

## XXVII CONGRESO DE INVESTIGACIÓN CUAM- ACMor

### *Magnetismo como energía viable en el transporte.*

Cuaya Luna Àngel , Cuaya Luna Blanca, Cuaya Luna Josué Francisco.

Profesor Asesor: José Antonio Mangas Espinosa.

Instituto Mexicano Madero, Plantel Zavaleta

Área Construcción de Prototipos, Experimental de campo o demostración, Nivel Secundaria

### I. ANTECEDENTES

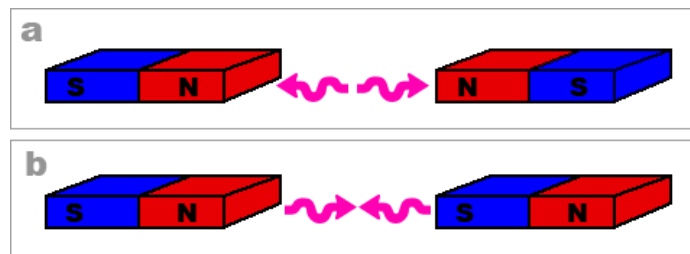
Existen ciertos tipos de minerales como la magnetita que tiene la propiedad de atraer al hierro y a otros metales (*niquel, cobalto*) denominado imán. Esta propiedad recibe el nombre de magnetismo y la interacción responsable de ella se llama fuerza magnética.

Esta fuerza magnética aparece concentrada en ciertas partes del material que la manifiesta (*no está uniformemente distribuida por el cuerpo*), donde las fuerzas magnéticas son más intensas y denominadas polos magnéticos.

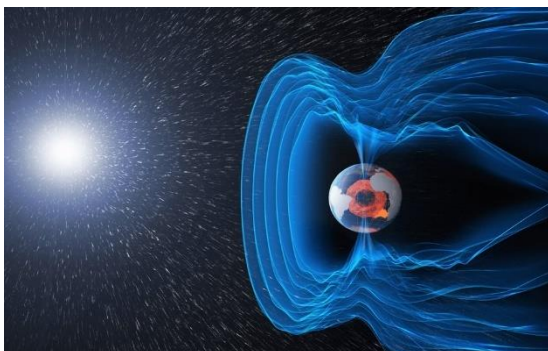
Un cuerpo magnetizado (*imán*), el magnetismo está concentrado en sus extremos y disminuye al acercarnos al centro.

El polo norte de un imán se orienta hacia el norte geográfico, mientras que el polo sur lo hace hacia su respectivo y gracias a esta propiedad es cómo funcionan las brújulas.

La orientación de los imanes se produce como consecuencia de las fuerzas magnéticas de atracción y repulsión entre polos opuestos u homólogos.



*Imagen 1: Demostración Gráfica leyes de atracción y repulsión*



*Imagen 2: Representación gráfica de la magnetósfera terrestre*

Aunque el magnetismo terrestre ya había sido utilizado en las primeras brújulas. El físico inglés William Gilbert fue el primero en señalar que la Tierra actúa como un enorme imán debido a la existencia de una masa de hierro en su núcleo. Las corrientes eléctricas en el núcleo del planeta generan la mayor parte del campo magnético. (*imagen 2*)

Los polos magnéticos son dos puntos en la superficie de la Tierra donde se encuentran sus líneas de fuerzas magnéticas. Las posiciones de los polos magnéticos no son constantes, y año con año se observan notables cambios. El campo magnético de la Tierra tiene la tendencia a trasladarse hacia el Oeste a razón de 19 a 24 km por año.

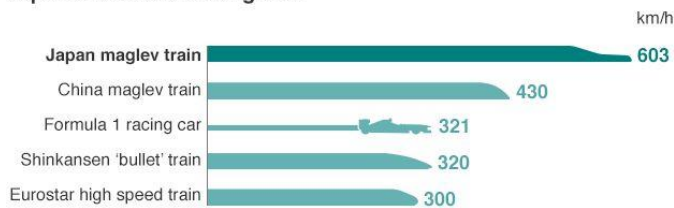
La sensación de mantenerse en el aire sin ningún punto de apoyo se le llama levitación. Por lo tanto se conoce como “*levitación magnética*” al fenómeno por el cual un material dado puede suspenderse gracias a la repulsión entre polos iguales de dos imanes que será explicado más adelante.

Este fenómeno ha sido aprovechado en el desarrollo tecnológico de los últimos tiempos, creando medios de transporte que funcionan por levitación magnética, un claro ejemplo de ello, es el sistema de trenes Maglev (*Magnetic levitation*), que funcionan por la fuerza de repulsión ejercida entre dos materiales superconductores, haciendo que el tren se suspenda en el aire, suministrando fuerza para que el tren empiece a moverse y contrarrestar el empuje del aire.



**Imagen 3:** Tren Maglev de Japón

Japan's record-breaking train



Debido a lo anterior, el sistema Maglev, es considerado económico, ecológico y veloz (**Imagen 4**), ya que la fricción evitada, impide el libramiento de las partes del tren y así mismo su deterioro; la fuerza de propulsión es mínima y usa en mayor parte energía eléctrica, lo que ahorra uso de combustibles.

**Imagen 4:** Tren Maglev de Japón como el más veloz

Al igual que cualquier tipo de vehículo, el desarrollo de los trenes maglev está basado en 3 variables a considerar en este tipo de vehículos: *principio de levitación magnética, estabilización magnética y propulsión.*

