

**UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA**



“MODELO BÁSICO DE MOTOR ELÉCTRICO LINEAL”

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA**

PRESENTADO POR:

MARTIN EDGARDO MATA PINEDA

ASESOR:

ING. ERICK ALEXANDER BLANCO GUILLÉN

05 DE OCTUBRE DE 2011

EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA



EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

“MODELO BÁSICO DE MOTOR ELÉCTRICO LINEAL”

ING. WILFREDO MONROY

LECTOR

ING. ERICK BLANCO

ASESOR

ING. MOISÉS ROBERTO GUERRA

ADMINISTRADOR DEL PROCESO

UNIVERSIDAD DON BOSCO

RECTOR

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

SECRETARIA GENERAL

ING. YESENIA XIOMARA MARTÍNEZ

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

ING. ERNESTO GODOFREDO GIRÓN

ASESOR

ING. ERICK ALEXANDER BLANCO

LECTOR

ING. WILFREDO MONROY

ADMINISTRADOR

ING. MOISÉS ROBERTO GUERRA

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.	1
OBJETIVOS.	3
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECIFICOS.	3
Capítulo I	4
1. ANTECEDENTES DEL MOTOR ELÉCTRICO LINEAL	4
1.1 Principio de levitación magnética.	4
1.1.2 Suspensión electromagnética.....	4
1.1.3 Suspensión Electrodinámica (EDS).....	5
1.1.4 Guía lateral.	7
1.2 Principio de propulsión.	7
1.4 Motor Lineal Síncrono.....	8
CAPÍTULO II	12
2. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL MOTOR ELÉCTRICO LINEAL.	12
CAPÍTULO III	34
3. ESTUDIO DE MATERIALES PARA EL MODELO BÁSICO DE MOTOR ELÉCTRICO LINEAL.	34
CAPITULO IV	38

4. MEMORIA DE CÁLCULO PARA EL MODELO BASICO DEL MOTOR ELÉCTRICO LINEAL.....	38
4.1 Elaboración de electroimanes.	49
CAPITULO V	59
5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE MOTOR LINEAL.....	59
CAPÍTULO VI	87
6. DOCUMENTACIÓN DE MEDICIONES Y PRUEBAS REALIZADAS.....	87
6.1 MODIFICACIONES DEL MODELO BASICO DEL MOTOR ELÉCTRICO LINEAL.....	91
RECOMENDACIONES	97
CONCLUSIONES	99
BIBLIOGRAFIA.....	101
ANEXOS	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación de la suspensión.	4
Figura 2. Suspensión Electrodinámica (EDS).....	6
Figura 3. Representación del principio de propulsión. ..	8
Figura 4. Arreglo Halbach.	10
Figura 5. Isométrico	15

Figura 6. Isométrico seccionado.....	16
Figura 7. Isométrico seccionado.....	17
Figura 8. Descripción de piezas.	18
Figura 9. Bobina electromagnética.	19
Figura 10. Núcleo ferro magnético.....	20
Figura 11. Angulo soporte núcleos.	21
Figura 12. Perno ajuste horizontal.....	22
Figura 13. Tensor.....	23
Figura 14. Angulo estabilizador.....	24
Figura 15. Imán cerámico.....	25
Figura 16. Angulo estabilizador.....	26
Figura 17. Pasador.....	27
Figura 18. Perno unión.	28
Figura 19. Carro isométrico.	29
Figura 20. Carro isométrico acotado.....	30
Figura 21. Despiece carro isométrico.....	31
Figura 22. Base isométrico.....	32
Figura 23. Base despiece acotado.....	33
Figura 24. Trayectorias de líneas de campo en un imán.	39
Figura 25. Interacción vectorial entre campos magnéticos.....	40
Figura 26. Suspensión Magnética.....	41
Figura 27. Representación vectorial en suspensión. ...	42
Figura 28. Representación vectorial en equilibrio de suspensión.....	42
Figura 29. Representación vectorial de las cintas magnéticas en carro.	43

Figura 30. Senoidal trifásica y vectores representativos en ángulo 90°	45
Figura 31. Representación de campo magnético en núcleo con señal de voltaje en 90°	45
Figura 32. Senoidal trifásica y vectores representativos en ángulo 180°	46
Figura 33. Representación de campo magnético en núcleo con señal de voltaje en 180°	46
Figura 34. Motor síncrono de laboratorios UDB.	48
Figura 35. Diagrama de conexión de bobinas.	49
Figura 36. Núcleo de prueba para laboratorio.	50
Figura 37. Cálculo devanado primario en hoja de Excel referente a conductores esmaltados.	51
Figura 38. Cálculo devanado secundario en hoja de Excel referente a conductores esmaltado.	52
Figura 39. Diagrama de conexión prueba de histéresis.	53
Figura 40. Conexión de prototipo.	54
Figura 41. Curva de histéresis en osciloscopio.	54
Figura 42. Curva de histéresis rediseñada en autocad.	55
Figura 43. Curva típica de magnetización.	56
Figura 44. Curva típica de histéresis y magnetización.	57
Figura 45. Motor lineal en laboratorio.	88
Figura 46. Bobinas recién fabricadas.	89
Figura 47. Motor en pruebas de laboratorio.	89
Figura 48. Pruebas de laboratorio medición de corriente.	90
Figura 49. Isométrico modificaciones.	93
Figura 50. Isométrico modificaciones vistas.	94

Figura 51. Carro modificaciones vistas. 95

Figura 52. Base modificaciones cotas. 96

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES DE FABRICACIÓN PARTE 1.	59
TABLA 2.DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES DE FABRICACIÓN PARTE 2.	60
TABLA 3.DESCRIPCIÓN MATERIALES ELABORACIÓN ÁNGULO SOPORTE.....	61
TABLA 4.DESCRIPCIÓN MANO DE OBRA ELABORACIÓN ÁNGULO SOPORTE.....	62
TABLA 5.DESCRIPCIÓN MATERIALES ELABORACIÓN NÚCLEO FERRO MAGNÉTICO.	63
TABLA 6.DESCRIPCIÓN MANO DE OBRA ELABORACIÓN NÚCLEO.	64
TABLA 7.DESCRIPCIÓN MATERIALES ELABORACIÓN BOBINAS.....	65
TABLA 8.DESCRIPCIÓN MATERIAL DE ÁNGULOS SUSPENSIÓN.	66
TABLA 9.DESCRIPCIÓN MATERIAL DE ÁNGULOS SUSPENSIÓN.	67
TABLA 10.DESCRIPCIÓN MANO DE OBRA DE ÁNGULOS SUSPENSIÓN.	68
TABLA 11.DESCRIPCIÓN MATERIALES INSTALACIÓN IMANES CERÁMICOS.	69

TABLA 12.DESCRIPCIÓN MANO DE OBRA	
INSTALACIÓN IMANES CERÁMICOS.....	70
TABLA 13.DESCRIPCIÓN MATERIAL	
ESTRUCTURA SOPORTE.....	71
TABLA 14.DESCRIPCIÓN MANO DE OBRA	
ESTRUCTURA SOPORTE.....	72
TABLA 15.DESCRIPCIÓN MATERIALES	
INSTALACIÓN CINTA MAGNÉTICA.....	73
TABLA 16.DESCRIPCIÓN MANO DE OBRA	
INSTALACIÓN CINTA MAGNÉTICA.....	74
TABLA 17.DESCRIPCIÓN DE MATERIALES	
BASES SOPORTE.....	75
TABLA 18.DESCRIPCIÓN MANO DE OBRA BASE	
SOPORTE.....	76
TABLA 19.DESCRIPCIÓN MATERIALES	
INTERCONEXIÓN NÚCLEOS.....	77
TABLA 20.DESCRIPCIÓN MANO DE OBRA	
INTERCONEXIÓN NÚCLEOS.....	78
TABLA 21.DESCRIPCIÓN MATERIALES	
DESMONTAJES RIELES	
SUSPENSIÓN.....	79
TABLA 22.DESCRIPCIÓN MANO DE OBRA	
DESMONTAJES RIELES	
SUSPENSIÓN.....	80
TABLA 23.DESCRIPCIÓN MATERIALES	
MONTAJE RIEL HORIZONTAL	
VERTICAL.....	81

TABLA 24.DESCRIPCIÓN MANO DE OBRA	
MONTAJE RIEL HORIZONTAL	
VERTICAL.....	82
TABLA 25.DESCRIPCIÓN MATERIALES	
FABRICACIÓN CARRO.....	83
TABLA 26.DESCRIPCIÓN MANO DE OBRA	
FABRICACIÓN CARRO.....	84
TABLA 27.DESCRIPCIÓN PRECIOS	
REFERENCIA MATERIALES.....	85
TABLA 28.DESCRIPCIÓN PRECIOS REFERENCIA	
MANO DE OBRA.....	86

INTRODUCCIÓN.

Toda creación requiere de poseer una buena imaginación, y debe ser plasmada en bosquejos que se convierten en planos como guía de construcción de cada una de las partes, utilizando para ello las herramientas adecuadas estos bosquejos se digitalizan por medio de un ordenador donde dicha herramienta proporciona ventajas de tener visualizaciones tridimensionales previendo un buen encaje de piezas así como un cálculo bastante aproximado del material a utilizar.

Luego de plasmar un diseño y respectivas hojas descriptivas de cada pieza utilizada se realiza un estudio de los materiales a utilizar con lo que se pretende entender más de sus características, las cuales son de gran utilidad en la construcción del prototipo.

Los materiales y el diseño son parte del proceso donde se plasma la teoría de funcionamiento del prototipo, combinando la investigación con el conocimiento adquirido para establecer el diseño estructural, afirmando con ellos que el análisis en el comportamiento eléctrico se combina con el diseño estructural obteniendo el prototipo esperado.

Es de suma importancia tener un listado de actividades a realizar en cualquier actividad a realizar para lo que se deben establecer formatos descriptivos de actividades enumeradas por ítems, dichos ítems son analizados individualmente para estimar la cantidad de material a utilizar así como la mano de obra necesaria, obteniendo resultados en cifras económicas individuales de cada ítem y un consolidado de éstas, determinando un estimado del costo en el que se incurrirá.

Documentar las etapas de construcción y de prueba son de suma importancia, porque tanto en proyectos grandes como pequeños se presentan inconvenientes que conllevan a modificaciones donde se rediseñan partes que reestructuran la forma del producto final pero no así el objetivo que se busca.

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un prototipo de motor lineal y a partir de este ejecutar su construcción y así demostrar la interacción entre electricidad y magnetismo mediante la observación visual de la suspensión y tracción electromagnética.

.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- a) Realizar un diseño estructural práctico y viable para la implementación del prototipo de motor lineal.
- b) Realizar un análisis de material diamagnético para la construcción del prototipo.
- c) Analizar material ferro magnético para la construcción de núcleo y cálculo de bobinas.
- d) Investigar y establecer las bases de funcionamiento para elaborar un motor lineal.

Capítulo I

1. ANTECEDENTES DEL MOTOR ELÉCTRICO LINEAL

1.1 Principio de levitación magnética.

La levitación magnética, es un fenómeno que se da por la interacción entre campos magnéticos, por la repulsión o atracción de los campos electromagnéticos donde podemos hacer mención de los dos sistemas utilizados en los diseños y construcción de motores lineales, sistema de suspensión electromagnética (EMS) y la suspensión electrodinámica (EDS).

Donde la EMS es un sistema de suspensión que se obtiene por la atracción de los campos electromagnéticos y la EDS se genera a partir de la repulsión.

1.1.2 Suspensión electromagnética.

Con el sistema EMS, la parte inferior del estator lineal se ubica debajo de una guía de material ferro magnético.

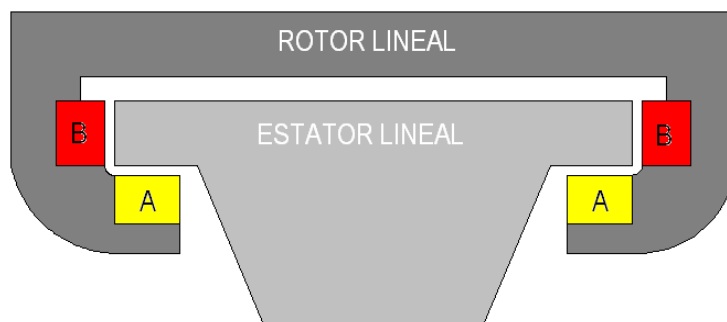


Figura 1. Representación de la suspensión.¹

¹ <http://levimagne.blogspot.com/>

En el momento de energizar los electroimanes situados sobre la parte inferior del rotor lineal (A) en la figura 1, se obtienen fuerzas de atracción con la guía ferro magnética dando como resultado la levitación y al mismo tiempo la estabilización (B) manteniéndolo centrado.

Para tener una altura aceptable de separación es necesario el control externo de la intensidad de corriente circulante en la bobinas.

Una de las ventajas de la suspensión EMS es que se utilizan electroimanes en sustitución de imanes superconductores requeridos por la suspensión EDS que además necesita sistemas de refrigeración altamente eficientes.

Los sistemas EMS presentan algunas limitaciones que se deben considerar dependiendo del uso que se le quiera dar, de entre estas podemos mencionar:

- a) Inestabilidad por corta distancia entre el rotor y la línea guía aumentando la atracción.
- b) Se requiere de alta precisión dando como consecuencia elevados costos de construcción.

1.1.3 Suspensión Electrodinámica (EDS).

La EDS aprovecha las propiedades de rechazar campos electromagnéticos en ciertos materiales los cuales son

denominados superconductores. Este efecto se denomina efecto Meissner.

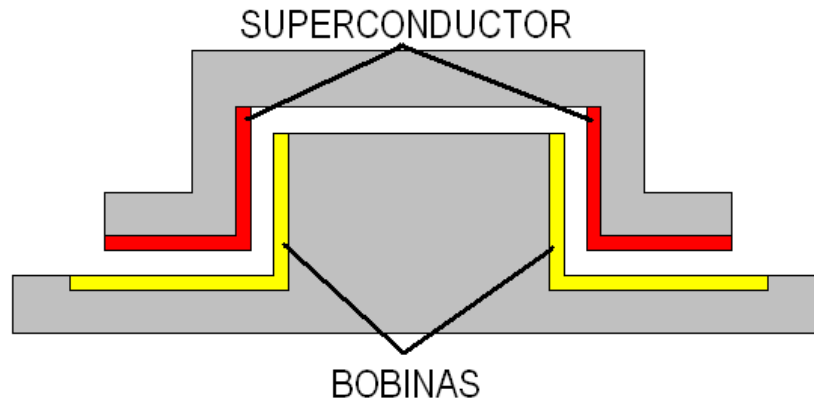


Figura 2. Suspensión Electrodinámica (EDS).²

En diversos prototipos se ubica un material superconductor a los lados de la parte inferior rotor lineal, pasando a escasos centímetros de la guía o riel que posee bobinas agrupadas a lo largo de éste, en función de electroimanes interactuando con los superconductores.

Del movimiento lineal de éste dependerá la repulsión y la levitación; para los modelos construidos se incorporan un juego de ruedas que quedan suspendidas para obtener un considerable movimiento del rotor.

Con este sistema se puede obtener una levitación de hasta 15 cm, por lo que las guías o rieles aceptan niveles de

² <http://levimagne.blogspot.com/>

precisión menores y con ventajas de amoldarse mejor a curvas.

Por el hecho de ocupar superconductores se utilizan grandes campos electromagnéticos que dependiendo del uso requerirá de sistemas complejos de aislamientos.

1.1.4 Guía lateral.

El sistema de guía lateral asegura que el centro del rotor lineal coincida con el centro del estator lineal evitando que se descarrile.

Con la suspensión EMS, son imanes laterales los que actuarán cuando éste se desplace lateralmente, ejerciendo fuerzas de atracción equitativa en ambos lados.

Con el sistema EDS los superconductores y las bobinas de levitación se encargan de guiar y mantener en el centro de la guía el rotor lineal.

1.2 Principio de propulsión.

El funcionamiento de un motor lineal se obtiene del principio de operación de un motor eléctrico síncrono donde el estator es abierto y “desenrollado” a lo largo del carril-guía en ambos lados, como se ve en la figura 3.

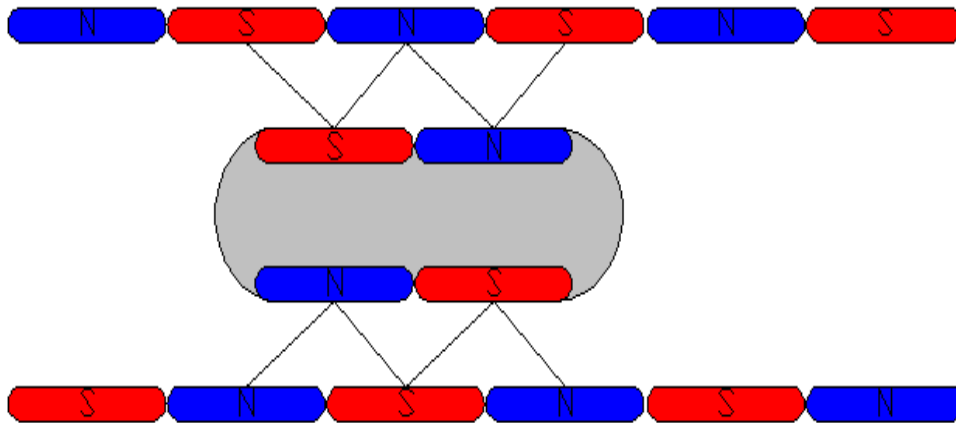


Figura 3. Representación del principio de propulsión.³

Para los sistemas de propulsión EDS y EMS, se utiliza el mismo principio de tracción con el motor lineal síncrono.

1.4 Motor Lineal Síncrono.

El motor síncrono es un tipo de motor de corriente alterna que mantiene una velocidad constante y corresponderá a la velocidad del campo magnético en el estator (n) la cual depende de la frecuencia de la red (f) y el número de polos (P) que conforman al motor síncrono.

$$n = \frac{120f}{P}$$

n : Velocidad en revoluciones por minuto (rpm).

f : Frecuencia en hertz (Hz).

Es posible que se presente en ocasiones la velocidad angular ω , en radianes por segundo, sin embargo se puede

³ <http://levimagne.blogspot.com/>

realizar la conversión a revoluciones por minuto de acuerdo a la relación:

$$1 \frac{rev}{min} = 2\pi \frac{rad}{seg}$$

Donde por ejemplo con una velocidad de $377 \text{ rad}/seg$ se puede obtener:

$$\left(377 \frac{rad}{seg}\right) \left(\frac{1rev}{2\pi rad}\right) \left(\frac{60s}{1min}\right) = \frac{22620 rev}{2\pi} = 3600 \frac{rev}{min}$$

El sistema de propulsión utiliza un estator sobre la guía, aplicándole una corriente alterna trifásica con frecuencia controlada, la que determina la velocidad del rotor según la frecuencia con la que esté operando.

El rotor está compuesto por electroimanes, en el caso de un EMS, o bobinas superconductoras en un EDS. El campo magnético variable obtenido de la corriente alterna del estator interactúa con el rotor (electroimanes o bobinas superconductoras) dando como resultado una sucesión de polos norte y sur que atraen y repelen.

Este campo magnético es también llamado "onda magnética" y permitirá la aceleración del rotor lineal y así viajará a la misma velocidad que el campo magnético.

La regulación de la velocidad del tren se logra regulando la frecuencia de la onda magnética (es decir,

variando la frecuencia de la corriente alterna) o variando el número de espiras por unidad de longitud en el estator y el rotor.

El último avance en tecnología *Maglev*: La *Inductrack*. El doctor Richard Post del *Lawrence Livermore National Laboratory* desarrolló un sistema *maglev* que en gran parte depura las fallas de los sistemas EMS y EDS. Denominada *Inductrack* es esencialmente un sistema EDS que no utiliza materiales superconductores, lo conforman imanes permanentes. El equipo de *Livermore* implementó una distribución especial de imanes permanentes con capacidades superiores a imanes comunes, dicha distribución es conocida como una configuración *Halbach*.

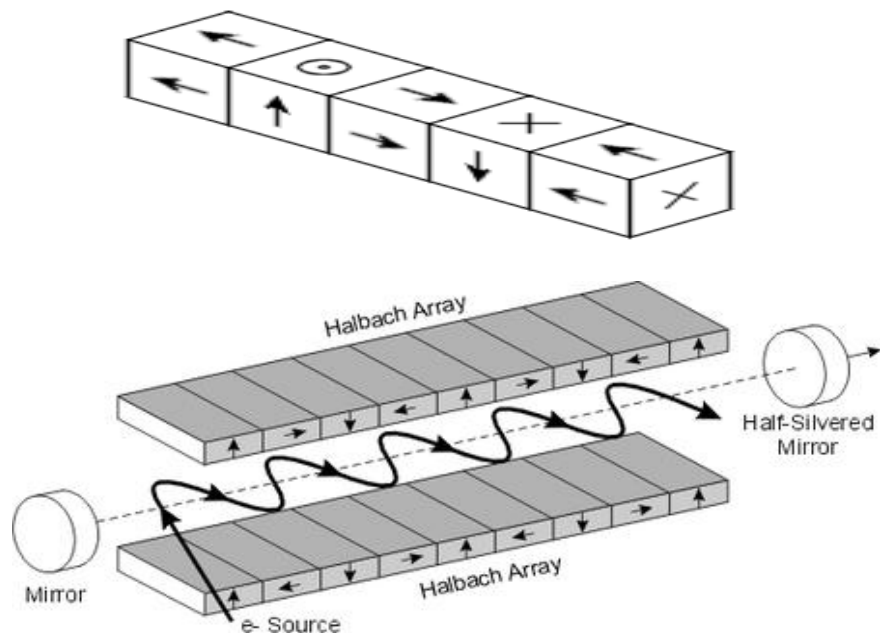


Figura 4. Arreglo Halbach.⁴

⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/Matriz_Halbach

Se produce una fuerza de levitación lo suficientemente poderosa para obtener levitación considerable del rotor lineal. En esta configuración, 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 dicha configuración resulta en un poderoso campo en la parte inferior de esta y prácticamente ningún campo en la parte superior.

CAPÍTULO II

2. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL MOTOR ELÉCTRICO LINEAL.

Los dibujos y planos se realizan a partir de las bases teóricas relacionadas con mecánica, en busca de recrear una estructura, en la que se coloquen de manera adecuada los materiales a utilizar. Estos dibujos son recreados con la herramienta de software Autocad que proporciona una gran facilidad de dibujo, visualización, precisión y presentación, lo que es de gran utilidad para tomar consideraciones de diseño en ubicación de piezas obteniendo como resultado datos precisos de construcción, consideraciones de materiales y reducción de costos constructivos.

Los planos que se presentan en descripción del prototipo son:

- **Isométrico:** Una proyección isométrica es un método gráfico de representación, constituye una representación visual de un objeto tridimensional en dos dimensiones, en la que los tres ejes ortogonales principales, al proyectarse, forman ángulos de 120° , y las dimensiones paralelas a dichos ejes se miden en una misma escala⁵ esto proporciona una mejor percepción de lo que se obtendrá al construirlo.

⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/Proyecci%C3%B3n_isom%C3%A9trica

- **Seccionado de piezas:** El seccionado divide la imagen del isométrico para observar las partes internas y tener una mejor percepción en estas.
- **Descripción de piezas:** Este plano describe cada una de las piezas y su ubicación dentro del plano constructivo.
- **Bobina eléctrica:** Describe la dimensión del bobinado así como el del aislante millard encargado de proteger el conductor esmaltado de rasguños. Además de estar dimensionados a partir del núcleo.
- **Núcleo ferro magnético:** Muestra una forma en T que busca optimizar áreas efectivas de interacción del flujo electromagnético así como de permitir colocar las bobinas sin tener inconvenientes.
- **Ángulo soporte:** Presentan 15 perforaciones de 1/4" para sostener los electroimanes más 2 perforaciones de 3/8" para sujetarse a la base.
- **Perno ajuste:** Encargado de dar sujeción entre el núcleo y Ángulo soporte así como de una manera práctica de ajuste y calibración teniendo todos los núcleos al mismo nivel
- **Tensor:** Dará una estabilización a los ángulos de soporte evitando oscilaciones con perforaciones 3/8" y ángulos en dobleces que permiten su colocación en la base.

