación. Pero en Inductrack los imanes están dispuestos de una forma particular, y fabricados con material más nuevo que comprende una aleación de neodimio/hierro/boro, que genera un campo magnético más alto.

Entre los beneficios que posee esta tecnología, podemos destacar la eficiencia energética, dado que no es necesario contar con materiales para enfriado de partes. Por otro lado, su diseño hace que tenga un funcionamiento silencioso, y una levitación más estable.

Este nuevo concepto llamó la atención incluso del personal de la NASA, quienes vieron en Inductrack la posibilidad de enviar satélites a orbitar. Su interés en esta tecnología radica en la posibilidad de crear un sistema que apoye el despegue de un cohete. La pista usaría un lanzador reutilizable (éste quedaría en suelo) para impulsar el cohete por una rampa, y permitiría lograr una rápida aceleración en pocos segundos. Se cree además que este sistema podría ahorrar entre un 20 % y 30 % el peso del vehículo de lanzamiento.

3.4- COMPARACIÓN ENTRE LAS DISTINTAS TECNOLOGÍAS

EMS

- Los campos magnéticos generados son intrascendentes; lo cual constituye un punto a favor, dado que la frecuente exposición a elevados campos magnéticos podría ejercer cierta influencia sobre algunos procesos biológicos. De todas formas, dicha exposición debería ser sumamente alta como para que genere algún cambio en el organismo.
- Tecnología probada que puede alcanzar hasta 500 km por hora;
- No requiere de ruedas puesto que el tren puede continuar levitando aun cuando no está en movimiento. Además, se encuentran equipados con una fuente de alimentación de batería de emergencia (caso contrario a la suspensión electrodinámica), ya que el vehículo precisa de llantas dada su demora al despegar. Por lo tanto, son sus ruedas las que lo sostienen hasta que alcanza la velocidad requerida para iniciar el proceso de levitación.
- Puede proporcionar levitación y propulsión utilizando un motor lineal incorporado.

Un punto en contra que poseen los trenes de suspensión electromagnética es la inestabilidad de su sistema. La distancia entre los electroimanes y el carril guía debe ser controlado y ajustado constantemente mediante una computadora para evitar que el tren golpeee contra el carril y, por lo pronto, sin esta intervención, el sistema fallaría.

Otra barrera pertenece al ámbito del diseño y construcción: demanda muchísima precisión, ya que una pequeña desviación en la estructura del tren puede provocar un problema a la hora de mantener la estabilidad. Con tan poca holgura, hasta un pequeño movimiento del suelo podría desestabilizarlo.

Por otro lado, el consumo energético es mayor que con el sistema EDS, puesto que este último utiliza electroimanes superconductores, los cuales son propensos a conducir corriente incluso cuando se haya apagado la fuente de alimentación. Es por ello que este sistema ahorra más energía que la tecnología EMS.

EDS

- Los imanes a bordo y el margen entre el tren y el riel permiten que sea la línea con mayor velocidad registrada (581 km por hora)
- Alcanza grandes velocidades con cargas pesadas

Este sistema posee el inconveniente que, a baja velocidad, la corriente inducida en las bobinas no es lo suficientemente grande como para generar la adecuada fuerza electromagnética repulsiva para soportar el peso del tren, además que, la eficiencia energética de este sistema a baja velocidad es escasa. Es por este motivo que el tren debe tener ruedas para soportar el vehículo hasta tanto pueda alcanzar una velocidad óptima para dar inicio a la levitación. Tampoco debe olvidarse que toda la vía tiene que estar apta para soportar la operatoria a baja velocidad (mediante ruedas) así como la de alta velocidad.

Otra desventaja es que los imanes superconductores son mucho más caros que los electroimanes comunes, y precisan un sistema de refrigeración que los mantenga a bajas temperaturas.

INDUTRACK

- No se requiere energía para activar los imanes. A diferencia de otros sistemas en los cuales la propulsión se logra mediante la circulación de corriente sobre las vías.
- Puede generar suficiente fuerza a bajas velocidades (5 km por hora) para levitar.
- Los vehículos desaceleran por sí solos en caso de falla de alimentación.
- Las matrices de imanes permanentes pueden ser más económicas que los electroimanes.
- No requiere electroimanes ni superconductores.

Una desventaja de este sistema estaría dada por la dificultad de ensamblar la geometría Halbach. En la matriz, todos los elementos magnéticos se repelen entre sí, lo cual puede ocasionar inconvenientes en su ensamblaje, por ejemplo, el de manejar las fuerzas durante el montaje, asegurando que el ensamblaje se mantendrá en orden durante su uso.

a capítulo 4

VENTAJAS DE LOS TRENES MAGNÉTICOS

b temas

- Comparativa con trenes convencionales
- Comparativa con aviones

Los trenes de levitación magnética ofrecen muchas ventajas en comparación con los trenes tradicionales, y algunos hasta se animan a postularlo como un futuro semejante del transporte aéreo.

Entre sus ventajas podemos encontrar:

- Superan rápidamente la velocidad de 450 km/hora.
- No utilizan combustibles fósiles.
- El traslado es cómodo y sencillo de acceder desde las terminales.
- El mantenimiento es escaso y económico.
- El ruido es inferior al de los trenes convencionales.
- La oscilación es ínfima dado que no existe fricción con el suelo, sólo presenta resistencia al aire.