## 1. Levitación Magnética

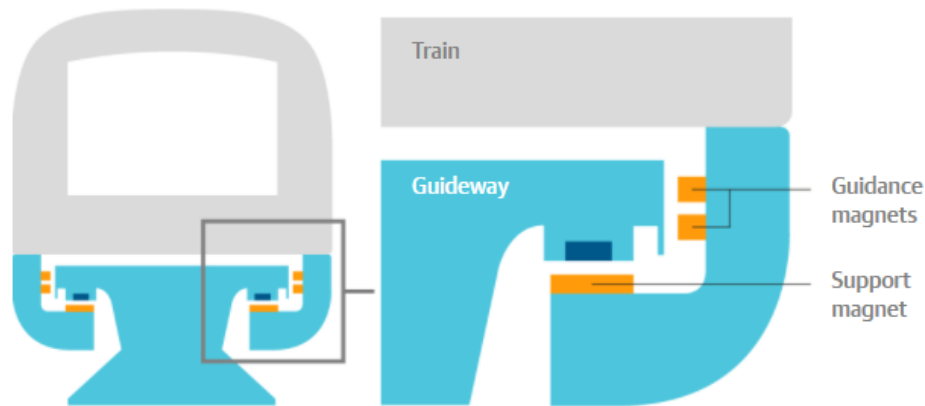
La levitación magnética es el efecto producido por la repulsión creada por materiales superconductores e imanes, la repulsión es generada por la fuerza ejercida por los campos magnéticos de dichos materiales, dicha fuerza es inversamente proporcional a la distancia de separación de los materiales. La mayor dificultad de los sistemas Maglev, es que son sistemas inestables, ya que la fuerza magnética ejercida no es realizada en el punto de equilibrio. Por ello se utilizan configuraciones que permiten un movimiento uniforme del tren con la pista que lo dirige.

La levitación magnética en transporte, en este caso trenes (*Maglev*), se presenta en tres formas presentadas a continuación:

### 1.1 EMS Suspensión Electromagnética

El primero es llamado suspensión electromagnética (**E.M.S**) y usa electroimanes convencionales en las caras laterales de las estructuras debajo del tren, lo cual genera levitaciones de 1 cm aproximadamente. (*Imagen 5*).

Cuando se ponen en marcha los electroimanes situados sobre el vehículo, se genera una fuerza de atracción. Ya que el carril no puede moverse, son los electroimanes los que se mueven en dirección a éste elevando con ellos el tren completo. Sensores en el tren se encargan de regular la corriente circulante en las bobinas, como resultado el tren circulará a una distancia de aproximadamente un centímetro del carril guía. Unos electroimanes encargados de la guía lateral del vehículo serán colocados en los laterales del tren de manera que quede garantizado su centrado en la vía.



**Imagen 5:** Sistema EMS



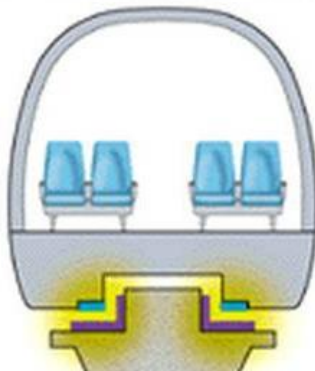
**Imagen 6:** Tren Maglev EMS en Virginia USA.

La principal ventaja de las suspensiones EMS es que usan electroimanes en vez de los complicados imanes superconductores que exige la suspensión EDS. Por no necesitar imanes superconductores, no son necesarios, complicados y costosos sistemas de refrigeración. Aún así los trenes de suspensión EMS sufren ciertas limitaciones, la principal es su inestabilidad. Otra de las limitaciones de este diseño es la enorme precisión necesaria en su construcción, lo cual encarece su producción. Una pequeña desviación de unos pocos milímetros a lo largo de la estructura del tren puede provocar un desastre

además, con unas tolerancias tan pequeñas un simple terremoto podría destruir completamente todo un sistema de líneas Maglev. Por otro lado la amplitud del hueco entre vehículo y guía no puede ampliarse porque el costo de esto haría al sistema prohibitivo.

### 1.2 EDS Suspensión Electrodinámica

#### **ELECTRODYNAMIC**



**Imagen 7:** Sistema de tren Maglev EDS funcionando gracias a superconductores.

El segundo es llamado suspensión electrodinámica (**E.D.S**) y usa la fuerza producida entre los imanes del tren y los del carril de éste, este sistema es capaz de generar levitaciones de hasta 15cm, lo cual es una gran ventaja, ya que disminuye notoriamente la posibilidad de algún contacto físico con el tren; pero sus gastos son mayores ya que los electroimanes necesitan constantemente ser refrigerados.

La levitación EDS se basa en la propiedad de ciertos materiales de rechazar cualquier campo magnético que intente penetrar en ellos. Esta propiedad se da en superconductores y es llamada "Efecto Meissner", propiedad inherente a los superconductores.

La superconductividad es una característica de algunos compuestos, los cuales, por debajo de una cierta temperatura crítica, no oponen resistencia al paso de la corriente; es decir: son materiales que pueden alcanzar una resistencia nula. En estas condiciones de temperatura no solamente son capaces de transportar energía eléctrica sin ningún tipo de pérdidas, sino que además poseen la propiedad de rechazar las líneas de un campo magnético aplicado.

En diversos prototipos de suspensión EDS se ubica un material superconductor a los lados de la parte inferior del vehículo, tal como puede observarse en la *Imagen 7*. Este pasa a unos centímetros de un conjunto de bobinas situadas sobre el carril guía. Al moverse el vehículo a lo largo del carril se inducirá una corriente en las bobinas de este, las cuales actuarán entonces como electroimanes. Al interactuar con los superconductores montados en el tren, se producirá la levitación. Debido a esto, la fuerza de levitación será cero cuando el vehículo se encuentre parado; para esto el tren tiene incorporadas unas ruedas neumáticas. Estas funcionan de la siguiente manera: como la fuerza de levitación aumenta con la velocidad, cuando la velocidad alcanzada por el tren es la suficiente para que este se eleve, las ruedas quedan entonces “en el aire” y por lo tanto, inutilizadas. De la misma manera, cuando la velocidad empieza a disminuir, lo que hace que disminuya la fuerza repulsiva, el tren comienza a descender hasta que las ruedas quedan apoyadas, y así se detiene.

Este sistema permite levitaciones de hasta 15 cm, lo cual supera por mucho al sistema EMS. Esto permite hacer guías menos precisas para este tipo de Maglevs y los protege de los daños que pequeñas deformaciones en terremotos pudieran producir. Además, un tren con suspensión EDS se amolda a las curvas compensando la aceleración lateral inclinándose, de manera que ninguna perturbación es sentida dentro del vehículo.

La principal desventaja en este sistema son los grandes costos de los materiales superconductores y de los potentes sistemas de refrigeración necesarios para mantener a estos a una baja temperatura sin embargo este tipo de trenes presentan grandes ventajas:

- Debido a la falta de rozamientos, la velocidad máxima teórica que puede alcanzar es muy superior a la de un tren convencional.
- Es un tren muy seguro, pues sus características constructivas hacen imposible el descarrilamiento.
- Como no existe contacto entre las partes móviles, éstas apenas se desgastan. Además desaparece la catenaria. Todo esto facilita el mantenimiento de los vehículos y la vía.
- Presenta niveles muy bajos de contaminación acústica. La única fuerza que limita su avance es la resistencia del aire.