- **Angulo de suspensión:** Donde se colocaran los imanes de suspensión posee perforaciones de 1/8" de estas; dos se utilizan 2 por imán donde se aplica adhesivo líquido que inmoviliza los imanes.
- **Imán cerámico:** Colocado en ángulo suspensión.
- **Ángulo estabilizador:** Objetivo principal será estabilizar el ángulo de suspensión presenta perforaciones de 1/8" para sujeción entre los dos ángulos. Con perforaciones de 3/8" de sujeción con la base.
- **Pasador:** Utilizado para sujeción de riel estabilizador y base.
- **Perno unión:** Se utiliza con el objetivo de mantener firme el ángulo de suspensión y el estabilizador.
- **Carro isométrico:** Permitiendo una visualización más detallada de lo que se obtendrá como producción final.
- **Carro acotado:** Describe las dimensiones de dicha pieza.
- **Despiece de carro:** Muestra con más claridad las piezas del carro.
- **Base isométrico:** Visualización más detallada de lo que se obtendrá como producción final
- **Base acotado:** Detalla las dimensiones de la base.

A continuación se presentan cada una de estas características.

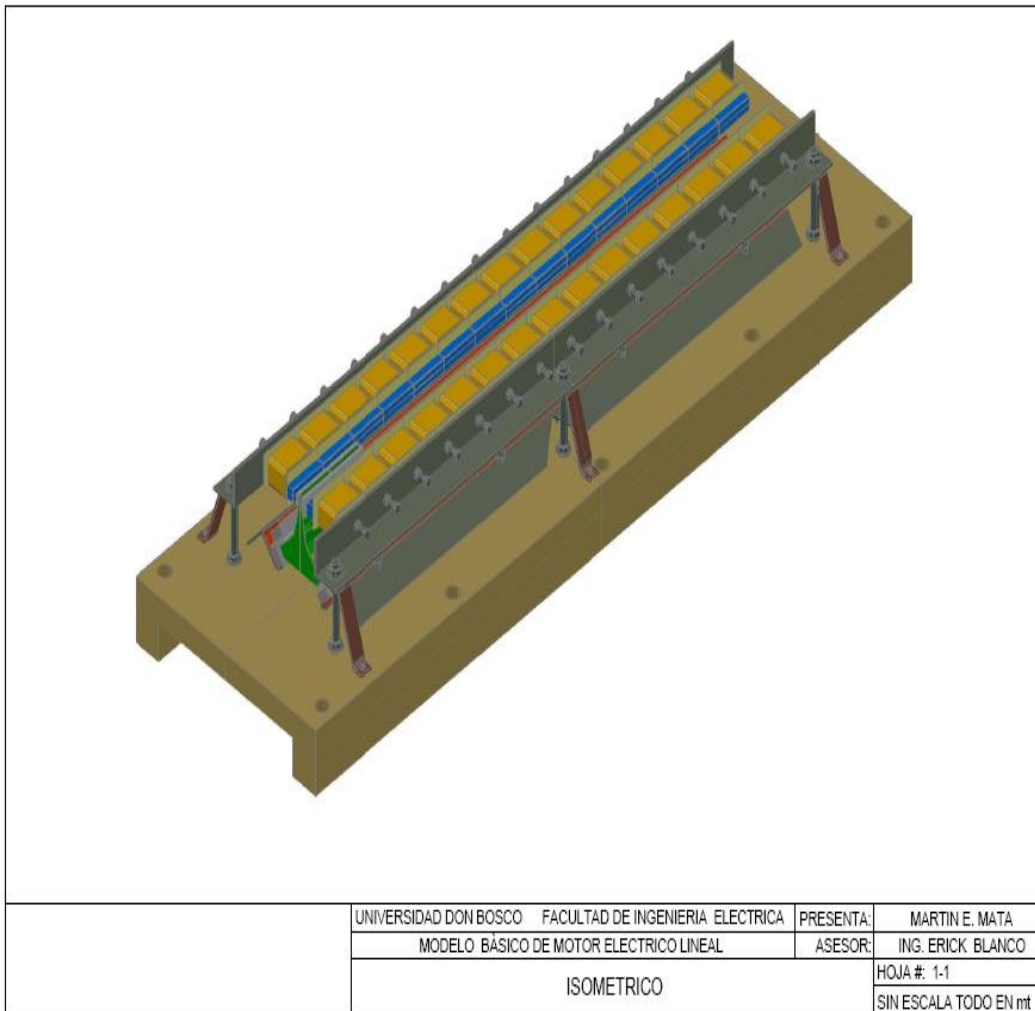


Figura 5. Isométrico⁶

⁶ Dibujo realizado en autocad.

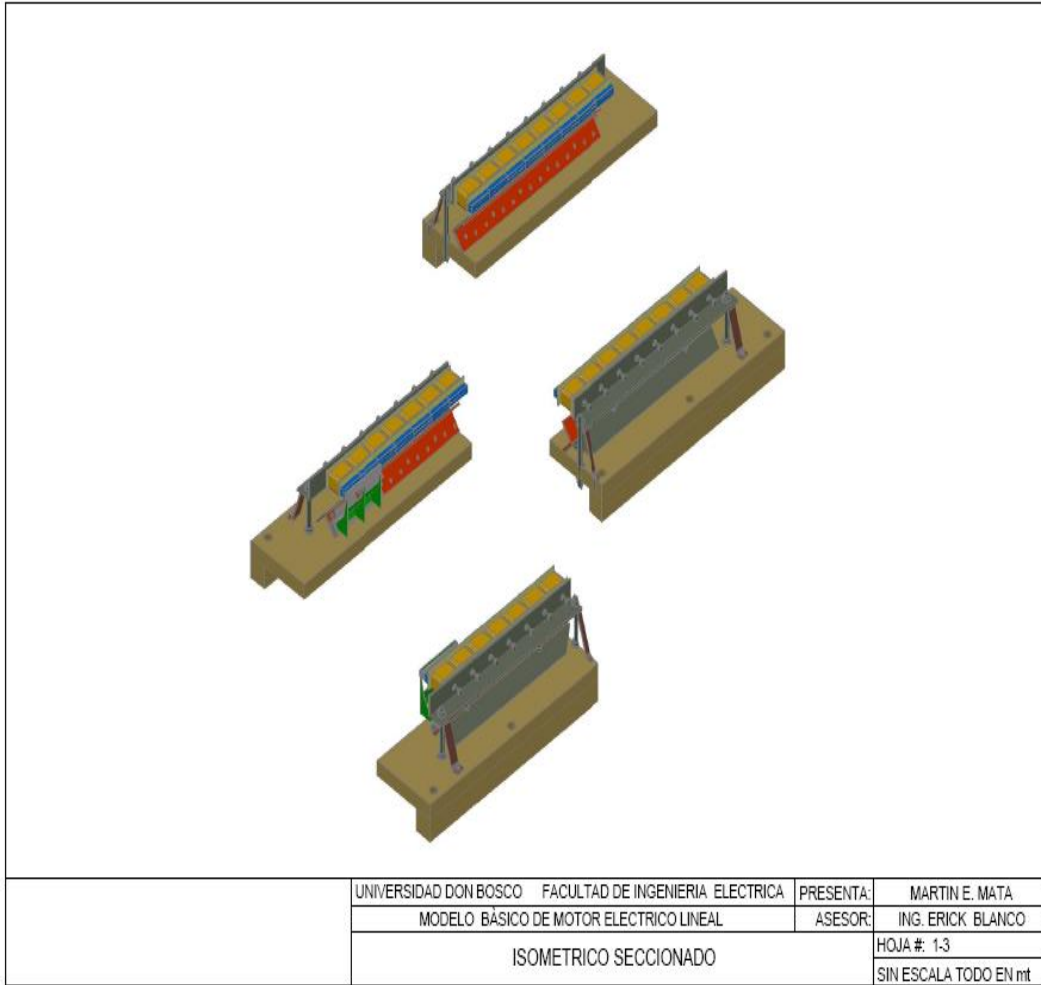


Figura 6. Isométrico seccionado.⁷

⁷ Dibujo realizado en autocad.

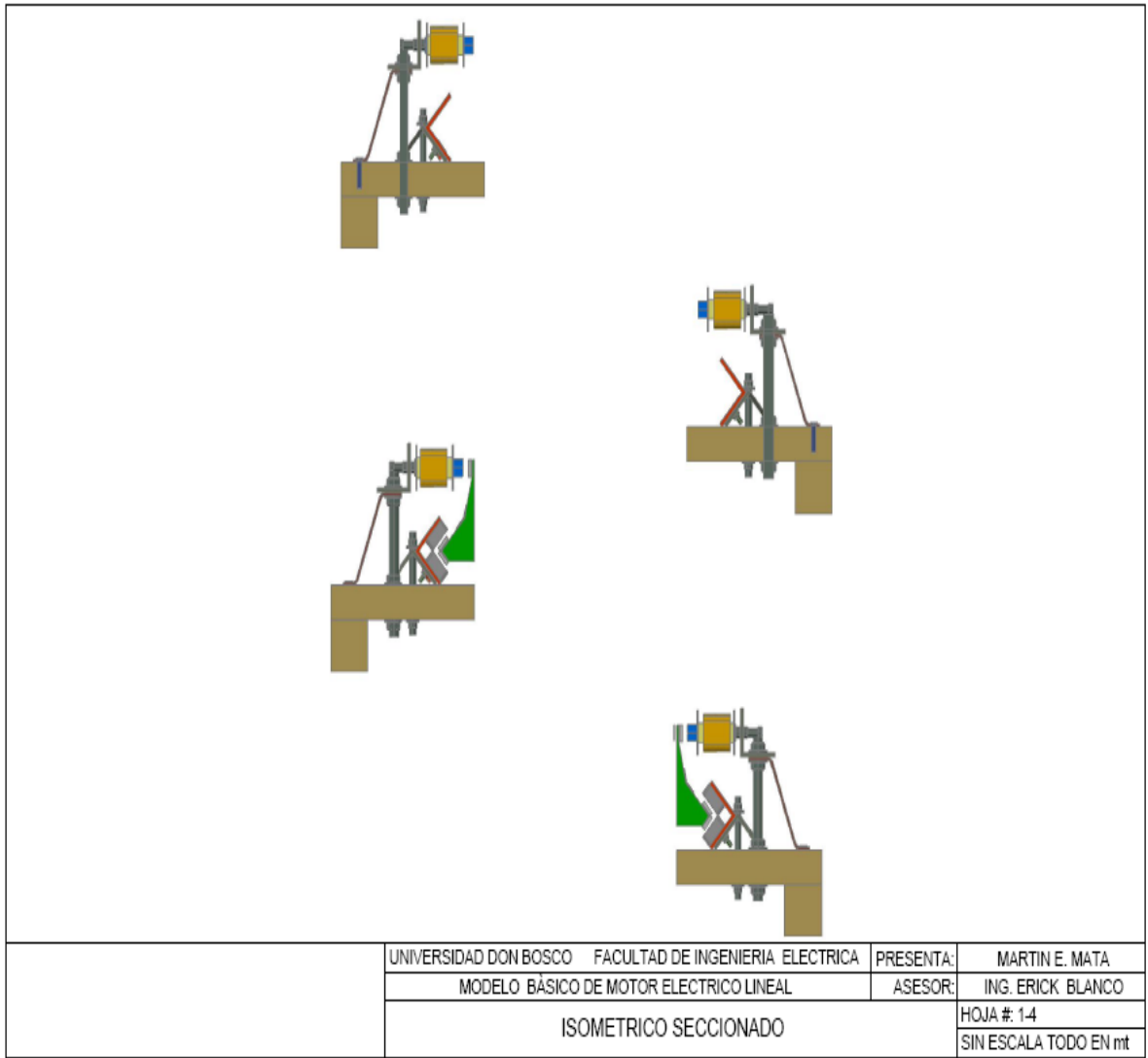


Figura 7. Isométrico seccionado.⁸

⁸ Dibujo realizado en autocad.

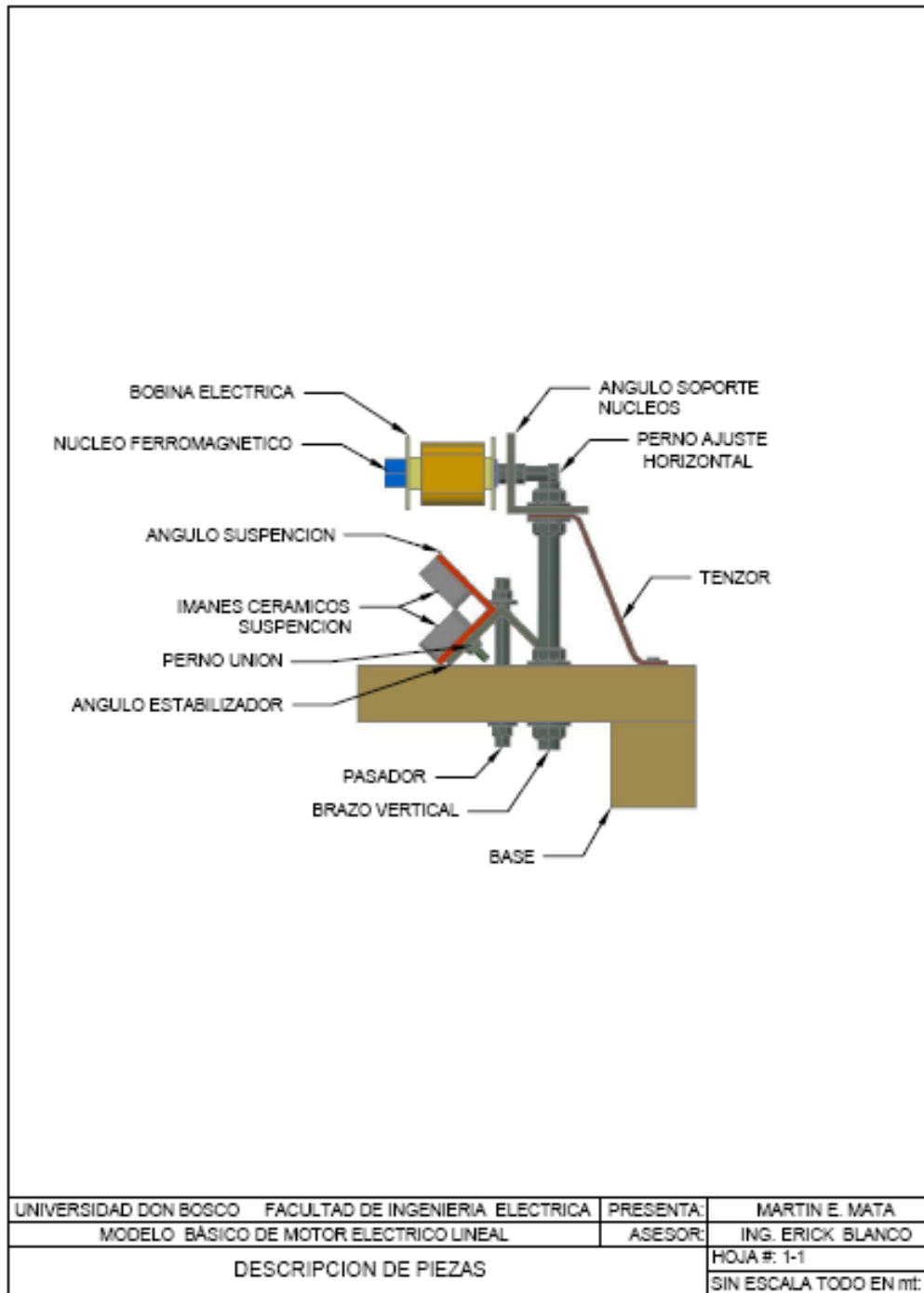


Figura 8. Descripción de piezas.⁹

⁹ Dibujo realizado en autocad.

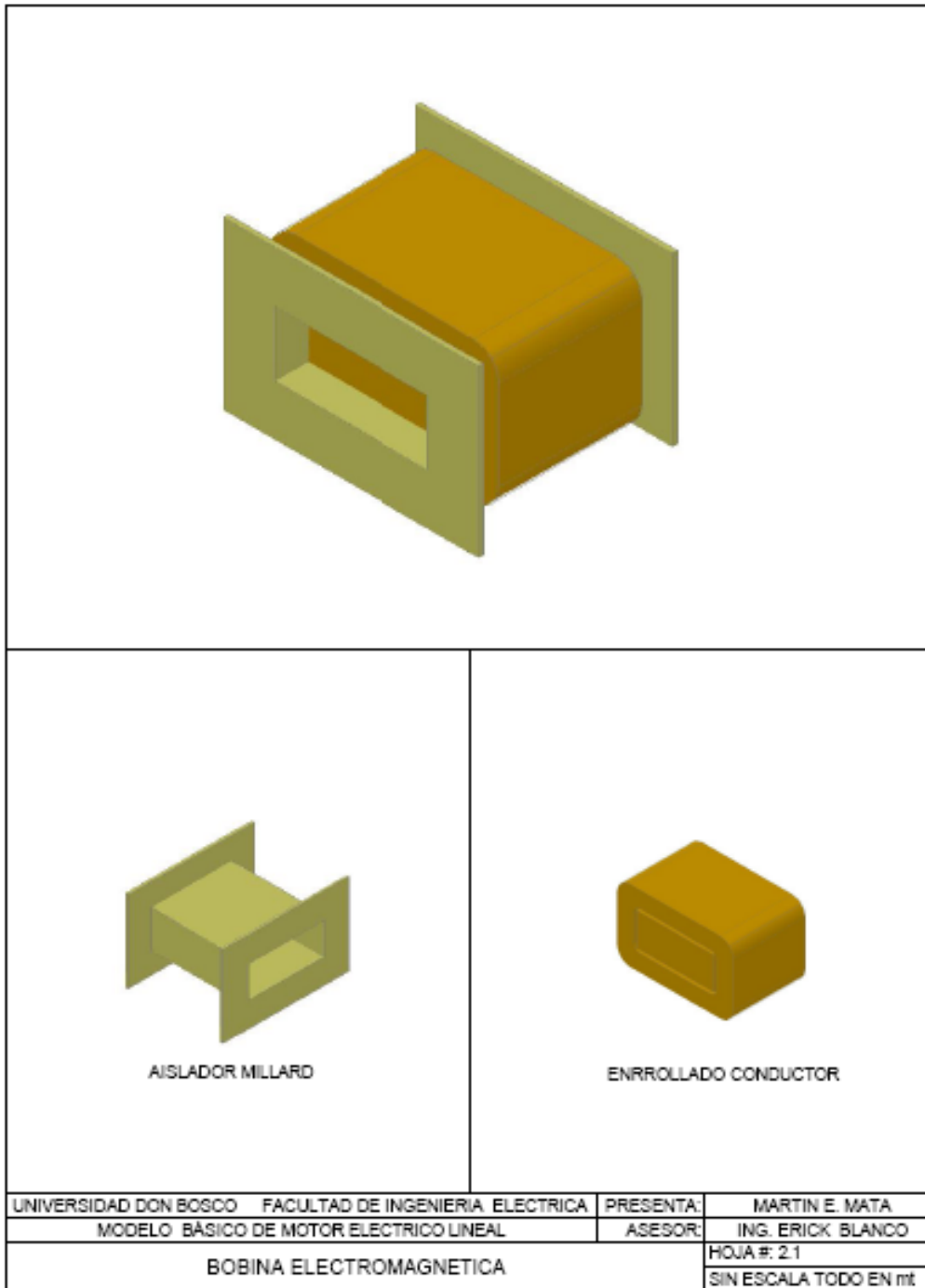


Figura 9. Bobina electromagnética.¹⁰

¹⁰ Dibujo realizado en autocad.

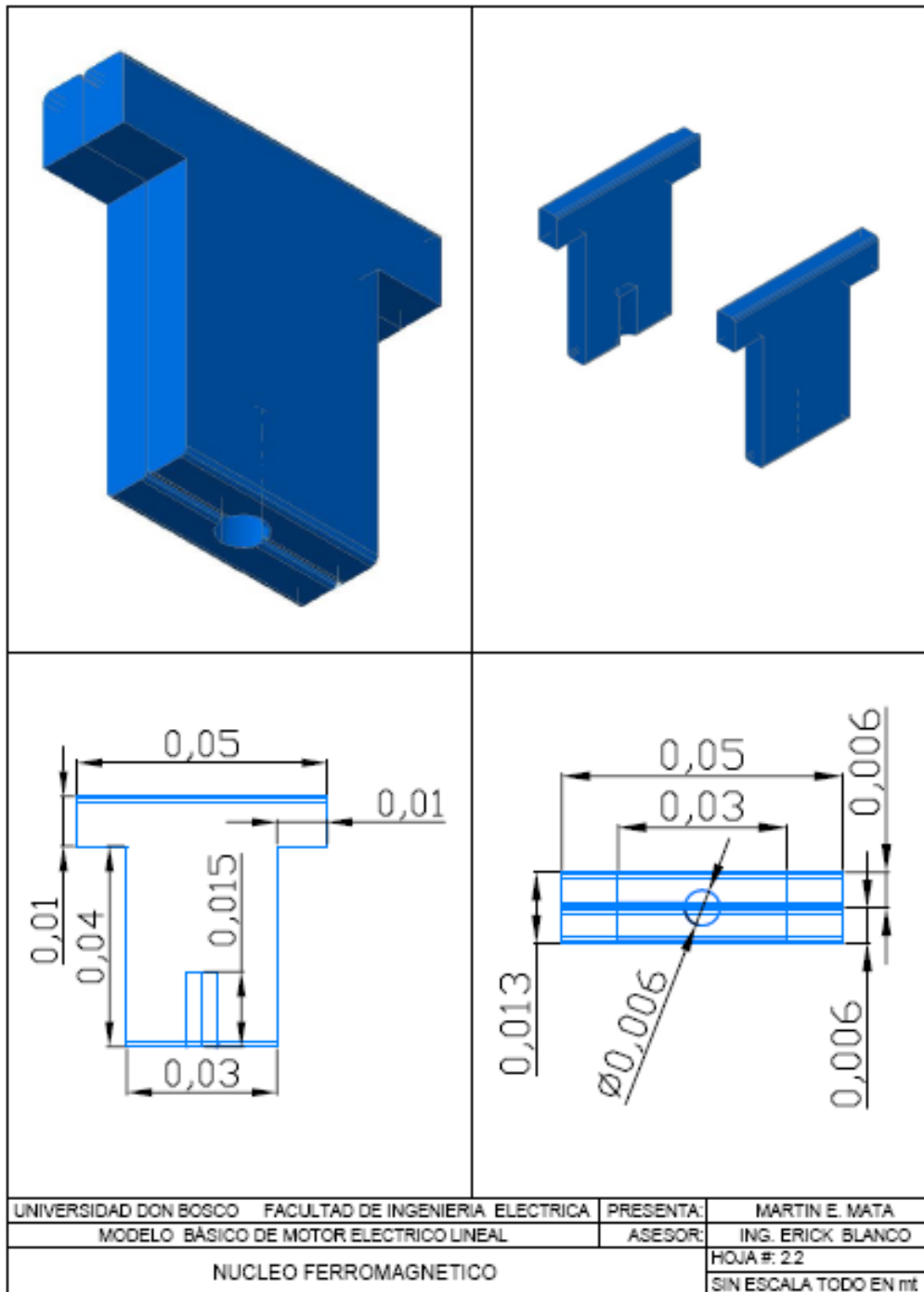


Figura 10. Núcleo ferro magnético.¹¹

¹¹ Dibujo realizado en autocad.