A continuación, se brindará un mayor detalle de cada una de sus cualidades respecto a otros medios de transporte: trenes tradicionales y aviones.

4.1- COMPARATIVA CON TRENES CONVENSIONALES

Comodidad: los trenes Maglev no generan fricción con la vía, por lo cual, prácticamente no producen ruido. Tampoco poseen motor. Estas son diferencias importantes con los trenes comunes. Por otro lado, la alta frecuencia del servicio y la capacidad de conectar eficazmente distintos centros, aeropuertos y ciudades, lo ubican como una opción conveniente. Esto se deriva del hecho de que pueden ascender en grados más altos, lo que ofrece una mayor flexibilidad de enrutamiento y un túnel reducido. La consecuencia inmediata es una mayor capacidad para acceder a lugares a los que otros tipos de transporte les sería más complicado y una mayor adaptación al entorno.

- **Seguridad:** es imposible que descarrilen ya que el tren queda envuelto alrededor de la pista. Lo mismo vale para las colisiones: los movimientos del tren son controlados de manera electrónica.
- **Eficiencia económica:** La inversión inicial es similar a la de cualquier otro tren de alta velocidad (por ejemplo, las líneas AVE de España), la cual se estima en una media de 25 millones de euros por km de vía. Por otra parte, también se estima que los gastos de operación de un Maglev son inferiores a los que poseen los trenes convencionales y los de alta velocidad, principalmente por el escaso mantenimiento del vehículo y de la vía, conforme lo expuesto con anterioridad.
- **Contaminación:** los trenes Maglev pueden brindar independencia de combustibles fósiles, ya que se alimentan de electricidad, y la misma puede obtenerse a partir de la energía solar, eólica y otras fuentes renovables. No menos importante es el hecho de que generan menos polución que el resto de los transportes tradicionales, como, por ejemplo, los automóviles. Se erigen como una alternativa ante una hipotética crisis de abastecimiento de petróleo.
- **Mantenimiento:** el riel tradicional está condicionado por un desgaste mecánico que aumenta exponencialmente con la velocidad. Los trenes magnéticos no generan contacto con la vía, no se produce desgaste, con lo cual, el cuidado del riel es escaso. Asimismo, el mantenimiento electrónico de sus vehículos es mínimo y se relaciona más con los programas de conservación de aeronaves basados en horas de operación más que en velocidad o distancia recorrida.
- **Clima y tránsito:** este tipo de trenes no es afectado por las inclemencias del clima tales como: nieve, lluvia, frío intenso, etc. También son menos susceptibles a las congestiones de tráfico.
- **Construcción:** los trenes convencionales precisan pista y ruedas de acero para poder movilizarse, caso contrario a los Maglev que se trasladan por medio de suspensión electromagnética o electrodinámica. Asimismo, también prescinden de los cables aéreos, y los accesos a sus estaciones son más sencillos que los de los aeropuertos.

Los trenes de levitación magnética no poseen motores. En los trenes comunes, el motor brinda la potencia requerida para arrastrar la cadena de vagones a lo largo de la vía. En cambio, en los Maglev, la

energía para propulsar el tren es suministrada por los campos magnéticos creados por las bobinas.

- **Peso:** los vehículos Maglev son más livianos que los predecesores y distribuyen el peso de manera más uniforme.
- **Sistemas de control**: para los trenes de levitación magnética no se requieren sistemas de señalización dado que los procesos están controlados por computadora. Se eliminan también los rústicos avisos mediante bocinas, silbatos en el tren, etc.
- A**lta velocidad:** el Maglev alcanza velocidades superiores a las registradas por los trenes convencionales, dada la carencia de fricción entre el tren y el riel. Un Maglev puede alcanzar velocidades cercanas a los 480 km/hora.

La alta velocidad y aceleración permiten velocidades promedio de tres a cuatro veces el límite de velocidad en rutas. La aceleración y desaceleración del tren Maglev son más rápidos que los sistemas mecánicos, independientemente de la guía, ya que son sistemas sin contacto.

- **Consumo de energía:** utilizan un 30% menos de energía eléctrica que los trenes comunes, dado que prescinden del motor, elemento que consume gran potencia. Además, al no haber fricción de la rueda con la vía, la fuerza de resistencia aumenta gradualmente en la fricción del aire, por lo tanto, los trenes Maglev serían mejores que los trenes comunes.

4.2- COMPARATIVA CON AVIONES

- **Comodidad:** Poseen mayor amplitud de espacio, lo que posibilita contar con áreas separadas como, por ejemplo, áreas para comer. Además, la ausencia de turbulencia en el aire avala una marcha agradable y consistente.
- **Ruta:** Aunque a simple vista los aviones pueden tomar cualquier ruta entre distintos destinos, las rutas aéreas comerciales son definidas de manera rígida. Con los Maglev esta rigidez se elimina; además son útiles para conectar con facilidad destinos intermedios.
- **Seguridad:** Se consideran más seguros debido al control automático de su funcionamiento; con lo cual, no son propensos a experimentar choques con otros trenes ni a descarrilarse de su vía.
- **Tiempo de viaje:** La demora al viajar se estrecha dado que los trenes de levitación magnética no manejan los protocolos de seguridad existentes para los pasajeros de transportes aéreos. Asimismo, no se malgasta tiempo hasta el despegue ni al momento de aterrizaje. Para viajes largos (más de 800 km), el tiempo total de viaje es el mismo que el que se perdería viajando en avión - incluyendo check in y traslado hasta el aeropuerto.
- **Previsibilidad:** carecen de la posibilidad de retrasos o cancelaciones, motivo por el cual, se convierte en un medio de transporte más previsible.