El tren mas conocido se encuentra en Japón donde existe en la actualidad la línea Tokyo-Osaka del tren bala Tokaido Shinkasen que es utilizada diariamente por un gran número de pasajeros.

Dicha línea fue inaugurada en 1964 y dicho tren alcanza una velocidad máxima de 270 Km/h (*actualmente el nuevo tren alcanza una velocidad de 603 km/h*); recorre la totalidad de la distancia de la línea en 150 minutos, y transporta alrededor de 140 millones de pasajeros al año. Cada día salen de la estación central de Tokyo 140 trenes con 16 vagones.

Cada tren mide 400 m y puede llevar hasta 1300 pasajeros. Debido a que la demanda es superior a la oferta es obvio que Japón necesita otra línea de alta velocidad entre Tokyo y Osaka, y de del proyecto del tren de levitación en este país.



**Imagen 8:** Tren Maglev EDS en Tokyo, Japón

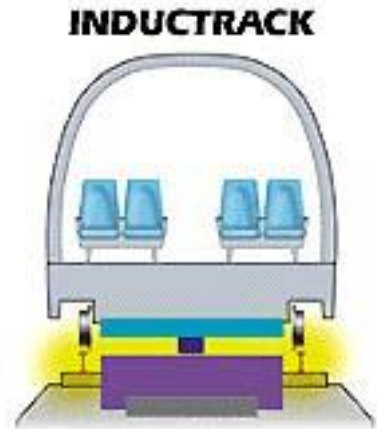
### 1.3 Inductrack

En una investigación publicada hace varios años, el doctor Richard Post del Lawrence Livermore National Laboratory desarrolló un sistema Maglev que evita las mayores fallas de los sistemas EMS y EDS explicados con anterioridad.

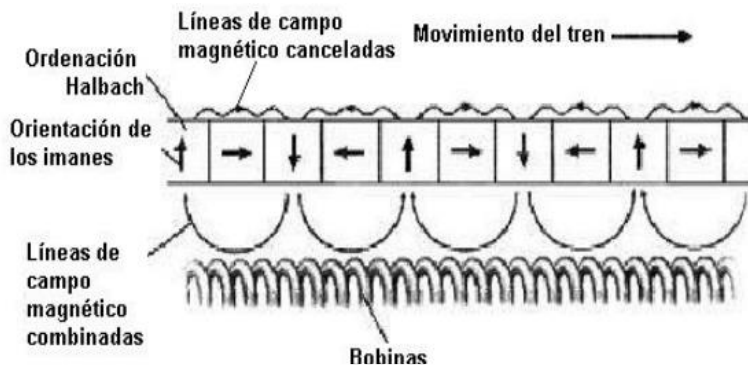
La Inductrack es esencialmente un sistema EDS que, en vez de materiales superconductores, utiliza imanes permanentes. Antes que el Dr. Post idease esto, se creía que los imanes permanentes proveerían una fuerza de levitación demasiado pequeña como para ser útil en cualquier diseño Maglev.

La solución encontrada por el equipo de Livermore fue emplear una distribución especial de poderosos imanes permanentes, conocida como una ordenación Halbach ("Halbach array"), para crear una fuerza de levitación lo suficientemente poderosa para hacer funcionar un maglev.

En esta ordenación, barras magnéticas con grandes campos son dispuestas de manera que el campo magnético de cada barra esté orientado en un ángulo correcto con la barra adyacente. La combinación de las líneas de campo magnético de esta ordenación resulta en un poderoso campo debajo de esta y prácticamente ningún campo arriba.



**Imagen 9:** Sistem Inductrack con Imanes permanentes



**Imagen 10:** Ordenación Halbach

Como en el sistema EDS, la levitación es generada por las fuerzas repulsivas entre el campo magnético de los imanes en la ordenación Halbach y el campo magnético inducido en la vía conductora por el movimiento de los imanes (ya que estos ocupan el lugar de los superconductores en el sistema EDS).

La vía Inductrack contendría dos filas de bobinas que actuarían como rieles. Cada uno de estos "rieles"

estaría rodeado por dos ordenaciones Halbach de imanes (las cuales estarían ubicadas debajo del vehículo): una posicionada directamente sobre el "riel" y la otra a lo largo del lado interior del mismo.

Los imanes sobre las bobinas proveerían de levitación al vehículo, mientras que los imanes a los lados de las bobinas se encargarían del guiado lateral. Como en el sistema EDS esta levitación sería muy estable, ya que las fuerzas de repulsión aumentan exponencialmente al disminuir la distancia entre el vehículo y la guía. La Inductrack posee una considerable ventaja en eficiencia sobre los otros sistemas.

Como resultado de utilizar imanes permanentes, la levitación en un tren Inductrack es independiente de cualquier fuente de energía, en contraste con los complejos electroimanes en el sistema EMS o los costosos equipos criogénicos en el EDS. Por lo tanto, los trenes Inductrack sólo requerirían energía para propulsión y las únicas pérdidas serían la ocasionada por la fricción con el aire y la ocasionada por la resistencia eléctrica en los circuitos de levitación (bobinas).

El prototipo creado en esta investigación funciona con principios de atracción y repulsión principalmente, basados en algunos principios del sistema Inductrack como el uso de imanes permanentes, pero no todos los principios, tal es el caso de la sucesión Halbach que no empleo en la construcción del prototipo.

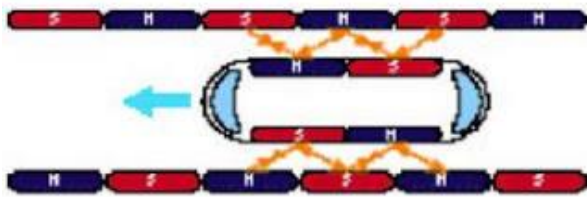
## 2. Estabilización

El segundo principio en el cual se basan los trenes Maglev es la estabilización magnética. Para el sistema Maglev, es un problema del cual se requiere tener un control de las fuerzas magnéticas para que actúen en el centro de equilibrio. La estabilización siempre debemos realizarla respecto solo a dos ejes coordinados: hacia las caras laterales del tren, y al eje vertical; si lo hiciéramos en los tres ejes coordinados impediríamos totalmente el movimiento del tren.