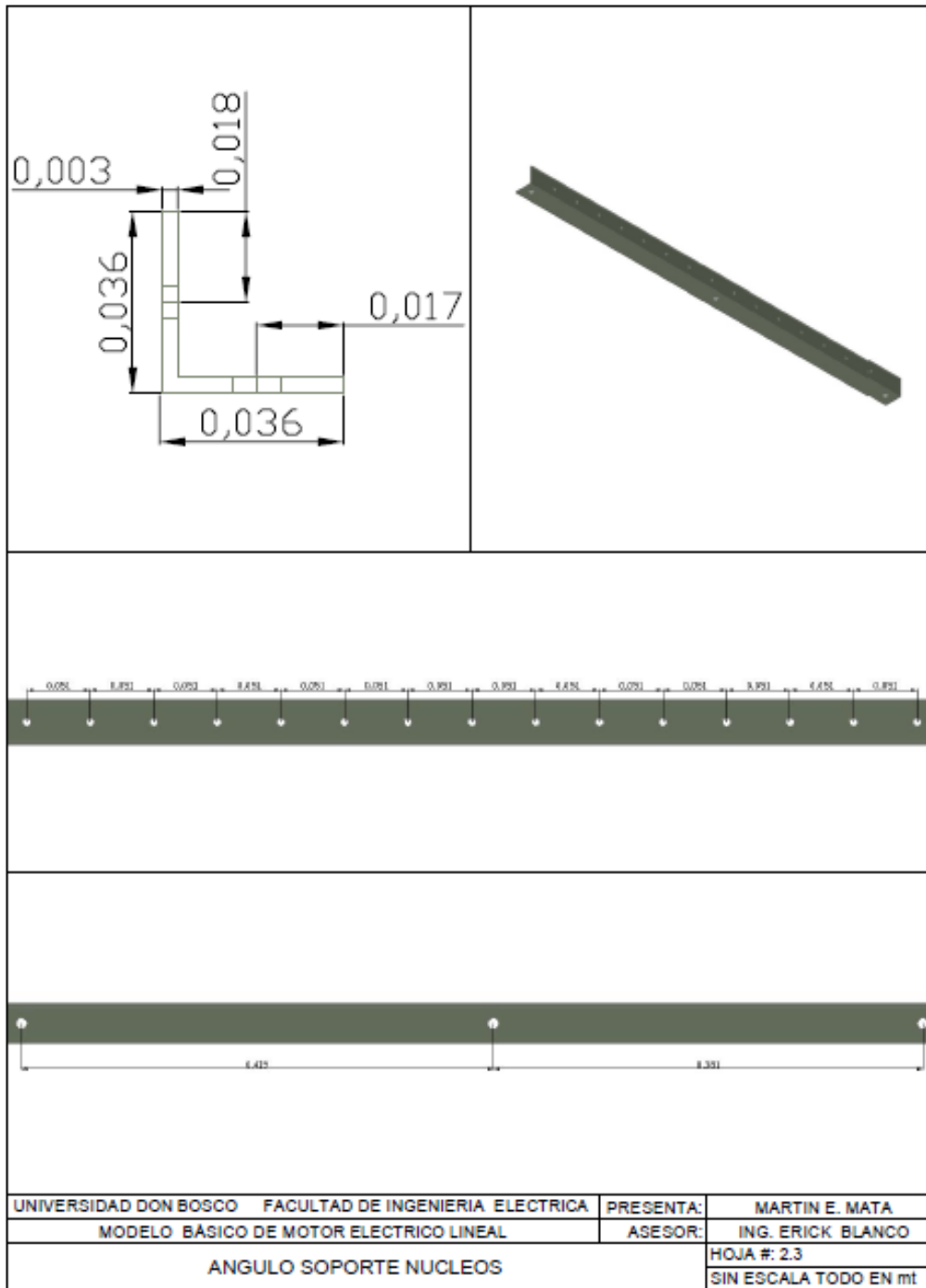


Figura 11. Angulo soporte núcleos.¹²

¹² Dibujo realizado en autocad.

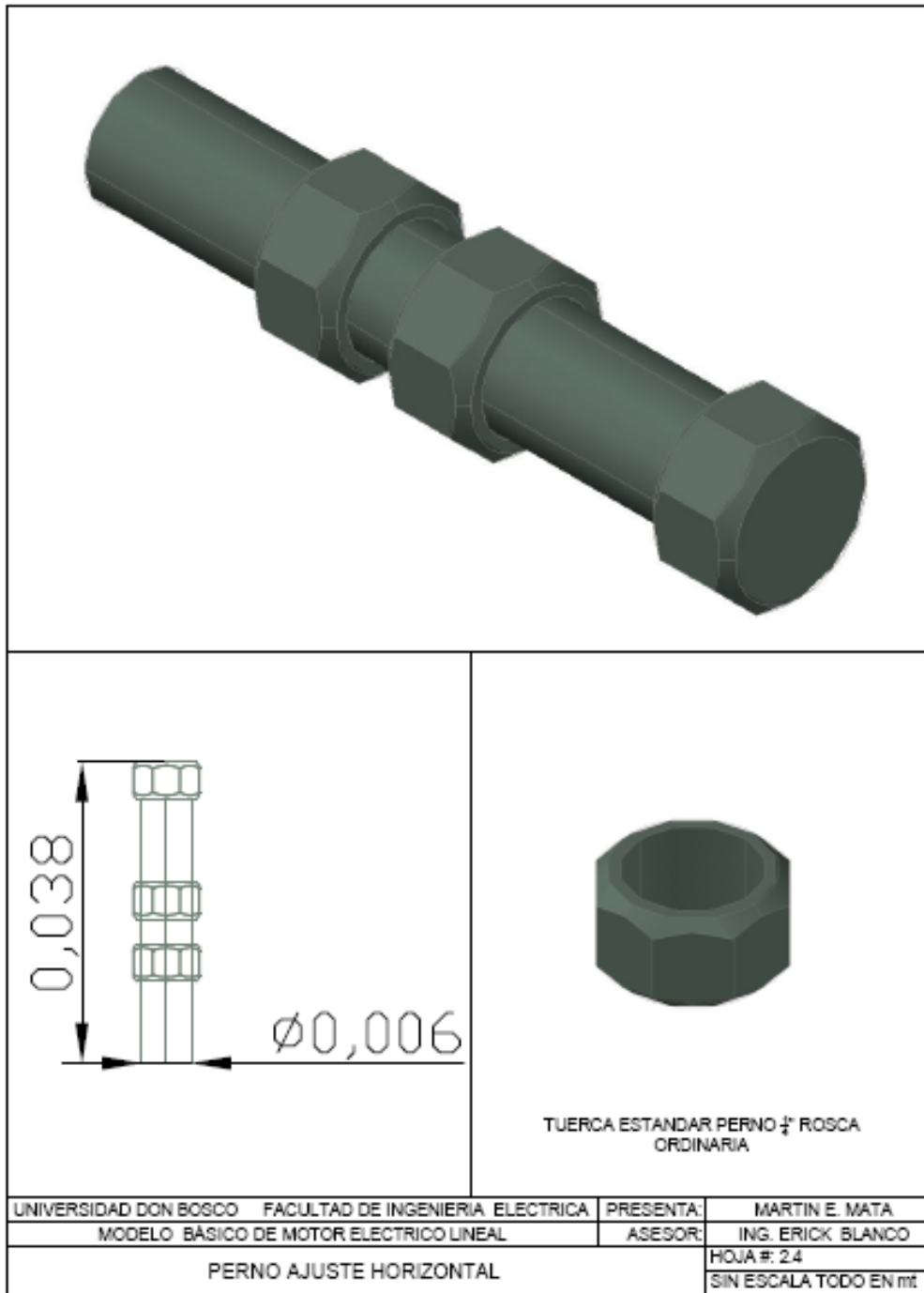


Figura 12. Perno ajuste horizontal.¹³

¹³ Dibujo realizado en autocad.

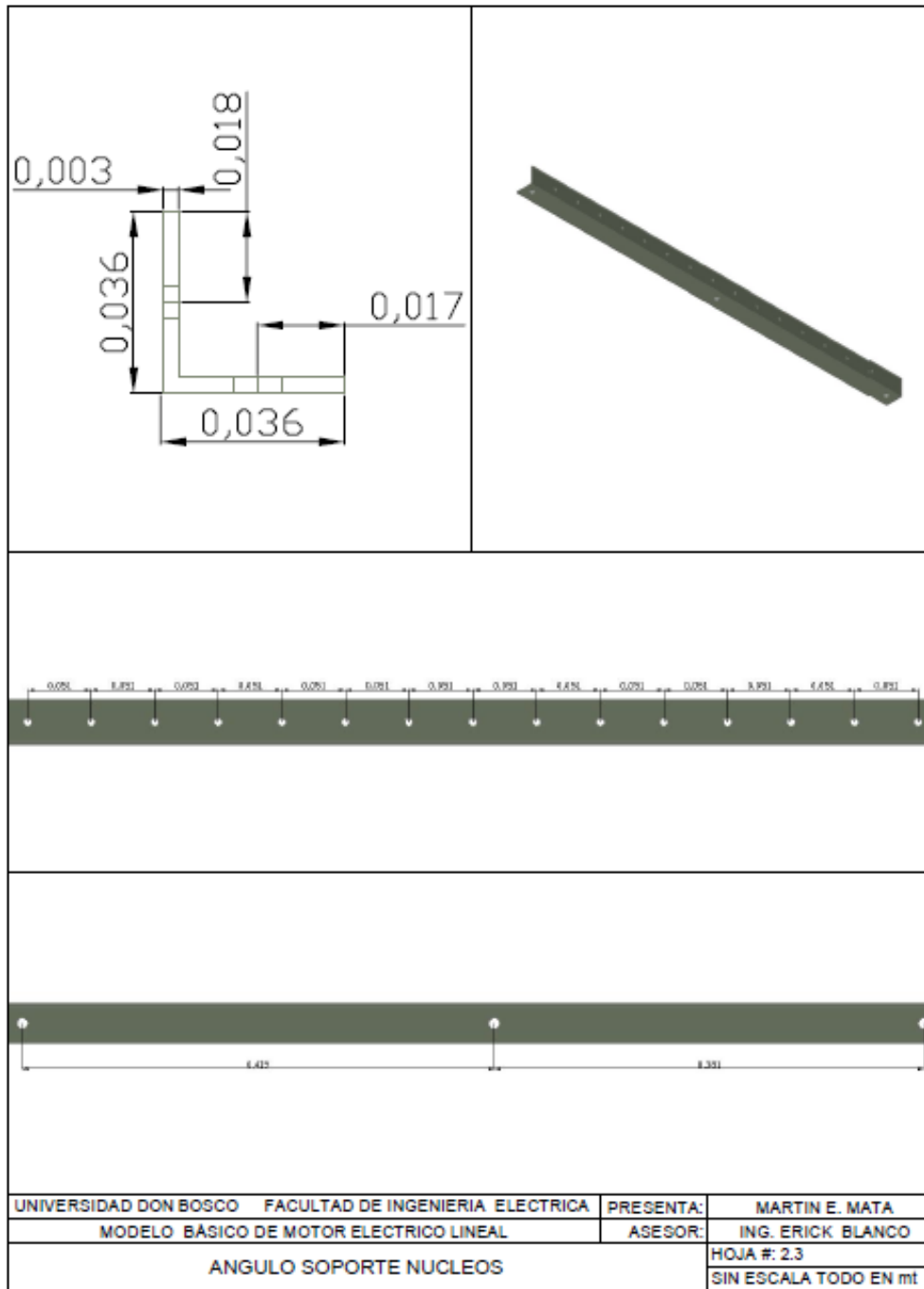


Figura 13. Tensor.¹⁴

¹⁴ Dibujo realizado en autocad.

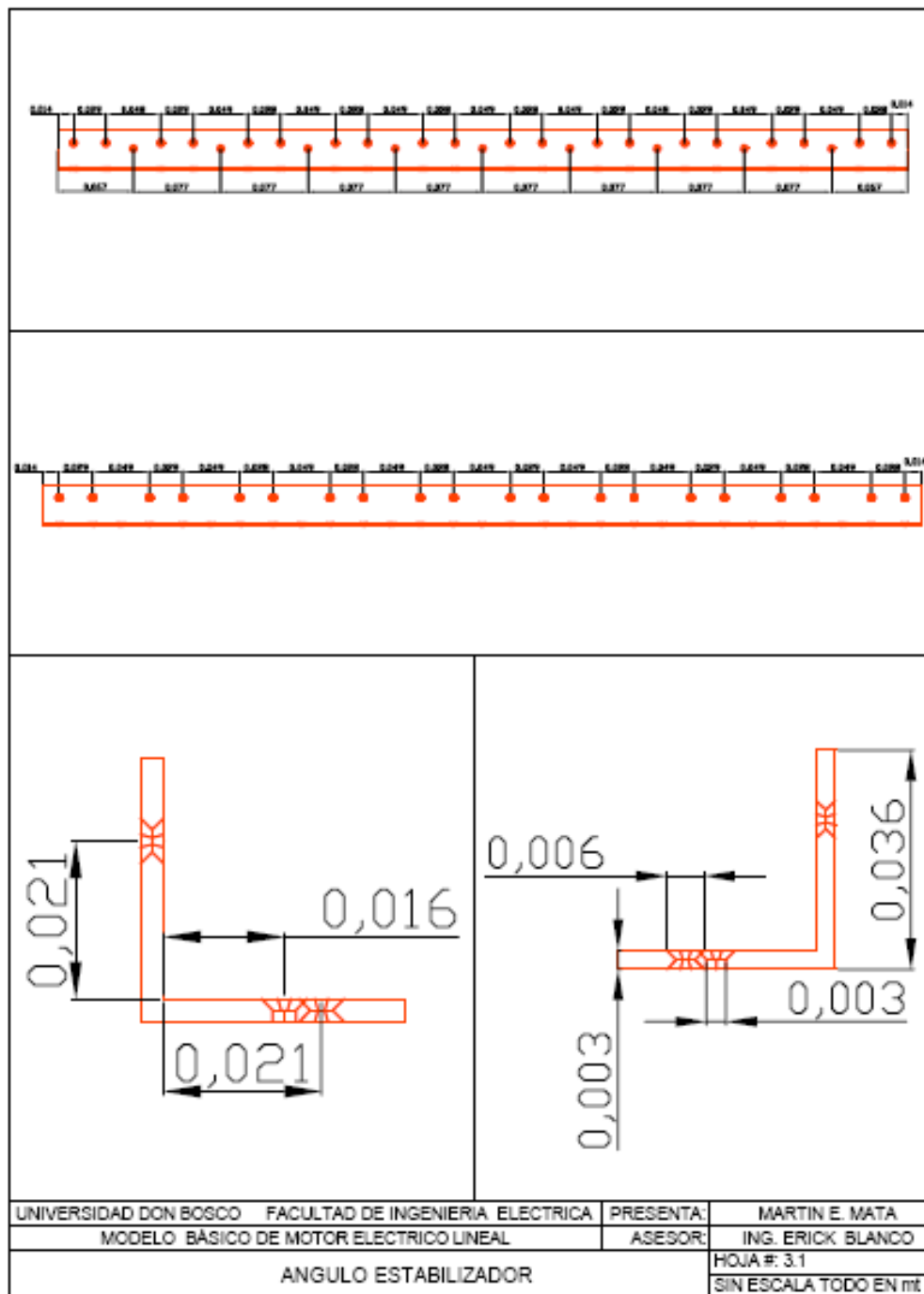


Figura 14. Angulo estabilizador.¹⁵

¹⁵ Dibujo realizado en autocad.

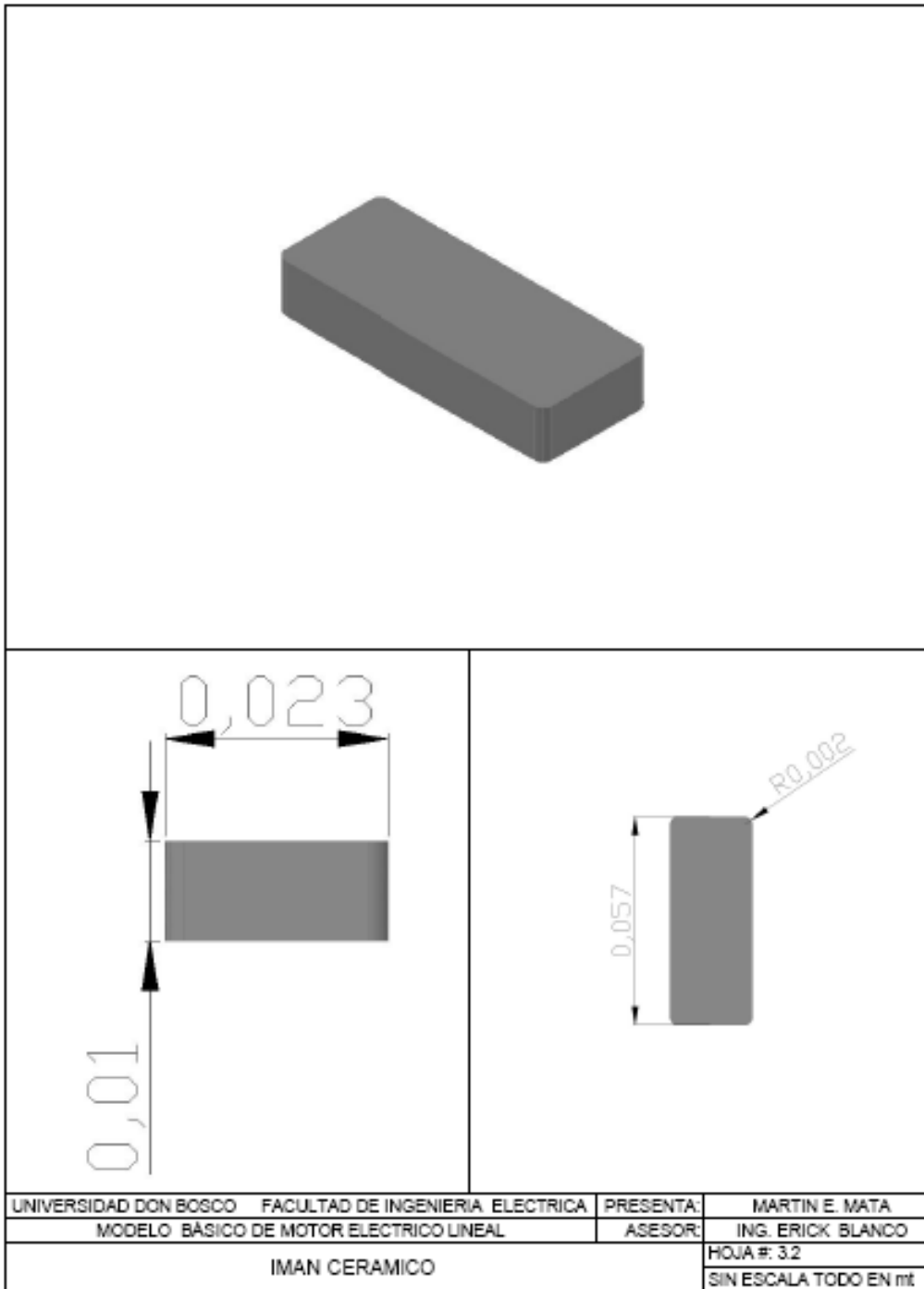


Figura 15. Imán cerámico.¹⁶

¹⁶ Dibujo realizado en autocad.

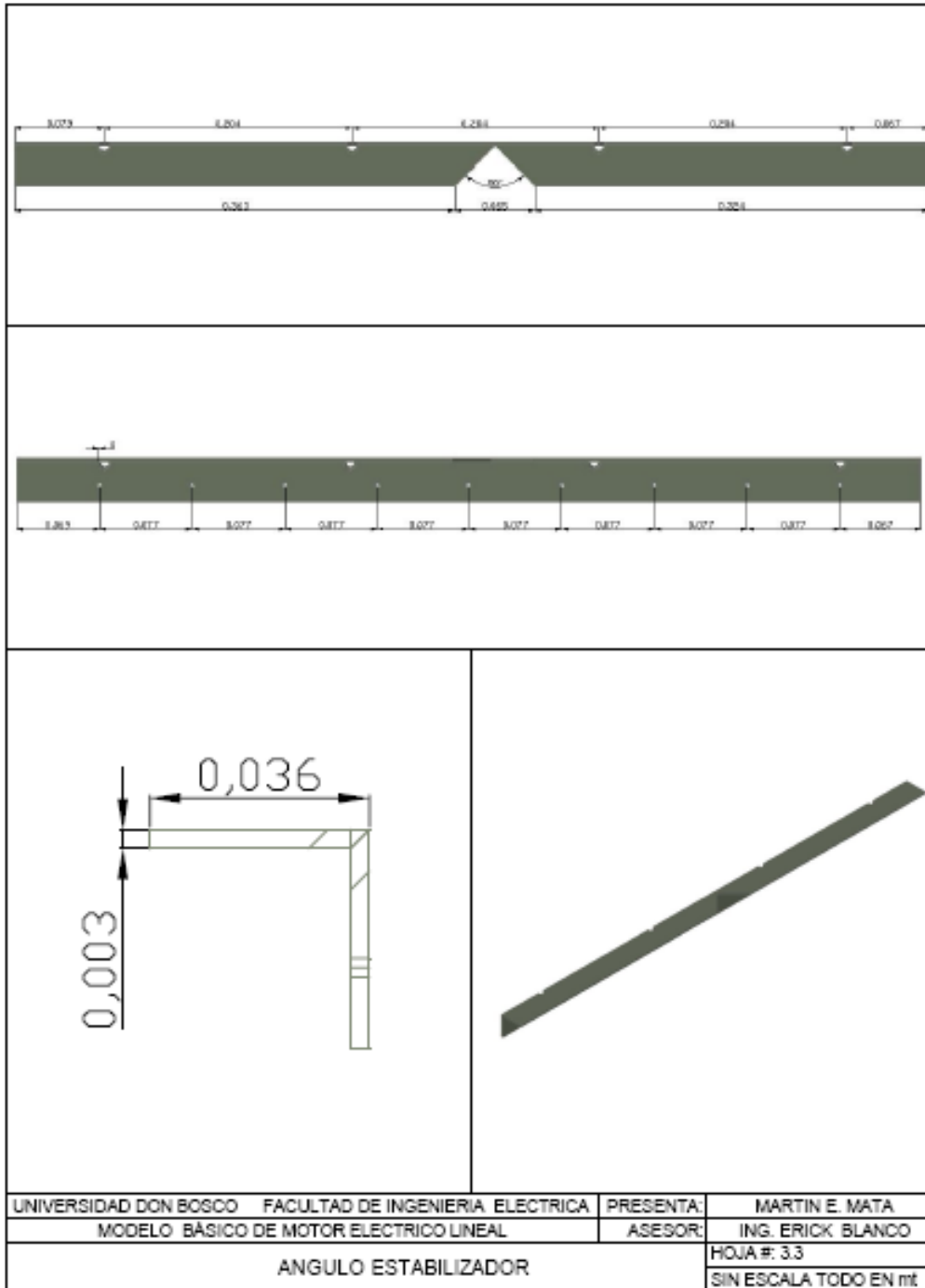


Figura 16. Angulo estabilizador.¹⁷

¹⁷ Dibujo realizado en autocad.