capítulo 5

DESVENTAJAS DE LOS TRENES MAGNÉTICOS

La inversión inicial de los trenes Maglev es bastante costosa. Teniendo en consideración la construcción más la investigación y desarrollo de los prototipos, el costo general supera al incurrido por los trenes convencionales. En los convencionales los materiales y repuestos se comercializan en un mercado más competitivo por encontrarse estandarizados, lo cual implica un menor costo.

Por otro lado, el establecimiento de rieles y vagones en los ferrocarriles tradicionales es más económico. Aunque es importante destacar que, si la tecnología Maglev se implementara a gran escala, los costos disminuirían drásticamente.

Los trenes de levitación magnética precisan infraestructuras nuevas ya que no son de utilidad las que funcionan con los trenes tradicionales. La separación entre el vehículo y la vía debe ser monitoreada y corregida de manera constante por los sistemas electrónicos, a fin de mantener la estabilidad, situación que no se presenta con los trenes convencionales.

En cuanto al medio ambiente, su impacto dependerá de dónde provenga la electricidad que alimenta al sistema. Entendiendo que, si la misma se desprende de combustibles fósiles, el proceso será más contaminante que si lo hace de fuentes alternativas como la energía eólica, solar, etc.

En lo que se refiere a sonoridad, la alta velocidad de algunos trenes genera más sonido que los que viajan a baja velocidad. Estos últimos son prácticamente silenciosos, mientras que en los primeros se percibe un poco más de ruido debido al desplazamiento del aire.

a capítulo 6

LÍNEAS MAGLEV EN EL MUNDO

b temas

- China
- Japón
- Corea Del Sur

En la actualidad, se encuentran operativas seis líneas Maglev. Tres en China, una en Japón y dos en Corea del Sur. Todas utilizan el Sistema de Suspensión Electromagnética (EMS).

6.1- CHINA

Shanghái Maglev: se introdujo en el año 2004, siendo la primera línea de alta velocidad disponible al público. Conecta el Aeropuerto Internacional de Pudong con la estación Longyang Road en Pudong (Shanghái). Abarca un trayecto de 30,5 km en 7 minutos y 20 segundos, alcanzando una velocidad máxima de 481 km/h. A la fecha, se considera el tren de operación más rápido del mundo (Imagen 1).

Imagen 1: Shanghai Maglev (China)
Fuente: https://www.maglevboard.net/en/facts/projects

Changsha Maglev Express: es el primer tren Maglev desarrollado y construido por los chinos y constituye la base tecnológica para sus trenes de ultra alta velocidad de 600 km/h. Esta línea opera en una pista de 18,55 km a una velocidad de 100 km/h, conectando tres estaciones en el horario de 7 a 21 hs, corriendo cada 15 minutos (Imagen 2).

Imagen 2: Changsha Maglev Express (China)
Fuente: https://www.maglevboard.net/en/facts/projects

Beijing S1 Line Metro: Es el tercer tren Maglev comercial de China y el más nuevo. Fue inaugurado en el 2017 y empalmado a la red de metro de Beijing. La línea posee 7 paradas en una pista de 8,25 km de largo, con velocidades de 110 km/h (Imagen 3).

Imagen 3: Beijing S1 Line Metro (China)
Fuente: https://www.maglevboard.net/en/facts/projects

6.2- JAPÓN

Linimo Maglev: Fue la primera línea urbana comercial no tripulada del mundo, puesta en marcha en el 2005 para una exposición. A la fecha, opera en la línea Tobu Kyuryo de alta velocidad de Aichi, la cual comprende 9 estaciones. Efectúa un recorrido de 8,9 km, con una velocidad máxima de 100 km/h, transportando más de 16.000 personas por día (Imagen 4).

Imagen 4: Linimo Maglev (Japón)
Fuente: https://www.maglevboard.net/en/facts/projects

6.3- COREA DEL SUR

Daejeon Expo Maglev: La empresa Hyundai creó una pista de levitación magnética de 1 km para la exposición de Daejeon en el año 1993 a fin de demostrar cómo funcionaba la suspensión electromagnética. Este tren urbano continúa funcionando actualmente, uniendo el "Expo Park" y el Museo Nacional de Ciencias (Imagen 5).

Imagen 5: Daejeon Expo Maglev (Corea del Sur)
Fuente: https://www.maglevboard.net/en/facts/projects

Incheon Airport Maglev (Rotem Ecobee): este es un tren comercial que ofrece un traslado gratuito entre el Aeropuerto Internacional de Incheon y la estación de Yongyu. Desde el 2016, recorre 6 estaciones que completan 6,1 km, en el horario de 9 a 18 horas y a una velocidad de 110 km/h. Se planifica su ampliación en dos etapas: una hasta los 9,7 km y la segunda hasta 37,4 km (Imagen 6).