Las razones por las que se presentan problemas de estabilización del tren con la pista son variadas, entre ellas encontramos: la fuerza producida por el viento, la inercia en la toma de curvas, la inestabilidad generada por el sistema de propulsión. También influye el tipo de sistema que se esté usando, como el sistema E.M.S sólo produce separaciones de 1 cm entre el tren y la pista, se debe estar controlando esta distancia constantemente por una computadora para evitar choques. En los sistemas E.D.S no es necesario tener un control de ello ya que las distancias son lo suficientemente grandes. En los sistemas Inductrack son necesarios una forma externa para mantener estabilidad.

## 3. Propulsión

Partimos de la idea que si un objeto, se encuentra en el vacío, se le aplica una fuerza en una dirección, este se va a mover a velocidad constante durante un periodo de tiempo infinito.



*Imagen 11: Ejemplo de propulsión usada en trenes Maglev*

Algo similar podemos decir del sistema Maglev; como no se ve afectado por ningún tipo de fricción, la única fuerza necesaria para su movimiento sería la fuerza inicial y la suficiente para cortar el empuje del aire. Las velocidades máximas promedio de un Maglev es de 450 km/h, y su razonamiento de combustible es un 60% menos que el de un vehículo común.

El sistema de propulsión para ejercer un movimiento sobre el vehículo es un motor lineal, muy parecido a un motor eléctrico; para mantener el movimiento del tren es necesaria una corriente alterna que circula a través de la pista, generando campos magnéticos, contrarios a los del rotor ubicado en el tren, que gira haciendo que el polo norte y sur se invierten constantemente e interactúen con los siguientes en la pista, así mismo propulsando el tren.

Para regular la velocidad del Maglev, se debe controlar la frecuencia de giro del rotor variando la cantidad de corriente en la pista, ya que la corriente viaja en dirección proporcional a la del tren. Para frenar un Maglev puede realizarse el mismo método de propulsión, invirtiendo el curso de la corriente alterna, creando una fuerza en sentido contrario al desplazamiento del tren. La velocidad promedio de frenado de un Maglev es 2 m/s. En los sistemas E.M.S y E.D.S cuando alcanza un velocidad de 2.7 m/s, deja de levitar y sacan unas ruedas, que hacen que el tren se frene por la fricción ejercida con la pista y algunos casos usando un sistema de frenos hidráulico. En los trenes Inductrack la propulsión tiene que ser producida por un factor externo como energía eléctrica u otro campo magnético.

## **II. PROBLEMA**

El uso del petróleo, un recurso no renovable y contaminante a causa de su producción, como el principal medio para la creación de productos usados en el transporte.

## **III. JUSTIFICACIÓN**

La importancia de encontrar diferentes métodos para aprovechar fuentes de energía alternas, se ha vuelto vital ante la necesidad de evitar los problemas que los actuales métodos de energía no renovable han provocado como la contaminación, problemas ambientales y la demanda creciente. Por esta razón, las propuestas que implican el uso de energías renovables, se han vuelto una propuesta cada día más viable.

El magnetismo es un ejemplo de estas, es una de las energías que se encuentran naturalmente en nuestro entorno, no obstante, son pocos los países donde se ha realizado investigación sobre este tipo de energía.

Es necesario dar propuestas para el uso de energía renovable en todos los aspectos posibles, en este caso, en el transporte.

## **IV. OBJETIVO GENERAL**

Crear un prototipo con el cual podamos demostrar las leyes magnéticas de atracción y repulsión.

## **V. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Considerar la levitación magnética como una fuente de energía alterna en un mundo contaminado por combustibles fósiles.
- Crear un prototipo capaz de moverse a partir de las leyes físicas que rigen la levitación magnética tales como: *la levitación magnética y la estabilización magnética en la primera fase*

## **VI. HIPÓTESIS:**

Es posible construir un prototipo capaz de mantenerse suspendido por levitación magnética y su estabilidad radica en el aprovechamiento de las fuerzas magnéticas.

## **VII. METODOLOGIA PARTE A**

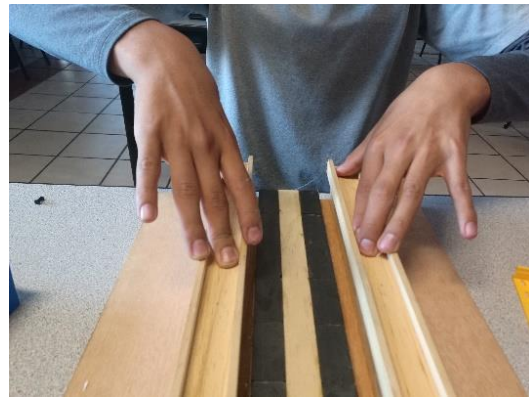
Para elaborar nuestro prototipo se requirió el siguiente material:

- 1) 6 imanes de neodimio (*1cm de diámetro*)
- 2) 26 imanes comunes rectangulares
- 3) 1 placa de Unicel
- 4) 1 placa de madera
- 5) 2 placas de madera
- 6) 4 placas de madera
- 7) Silicon frío y caliente
- 8) Pegamento UHU
- 9) 6 clavos
- 10) 2 hilos de color azul de 30 cm de largo
- 11) Materiales de construcción prediseñados

1. Se necesitó diseñar el vehículo inicial, para ello, se consideró: plástico, unicel y cartón. Se escogió el unicel por su maleabilidad para crear un prototipo que se pueda adaptar al diseño y por su peso ligero. Fue cortado en un cuadro de **(Imagen 12)**
2. Una vez diseñado el “vehículo” se le adhirieron 6 imanes de neodimio circulares de  $\frac{1}{2}$  m de diámetro: 3 en la parte inferior izquierda y del mismo modo en el lado derecho. **(Imagen 12)**
3. Se diseñaron 2 bases con soporte para ruedas con el fin de evitar desequilibrio en el vehículo .
4. Se diseñaron las bases del carril en una base de una placa de madera de aproximadamente 100 cm de largo con dos barras horizontales de la misma longitud **(Imagen 13)**
5. Se ponen los imanes comunes sobre el carril ya prediseñado con polos opuestos a los imanes de neodimio, ya adheridos en el vehículo para imitar una levitación magnética. **(Imagen 13)**
6. Se anexan 2 ruedas en los extremos para equilibrar y dirigir el peso del móvil. **(Imagen 17)**
7. Con material de plástico prediseñado se elaboró el armazón del vehículo que ofrece peso. **(Imagen 14)**
8. Se agregaron poleas como sistema de guía para el movimiento del vehículo. **(Imagen 15, 16 y 18)**