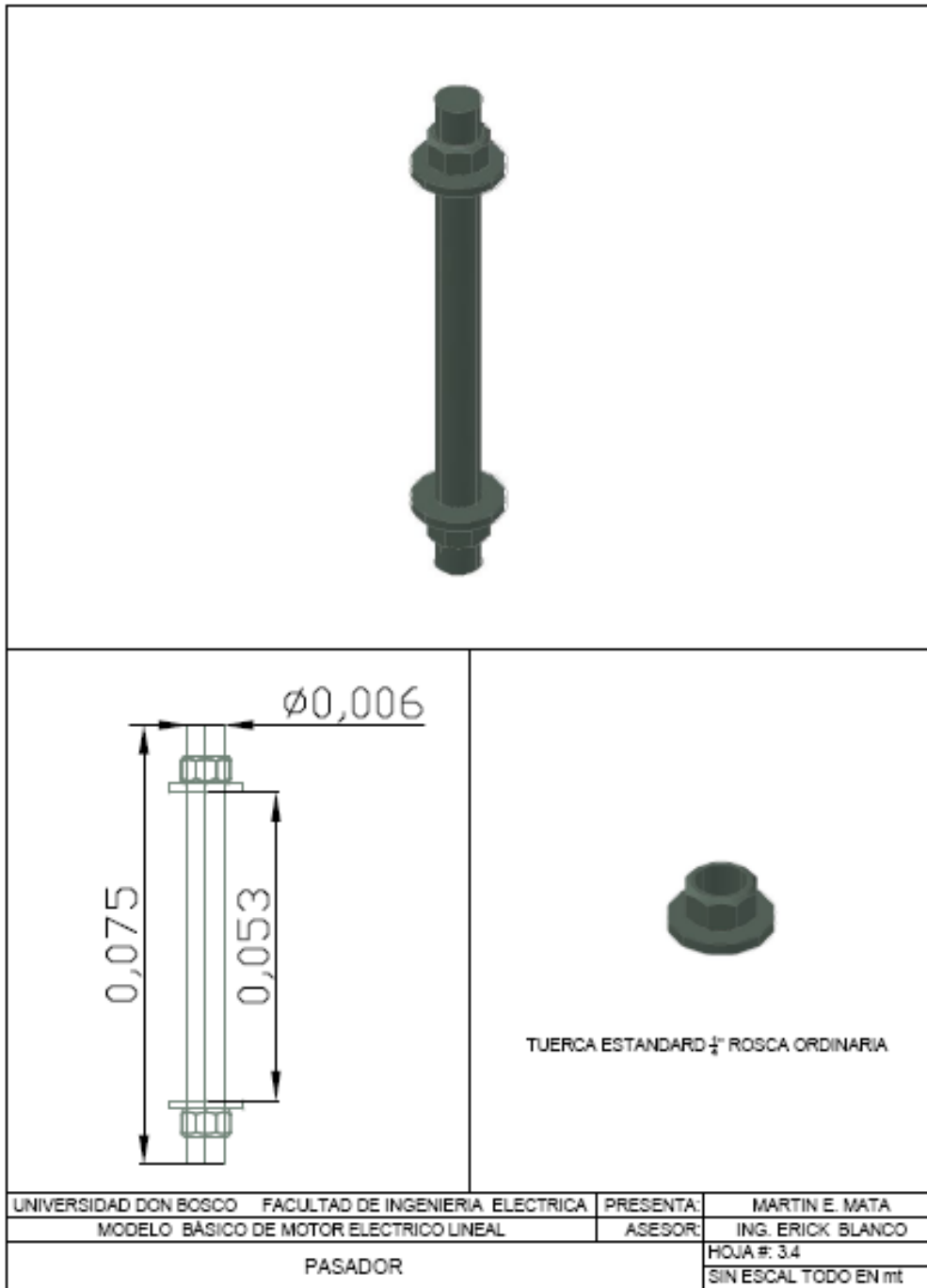


Figura 17. Pasador.¹⁸

¹⁸ Dibujo realizado en autocad.

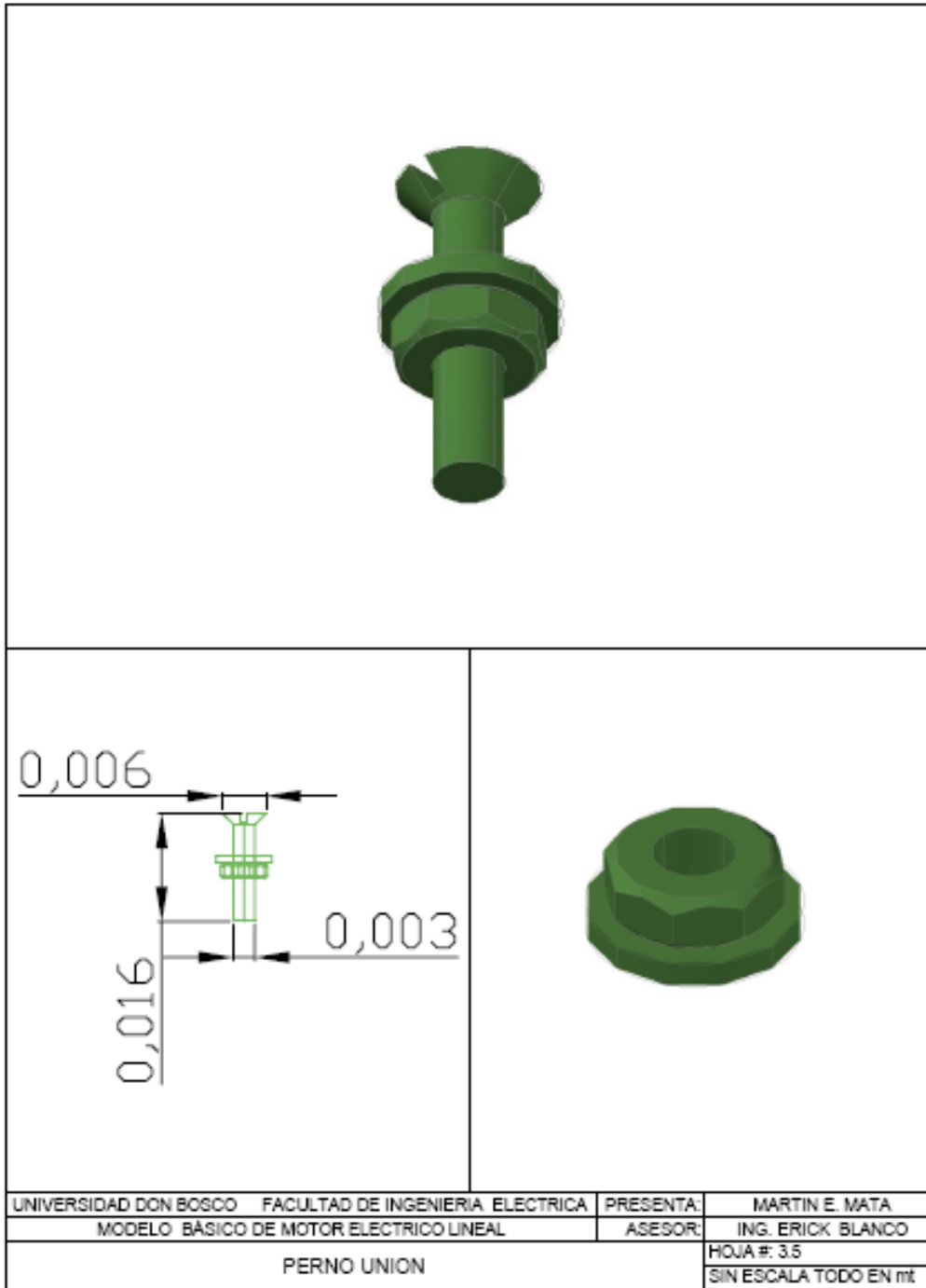


Figura 18. Perno unión.¹⁹

¹⁹ Dibujo realizado en autocad.

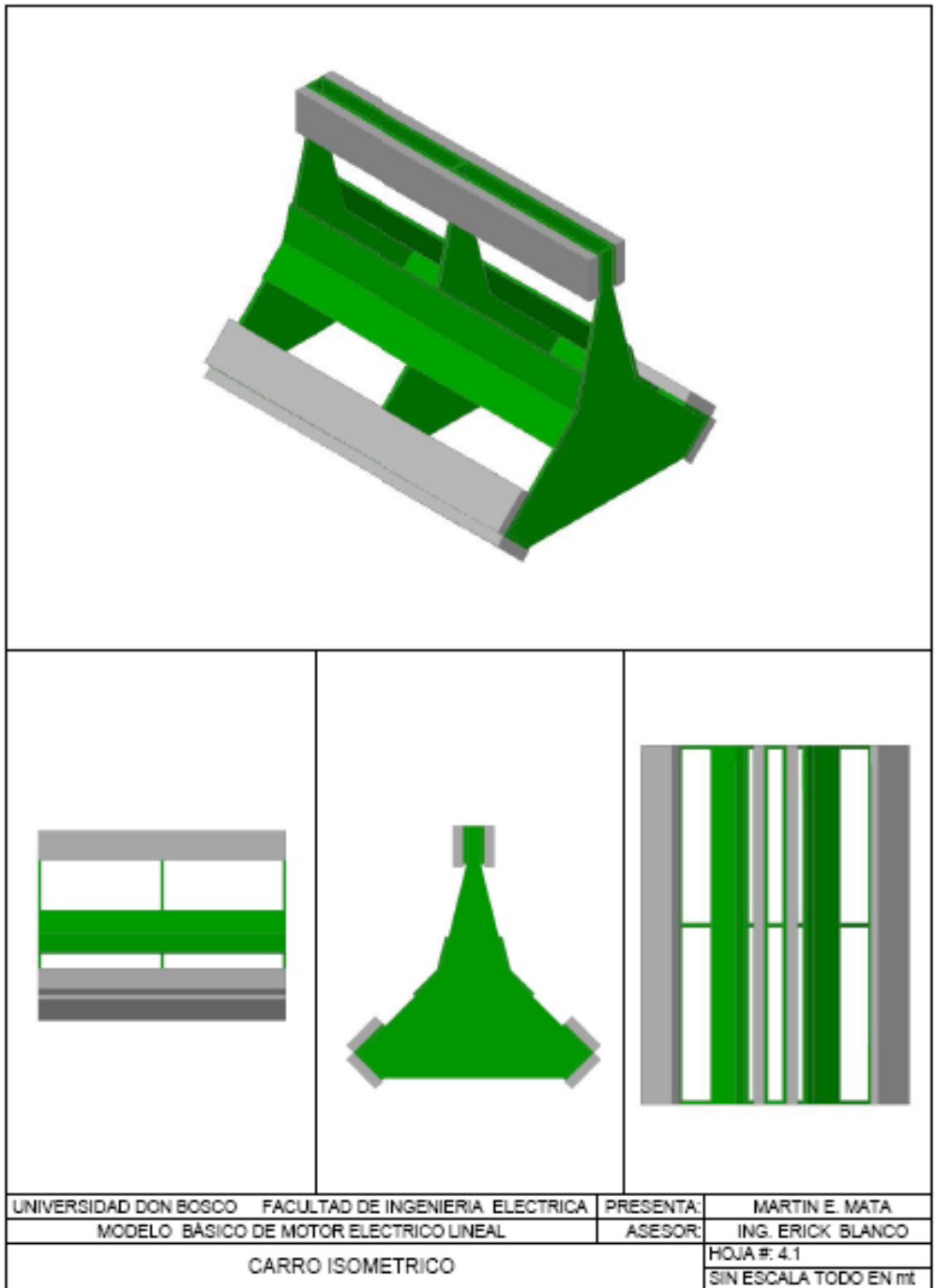


Figura 19. Carro isométrico.²⁰

²⁰ Dibujo realizado en autocad.

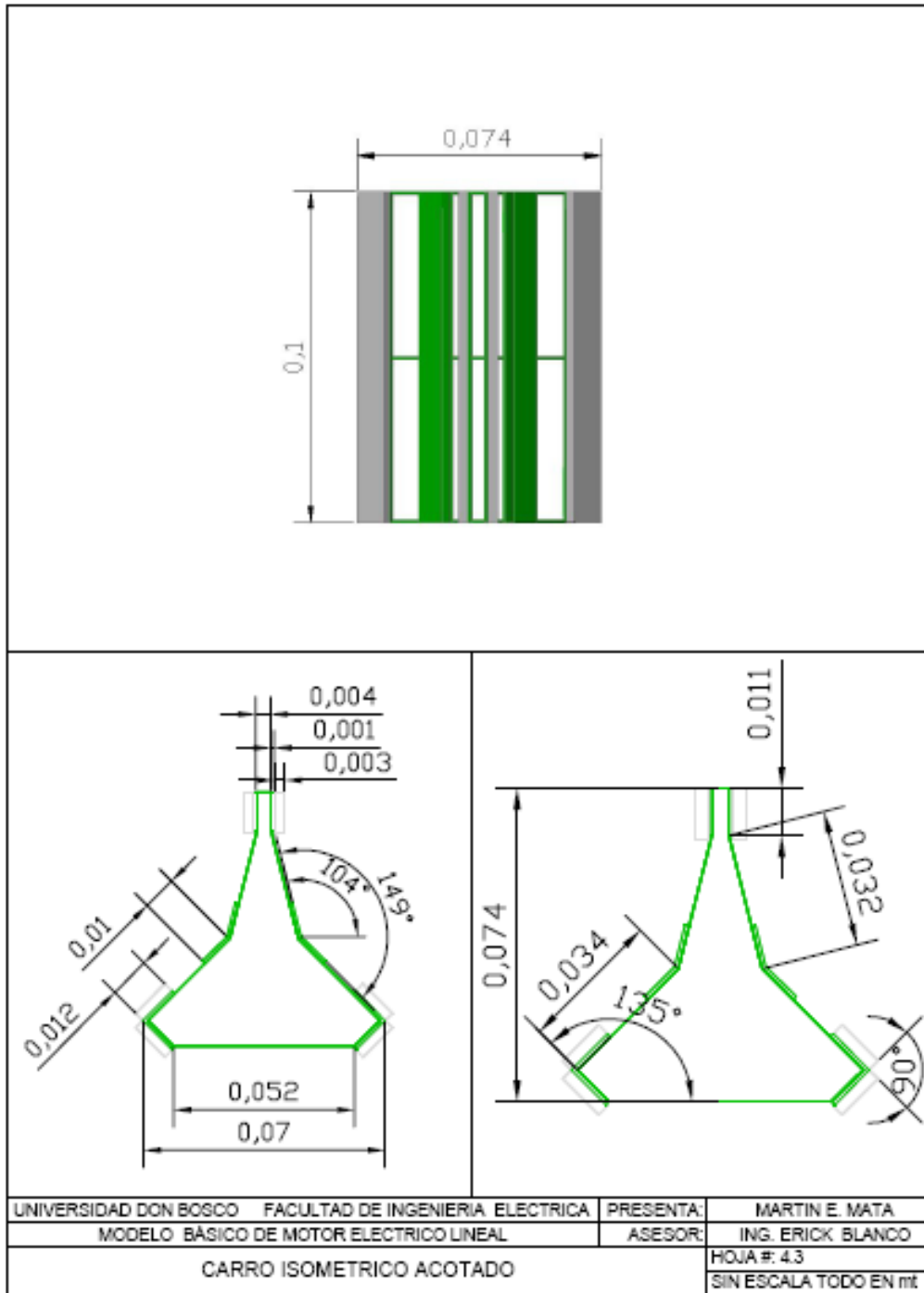


Figura 20. Carro isométrico acotado.²¹

²¹ Dibujo realizado en autocad.

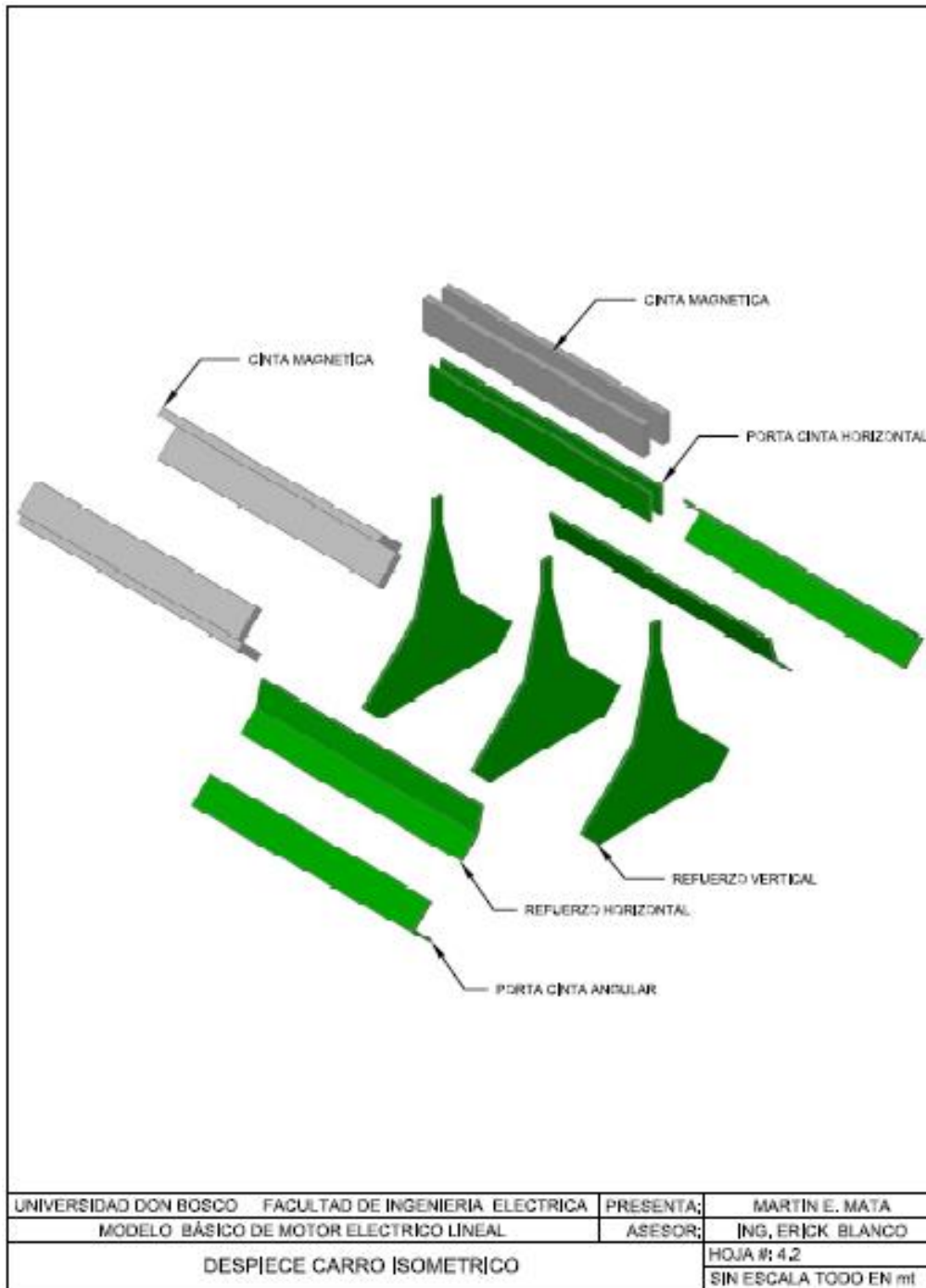


Figura 21. Despiece carro isométrico.²²

²² Dibujo realizado en autocad.

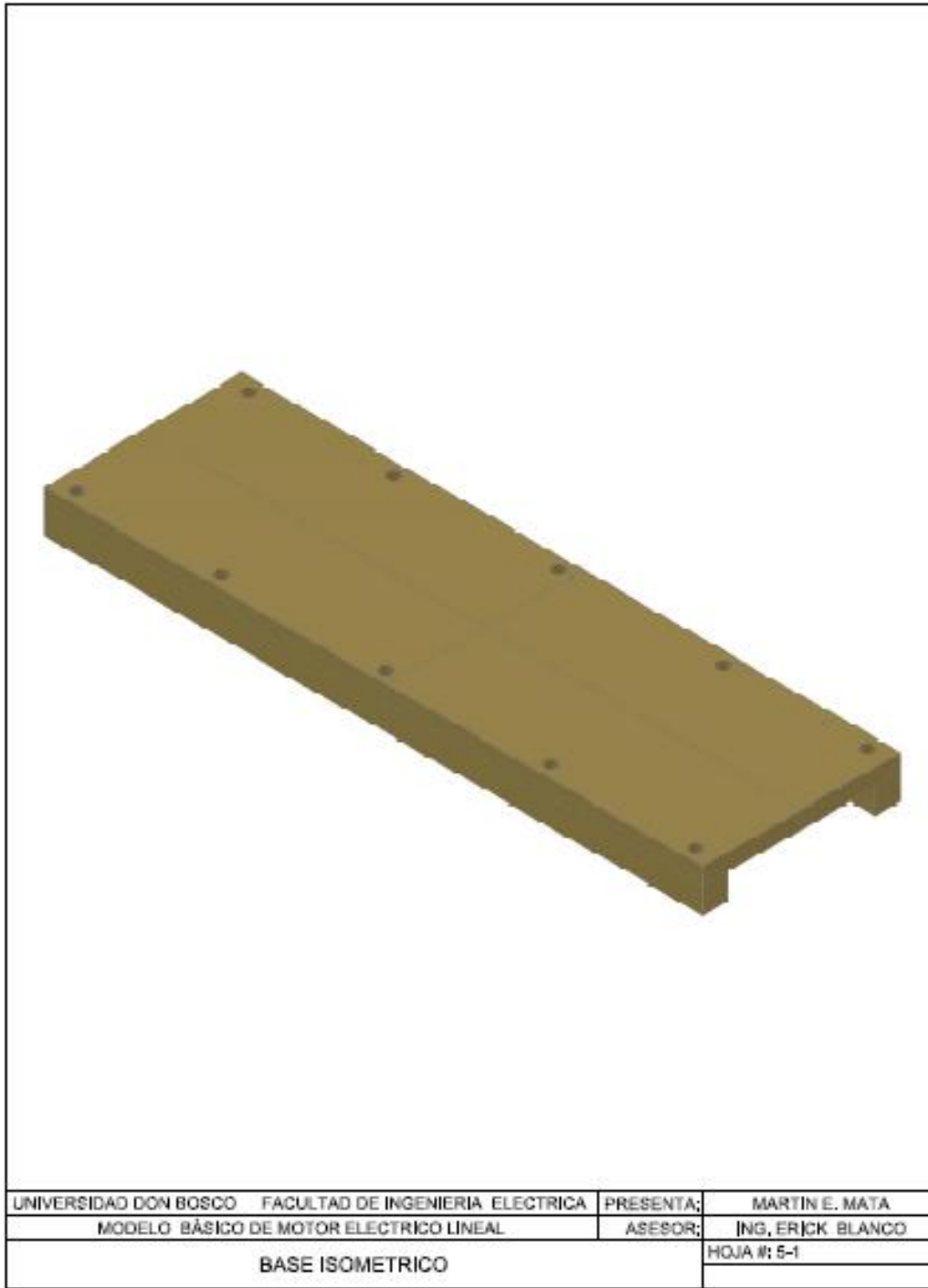


Figura 22. Base isométrico.²³

²³ Dibujo realizado en autocad.

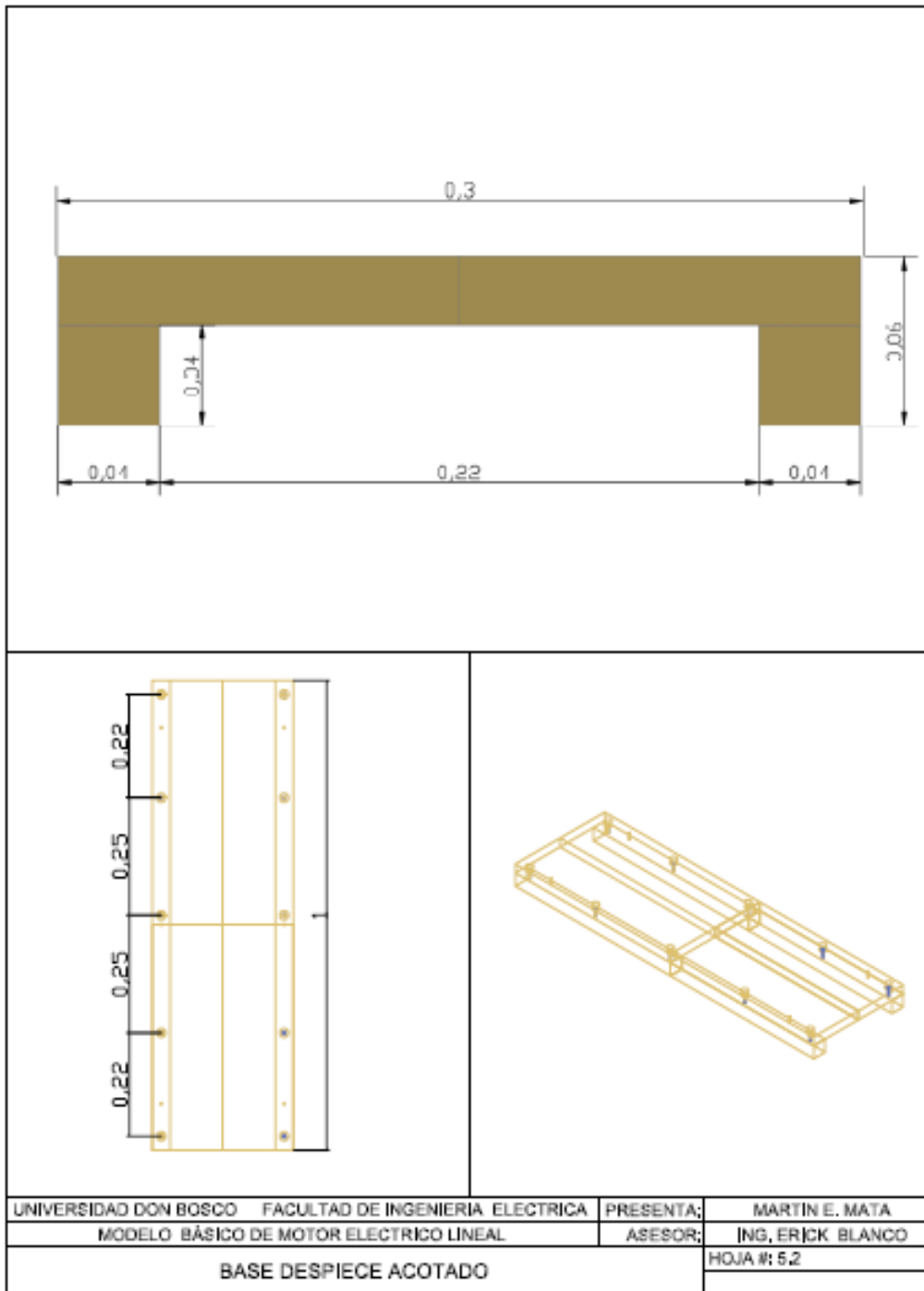


Figura 23. Base despiece acotado.²⁴

²⁴ Dibujo realizado en autocad.