Imagen 6: Incheon Airport Maglev (Corea del Sur)
Fuente: https://www.maglevboard.net/en/facts/projects

a capítulo 7

ACTUALIDAD Y FUTURO DE LA TECNOLOGÍA

b temas

- China
- India
- Japón
- PAN-European Corredor IV
- Reino Unido
- Estados Unidos

7.1- CHINA

Shanghái: extensión de Maglev al aeropuerto de Honquiao: Propuesta para una prolongación de la línea que actualmente opera desde el Aeropuerto Internacional de Pudong hacia la estación de metro de Longyang, hasta el nuevo centro de tránsito de Honquiao, con paradas en la estación de trenes del sur de Shanghái. La longitud final planeada era de 36 km. Según datos del 2008, este proyecto se encuentra pausado dado que el costo podría ser el doble del previsto debido a las revisiones propuestas para minimizar el impacto en los residentes locales. Estos habían manifestado su preocupación por los campos magnéticos que se generarían alrededor del ferrocarril. Si bien los experimentos han demostrado que la radiación electromagnética es mínima en comparación con lo que emiten los aparatos electrónicos en el hogar.

Shanghái-Hangzhou Maglev: extensión desde el aeropuerto de Honquiao a Hangzhou: Propuesta de extender la línea hacia Hangzhou, al este de China. Para ello, las autoridades se encontraban negociando sobre los detalles contractuales con Transrapid Konsortium de Alemania. El plan para la extensión fue aprobado por el gobierno en el 2006, con una construcción aceptada para fines de ese mismo año. Pero en el 2007, la planificación se detuvo. Algunas fuentes indican de un posible conflicto entre el lobby ferroviario en el Ministerio de Transporte de Beijing y los defensores del Maglev en Shanghái. Además, existiría un grado de incertidumbre asociada a los costos del proyecto en comparación con los de un tren de alta velocidad, que sería compatible con otras líneas ya existentes.

7.2- INDIA

Delhi – Mumbai: India se encuentra analizando una propuesta para abordar un sistema de trenes de levitación magnética. El proyecto permanece en etapas preliminares; de llevarse a cabo, el tiempo de viaje en tren entre las dos ciudades pasará de 16 hs a 3 hs promedio. A la solicitada para el servicio, han respondido seis empresas privadas, incluidas dos firmas mundiales: American Maglev Technology Inc. y SwissRapide AG. En este proyecto, el gobierno solo sería responsable de proporcionar la tierra. El Ministerio de Ferrocarriles ya habría seleccionado cuatro rutas: Bengaluru - Chennai, Hyderabad - Chennai, Nueva Delhi - Chandigarh y Nagpur - Mumbai para los trenes de Maglev.

Pero, hizo su aparición otro competidor: Virgin Hyperloop One. Su dueño, Richard Branson, mantuvo comunicaciones con la India, con el objetivo de negociar tarifas más baratas que las que brindan las aerolíneas locales. En febrero de 2018, Branson firmó un acuerdo preliminar en Mumbai para llevar a cabo una serie de hyperloops y planteó un recorrido Mumbai-Pune ahorrando tres horas de viaje (traslado en 25 minutos).

7.3- JAPÓN

Japón Maglev Chuo Shinkansen Tokio – Osaka: la empresa Central Japan Railway Company comunicó que trabajarán en un tren maglev que una Tokio y Osaka para el 2027.Serán aproximadamente 450 km, con una velocidad de 581 km/h. El trayecto desde una ciudad a otra, tendrá una duración de menos de una hora. Este es uno de los proyectos de mayor envergadura a futuro.

El Chuo Shinkansen es una línea Maglev que se construye por partes, cuya sección inicial – que conecta Tokio con Nagoya – se espera que entre en funcionamiento en 2027.

Los estudios topográficos y geológicos se iniciaron en 1990 y se culminaron en 2009. En 2011 Japan Railway recibe la conformidad para llevar a cabo el proyecto. En 2013, se publica la declaración de impacto ambiental para la primera fase, y un año después se aprueba el plan de implementación de la construcción. Asimismo, a fines de 2014, se iniciaron los preparativos para la construcción de las dos estaciones ubicadas en ambos extremos. La edificación del túnel de los Alpes del Sur comenzó en 2015, y la construcción de la estación subterránea de Shinagawa en 2016.

La fase 1 implica la construcción de una línea maglev superconductora de 285 km de largo, diseñada para una velocidad máxima de 505 km/hora. Asimismo, contará con seis estaciones: Shinagawa, Nagoya, Kanagawa, Yamanashi, Nagano y Gifo (Grafico 11).