**Imagen 12:** Base de Unicel e Imanes de Neodimio

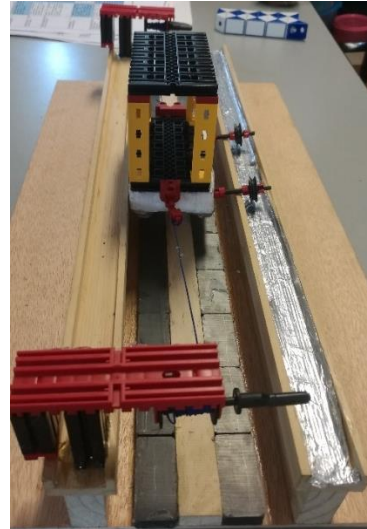


**Imagen 13:** Base con Rieles





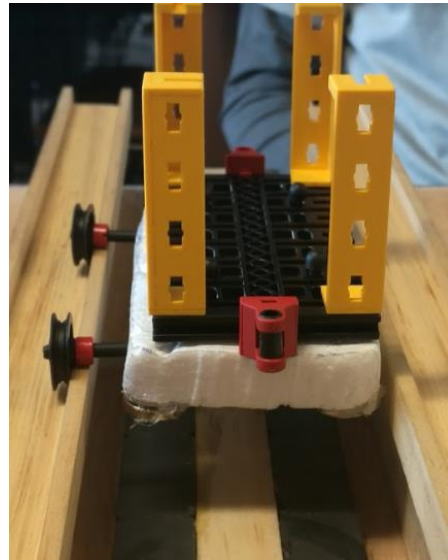
**Imagen 14:** Vehículo con armazón de los materiales de construcción prediseñados



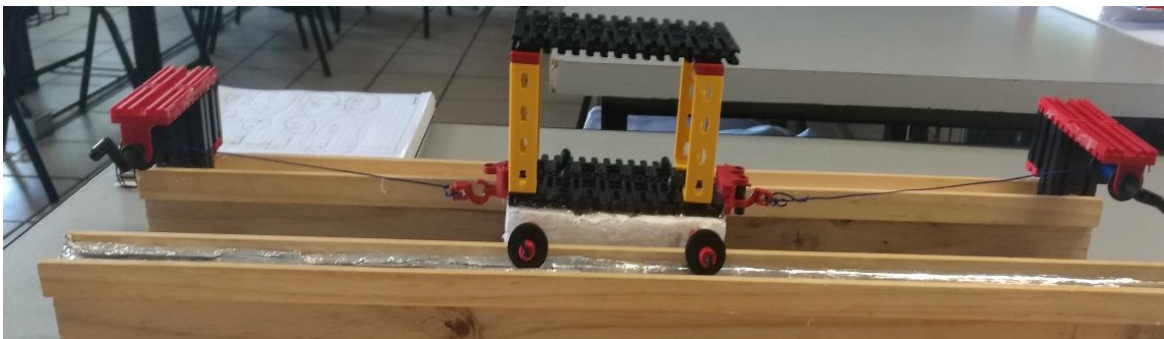
**Imagen 15:** Prototipo con poleas



**Imagen 16:** Prototipo con poleas levitando



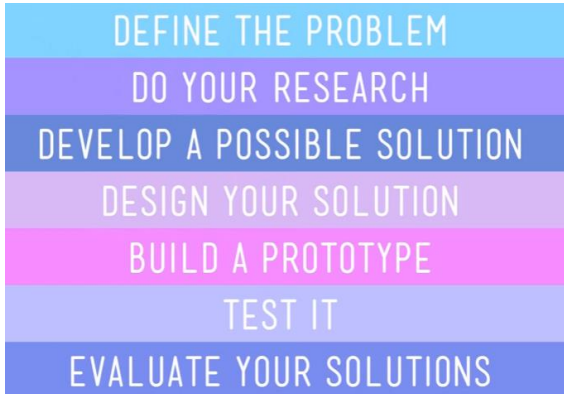
**Imagen 17:** Prototipo en la fase de construcción levitando.



**Imagen 18:** Metodología parte A terminada

## VIII. METODOLOGÍA PARTE B

El proceso de la ingeniería es una serie de pasos que los ingenieros utilizan para guiarse así como para solucionar problemas. (*imagen 19*)



En español se definen como:

- 1) Definir el problema
- 2) Realizar una investigación
- 3) Desarrollar una posible solución
- 4) Diseñar la solución
- 5) Construir un prototipo
- 6) Realizar pruebas
- 7) Evaluar la solución (*En este paso se evalúa si se puede mejorar el prototipo y cómo*).

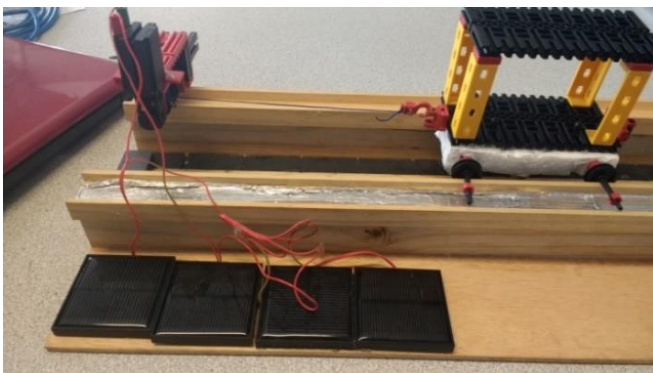
**Imagen 19:** Proceso de la ingeniería

Siguiendo los pasos del proceso de ingeniería, logramos mejorar el prototipo utilizando lo siguiente:

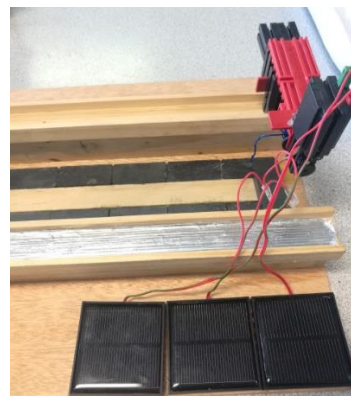
- 1) 7 fotoceldas
- 2) Cinta adhesiva transparente
- 3) 2 motores eléctricos

Una fotocelda es un dispositivo electrónico que es capaz de producir una pequeña cantidad de corriente eléctrica al ser expuesta a la luz. Entre sus aplicaciones típicas están las de controlar el encendido-apagado de una lámpara, por ejemplo, o de producir el voltaje suficiente para recargar una batería o cualquier otra aplicación en que se requiera una fuente de voltaje.