CAPÍTULO III

3. ESTUDIO DE MATERIALES PARA EL MODELO BÁSICO DE MOTOR ELÉCTRICO LINEAL.

El siguiente capítulo es una descripción en detalle de los materiales que serán modelados para conformar cada uno de los componentes del prototipo de motor lineal a desarrollar, y de los que se han tomado en cuenta sus características básicas.

Dentro de la descripción de materiales encontraremos, aislantes, madera, cobre, ángulo en hierro, cartón, adhesivos y tornillería; los que serán tomados como base desde el diseño estructural, que al final será parte del manual de implementación con su descripción detallada.

Los materiales que serán, sometidos a descripción por su fácil adquisición, que a su vez generaran un beneficio y versatilidad en el objetivo de implementación tenemos:

- **Papel millard.**

Este tipo de papel, es uno de los materiales más utilizados a nivel mundial por sus amplias y versátiles propiedades, donde la rama eléctrica le da un amplio campo de utilidad en sus diferentes especialidades relacionada con las maquinas eléctricas.

Compuesto de polietileno en un 100%, con propiedades dieléctricas altas, proporciona un aislamiento eficiente entre los núcleos y las espiras eléctricas en sus diferentes formas y utilidades, dando la protección adecuada tanto en el ámbito físico como en el eléctrico, evitando el contacto a masa generado por la limadura de las bobinas con el núcleo en el proceso de bobinado.

- **Pletina de hierro 2"x1/4".**

El hierro como elemento representa el material más abundante sobre la tierra, por tener uno de los enlaces atómicos más fuertes, que lo hace ideal para la elaboración de herramientas de todo tipo de dimensiones, formas y grado de dureza además es magnetizable utilizado en la elaboración de núcleos para electroimanes, amplificando las líneas de campo electromagnético interactuando fácilmente con el campo magnético fijo de los imanes permanentes, además de aprovechar la versatilidad en la manipulación del flujo de líneas de campo electromagnético.

- **Ángulo de hierro de 1 1/4"x1/8".**

Es de cierta manera ideal por ser de hierro, magnetizable por los imanes dando como resultado una sujeción y estabilidad muy adecuada.

Además de aprovechar su forma para obtener una estructura estable y uniforme obteniendo un soporte adecuado.

- **Varilla roscada 1/4", 3/8".**

Con una longitud comercial de 3 m brinda la facilidad de seccionar piezas en dimensiones requeridas dependiendo de la utilidad, la cual permite obtener una calibración adecuada en la suspensión necesaria de tal forma que su separación sea la más precisa posible obteniendo un movimiento uniforme en toda la longitud de la trayectoria que recorrerá el carro.

- **Imán cerámico.**

Fabricados artificialmente, siendo su estado final una fusión de materiales que dan como resultado una aleación o imán cerámico con las propiedades de un imán natural donde se genera en el interior de este a un nivel atómico pequeñas corrientes cerradas debidas al movimiento de los electrones generando así en un nivel microscópico un pequeño dipolo con una única orientación generando al final por la suma de cada uno de los pequeños campos magnético de los dipolos microscópicos un campo magnético total, con la ventaja particular de tener la forma requerida y capacidad en líneas de fuerza necesarias. Utilizados para obtener un equilibrio de levitación entre la parte móvil y la fija.

Es de resaltar que un imán cerámico puede perder sus propiedades si alcanza la temperatura de Curie²⁵ donde dicha temperatura dependerá de la constitución de cada imán.

- **Conductor esmaltado.**

Formado de cobre con recubrimiento en esmalte, con la característica principal de ser manejable y maximizar el espacio en la elaboración de enrollados y bobinas, para lo cual será utilizado en la etapa motriz.

- **Cartón de ilustración.**

El cartón es un producto derivado del papel común, está conformado de varias capas de papel normal dependiendo del grosor, forma y utilidad así, será la cantidad de celulosa a utilizar, dentro de la cantidad de productos encontramos el cartón de ilustración que es utilizado por arquitectos para formar maquetas, presentando gran resistencia, fácil manejo y lo más importante un peso considerablemente bajo, para obtener así, un vehículo liviano y resistente.

- **Adhesivos.**

²⁵ La temperatura de Curie aplica únicamente a materiales ferro magnéticos, donde dicho material se comporta como un material paramagnético, disminuyendo sus propiedades según como aumente la temperatura aplicada.

Un adhesivo puede utilizarse para colocar dos superficies e inmovilizarlas con facilidad.

- **Bonder Loctite.**

Adhesivo instantáneo de uso general permite su aplicación en un gran número de materiales con facilidad y su rendimiento garantiza una unión segura.

CAPITULO IV

4. MEMORIA DE CÁLCULO PARA EL MODELO BASICO DEL MOTOR ELÉCTRICO LINEAL.

Los imanes ya sean de forma natural, sintéticos de aleación o cerámicos y hasta los electroimanes que asemejan a un imán de los antes descritos poseen o generan, según sea el caso, líneas de campo magnéticos que en algunos escritos también se definen como líneas de fuerza por su comportamiento interactivo con materiales ferro magnéticos y aún entre ellos mismos. Estas líneas son invisibles y se

desplazan de un extremo norte a otro polo sur físico. La cantidad de estas dependen del área superficial del imán.

El flujo magnético denominado Φ , representan a estas líneas, al relacionarlo con el área superficial se determina la cantidad de líneas de fuerza que pasan por esta, este parámetro se denomina densidad de flujo B.

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

Cuyas unidades son wb/m^2 ò teslas.

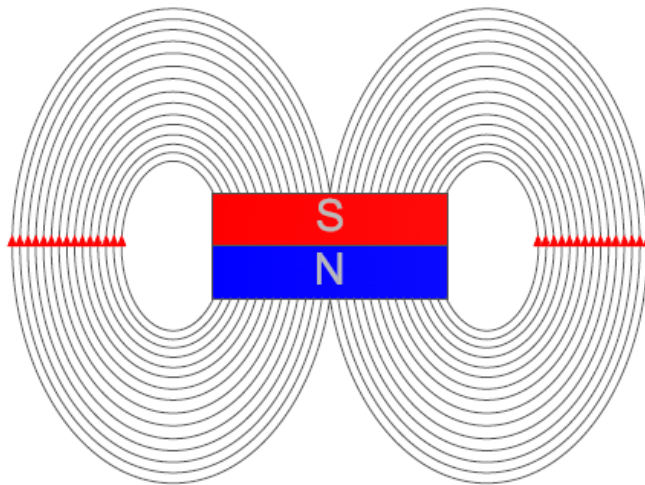


Figura 24. Trayectorias de líneas de campo en un imán.

La trayectoria de norte a sur en las líneas de campo magnético alrededor de los polos asemeja una forma elíptica, y sobre la superficie de este se puede asumir que en el inicio

de dichas líneas son perpendiculares, además entre más cerca de la superficie la fuerza que ejerce el campo es mucho mayor a comparación de las líneas más lejanas a la superficie.



Figura 25. Interacción vectorial entre campos magnéticos.²⁶

Con base a lo anterior, se obtiene una mejor densidad de flujo, es decir, un vector de fuerza resultante con dirección y magnitud, este como ya se menciono es mejor aprovechado cuando estamos más cerca de la superficie usando este fenómeno para atracción o repulsión que en el caso de la suspensión se utilizara el efecto repulsivo obteniendo una separación adecuada.

²⁶ Tomado del diseño del motor línea.

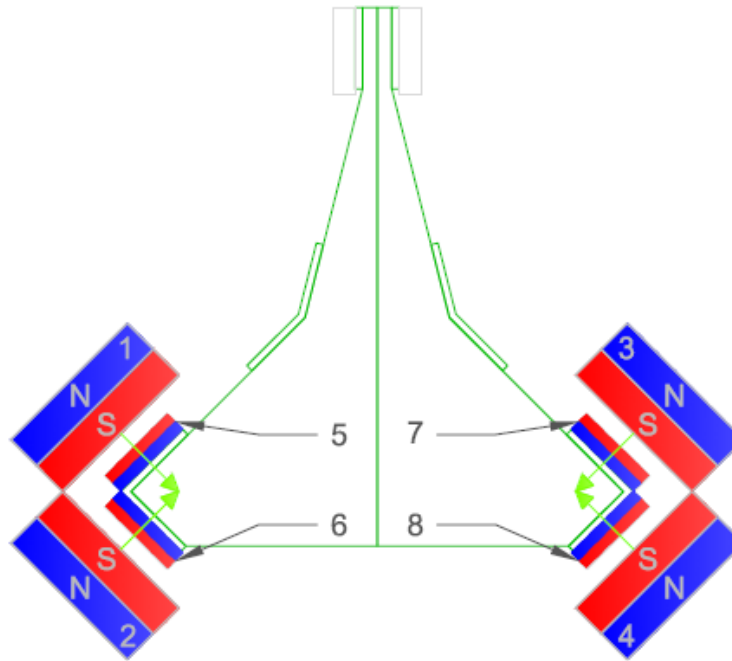


Figura 26. Suspensión Magnética.²⁷

Sabiendo que la densidad de flujo magnético se representa por un vector, a partir de esta representación se analiza el comportamiento de los vectores de campo involucrados de los imanes fijos laterales 1, 2,3 y 4 siendo así, se realiza un análisis vectorial sumando cada una de las fuerzas proporcionadas por ellos y obteniendo un vector resultante de lado izquierdo y derecho.

²⁷ Tomado del diseño del motor línea.

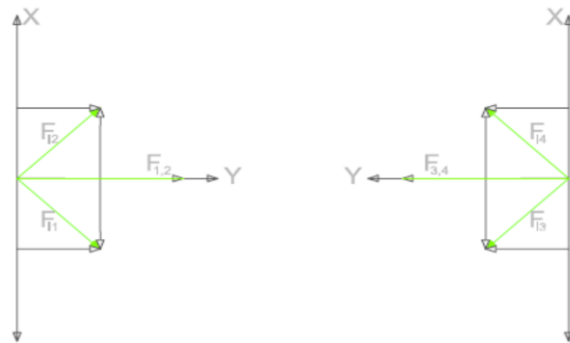


Figura 27. Representación vectorial en suspensión.²⁸

Se puede apreciar $F_{1,2}$ separa al carro del riel formado por los imanes 1 y 2, lo mismo sucede con $F_{3,4}$ producto de iteración de los imanes 3 y 4 logrando la suspensión deseada; es decir que por el lado derecho, a partir de la suma de F_{14} y F_{13} se obtiene un vector $F_{3,4}$ y de lado izquierdo un vector $F_{1,2}$ y estos resultantes se suman obteniendo un vector con magnitud y dirección cero ya que las magnitudes son iguales pero contrarias.

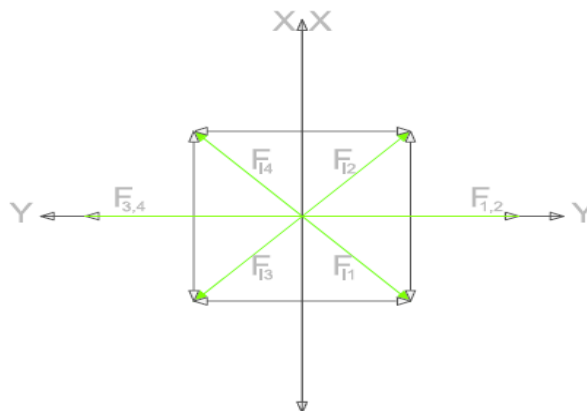


Figura 28. Representación vectorial en equilibrio de suspensión.²⁹

²⁸ Diseñados en Autocad²⁸ .

El mismo análisis vectorial se realiza sobre los imanes móviles del carro que se desplazaran sobre el eje z, tomando como referencia los ejes utilizados en la sumatorias vectoriales sobre los ejes X, dándonos el mismo resultado una suma vectorial con un valor cero, deduciendo así que la interacción de los imanes de suspensión y los colocados sobre el carro mantendrán el vehículo en equilibrio o reposo lo que es igual a una suspensión en el aire.

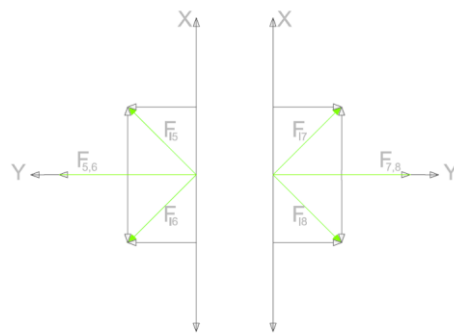


Figura 29. Representación vectorial de las cintas magnéticas en carro.³⁰

En el caso del sistema de propulsión debemos tomar en cuenta que tenemos que asemejar el funcionamiento de un motor síncrono el que está compuesto por un estator fijo que se encarga de generar un campo magnético giratorio el cual proporciona una velocidad de giro dentro del estator llamada

²⁹ Diseñados en Autocad.

³⁰ Diseñados en Autocad.

velocidad de sincronismo que está determinado por el número de polos que lo conforma. El rotor está compuesto por imanes permanentes o generalmente por rotores devanados, en el caso particular del motor lineal se trabaja con imanes permanentes. Para el motor lineal se toma en cuenta que es el mismo funcionamiento a diferencia de que se utiliza de una forma lineal no circular.

Las señales sinusoidales son la representación gráfica de cómo se comporta la tensión y corriente con respecto al tiempo donde una señal sinusoidal común o generalizada en sistemas eléctricos posee una frecuencia de 60Hz que determina los ciclos de permutación de señal en este caso particular 60 veces por segundo. Esta frecuencia está ligada mecánicamente con la velocidad de giro de donde proviene (En el caso más generalizado de un generador).

Dicha señal proporciona información importante en cualquiera de las aplicaciones eléctricas donde se utilice ya que su representación gráfica es más que obvia. El siguiente gráfico representa una señal senoidal trifásica con una magnitud de 40V en donde a los 90° de su desplazamiento angular genera un vector de magnitud en fase A y C de -20V y la restante fase B una magnitud de 40V.

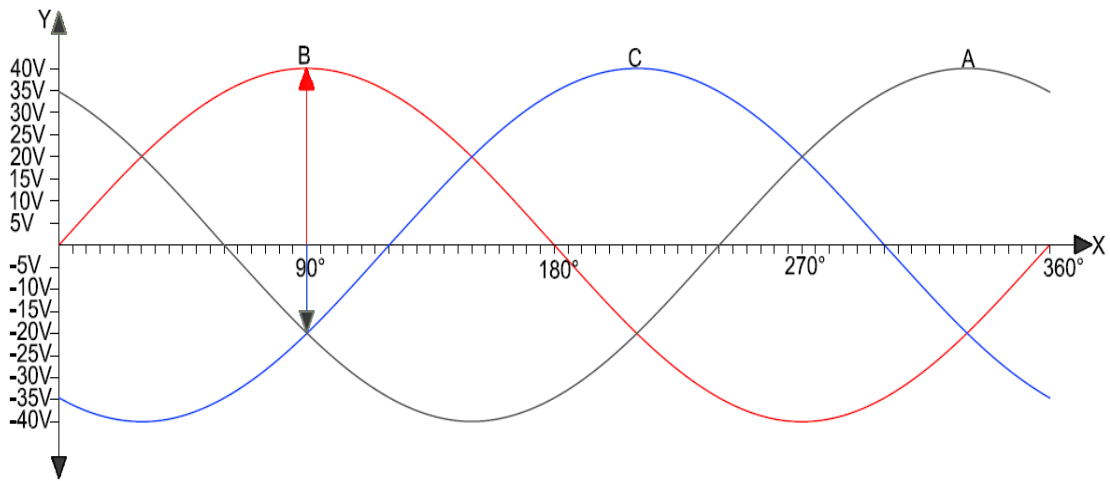


Figura 30. Senoidal trifásica y vectores representativos en ángulo 90°.³¹

Es así como esto da resultado a diferentes comportamientos de las densidades de flujo magnético en los electroimanes de la figura 31, ya que dicho flujo depende del nivel de tensión que es aplicada.

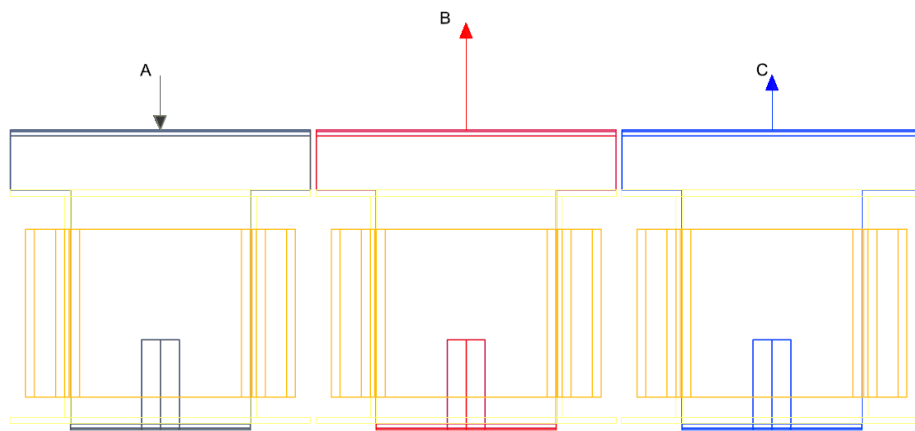


Figura 31. Representación de campo magnético en núcleo con señal de voltaje en 90°.³²

³¹ Diseñados en Autocad.

Analizando otro punto de la señal senoidal se determina cómo se comportan los vectores de flujo en dichos electroimanes y sus correspondientes fases, para un desplazamiento de 180° .

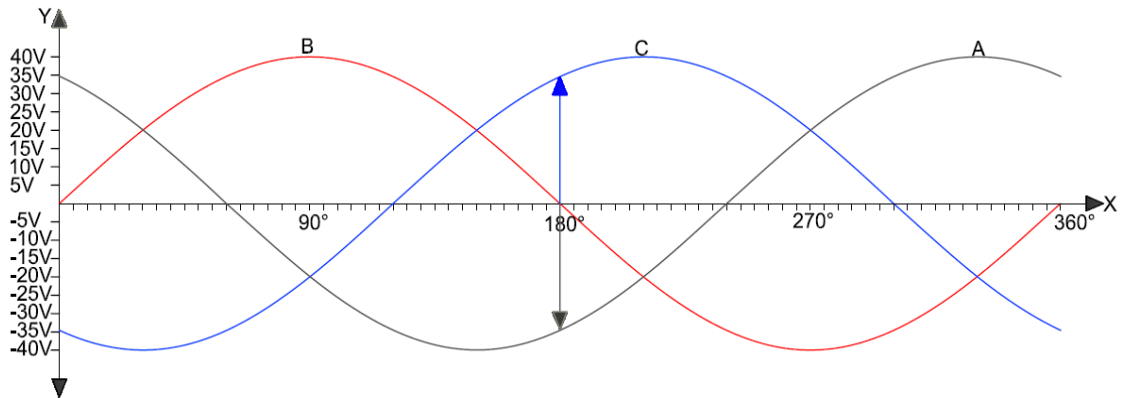


Figura 32. Senoidal trifásica y vectores representativos en ángulo 180° .³³

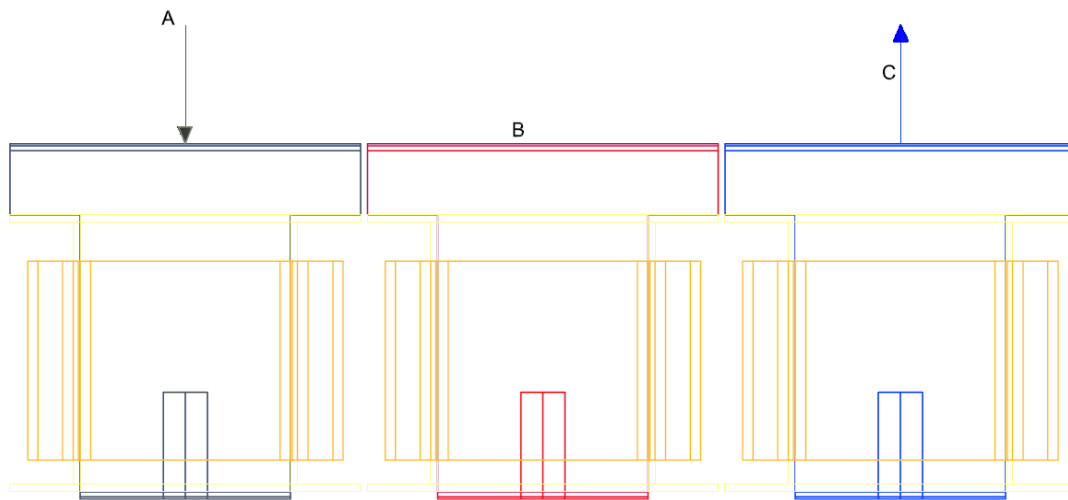


Figura 33. Representación de campo magnético en núcleo con señal de voltaje en 180° .³⁴

³² Diseñados en Autocad.

³³ Diseñados en Autocad.

Se aprecia en los 180° como punto de análisis que los vectores de fase A y C comparten la misma magnitud y el valor que presenta es de 35V a diferencia de que las direcciones son contrarias, en el caso de la fase B la magnitud y sentido son cero.

Siendo así la densidad de flujo magnético variará de magnitud y sentido con respecto a la frecuencia de la señal sinusoidal. Esto es importante ya que determina que la velocidad de desplazamiento del flujo magnético en los electroimanes puede controlarse al variar los periodos de oscilación en la frecuencia de la señal de tensión aplicada en los electroimanes, interactuando con imanes permanentes en forma de cinta colocados en la estructura del carro (referirse a fig.21) obteniéndose una función equivalente a la del rotor devanado (o en algunos casos con imanes permanentes) de los motores síncronos.

El diseño de motor lineal consta de 80cm utilizando 30 núcleos con 5cm de longitud, donde en total se reparten 15 núcleos por lado de los cuales se utilizan 5 núcleos por cada fase A, B y C en ambos lados. Cada núcleo operara con una tensión de 22V que multiplicado por la cantidad de bobinas nos da una tensión resultante de 110v y con una corriente de

³⁴ Diseñados en Autocad.