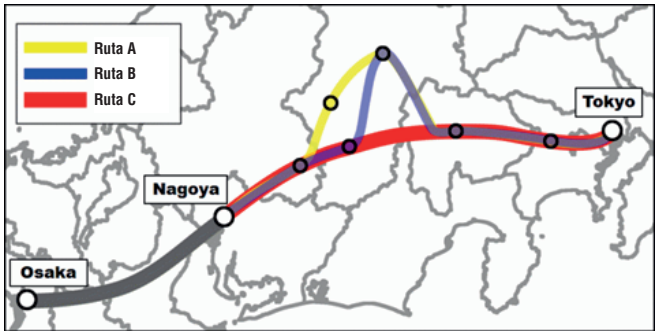

Gráfico 11: Rutas propuestas para el Chuo shinkansen de levitación magnética. El gobierno optó por la "C", considerándola la más económica.
Fuente: https://japonismo.com/blog/linea-chuo-shinkansen-maglev

Paralelamente se están efectuando ensayos de carrera de larga distancia en la línea de prueba Yamanashi maglev, construido exclusivamente para el proyecto Chuo Shinkansen, implementando nuevos trenes de la Serie L0 maglev. En 2015, uno de estos trenes alcanzó una velocidad máxima -récord mundial - de 603 km/hora.

La Compañía de Trenes del Centro de Japón expresó que, con esta nueva tecnología, el gobierno espera un mayor desarrollo económico. La misma implicará una reducción del tiempo de viaje mientras impulsa el movimiento entre las distintas ciudades.

7.4- PAN-EUROPEAN CORREDOR IV

Berlin, Dresde, Praga, Viena, Bratislava, Budapest: existe un diseño para una conexión de alta velocidad a lo largo del corredor paneuropeo en Europa central y oriental. Ya se finalizó el primer estudio de factibilidad para la concreción de una línea entre Berlín y Budapest, uniendo así importantes ciudades como Dresde, Praga (República Checa), Viena (Austria), Bratislava y Budapest (Hungría).

Dirk Ahlborn, director ejecutivo de Hyperloop Transportation Technologies (HTT), anunció en el 2016 que HTT llegó a un acuerdo con el gobierno eslovaco para explorar la construcción de un Hyperloop, un sistema de transporte con velocidades de hasta 1200 km/hora. Según Ahlborn, los próximos pasos incluirán la identificación de una ruta que pueda conectar Bratislava, la capital de Eslovaquia, con Viena y Budapest. Asimismo, espera que el Hyperloop de Eslovaquia cueste entre 200 y 300 millones de dólares y se complete en 2020.

7.5- REINO UNIDO

UK Ultraspeed: se propuso una línea Maglev a fin de enlazar Londres y Glasgow. Por otra parte, también se planea la unión entre Glasgow y Edimburgo, que reduciría el tiempo de viaje entre las dos ciudades a sólo 15 minutos. El fundador de Virgin, Sir Richard Branson, manifestó el interés para llevar trenes de alta velocidad Virgin Hyperloop al Reino Unido, alegando que podrían revolucionar el sistema ferroviario obsoleto del país al conectarse a máximas velocidades.

En el concurso Global Challenge de Virgin Hyperloop One en 2016, fueron seleccionadas dos rutas: la "Norte-Sur" y el "Arco Norte". La primera se trasladaría a través de Londres, Birmingham, Manchester y Edimburgo, formando un eje central de una red nacional de hyperloop. Al conectar áreas metropolitanas en el norte del Reino Unido, este nuevo trayecto incentivaría el crecimiento y brindaría un equilibrio económico. La otra ruta, llamada "Arco Norte" conectaría Glasgow con Liverpool en menos de una hora, con paradas en Edimburgo, Newcastle, Leeds y Manchester. La propuesta apunta a cerrar la brecha entre el Corredor M62 y el Cinturón Central de Escocia, con Newcastle como el nexo. El corredor podría crear una nueva mega región de más de un millón de personas, competitiva a nivel mundial con el área metropolitana de Londres.

7.6- ESTADOS UNIDOS

Baltimore – Washington DC: el plan se centra en una línea de 64 km que una Camden Yards en Baltimore y el Aeropuerto Internacional de Baltimore – Washington con Union Station en Washington DC. Esta propuesta se encuentra compitiendo con otras en estudio. La misma surgió en base a los problemas de tráfico existentes en esas zonas.

En octubre de 2017, se dieron a conocer tres posibles rutas para el proyecto. Al mismo tiempo, ese mismo plan de acción fue llamativo para Elon Musk. El Departamento de Transporte de Maryland otorgó la aprobación condicional a Musk's Boring Company para comenzar a construir un túnel bajo las carreteras estatales que eventualmente contendría el Hyperloop. Asimismo, ya se encuentra abonado el monto que se desprende del proceso de declaración de impacto ambiental. Se estima que pueden pasar dos años más hasta que decidan una de las tres rutas propuestas, si el proyecto se termina aceptando.

Pittsburgh Maglev: el plan consistía en la creación de un sistema en toda el área metropolitana de Pittsburgh; luego se ampliaría hacia el este de Harrisburg y Filadelfia.

En septiembre de 2018, un par de legisladores estatales solicitaron, por medio de la Resolución Nº 1057 de la Cámara de Representantes, que se estudie la posibilidad de implementación de un sistema hyperloop entre los estados de Filadelfia y Pittsburgh. El proyecto por el momento no cuenta con muchas oportunidades de ser llevado a cabo, principalmente por una cuestión de costos de inversión.

a capítulo 8

NUEVAS TECNOLOGÍAS EN DESARROLLO

b temas

- Hyperloop

8.1- HYPERLOOP

- Qué es y cómo funciona:

Es un nuevo medio de transporte pensado a los fines de mejorar la velocidad de los aviones, pero llevándolo a cabo en tierra como si fuese un tren.