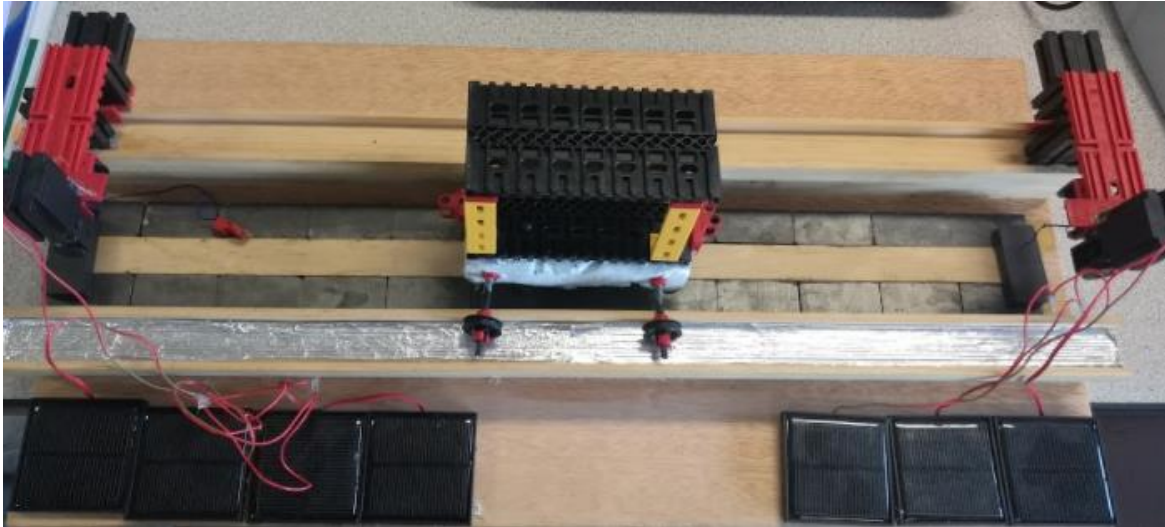
1. Se agregaron 7 fotoceldas solares en total como adaptación para sustituir energía mecánica por energía solar. 4 en un extremo y 3 en el lado opuesto (*Imagen 20 y 21*)
2. Se utilizaron 2 motores eléctricos que funcionan a través de la energía solar para generar el movimiento de las poleas. (*Imagen 20 y 21*)



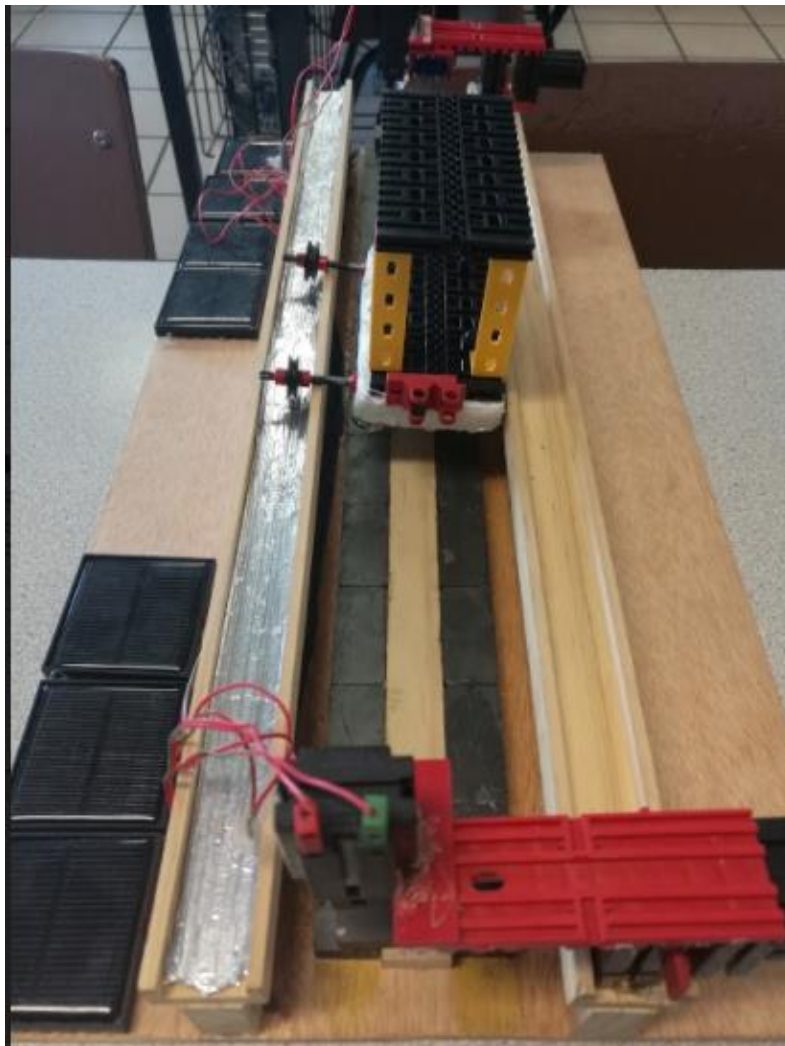
**Imagen 20:** Prototipo con 4 fotoceldas