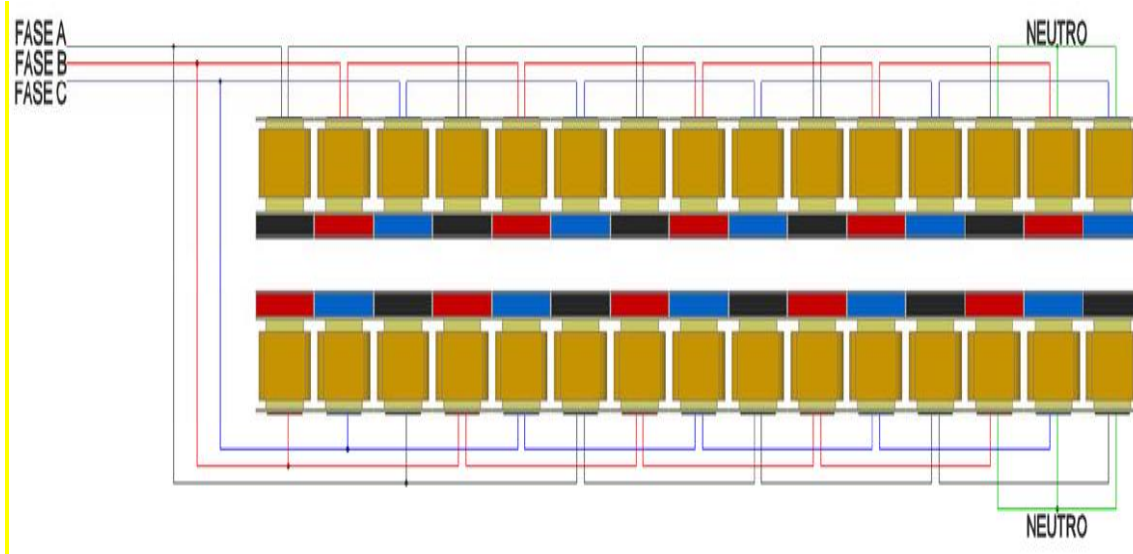


Figura 35. Diagrama de conexión de bobinas.³⁶

Tomando en consideración el inicio y final como referencia de entrada–salida de corriente y a su vez el cambio de polaridad que sufrirá el núcleo ferro magnético en las bobinas esto es de fundamental cuidado para la interconexión del grupo de bobinas por fase y así obtener uniformidad y variación congruente del campo magnético generado.

4.1 Elaboración de electroimanes.

El material que se utiliza como núcleo ferro magnético en la etapa de tracción es de tipo acerado comercial, del cual, es necesario obtener datos intrínsecos de dicho material, por lo que se construyó un núcleo de muestra tomando como parámetro los núcleos utilizados en los

³⁶ Diseñados en Autocad.

laboratorios de electrotecnia, por medio de un estudio de histéresis, tomando muestras de las resistencias de los devanados tanto primario como secundario, con los siguientes valores de resistencia.

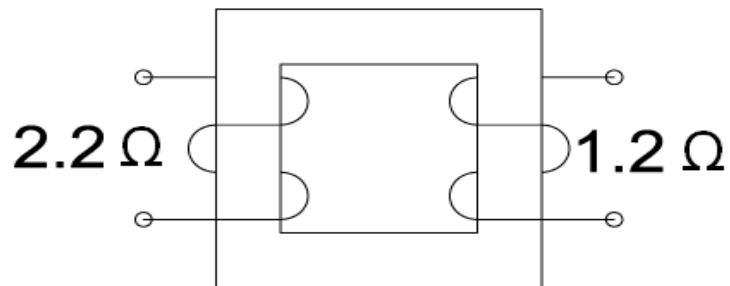


Figura 36. Núcleo de prueba para laboratorio.³⁷

Esta información se utiliza junto con una tabla de conductores esmaltados, diseñada para obtener valores de resistencia o peso tomando como parámetro un calibre de conductor, peso o resistencia requerida obteniendo un valor de longitud en este caso particular se utiliza un parámetro fijo de calibre de conductor # 32.

³⁷ Guía de teorías electromagnéticas UDB.

calibre AWG	Diametro								peso kg/km	longitud m/kg	resisten cia a 200gC Ω/Km	Peso Gm/cm	longitud cm/Gm	Ohm/mt	mt	cm
	en mm				area mm cuadrado											
	desnudo		Cubierto		desnudo		Cubierto									
	nominal	minimo	nominal	maximo	nominal	minimo	nominal	maximo								
8	3,264	3,271	3,317	3,363	8,367	8,403	8,641	8,883	74,71	13,3	2,06	0,07471	1,33	0,00206	582,524	0,000
9	2,906	2,918	2,959	3	6,633	6,687	6,877	14,137	59,24	16,8	2,6	0,05924	1,68	0,0026	461,538	0,000
10	2,588	2,601	2,639	2,677	5,260	5,313	5,470	11,257	47	21,2	3,27	0,047	2,12	0,00327	366,972	0,000
11	2,305	2,319	2,355	2,39	4,173	4,224	4,356	8,973	37,2	26,8	4,13	0,0372	2,68	0,00413	290,557	0,000
12	2,053	2,068	2,101	2,134	3,310	3,359	3,467	7,153	29,61	33,7	6,21	0,02961	3,37	0,00621	193,237	0,000
13	1,828	1,847	1,877	1,905	2,624	2,679	2,767	5,700	23,51	42,5	8,56	0,02351	4,25	0,00856	140,187	0,000
14	1,528	1,648	1,676	1,702	1,834	2,133	2,206	4,550	18,6	53,7	8,28	0,0186	5,37	0,00828	144,928	0,000
15	1,45	1,468	1,496	1,521	1,651	1,693	1,758	3,634	14,8	67,5	10,4	0,0148	6,75	0,0104	115,385	0,000
16	1,291	1,308	1,334	1,356	1,309	1,344	1,398	2,888	11,73	85,1	13,1	0,01173	8,51	0,0131	91,603	0,000
17	1,15	1,168	1,191	1,217	1,039	1,071	1,114	2,326	9,33	107	16,5	0,00933	10,7	0,0165	72,727	0,000
18	1,024	1,041	1,062	1,082	0,824	0,851	0,886	1,839	7,395	135	20,9	0,007395	13,5	0,0209	57,416	0,000
19	0,912	0,93	0,95	0,97	0,653	0,679	0,709	1,478	5,863	170	26,4	0,005863	17	0,0264	45,455	0,000
20	0,812	0,83	0,848	0,866	0,518	0,541	0,565	1,178	4,672	214	33,1	0,004672	21,4	0,0331	36,254	0,000
21	0,723	0,742	0,759	0,777	0,411	0,432	0,452	0,948	3,705	270	41,9	0,003705	27	0,0419	28,640	0,000
22	0,644	0,66	0,676	0,693	0,326	0,342	0,359	0,754	2,931	342	53,1	0,002931	34,2	0,0531	22,599	0,000
23	0,573	0,592	0,607	0,62	0,258	0,275	0,289	0,604	2,351	429	66,6	0,002351	42,9	0,0666	18,018	0,000
24	0,511	0,528	0,541	0,554	0,205	0,219	0,230	0,482	1,845	542	84,3	0,001845	54,2	0,0843	14,235	0,000
25	0,455	0,472	0,483	0,495	0,163	0,175	0,183	0,385	1,47	680	106	0,00147	68	0,106	11,321	0,000
26	0,405	0,419	0,432	0,442	0,129	0,138	0,147	0,307	1,161	857	134	0,001161	85,7	0,134	8,955	0,000
27	0,361	0,378	0,386	0,396	0,102	0,112	0,117	0,246	0,927	1078	168	0,000927	107,8	0,168	7,143	0,000
28	0,321	0,335	0,345	0,353	0,081	0,088	0,093	0,196	0,7321	1357	214	0,0007321	135,7	0,214	5,607	0,000
29	0,286	0,302	0,31	0,32	0,064	0,072	0,075	0,161	0,5845	1705	266	0,0005845	170,5	0,266	4,511	0,000
30	0,255	0,267	0,277	0,284	0,051	0,056	0,060	0,127	0,4627	2153	311	0,0004627	215,3	0,311	3,859	0,000
31	0,227	0,239	0,246	0,254	0,040	0,045	0,048	0,101	0,3675	2709	429	0,0003675	270,9	0,429	2,797	0,000
32	0,202	0,216	0,223	0,231	0,032	0,037	0,039	0,084	0,2976	3317	531	0,0002976	331,7	0,531	2,260	0,000
33	0,18	0,191	0,198	0,206	0,025	0,029	0,031	0,067	0,2351	4279	675	0,0002351	427,9	0,675	1,778	0,000
34	0,16	0,17	0,178	0,183	0,020	0,023	0,025	0,053	0,1845	5402	856	0,0001845	540,2	0,856	1,402	0,000
35	0,143	0,15	0,157	0,163	0,016	0,018	0,019	0,042	0,1458	6794	1085	0,0001458	679,4	1,085	1,106	0,000
36	0,127	0,135	0,142	0,147	0,013	0,014	0,016	0,034	0,1172	8527	1361	0,0001172	852,7	1,361	0,882	0,000
37	0,113	0,119	0,127	0,132	0,010	0,011	0,013	0,027	0,0943	10769	1679	0,0000943	1076,9	1,679	0,715	0,000
38	0,101	0,107	0,114	0,119	0,008	0,009	0,010	0,022	0,0745	13603	2126	0,0000745	1360,3	2,126	0,564	0,000
39	0,09	0,091	0,099	0,104	0,006	0,007	0,008	0,017	0,0572	17099	2778	0,0000572	1709,9	2,778	0,432	0,000
40	0,08	0,081	0,089	0,094	0,005	0,005	0,006	0,014	0,045	21469	3543	0,000045	2146,9	3,543	0,339	0,000
41	0,071	0,073	0,078	0,083	0,004	0,004	0,005	0,011	0,0367	27206	4342	0,0000367	2720,6	4,342	0,276	0,000
42	0,0635	0,066	0,071	0,076	0,003	0,003	0,004	0,009	0,0289	34532	5444	0,0000289	3453,2	5,444	0,220	0,000
43	0,0558	0,058	0,063	0,066	0,002	0,003	0,003	0,007	0,023	43410	7033	0,000023	4341	7,033	0,171	0,000
44	0,0508	0,05	0,055	0,06	0,002	0,002	0,002	0,006	0,0183	54501	8510	0,0000183	5450,1	8,51	0,141	0,000

Figura 37. Cálculo devanado primario en hoja de Excel referente a conductores esmaltados.

calibre AWG	Diametro								peso kg/km	longitud m/kg	resisten cia a 200gC Ω/km	Peso Gm/cm	longitud cm/Gm	Ohm/mt	mt	cm
	en mm				area mm cuadrado											
	desnudo		Cubierto		desnudo		Cubierto									
	nominal	minimo	nominal	maximo	nominal	minimo	nominal	maximo								
8	3,264	3,271	3,317	3,363	8,367	8,403	8,641	8,883	74,71	13,3	2,06	0,07471	1,33	0,00206	1067,961	0,000
9	2,906	2,918	2,959	3	6,633	6,687	6,877	14,137	59,24	16,8	2,6	0,05924	1,68	0,0026	846,154	0,000
10	2,588	2,601	2,639	2,677	5,260	5,313	5,470	11,257	47	21,2	3,27	0,047	2,12	0,00327	672,783	0,000
11	2,305	2,319	2,355	2,39	4,173	4,224	4,356	8,973	37,2	26,8	4,13	0,0372	2,68	0,00413	532,688	0,000
12	2,053	2,068	2,101	2,134	3,310	3,359	3,467	7,153	29,61	33,7	6,21	0,02961	3,37	0,00621	354,267	0,000
13	1,828	1,847	1,877	1,905	2,624	2,679	2,767	5,700	23,51	42,5	8,56	0,02351	4,25	0,00856	257,009	0,000
14	1,528	1,648	1,676	1,702	1,834	2,133	2,206	4,550	18,6	53,7	8,28	0,0186	5,37	0,00828	265,700	0,000
15	1,45	1,468	1,496	1,521	1,651	1,693	1,758	3,634	14,8	67,5	10,4	0,0148	6,75	0,0104	211,538	0,000
16	1,291	1,308	1,334	1,356	1,309	1,344	1,398	2,888	11,73	85,1	13,1	0,01173	8,51	0,0131	167,939	0,000
17	1,15	1,168	1,191	1,217	1,039	1,071	1,114	2,326	9,33	107	16,5	0,00933	10,7	0,0165	133,333	0,000
18	1,024	1,041	1,062	1,082	0,824	0,851	0,886	1,839	7,395	135	20,9	0,007395	13,5	0,0209	105,263	0,000
19	0,912	0,93	0,95	0,97	0,653	0,679	0,709	1,478	5,863	170	26,4	0,005863	17	0,0264	83,333	0,000
20	0,812	0,83	0,848	0,866	0,518	0,541	0,565	1,178	4,672	214	33,1	0,004672	21,4	0,0331	66,465	0,000
21	0,723	0,742	0,759	0,777	0,411	0,432	0,452	0,948	3,705	270	41,9	0,003705	27	0,0419	52,506	0,000
22	0,644	0,66	0,676	0,693	0,326	0,342	0,359	0,754	2,931	342	53,1	0,002931	34,2	0,0531	41,431	0,000
23	0,573	0,592	0,607	0,62	0,258	0,275	0,289	0,604	2,351	429	66,6	0,002351	42,9	0,0666	33,033	0,000
24	0,511	0,528	0,541	0,554	0,205	0,219	0,230	0,482	1,845	542	84,3	0,001845	54,2	0,0843	26,097	0,000
25	0,455	0,472	0,483	0,495	0,163	0,175	0,183	0,385	1,47	680	106	0,00147	68	0,106	20,755	0,000
26	0,405	0,419	0,432	0,442	0,129	0,138	0,147	0,307	1,161	857	134	0,001161	85,7	0,134	16,418	0,000
27	0,361	0,378	0,386	0,396	0,102	0,112	0,117	0,246	0,927	1078	168	0,000927	107,8	0,168	13,095	0,000
28	0,321	0,335	0,345	0,353	0,081	0,088	0,093	0,196	0,7321	1357	214	0,0007321	135,7	0,214	10,280	0,000
29	0,286	0,302	0,31	0,32	0,064	0,072	0,075	0,161	0,5845	1705	266	0,0005845	170,5	0,266	8,271	0,000
30	0,255	0,267	0,277	0,284	0,051	0,056	0,060	0,127	0,4627	2153	311	0,0004627	215,3	0,311	7,074	0,000
31	0,227	0,239	0,246	0,254	0,040	0,045	0,048	0,101	0,3675	2709	429	0,0003675	270,9	0,429	5,128	0,000
32	0,202	0,216	0,223	0,231	0,032	0,037	0,039	0,084	0,2976	3317	531	0,0002976	331,7	0,531	4,143	0,000
33	0,18	0,191	0,198	0,206	0,025	0,029	0,031	0,067	0,2351	4279	675	0,0002351	427,9	0,675	3,259	0,000
34	0,16	0,17	0,178	0,183	0,020	0,023	0,025	0,053	0,1845	5402	856	0,0001845	540,2	0,856	2,570	0,000
35	0,143	0,15	0,157	0,163	0,016	0,018	0,019	0,042	0,1458	6794	1085	0,0001458	679,4	1,085	2,028	0,000
36	0,127	0,135	0,142	0,147	0,013	0,014	0,016	0,034	0,1172	8527	1361	0,0001172	852,7	1,361	1,616	0,000
37	0,113	0,119	0,127	0,132	0,010	0,011	0,013	0,027	0,0943	10769	1679	0,0000943	1076,9	1,679	1,310	0,000
38	0,101	0,107	0,114	0,119	0,008	0,009	0,010	0,022	0,0745	13603	2126	0,0000745	1360,3	2,126	1,035	0,000
39	0,09	0,091	0,099	0,104	0,006	0,007	0,008	0,017	0,0572	17099	2778	0,0000572	1709,9	2,778	0,792	0,000
40	0,08	0,081	0,089	0,094	0,005	0,005	0,006	0,014	0,045	21469	3543	0,000045	2146,9	3,543	0,621	0,000
41	0,071	0,073	0,078	0,083	0,004	0,004	0,005	0,011	0,0367	27206	4342	0,0000367	2720,6	4,342	0,507	0,000
42	0,0635	0,066	0,071	0,076	0,003	0,003	0,004	0,009	0,0289	34532	5444	0,0000289	3453,2	5,444	0,404	0,000
43	0,0558	0,058	0,063	0,066	0,002	0,003	0,003	0,007	0,023	43410	7033	0,000023	4341	7,033	0,313	0,000
44	0,0508	0,05	0,055	0,06	0,002	0,002	0,002	0,006	0,0183	54501	8510	0,0000183	5450,1	8,51	0,259	0,000

Figura 38. Cálculo devanado secundario en hoja de Excel referente a conductores esmaltado.

Para obtener una resistencia de 1.2Ω, con el alambre esmaltado #32 se efectuaron los siguientes cálculos:

$$\frac{\text{resistencia}}{\text{metro alambre \#32}} = 0.531 \frac{\Omega}{\text{mt}}$$

$$\begin{aligned} \text{longitud de alambre} &= \frac{\text{resistencia deseada}}{\text{resistencia / metro alambre \#32}} = \frac{1.2\Omega}{0.531 \frac{\Omega}{\text{mt}}} \\ &= 2.26\text{mt} \end{aligned}$$

Para obtener una resistencia de 2.2Ω:

$$\frac{2.2\Omega}{0.531\Omega/mt} = 4.14mt$$

Obteniendo un resultado para 1.2Ω de 2.26 m de conductor #32 y para 2.2Ω se aprecia un valor de 4.14 m de conductor #32 donde el primer dato forma parte del devanado secundario y el segundo dato el devanado primario.

Teniendo estos valores para cada devanado se elabora un núcleo junto con las bobinas primarias y secundarias, posteriormente se traslada el núcleo terminado hasta los laboratorios de electrotecnia para los análisis de histéresis con el siguiente diagrama de conexión.+

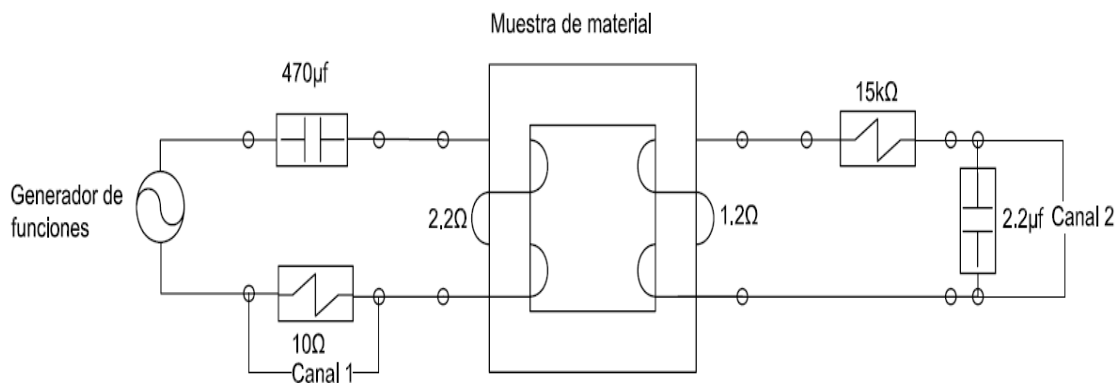


Figura 39. Diagrama de conexión prueba de histéresis.³⁸

A continuación se muestra, la conexión de los elementos utilizando el núcleo de prueba de material ferro magnético en las instalaciones de los laboratorios de la UDB.

³⁸ Guía de teorías electromagnéticas UDB.

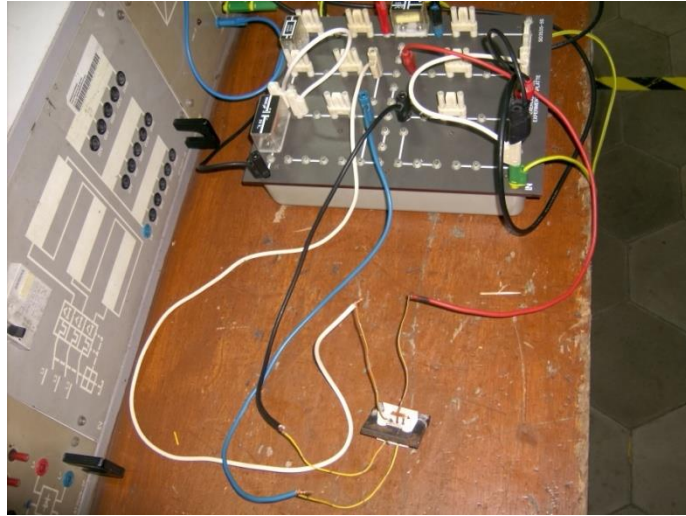


Figura 40. Conexión de prototipo.

Los parámetros de configuración en el osciloscopio son:

- División de tiempos en 2ms
- División de tensión canal 1 en 5mV
- División de tensión canal 2 en 2V
- Configuración de canal dual X-Y

La siguiente figura muestra el grafico obtenido en el momento de energizar el circuito.

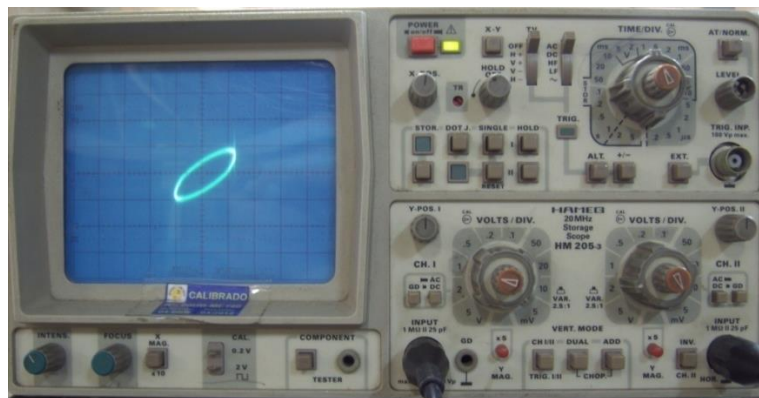


Figura 41. Curva de histéresis en osciloscopio.

Con la ayuda de la herramienta de Autocad la imagen obtenida de dicho osciloscopio fue redibujada alcanzando una mejor apreciación en los valores obtenidos, considerando para ello que el eje vertical representa la densidad de flujo (B) y el eje horizontal la intensidad de campo magnético.

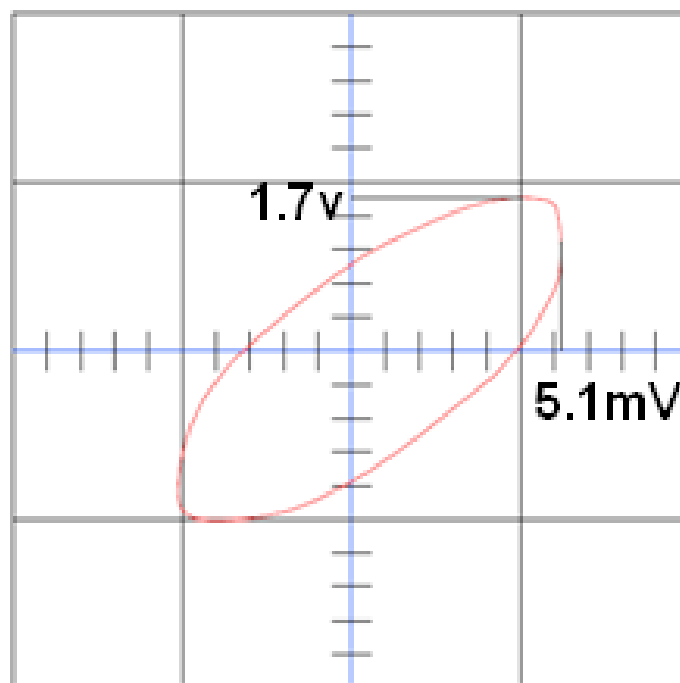


Figura 42. Curva de histéresis rediseñada en autocad.³⁹

En el núcleo de prueba el flujo magnético aumenta notablemente por la inducción magnética.

³⁹ Diseñados en Autocad.