Elon Musk escribió sobre esta novedosa tecnología. Supuso un tubo cerrado dentro del cual pasara el vehículo de transporte con el objetivo de obtener mayor seguridad y mejores tiempos de viaje. Hyperloop sería una especie de cápsula con el diámetro del cilindro que la contiene, para así evitar cualquier tipo de fricción dada la necesaria limitación de aire. Esto implica que el movimiento sería puesto en marcha mediante el concepto de levitación magnética.

El dispositivo comprendería varias cápsulas selladas con una capacidad de transporte de aproximadamente 35 personas. Durante la circulación, cada una de ellas estaría separada por unos 40 km.

La presión del aire es un punto importante para la movilidad de las cápsulas, por ello los aviones suelen viajar a 11.000 metros de altura. Dentro del tubo la resistencia al aire es la misma que se encontraría a 45.000 metros de altura. La baja presión del aire con la falta de uniones de materiales arroja como resultado un deslizamiento absoluto; además, la existencia de una turbina en la parte delantera que empuja el aire hacia atrás, ayuda a reducir aún más la resistencia al aire.

Se estiman velocidades de 1000 km/h, principalmente para grandes distancias. En lo concerniente a viajes más cortos, la velocidad promedio será de 400 km/h.

En los planos también se incorporaron propulsores ubicados cada cierta distancia, de modo de impulsar a la cápsula cuando pase por allí, manteniendo el impulso original.

El proyecto prevé que las capsulas salgan desde su punto de partida con diferencia de minutos, incluso segundos, dependiendo de la cantidad de pasajeros. Además de la ventaja del tiempo de viaje, este medio de transporte elimina inconvenientes como las cancelaciones sin previo aviso en los vuelos y la demora en efectuar check in y filas para comprar pasajes, dado que todo el proceso se controlará electrónicamente.

- Otras Ventajas de Hyperloop

Seguridad: al viajar en un tubo completamente cerrado y con cápsulas independientes entre sí, el nivel de seguridad es muy alto. Cada cápsula cuenta con ruedas con lo cual, en caso de despresurización, puede auto gestionarse y salir hasta el punto de evacuación más cercano.

Clima: no preocupan los vaivenes climatológicos dado que la cápsula de viaje se encuentra dentro de un cilindro cerrado. En cuanto a los terremotos, estos dispositivos disponen de un sistema flexible que brinda mayor seguridad.

Medio ambiente: Hyperloop no depende de combustibles fósiles; funciona con energía eléctrica. Funcionará mayormente con paneles solares ubicados en la parte externa del tubo que brindarán la mayor parte de la energía requerida para su funcionamiento. Incluso hasta se piensa en la autosuficiencia energética, generando más energía que la que precisa, pudiendo almacenar ese plus como para no tener que utilizar baterías.

Elon Musk creó una competición organizada por SpaceX con el objetivo de mejorar la tecnologia Hyperloop. Tal es así que el equipo Hyperloop UPV diseñó un prototipo único que es completamente autónomo, totalmente eléctrico y preparado para el vacío, que puede levitar a grandes velocidades (Imagen 7).

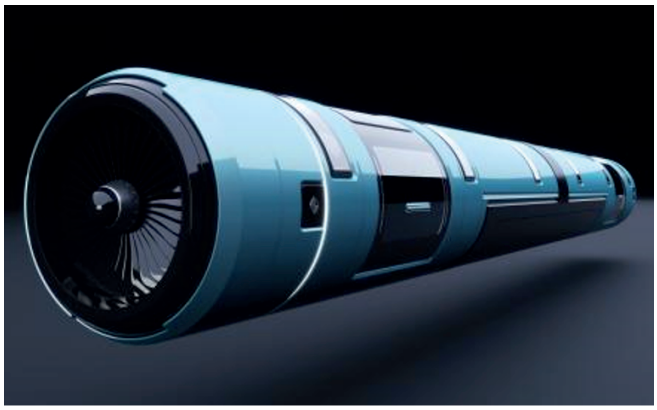

Imagen 7: Hyperloop UPV
Fuente:https://computerhoy.com/noticias/life/que-es-como-funciona-hyperloop-transporte-del-futuro-65431

El proyecto no está patentado, ya que la idea de Musk es que todo el mundo pueda colaborar en la mejora de la nueva tecnolo-

gía. La velocidad promedio ronda los 900 km/h, y el plan es que llegue a los 1200 km/h.

La construcción de un Hyperloop entre Los Ángeles y San Francisco costaría unos 6.000 millones de dólares, un valor bastante accesible dado el monto de una infraestructura parecida que cuesta 10 veces más. En pocos años se amortizaría la inversión del proyecto ya que los costos de mantenimiento son muy bajos.

- Tren de Hidrógeno

En sintonía con los nuevos avances en el campo del transporte de alta velocidad, Alemania puso en marcha el primer tren de pasajeros del mundo impulsado por hidrógeno. Se trata de dos trenes "Coradia iLint" construidos por el fabricante francés TGV Alstom, que recorren aproximadamente 100 km entre las ciudades de Cuxhaven, Bremerhaven, Bremervoerde y Buxtehude en el norte de Alemania y que reemplazan a los vehículos diésel existentes en dicho trayecto.