**Imagen 21:** Prototipo con 3 fotoceldas



*Imagen 22: Metodología parte B terminada*



*Imagen 23: Metodología parte B terminada*

## IX. RESULTADOS:

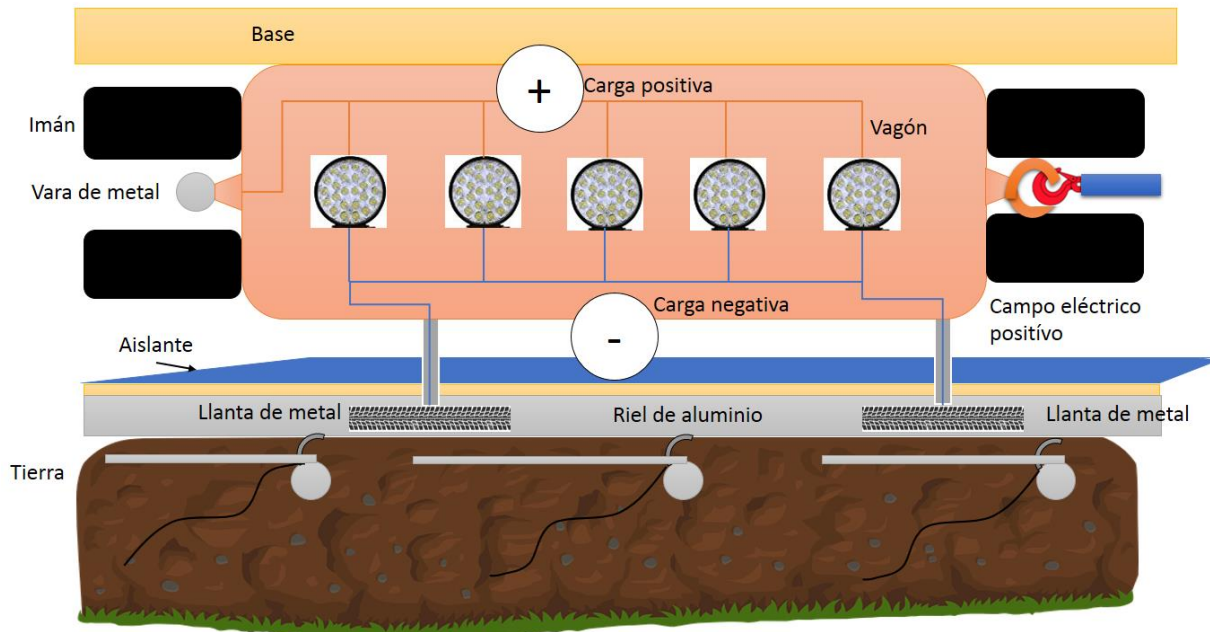
1. Diferentes aspectos se presentan como dificultad en el momento de la fabricación del vehículo y el prototipo: Uno de ellos fue mantener estable el vehículo. Los imanes al buscar una forma de juntarse por polos opuestos, causaron inestabilidad volteando el vehículo totalmente en los rieles de la pista.
2. El prototipo logró estabilizarse con la madera lo que permitió en conjunto con la metodología el cumplimiento de la hipótesis.
3. Al ser considerado un vehículo, y no tener contacto con el suelo, el peso que este es capaz de soportar es de gran importancia. Se conoce que un vehículo debe de ser capaz de soportar un 10% de su peso total, simulando las condiciones de pasajeros y un máximo de 15%. En la siguiente tabla, se muestran 4 diferentes pesos que se probarón en el vehículo. (*Porcentaje considerado al el peso total del movil de 145 gramos*)

<i>Peso</i>	<i>Estabilidad</i>	<i>Porcentaje</i>
<b>5 gramos</b>	Si	3.44%
<b>15 gramos</b>	SI	10.35%
<b>26.5 gramos</b>	Si	18,27%
<b>Falta peso!!</b>	No	44.5%
<b>114.5 gramos</b>	No	78.96%

**Tabla 1:** Información de la estabilidad y el porcentaje

## X. CONCLUSIÓN:

1. El objetivo se cumplió, ya que a través de nuestro prototipo pudimos demostrar las leyes magnéticas de atracción y repulsión.
2. La hipótesis se cumplió ya que nuestro móvil permaneció suspendido debido al aprovechamiento a las fuerzas magnéticas.
3. La fuerza de gravedad muestra su efecto a través del peso de los elementos que forma el móvil, mismo que es necesario cuidar para que las fuerzas magnéticas no desequilibren nuestro móvil demostrados en los resultados de peso.
4. Se puede desarrollar de mayor forma el prototipo resolviendo problemas como la fricción que existe en el movimiento del tren principalmente que resolvería, al mismo tiempo, problemas de inestabilidad.
5. Se descubrió que se puede generar energía eléctrica, atrayendo la carga positiva generada por el campo eléctrico de los imanes con una vara de metal y una carga negativa a través de la tierra conectada al riel cubierto por aluminio donde pasan las ruedas de metal y entre ambas cargas (*campo eléctrico positivo y un campo negativo a través de la tierra*). Se colocaría un aislante de goma con el fin de evitar el libramiento de electrones que se liberen en el ambiente y sean aprovechados para la generación de energía eléctrica. (**Imagen 24**)



**Imagen 24:** Diseño de autosustentabilidad del prototipo

6. Al aplicar lo que se aprecia (**imagen 24**) se puede sustituir las fotoceldas por este nuevo generador eléctrico para hacer el tren autosustentable.
7. Las fotoceldas pueden ser utilizadas para generar una nueva fuente de energía al momento de ser sustituidas por la nueva fuente creada de energía.

#### **IMPACTO SOCIAL:**

1. El transporte como una necesidad básica sustituyendo el transporte cotidiano de una forma ecológica tales como camiones, trenes convencionales metro y transporte articulado que generalmente presentan desventajas que los trenes Maglev superan en velocidad y capacidad.
2. Un tren promedio es capaz de transportar aproximadamente de 310 a 320 personas a diferencia de un autobús moderno que tiene una capacidad de 44 pasajeros, por lo que podemos calcular que un tren tiene una capacidad 7 veces mayor que un autobús promedio.