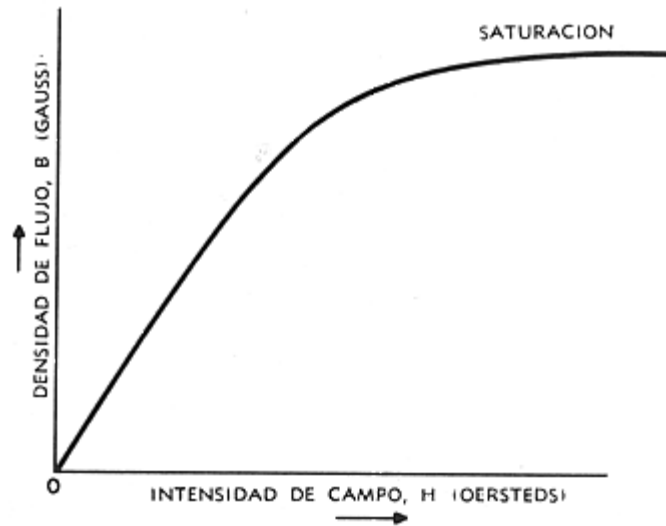


Figura 43. Curva típica de magnetización.⁴⁰

La relación entre la densidad de flujo (B) y la intensidad de campo (H) en un material magnético se llama permeabilidad (μ) y es una medida de la facilidad de magnetización del material.

$$\mu(\text{permeabilidad}) = \frac{B(\text{Tesla})}{H(\text{Avuelta}/\text{mt})}$$

La permeabilidad de un material ferro magnético, no es una cantidad constante sino que depende de la intensidad del campo magnético mismo (curva B-H). En el aire o en el

⁴⁰<http://materias.fi.uba.ar/6209/download/4-Materiales%20Magneticos.pdf>

vacío, $\mu = 1$, y por lo tanto, la intensidad de campo (H) y la densidad de flujo (B) son numéricamente iguales.

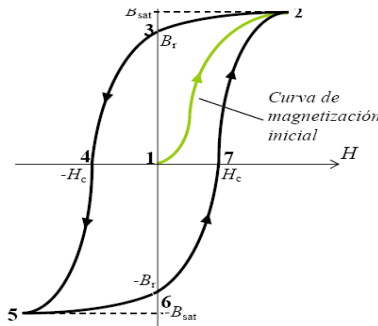


Figura 44. Curva típica de histéresis y magnetización.⁴¹

Teniendo en cuenta lo anterior se establece que el material ferro magnético utilizado en el prototipo de motor lineal posee una permeabilidad de

$$\mu_{\text{material de prueba}} = \frac{1.7V}{5.1mV} = 333.333$$

Este valor μ obtenido es específico del material utilizado como núcleo y con el que se puede determinar la fuerza final generada por cada núcleo independiente con un valor máximo de tensión aplicada que en el caso de nuestros núcleos es de 22V además de poseer 400 espiras de alambre esmaltado de calibre #32 con lo que la fuerza magneto motriz fmm sería:

$$fmm = N I = 400 \text{ vueltas} \times 2.5 \text{ Amp} = 1020 \text{ Amp} \times \text{vuelta}$$

⁴¹<http://materias.fi.uba.ar/6209/download/4-Materiales%20Magneticos.pdf>

De la grafica de la Figura 10, se obtiene la longitud media:

$$lm = 0.03 + 0.04 + 0.02 + 0.01 + 0.05 + 0.01 + 0.02 + 0.04 = 0.22 \text{ mts}$$

$$A = 0.01 \times 0.013 = 1.3 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ (Area Transversal)}$$

$$\mathbb{R} = \frac{lm}{\mu_{Mat} \times \mu_{Vacio} \times A} \quad (\text{Reluctancia})$$

$$\mathbb{R} = \frac{0.22}{333.3 \times (4\pi \times 10^{-7}) \times (1.3 \times 10^{-4})} = 4040127 \text{ Vueltas / Wb}$$

$$\beta = \frac{\varphi}{A} \quad (\text{Densidad de Flujos})$$

$$\beta = \frac{2.5 \times 10^{-4} \text{ Wb}}{1.3 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\beta = 1.92 \text{ Wb/m}^2 \quad (\text{Valor por cada bobina})$$

$$\varphi = \frac{fmm}{\mathbb{R}} = \frac{1020}{4040127} \quad (\text{Flujo Magnetico})$$

$$\varphi = 2.5 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

CAPITULO V

5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE MOTOR LINEAL.

Con un formato descriptivo de actividades por sección de los componentes que conforman al prototipo y a su vez con tablas vinculadas donde se muestran las cantidades de material, con costos adquisitivos y actividades de construcción, con sus respectivos costos de ejecución obteniendo como resultado una descripción de construcción y costo total en la implementación constructiva de dicho prototipo.

Descripcion de obra fabricacion prototipo motor lineal						
Item	Descripción de obra	Unidad	costo material	costo mano de obra	Costo unitario	Costo total
1.00	Elaboración de riel de tracción					376,05
1.01	suministro de material y elaboración de ángulo soporte	S/G	8,73	54,60	62,79	
1.02	suministro de material y elaboración de núcleo ferro magnético	S/G	21,31	120,84	163,47	
1.03	suministro de material y elaboración de bobinas	S/G	32,75	97,50	149,79	

Tabla 1. Descripción actividades de fabricación parte 1.

Ítem	Descripción de obra	Unidad	costo material	costo mano de obra	Costo unitario	Costo total
2.00	Elaboración de riel de suspensión					262,54
2.01	suministro de material y elaboración de ángulo suspensión	S/G	16,53	69,67	99,13	
2.02	suministro de material e instalación de imanes cerámicos	S/G	128,15	13,95	163,41	
3.00	Elaboración de carro					46,21
3.01	suministro de material y elaboración estructura de soporte carro	S/G	3,88	19,00	26,31	
3.02	suministro de material e instalación de cintas magnéticas	S/G	15,30	2,00	19,90	
4.00	Elaboración de bases de soporte					59,47
4.01	suministro de material y elaboración de bases soporte	S/G	12,71	39,00	59,47	
5.00	Conexión eléctrica					16,49
5.01	suministro de material e interconexión de núcleos	S/G	10,59	3,75	16,49	
6.00	Modificaciones					73,60
6.01	desmontaje de rieles de suspensión	S/G	0,00	0,40	0,46	
6.02	montaje de riel horizontal vertical	S/G	11,15	23,14	39,43	
6.03	fabricación carro (diseño nuevo)	S/G	12,23	17,09	33,71	
TOTALES=			273,32	460,93	834,36	834,36

Tabla 2. Descripción actividades de fabricación parte 2.

Análisis de Costos Unitarios

Proyecto: MOTOR LINEAL
 Elemento: 1.01
 Cantidad de Análisis: \$ 1,00 S/G
 Fecha: 19-ago-11
 1 \$ 2,00 3

A: MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
ángulo 1 1/2"x1 1/2"x3/16"	9	120,00	cm	\$ 0,04	\$ 4,32
arandela plana 3/8"	3	16,00	unidad	\$ 0,04	\$ 0,64
varilla roscada 3/8"	6	60,00	cm	\$ 0,01	\$ 0,72
tuerca galvanizada rosca 3/8"	7	16,00	unidad	\$ 0,05	\$ 0,80
lija 350	15	1,00	unidad	\$ 0,60	\$ 0,60
thinner	14	20,00	cm3	\$ 0,02	\$ 0,40
tirro	13	0,06	unidad	\$ 0,75	\$ 0,05
spray	12	2,00	oz	\$ 0,60	\$ 1,20
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
TOTAL DE MATERIALES					\$ 8,73

Tabla 3. Descripción materiales elaboración ángulo soporte.

B: MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
perforación 1/8"	1	30,00	unidad	\$ 0,25	\$ 7,50
perforación 1/4"	2	30,00	unidad	\$ 0,35	\$ 10,50
perforación 3/8"	3	8,00	unidad	\$ 0,40	\$ 3,20
corte en ángulo 1 1/2"x1 1/2"x3/16"	9	4,00	unidad	\$ 0,30	\$ 1,20
cortes en varilla 3/8"	7	4,00	unidad	\$ 0,15	\$ 0,61
lijado	14	2286,00	cm2	\$ 0,01	\$ 11,43
pintura	15	2286,00	cm2	\$ 0,01	\$ 11,43
0			0	\$ -	\$ -
TOTAL DE MANO DE OBRA					\$ 45,87

TOTAL COSTO DIRECTO (A+B)	\$ 54,60
---------------------------	----------

TOTAL COSTO DIRECTO UNITARIO	\$ 54,60
Costo Indirecto	\$ 8,19
Total costo Directo + indirecto	\$ 62,79

Tabla 4. Descripción mano de obra elaboración ángulo soporte.

B: MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
perforación 1/8"	1	30,00	unidad	\$ 0,25	\$ 7,50
perforación 1/4"	2	62,00	unidad	\$ 0,35	\$ 21,70
perforación 3/8"	3	32,00	unidad	\$ 0,40	\$ 12,80
perforación 1/2"	4	32,00	unidad	\$ 0,45	\$ 14,40
corte en pletina 2"x1/4"	8	124,00	cm.ln	\$ 0,30	\$ 37,20
cordón de soldadura	10	60	Inc.lin	\$ 0,20	\$ 12,00
lijado	14	1524	cm2	\$ 0,01	\$ 7,62
pintura	15	1524	cm2	\$ 0,01	\$ 7,62
0			0	\$ -	\$ -
TOTAL DE MANO DE OBRA					\$ 120,84

TOTAL COSTO DIRECTO (A+B)	\$ 142,15
---------------------------	-----------

TOTAL COSTO DIRECTO UNITARIO	\$ 142,15
Costo Indirecto	\$ 0,15 \$ 21,32
Total costo Directo + indirecto	\$ 163,47

Tabla 6. Descripción mano de obra elaboración núcleo.

B: MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
elaboración aislantes de millar	12	30,00	unidad	\$ 0,75	\$ 22,50
bobinado	13	12000,00	esp.vue	\$ 0,01	\$ 60,00
soldadura/estañado	16	60,00	unidad	\$ 0,25	\$ 15,00
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
TOTAL DE MANO DE OBRA					\$ 97,50

TOTAL COSTO DIRECTO (A+B)	\$ 130,25
---------------------------	-----------

TOTAL COSTO DIRECTO UNITARIO	\$ 130,25
Costo Indirecto	\$ 0,15 \$ 19,54
Total costo Directo + indirecto	\$ 149,79

Tabla 8. Descripción material de ángulos suspensión.

B: MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
perforación 1/8"	1	75,00	unidad	\$ 0,25	\$ 18,75
perforación 3/8"	3	4,00	unidad	\$ 0,40	\$ 1,60
corte en ángulo 1 1/2"x1 1/2"x3/16"	9	12,00	unidad	\$ 0,30	\$ 3,60
pintura	15	4572,00	cm2	\$ 0,01	\$ 22,86
lijado	14	4572,00	cm2	\$ 0,01	\$ 22,86
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
TOTAL DE MANO DE OBRA					\$ 69,67

TOTAL COSTO DIRECTO (A+B)	\$ 86,20
---------------------------	----------

TOTAL COSTO DIRECTO UNITARIO	\$ 86,20
Costo Indirecto	\$ 2,93
Total costo Directo + indirecto	\$ 99,13

Tabla 10. Descripción mano de obra de ángulos suspensión.

B: MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
pegado de imán	17	40,00	unidad	\$ 0,25	\$ 10,00
lijado	14	394,80	cm2	\$ 0,01	\$ 1,97
pintura	15	394,80	cm2	\$ 0,01	\$ 1,97
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
TOTAL DE MANO DE OBRA					\$ 13,95

TOTAL COSTO DIRECTO (A+B)	\$ 142,10
---------------------------	-----------

TOTAL COSTO DIRECTO UNITARIO	\$ 142,10
Costo Indirecto	\$ 21,31
Total costo Directo + indirecto	\$ 163,41

Tabla 12. Descripción mano de obra instalación imanes cerámicos.

Análisis de Costos Unitarios

Proyecto: MOTOR LINEAL
 Elemento: 3.01
 Cantidad de Análisis: \$ 1,00 S/G
 Fecha: 19-ago-11
 1 \$ 2,00 3

A: MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
papel de ilustración	28	1,00	pliego	\$ 3,38	\$ 3,38
pegamento crazy glue	19	2,00	unidad	\$ 0,25	\$ 0,50
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
TOTAL DE MATERIALES					\$ 3,88

Tabla 13. Descripción material estructura soporte.

B: MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
cortes en cartón ilustración	18	46,00	unidad	\$ 0,25	\$ 11,50
pegado de cartón	19	30,00	unidad	\$ 0,25	\$ 7,50
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
TOTAL DE MANO DE OBRA					\$ 19,00

TOTAL COSTO DIRECTO (A+B)	\$ 22,88
---------------------------	----------

TOTAL COSTO DIRECTO UNITARIO	\$ 22,88
Costo Indirecto	\$ 3,43
Total costo Directo + indirecto	\$ 26,31

Tabla 14. Descripción mano de obra estructura soporte.

Análisis de Costos Unitarios

Proyecto: MOTOR LINEAL
 Elemento: 3.02
 Cantidad de Análisis: \$ 1,00 S/G
 Fecha: 19-ago-11
 1 \$ 2,00 3

A: MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
cintas magnéticas	29	90,00	cml	\$ 0,15	\$ 13,50
cinta doble cara 3M 1cm	17	1,00	unidad	\$ 1,80	\$ 1,80
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
TOTAL DE MATERIALES					\$ 15,30

Tabla 15. Descripción materiales instalación cinta magnética.

B: MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
pegado de imán	17	8,00	unidad	\$ 0,25	\$ 2,00
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
TOTAL DE MANO DE OBRA					\$ 2,00

TOTAL COSTO DIRECTO (A+B)	\$ 17,30
---------------------------	----------

TOTAL COSTO DIRECTO UNITARIO	\$ 17,30
Costo Indirecto	\$ 0,15
Total costo Directo + indirecto	\$ 19,90

Tabla 16. Descripción mano de obra instalación cinta magnética.

Análisis de Costos Unitarios

Proyecto: MOTOR LINEAL
 Elemento: 4.01
 Cantidad de Análisis: \$ 1,00 S/G
 Fecha: 19-ago-11
 1 \$ 2,00 3

A: MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
polín galvanizado 4"x2"	8	80,00	cml	\$ 0,05	\$ 4,00
riel din	30	100,00	cml	\$ 0,03	\$ 2,50
perno estufa cónico 1/2"	27	8,00	unidad	\$ 0,02	\$ 0,16
spray	12	5,00	oz	\$ 0,60	\$ 3,00
tirro	13	1,00	unidad	\$ 0,75	\$ 0,75
thinner	14	60,00	cm3	\$ 0,02	\$ 1,20
lija 350	15	1,00	unidad	\$ 0,60	\$ 0,60
conector recto p/cable 3/4"	31	2,00	unidad	\$ 0,25	\$ 0,50
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
0			0,00	\$ -	\$ -
TOTAL DE MATERIALES					\$ 12,71

Tabla 17. Descripción de materiales bases soporte.

B: MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
perforación 1/8"	1	20,00	unidad	\$ 0,25	\$ 5,00
perforación 1/4"	2	12,00	unidad	\$ 0,35	\$ 4,20
perforación 3/8"	3	12,00	unidad	\$ 0,40	\$ 4,80
perforación 3/4"	5	2,00	unidad	\$ 0,50	\$ 1,00
lijado	14	2400,00	cm2	\$ 0,01	\$ 12,00
pintura	15	2400,00	cm2	\$ 0,01	\$ 12,00
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
TOTAL DE MANO DE OBRA					\$ 39,00

TOTAL COSTO DIRECTO (A+B)	\$ 51,71
---------------------------	----------

TOTAL COSTO DIRECTO UNITARIO	\$ 51,71
Costo Indirecto	\$ 7,76
Total costo Directo + indirecto	\$ 59,47

Tabla 18. Descripción mano de obra base soporte.

B: MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
conexión y alambrado	20	30,00	tramo	\$ 0,10	\$ 3,00
entallado terminales	21	3,00	unidad	\$ 0,10	\$ 0,30
instalación de bornera	22	3,00	unidad	\$ 0,15	\$ 0,45
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
TOTAL DE MANO DE OBRA					\$ 3,75

TOTAL COSTO DIRECTO (A+B)	\$ 14,34
---------------------------	----------

TOTAL COSTO DIRECTO UNITARIO	\$ 14,34
Costo Indirecto	\$ 2,15
Total costo Directo + indirecto	\$ 16,49

Tabla 20. Descripción mano de obra interconexión núcleos.

B: MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
desmontaje imanes	23	40,00	unidad	\$ 0,01	\$ 0,40
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
TOTAL DE MANO DE OBRA					\$ 0,40

TOTAL COSTO DIRECTO (A+B)	\$ 0,40
---------------------------	---------

TOTAL COSTO DIRECTO UNITARIO	\$ 0,40
Costo Indirecto	\$ 0,06
Total costo Directo + indirecto	\$ 0,46

Tabla 22. Descripción mano de obra desmontajes rieles suspensión.

B: MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
lijado	14	2286,00	cm2	\$ 0,01	\$ 11,43
pintura	15	2286,00	cm2	\$ 0,01	\$ 11,43
desmontaje imanes	23	28,00	unidad	\$ 0,01	\$ 0,28
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
TOTAL DE MANO DE OBRA					\$ 23,14

TOTAL COSTO DIRECTO (A+B)	\$ 34,29
---------------------------	----------

TOTAL COSTO DIRECTO UNITARIO	\$ 34,29
Costo Indirecto	\$ 5,14
Total costo Directo + indirecto	\$ 39,43

Tabla 24. Descripción mano de obra montaje riel horizontal vertical.

B: MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
lijado	14	277,50	cm2	\$ 0,01	\$ 1,39
perforación 1/8"	1	18,00	unidad	\$ 0,25	\$ 4,50
cepillado	24	97,00	cl.	\$ 0,10	\$ 9,70
pegado de imán	17	6,00	unidad	\$ 0,25	\$ 1,50
0			0	\$ -	\$ -
0			0	\$ -	\$ -
TOTAL DE MANO DE OBRA					\$ 17,09

TOTAL COSTO DIRECTO (A+B)	\$ 29,31
---------------------------	----------

TOTAL COSTO DIRECTO UNITARIO	\$ 29,31
Costo Indirecto	\$ 4,40
Total costo Directo + indirecto	\$ 33,71

Tabla 26. Descripción mano de obra fabricación carro.

	DESCRIPCIÓN MATERIALES	UNIDAD	PRECIO
1	varilla roscada 3/8"x3m	cm	\$ 0,035
2	tuerca 3/8"	unidad	\$ 0,070
3	arandela plana 3/8"	unidad	\$ 0,040
4	varilla roscada 1/4"	cm	\$ 0,010
5	tuerca galvanizada rosca 1/4"	unidad	\$ 0,050
6	varilla roscada 3/8"	cm	\$ 0,012
7	tuerca galvanizada rosca 3/8"	unidad	\$ 0,050
8	polín galvanizado 4"x2"	cml	\$ 0,050
9	ángulo 1 1/2"x1 1/2"x3/16"	cm	\$ 0,036
10	pletina 2"x1/4"	cm	\$ 0,039
11	tornillo estufa cónico 1/8"X1/2"	unidad	\$ 0,050
12	spray	oz	\$ 0,600
13	tirro	unidad	\$ 0,750
14	thinner	cm3	\$ 0,020
15	lija 350	unidad	\$ 0,600
16	cinta doble cara 3cm	unidad	\$ 3,000
17	cinta doble cara 3M 1cm	unidad	\$ 1,800
18	cinchos plásticos 5"	unidad	\$ 0,060
19	pegamento crazy glue	unidad	\$ 0,250
20	cinta aislante 1711	unidad	\$ 1,000
21	bornera eléctrica	unidad	\$ 1,600
22	papel millard	unidad	\$ 6,500
23	alambre esmaltado #32	lb	\$ 9,000
24	bornera p/laboratorio	unidad	\$ 0,250
25	imán cerámico 1"x2.5"x3/8"	unidad	\$ 3,000
26	conductor 2x18	cm	\$ 0,010
27	perno estufa cónico 1/2"	unidad	\$ 0,020
28	papel de ilustración	pliego	\$ 3,380
29	cintas magnéticas	cml	\$ 0,150
30	riel din	cml	\$ 0,025
31	conector recto p/cable 3/4"	unidad	\$ 0,250
32	thhn#14 verde	mt	\$ 0,650
33	terminal de ojo p/c #10	unidad	\$ 0,250
34	acrílico lechoso 3/16"	cm2	\$ 0,030
35	perfil angular aluminio	cml	\$ 0,030

Tabla 27. Descripción precios referencia materiales.

	descripción mano de obra	unidad	precio
0			
1	perforación 1/8"	unidad	0,250
2	perforación 1/4"	unidad	0,350
3	perforación 3/8"	unidad	0,400
4	perforación 1/2"	unidad	0,450
5	perforación 3/4"	unidad	0,500
6	cortes en varilla 1/4"	unidad	0,150
7	cortes en varilla 3/8"	unidad	0,153
8	corte en pletina 2"x1/4"	cm.ln	0,300
9	corte en ángulo 1 1/2"x1 1/2"x3/16"	unidad	0,300
10	cordón de soldadura	Inc.lin	0,200
11	instalación de imán cerámico	unidad	0,500
12	elaboración aislantes de millar	unidad	0,750
13	bobinado	esp.vue.	0,005
14	lijado	cm2	0,005
15	pintura	cm2	0,005
16	soldadura/estañado	unidad	0,250
17	pegado de imán	unidad	0,250
18	cortes en cartón ilustración	unidad	0,250
19	pegado de cartón	unidad	0,250
20	conexión y alambrado	tramo	0,100
21	entallado terminales	unidad	0,100
22	instalación de bornera	unidad	0,150
23	desmontaje imanes	unidad	0,010
24	cepillado	cl.	0,100

Tabla 28. Descripción precios referencia mano de obra.

CAPÍTULO VI

6. DOCUMENTACIÓN DE MEDICIONES Y PRUEBAS REALIZADAS.

Desde el punto en el que el proceso constructivo de motor lineal presenta un 25% a 35% equivalente a tener fabricado la base y los rieles de suspensión y estabilización según detalle en hojas de diseño 3.1-3.3 (suspensión, estabilizador), 4.1-4.2-4.3 (carro) y 5.1-5.2 (base) y realizando pruebas de sustentación de carro en los rieles de suspensión dando como resultado sustentación cero, los imanes de sustentación presentaban demasiada fuerza de interacción hacia los imanes del tipo cinta utilizados en el carro, lo que generó atracción desequilibrada donde se opta por una modificación en el diseño de suspensión donde los rieles dejan de estar en una posición angular 135°, 225° de lado derecho y 45°, 315° de lado izquierdo pasando a un giro de 90°, 180° de lado derecho y 90°, 0° de lado izquierdo eliminando los imanes superiores y sustituyéndolos por una superficie altamente lisa propiedades que se obtienen de el papel millard, aislante utilizado en la fabricación de los núcleos ferro magnéticos, el método de adhesión fue sustituido de pega crazy glue a una cinta adhesiva doble cara.

El carro fue modificado como consecuencia de los giros angulares en los rieles de suspensión a una forma más rígida, con una base sencilla horizontal que en sus extremos

presentan biselado para reducción de fricción con las partes verticales de los rieles de suspensión.

Se instala la aleta central y se sustituye el material de fabricación a acrílico lechoso con un espesor de 3/16" y la forma de sujeción de la aleta central con perfilaría en aluminio utilizado en cielo falso en ambas partes de la aleta.

Posterior a las modificaciones se realizaron pruebas de sustentación donde la separación a lo largo del riel presentaron "baches magnéticos" que se puede definir como una discontinuidad en las líneas de campo magnético a lo largo del riel magnético de donde se genera una modificación más, desmontando los imanes horizontales y posicionándolos de tal manera que tengan una separación cero entre ellos, de esta forma se solventa la inconveniencia de los "Baches magnéticos" y se aprecia una sustentación aceptable de un aproximado de 1.5cm entre carro y riel de suspensión.