Los trenes cuentan con celdas de combustible que generan electricidad mediante una combinación de hidrógeno y oxígeno, un proceso que sólo libera agua y vapor al aire. El exceso de energía se almacena en baterías de litio/ion que viajan dentro del tren.

Estos trenes pueden efectuar trayectos de alrededor de 1000 km con un sólo tanque de hidrógeno, al igual que los que se alimentan de diésel. Sus características además son innovadoras: conversión de energía limpia, almacenamiento de energía en baterías y gestión inteligente de la potencia de tracción. Su diseño se encuentra apuntado a operar en líneas no electrificadas, con lo cual, permite una operación sostenible del tren garantizando altos niveles de rendimiento.

Los vehículos son propulsados a través de tracción eléctrica. La función de la celda es brindar energía eléctrica al combinar el hidrógeno que está almacenado en los tanques que viajan en el tren, con el oxígeno del aire. Por otro, la batería almacena el sobrante de la composición de la celda, y también la energía cinética del tren durante el frenado eléctrico (Imagen 8).

Los trenes de hidrogeno son más costosos, pero a su vez más ecológicos y silenciosos que los que funcionan mediante diésel. Dado que muchas ciudades alemanas necesitan combatir la contaminación del aire, esta innovación resulta muy atractiva a los fines de aumentar el uso de combustible renovable para el año 2050.

Numerosos países se encuentran analizando la incorporación de la nueva tecnología, entre ellos, Gran Bretaña, Dinamarca, Holanda, Noruega, Italia, etc. Francia puntualmente indicó que, para el 2022, quiere en funcionamiento el primer tren de este tipo en el país. Asimismo, la empresa Alstom informó que estarán entregando 14 trenes de cero emisiones al estado de Baja Sajonia para el 2021.

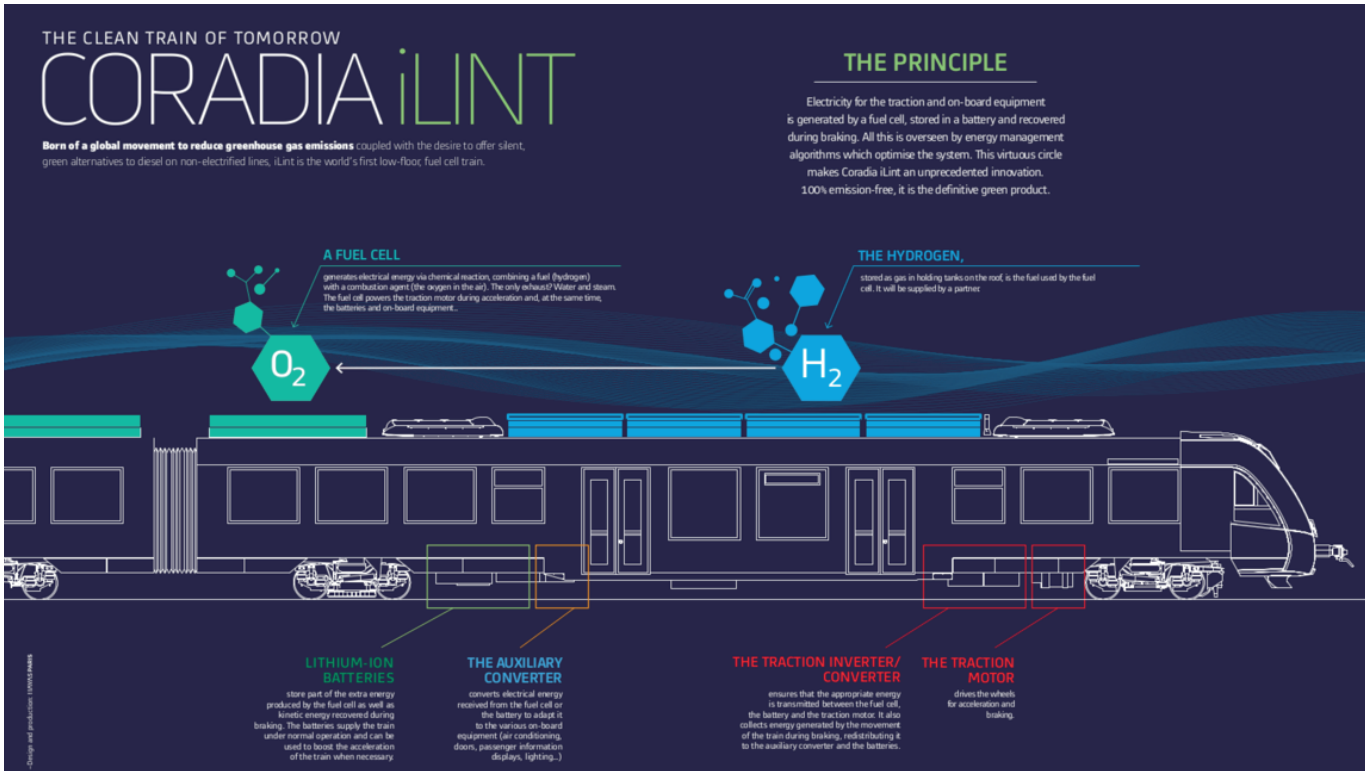

Imagen 8: Carácterísticas del Coradia iLint
Fuente:https://www.alstom.com/coradia-ilint-worlds-1st-hydrogen-powered-train#further-reading

La Iniciativa de hidrógeno firmada por 25 países de la Unión Europea, establece la solicitud a los gobiernos de incrementar la investigación abocada principalmente a almacenar el hidrógeno, dado su potencial para la descarbonización de la economía europea. El hidrógeno renovable se produce por electrolisis, un proceso que utiliza electricidad para dividir el agua en hidrógeno y oxígeno.