#### **IMPACTO AMBIENTAL:**

1. En nuestro prototipo se sustituyó la energía mecánica que hace referencia a energía mecánica impulsado por energía eléctrica o energía derivada de fuentes no renovables por una energía renovable denominada energía solar que permite el movimiento de nuestro prototipo.
2. El prototipo no requiere el uso de llantas para tener movimiento del mismo, por lo cual es ecológico en ese ámbito.
3. El prototipo requiere un aislante en ambos lados para retener la carga eléctrica positiva de electrones, por lo cual se ecologiza al reciclar hule, por ejemplo neumáticos u otros materiales provenientes para generar un nuevo aislante hecho de material reciclado.
4. Como ya se mencionó, la sustentabilidad eléctrica demostrada teóricamente llega a ser de gran importancia, ya que el campo magnético de los imanes produce carga positiva sin interrupción, del mismo modo los huecos, que son producidos por la tierra que tiene carga negativa no deja de recibir dicha carga, lo que teóricamente permite crear una nueva fuente de energía eléctrica sin suspensión.

## XI. BIBLIOGRAFÍA:

1. Cristian Camilo Segura Pinzón. (-). LEVITACIÓN MAGNÉTICA EN SISTEMAS DE TRANSPORTE. Marzo 2017, de Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola Sitio web: <https://electromagnetismo2010a.wikispaces.com/file/view/LEVITACI%C3%93N+MAGN%C3%89TICA.pdf>
2. Ángel Franco García. (5 de Mayo de 2008). Levitación magnética. Marzo 2017, de - Sitio web: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/materiales/superconductor/superconductor.html>
3. Gabriel Perren . (2003). ESTUDIO DE LAS APLICACIONES PRÁCTICAS DE LA LEVITACIÓN MAGNÉTICA (TRENES MAGLEV). Marzo 2017, de - Sitio web: <http://www.fceia.unr.edu.ar/~fisica3/MagLev.pdf>
4. Ing. guillermo lópez monroy. (2009). Energía nuclear como una solución sustentable para satisfacer la demanda de energía eléctrica. Mayo 2017, de UNAM Sitio web: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1526/Tesis%20Completa.pdf?sequence=1>
5. Gabriel A. Jaramillo Morales, Alfonso A. Alvarado Castellanos.. (2003). Electricidad y magnetismo.. Mayo 2017, de UNAM Sitio web: <http://dcb.fic.unam.mx/users/franciscompr/docs/Tema%204/4.1%20y%204.3%20Introduccion%20al%20magnetismo.pdf>
6. Profesor Eduardo Abraham Escárcega Pliego. (2010). Introducción a los conceptos sobre Fuerza Magnética y Campo Magnético. Mayo 2017, de Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel sur, Universidad Nacional Autónoma de México. Sitio web: <http://www.paginaspersonales.unam.mx/files/802/fuerzamagnetica-libroe-1b.pdf>
7. Real Academia Española. (2014). Levitación. Febrero 02, 2017, de Diccionario de la lengua española (23.a ed.). Sitio web: <http://dle.rae.es/?id=NCechcD>
8. Moreno J. G., Garrido F. y Mandujano R.. (2015). Imán. Febrero 01, 2017, de Academia Mexicana de la Lengua. Sitio web: <http://www.academia.org.mx/iman>
9. Moreno J. G., Garrido F. y Mandujano R.. (2015). Magnetismo. Febrero 01, 2017, de Academia Mexicana de la Lengua. Sitio web: <http://www.academia.org.mx/Magnetismo>
10. de Corona M. . (Enero 01, 2017). Electricidad y Magnetismo. Enero 12, 2017, de Discovery en la escuela. Sitio web: [http://discoveryenlaescuela.com/assets/quias/docs/es-MX/114electricity\\_c.pdf](http://discoveryenlaescuela.com/assets/quias/docs/es-MX/114electricity_c.pdf)
11. H. Rodriguez. (Octubre 05, 2016). Océanos magnéticos, Tierra eléctrica. Marzo 03, 2017, de National Geographic. Sitio web: [http://www.nationalgeographic.com/es/ciencia/actualidad/oceanos-magneticos-tierra-elctrica\\_10756](http://www.nationalgeographic.com/es/ciencia/actualidad/oceanos-magneticos-tierra-elctrica_10756)
12. BBC News. (Abril 21, 2015). Japan maglev train breaks world speed record again. Octubre 12, 2016, de BBC. Sitio web: <http://www.bbc.com/news/world-asia-32391020>

13. McCurry J.. (Abril 21, 2015). Japan's maglev train breaks world speed record with 600km/h test run. Noviembre 02, 2016, de The Guardian. Sitio web: <https://www.theguardian.com/world/2015/apr/21/japans-maglev-train-notches-up-new-world-speed-record-in-test-run>
14. CEMAER. (Enero 01, 2016). Qué Son las Fococeldas. Febrero 12, 2017, de Centro de Estudios en Medio Ambiente y Energías Renovables Sitio web: <http://www.cemaer.org/que-son-las-fococeldas/>
15. Padilla J. (Mayo 14, 2015). EL MAGNETISMO [Archivo de video]. Marzo 2, 2017, de Discovery Channel. Sitio web: <https://www.youtube.com/watch?v=CtSxeNbNClo>
16. Toledo C. (Diciembre 06, 2015). Electricidad y Magnetismo. [Archivo de video]. Diciembre 09, 2016, de Discovery Channel Sitio web: <https://www.youtube.com/watch?v=ZgwbK8AANn8>
17. Crash Course Kids. (Mayo 29, 2015). The Engineering Process: Crash Course Kids #12.2. [Archivo de video]. Octubre 13, 2016, de Science Crash Course Kids Sitio web: <https://www.youtube.com/watch?v=fxJWin195kU>
18. EL TREN DE LEVITACION MAGNETICA. (Sin fecha). EL TREN DE LEVITACION MAGNETICA. Diciembre 7, 2016, de Centro Politécnico Superior Sitio web: [http://www.cps.unizar.es/~transp/Ferrocarriles/ANEXO\(El tren de levitacion magnetica\).html](http://www.cps.unizar.es/~transp/Ferrocarriles/ANEXO(El tren de levitacion magnetica).html)
19. Torres J.. (Sin fecha). Magnetismo. Enero 3, 2017, de Universidad de Granada Sitio web: <http://www.ugr.es/~jtorres/t10.pdf>
20. Nuestros Trenes. (Sin fecha). Nuestros Trenes. Febrero 02,2017, de RENFE Sitio web: [http://www.renfe.com/viajeros/nuestros\\_trenes/aves102\\_prestaciones.html](http://www.renfe.com/viajeros/nuestros_trenes/aves102_prestaciones.html)