La energía renovable posee un rasgo distintivo y es su variabilidad, es decir, no se puede esperar que sea constante. La electricidad generada mayormente debe ser utilizada como se fabrica, no se poseen tecnologías de almacenamiento. Es por ello que el hidrógeno se presenta como un jugador importante. Es el recurso más abundante del universo y apto para ser almacenado en tanques presurizados para su uso futuro.

El hidrógeno derivado de la electrolisis puede no generar gases de efecto invernadero dependiendo de la fuente de electricidad que se utilice. Posee un gran potencial si, por ejemplo, se integra en un parque eólico junto a la generación de energía eléctrica, permitiendo contar con un nivel de flexibilidad para ir cambiando la producción a fin de que coincida mejor con la disponibilidad de recursos, con las necesidades operativas y las condiciones de mercado. Además, en caso de existir exceso de energía eléctrica, este remanente de producción podría ser aplicado a generar hidrógeno como subproducto. Con lo cual, el hidrógeno puede ser un elemento a tener en cuenta a la hora de buscar alternativas de suministro para transporte más ecológicos (Imagen 9).

Imagen 9: Tren Coradia iLint
Fuente:https://www.greentechmedia.com/articles/read/hydrogen-train-support-picks-up-speed-in-uk

capítulo 9

BIBLIOGRAFÍA

- http://www.maglev.in/inventors
- https://www.maglev.net/news/maglev-train-history:
- Álvarez Pelegry, Eloy; Ortiz Martínez, Iñigo, “La transición energética en Alemania (Energiewende)”, Mayo 2016.
- http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Maglev_train
- http://www.smtdc.com/en/gycf3.html
- https://science.howstuffworks.com/transport/engines-equipment/maglev-train.htm
- https://blogthinkbig.com/maglev-trenes-levitacion-magnetica
- https://www.ecured.cu/Tren_de_levitaci%C3%B3n_magn%C3%A9tica
- https://www.britannica.com/technology/maglev-trainG
- http://www.physics-and-radio-electronics.com/blog/magnetictrain-maglevtrain/
- https://www.thoughtco.com/basics-of-magnetic-levitated-trains-maglev-4099810
- https://slideplayer.com/slide/4220189/
- http://www.circuitstoday.com/working-of-maglev-trains
- https://propelsteps.wordpress.com/2015/04/23/know-how-maglev-trains-works-without-wheels/
- https://www.infobae.com/autos/2017/08/30/cuales-son-los-5-trenes-mas-rapidos-del-mundo/
- https://www.maglev.net/six-operational-maglev-lines-in-2018
- https://www.maglevboard.net/en/facts/projects
- https://computerhoy.com/noticias/life/que-es-como-funciona-hyperloop-transporte-del-futuro-65431
- https://www.theguardian.com/environment/2018/sep/17/germany-launches-worlds-first-hydrogen-powered-train
- https://www.euractiv.com/section/future-of-mobility/news/worlds-first-hydrogen-train-leaves-station-in-germany/
- https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production-electrolysis
- http://www.chinadaily.com.cn/china/2008-01/04/content_6369509.htm
- https://www.maglevboard.net/en/facts/systems-overview/transrapid-maglev/transrapid-maglev-shanghai
- https://www.hindustantimes.com/world-news/first-hyperloop-passenger-capsule-unveiled/story-1qd8r4H98kc5M2bGbzz1bO.html
- https://www.indiatoday.in/mail-today/story/indian-railways-next-generation-maglev-trains-fast-track-mumbai-ahmedabad-356522-2016-12-09
- https://www.theguardian.com/technology/2016/mar/11/elon-musk-hyperloop-old-europe-slovakia-california
- https://www.railway-technology.com/features/will-uk-become-first-country-virgin-hyperloop-trains/
- https://hyperloop-one.com/global-challenge-winner
- https://www.smartcitiesdive.com/news/is-the-renewed-push-for-high-speed-maglev-trains-in-the-us-realistic/507882/
- https://www.railway-technology.com/projects/chuo-shinkansen-maglev-line/

- https://cnnespanol.cnn.com/2016/11/01/con-este-tren-de-alta-velocidad-japon-quiere-volver-a-ser-el-rey-de-las-vias/
- https://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/es/index1.html
- http://electro111306.blogspot.es/1459275106/guia-lateral-y-propulsion-en-un-maglev/
- http://trenmaglevq.blogspot.com.es/2015/03/4-mecanismo-de-frenada_14.html
- https://highspeedrailshsr.weebly.com/impacts.html
- https://www.duramag.com/techtalk/halbach-arrays/benefits-and-drawbacks-to-using-halbach-arrays/
- https://www.elmundo.es/economia/2018/06/27/5b328f2c22601ded1d8b4602.html