Figura 45. Motor lineal en laboratorio.

Solventando estos inconvenientes se procede a la fabricación de aislantes y embobinados donde los valores obtenidos después de realizar las 400 espiras vueltas es en promedio de 18.5Ω constituyendo un valor de 46.25Ω en promedio por grupo de bobinas y con un total de 92.5Ω en promedio por fase.



Figura 46. Bobinas recién fabricadas.

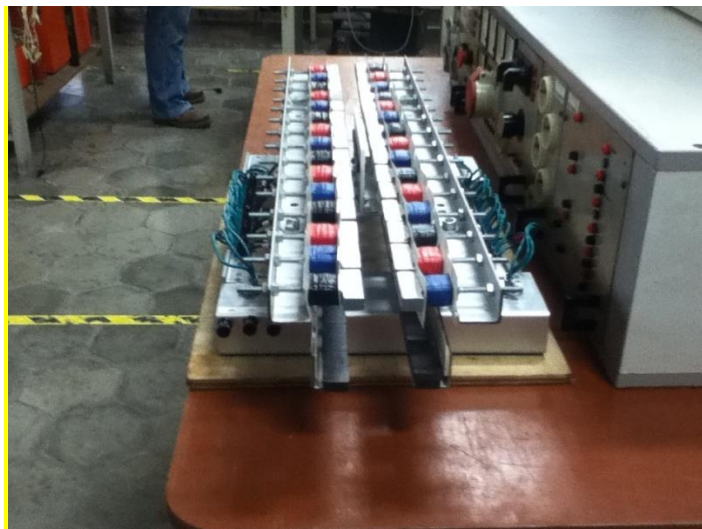


Figura 47. Motor en pruebas de laboratorio.

Obteniendo un 100% de la fabricación del prototipo se realiza la prueba final en laboratorio donde es energizado por medio de una fuente variable hasta obtener una tensión por fase de 110V con una corriente promedio de 0.87A por fase presentando un calentamiento moderado.



Figura 48. Pruebas de laboratorio medición de corriente.

El carro presentó interacción cero con el campo generado por los electroimanes esto debido a que el campo magnético generado, vario demasiado rápido a consecuencia de la frecuencia (60Hz de red normal) impidiendo vencer la inercia y enganche del campo magnético fijo en el carro.

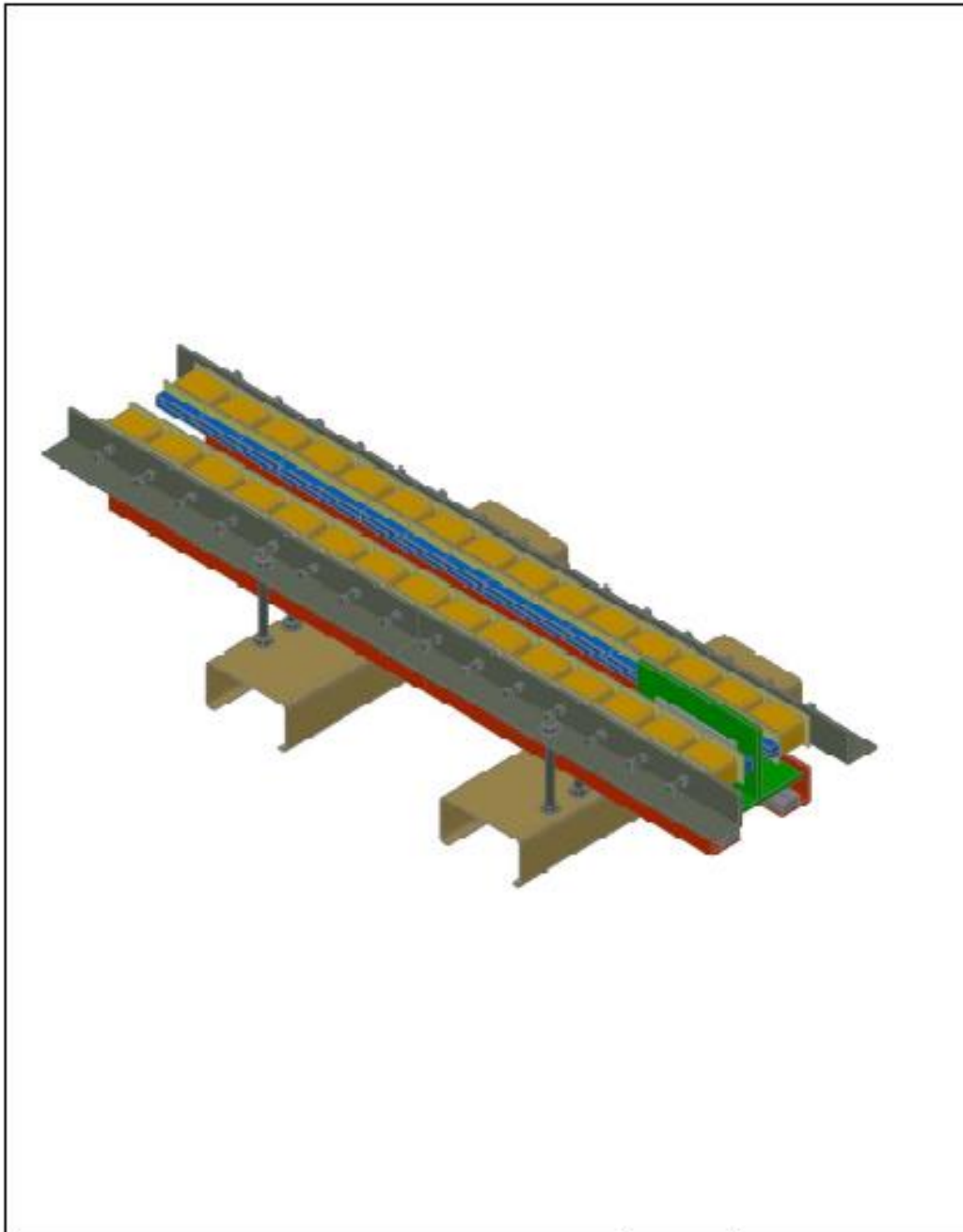
Por consecuencia se observó una funcionalidad cero, no obstante con un variador de frecuencia de estado sólido se obtendrían pruebas más apreciativas.

6.1 MODIFICACIONES DEL MODELO BASICO DEL MOTOR ELÉCTRICO LINEAL.

Se describe a continuación las modificaciones realizadas en el modelo original, realizadas dentro de las pruebas de laboratorio con lo que se solventaron deficiencias y de esta manera se optimizó el funcionamiento del diseño. Donde los planos presentando las modificaciones son:

- Modificaciones isométricas: donde podemos observar con una vista tridimensional de cómo varia el diseño con las modificaciones realizadas.
- Modificaciones vistas: desde un punto frontal y lateral apreciamos como varía el diseño original tanto en la base como en el carro y presentando en detalle el comportamiento del carro tomando los datos obtenidos de las pruebas en laboratorio.
- Modificaciones carro: el cambio es más ortodoxo al radical presentado en el modelo original, mostrando una forma plana horizontal en la suspensión y vertical en la aleta central y con la variación en el material utilizado nos da un peso mas idóneo ya que esto podrá generar inercia en el movimiento además de presentar un mejor resultado.

- Modificaciones base: Mucho más práctica en el proceso de instalación como una mejor flexibilidad en el momento de calibración ya que presenta en su lado derecho una guía para desplazamiento que proporciona una mayor precisión tanto en la colocación del carro para evitar fricción innecesaria entre los laterales de la plataforma con los extremos del riel y con los núcleos para obtener distancias similares con respecto a la aleta vertical del carro.



UNIVERSIDAD DON BOSCO	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA	PRESENTA;	MARTIN E. MATA
MODELO BÁSICO DE MOTOR ELECTRICO LINEAL		ASESOR;	ING. ERICK BLANCO
ISOMETRICO MODIFICACIONES			HOJA #1 6.1
			EN ESCALA TODO EN ml

Figura 49. Isométrico modificaciones.

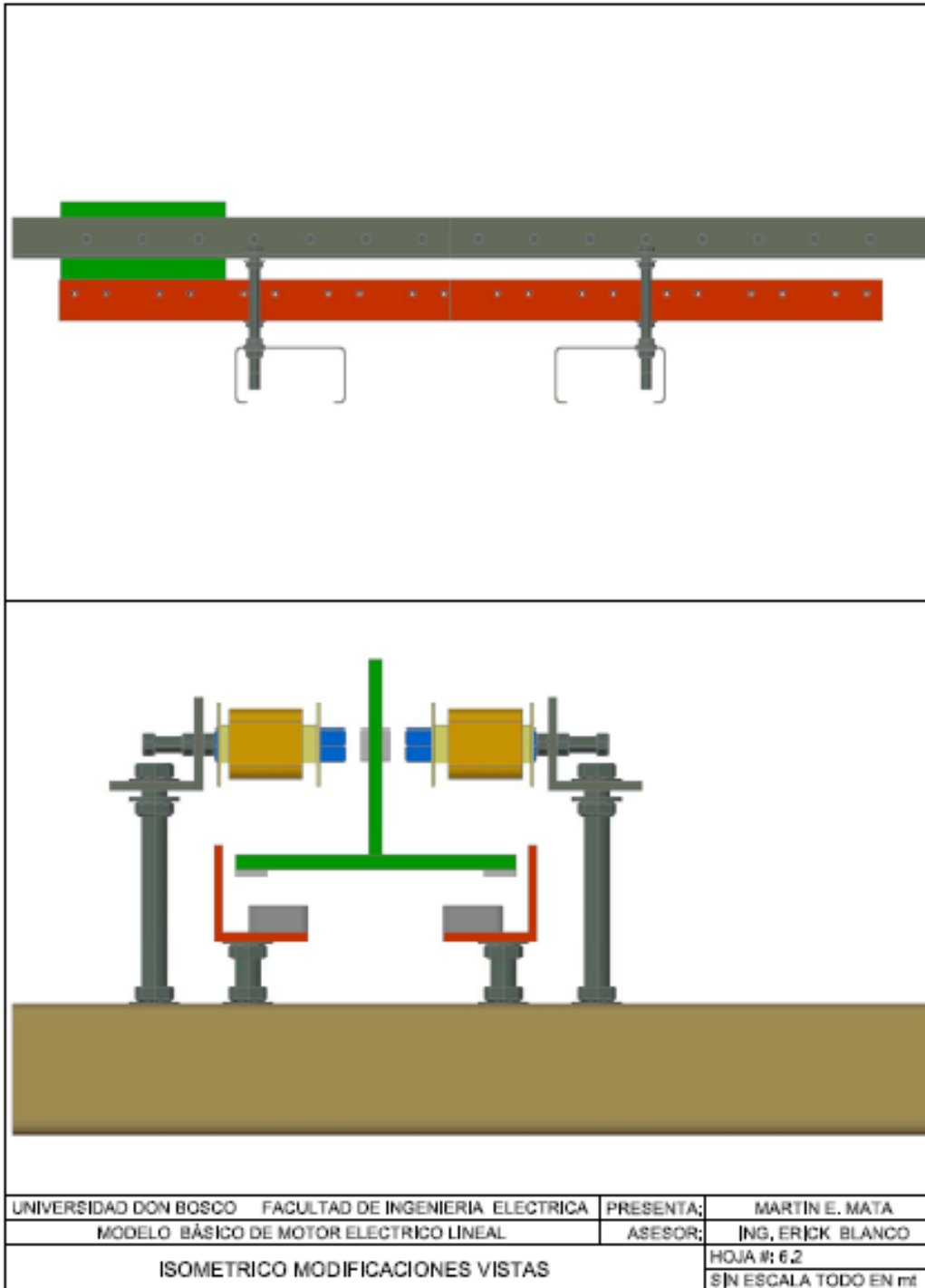


Figura 50. Isométrico modificaciones vistas.

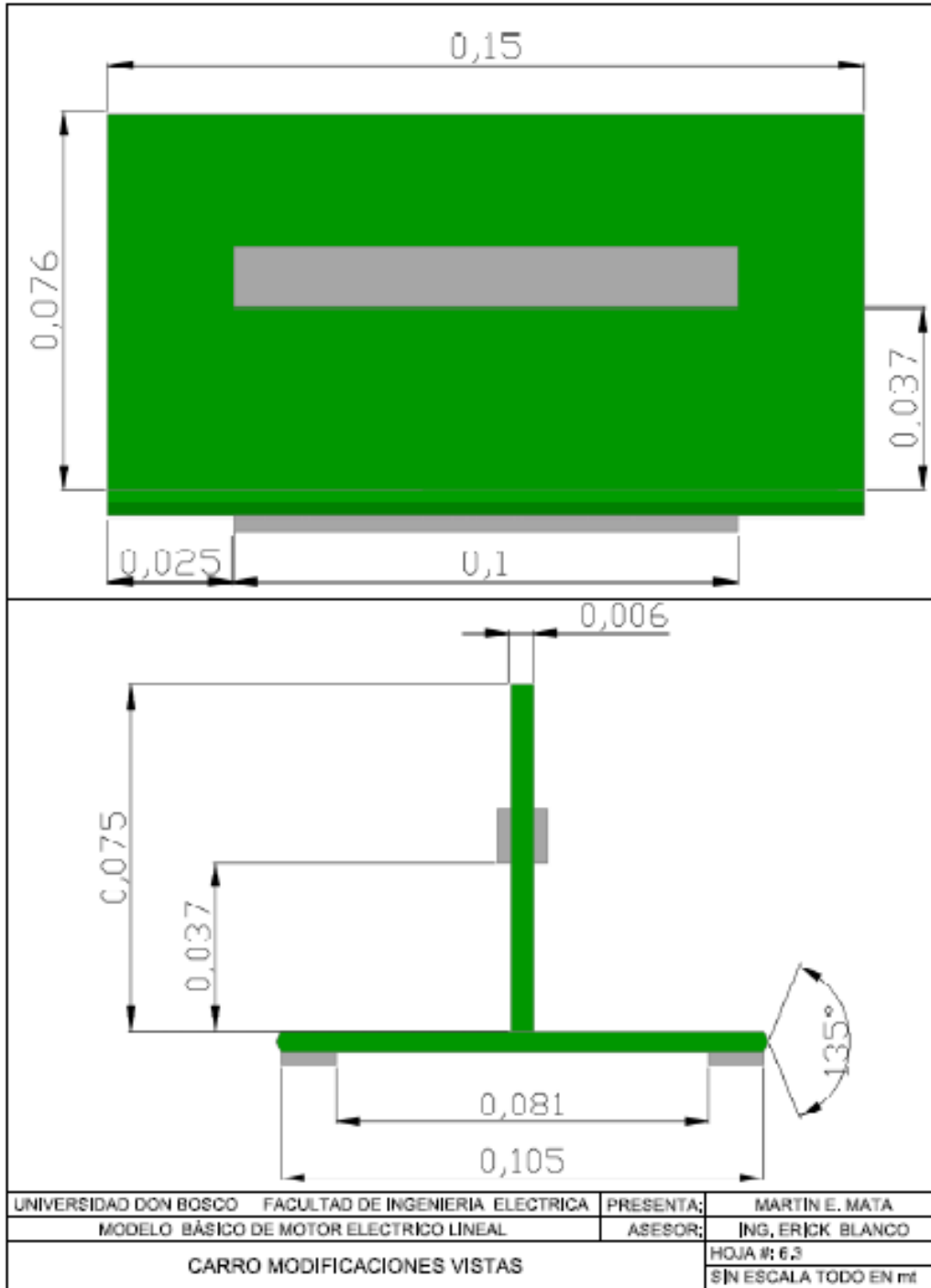


Figura 51. Carro modificaciones vistas.

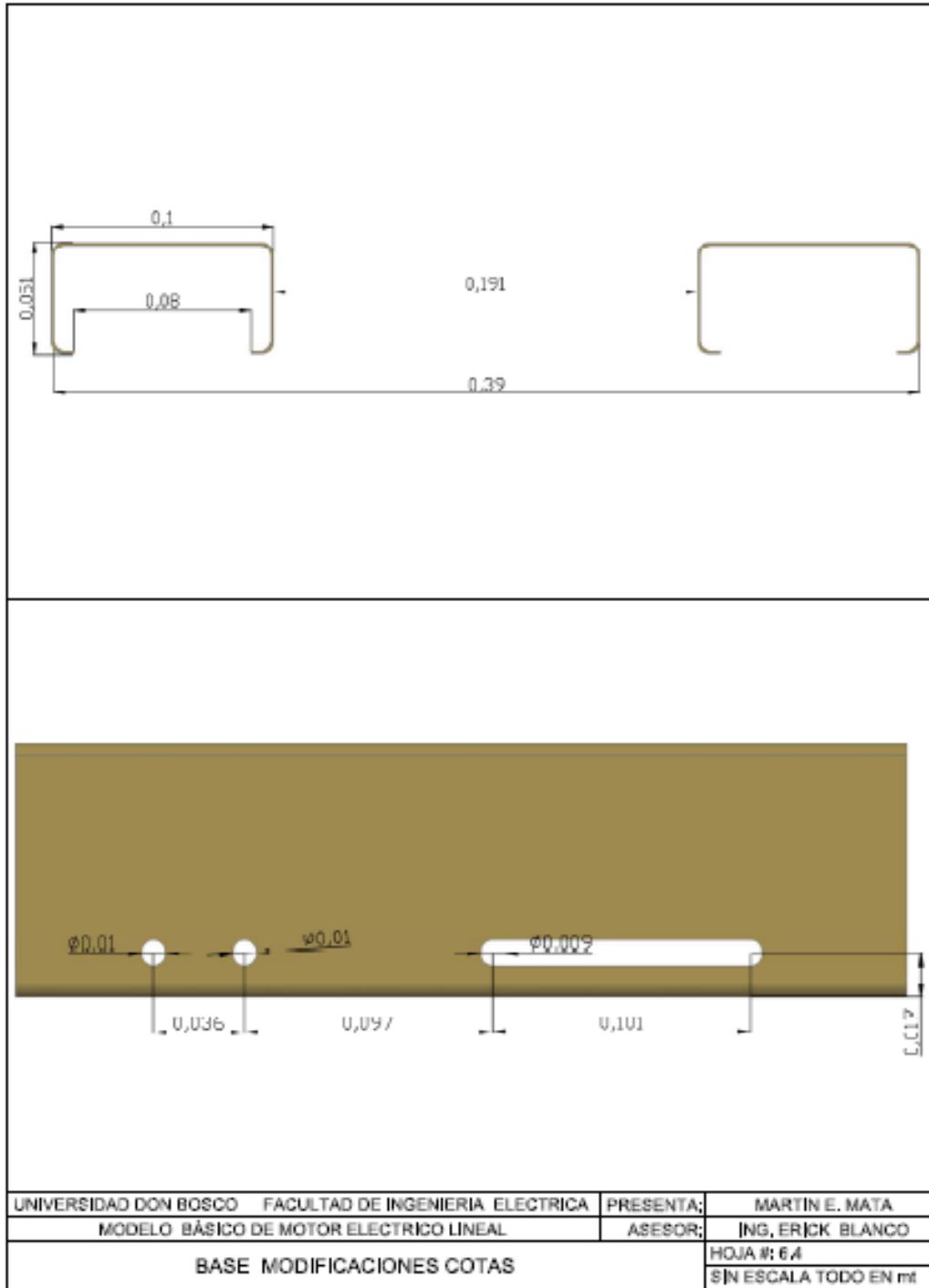


Figura 52. Base modificaciones cotas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la utilización de un variador de frecuencia en la ejecución de pruebas para obtener resultados más notorios ya que el variador de frecuencia posee facultades de optimización de tensión manteniéndolo estable sin importar la baja frecuencia al que este programado funcionar y por consecuencia de relación directa se obtendría una corriente estable además de flujos de campo magnéticos uniformes.

Un sistema de enfriamiento es de utilidad para uso continuo y con tiempo prolongado ya que los motores rotativos dentro de su diseño incluyen un sistema de enfriamiento por aspas aprovechando el movimiento del rotor por lo que en el caso particular de este prototipo es recomendable el enfriamiento de aire forzado sobre los núcleos o un sistema complejo de enfriamiento con liquido refrigerante además de tubería atravesando los núcleos y por medio de intercambio de calor extraerlo de los núcleos y enfriándolo con una pequeña torre de enfriamiento es más complejo pero efectivo ya que las corrientes de aire del sistema forzado puede interferir en el movimiento del carro caso que no se daría con el sistema de enfriamiento con liquido refrigerante.

Todos los materiales utilizados son de fábrica por lo que es recomendable brindarles rectificación en un caso especial en la suspensión por la precisión requerida ya que la

separación entre el carro y el eje de suspensión tendría que ser de forma ideal en un milímetro y de esta forma evitar el porcentaje de desviación entre aleta y núcleos.

En una forma de seguridad operacional es recomendable tomar muy en cuenta retirar filos y bordes en los cortes de ángulos y partes metálicas así como esquinas que pueden generar cortes y rayones, las puntas de varillas quedan filosas por lo que en las puntas de estas se puede colocar punta de goma.

CONCLUSIONES

En el presente documento se concluyó:

- En la realización de los diseños planteados en un inicio se llevaron a la práctica de manera exitosa en cuanto a la parte mecánica, específicamente lo relacionado con materiales y dimensiones del prototipo, permitiendo realizar las pruebas pertinentes y necesarias comprobando su buen funcionamiento.
- La construcción de cada uno de los elementos que forman parte en este prototipo representa un análisis de ingeniería, ya que la realización de las partes se desarrollo de manera manual y eficiente lo que represento una optimización de cada uno de los procesos, agilizando los tiempos de fabricación y obteniendo una homogeneidad de las mismas.
- Las imperfecciones en los materiales, por defectos de fábrica dio como resultado variaciones de fricción a lo largo de los rieles perjudicando el libre movimiento del carro, pero se tomaron las acciones necesarias para la corrección utilizando una prensa hidráulica dando un empuje preciso reduciendo de esta manera el punto de imperfección en los ángulos de suspensión.
- Con las pruebas de laboratorio se originaron inconvenientes que a su vez dieron a lugar la necesidad de modificaciones con los que se obtuvieron resultados favorables en la sustentación. Por otra parte al aplicarle

tensión a los núcleos no se observó movimiento lineal, únicamente movimientos laterales no obstante hubo percepción de funcionamiento de los núcleos electromagnéticos por medio de vibraciones.

- En general el diseño y elaboración del prototipo proporcionó información fundamental de la investigación realizada y por lo observado en pruebas. De esta manera es de reconocer que al darle continuidad y seguimiento a la información a lo creado, se obtendrán resultados que no dudo sorprenderán en su momento, además de ser un modelo que encierra dentro de sí mucho potencial en cuanto a la parte de ingeniería relacionado con las máquinas eléctricas especializadas.

BIBLIOGRAFIA

- Motores lineales tubulares. Una nueva tecnología de accionamiento lineal.

Autor: Mecánica Moderna.

<http://www.mecmod.com/productes/copley/Articulo-tecnico-Motores-lineales-tubulares.pdf>

- Prácticas Profesionales: Levitación Magnética.

Colegio Redemptrix Captivorum, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Autor: María Florencia Florio, M. Ángela Curotto

<http://www2.ib.edu.ar/becaib//bib2007/Florio.pdf>

- Hoja Técnica de ejemplo de motor lineal: Módulos lineales eléctricos HME controlador de motor SFC-LAC.

http://www.festo.com/net/SupportPortal/Downloads/26922/info_155_es.pdf

- Ensayo escrito y representativo sobre: Levitación Magnética.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA. ingeniería Electrónica

Autor: Martin V. Urgiles F.

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/62/Levitacion_Magnetica.pdf

- Trabajo: Levitación Magnética de un anillo de Thompson.

Autor (res): A. Villanueva y F. Suarez Ornani.

http://www.fisicarecreativa.com/informes/informacion_especial/anillo_thompson.pdf

- Trabajo de graduación: Control de un sistema de levitación magnética con compensación de redes neuronales. México, D.F., Octubre 2009.

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.

Autor: Ing. Panuncio Cruz Francisco.

<http://www.ctrl.cinvestav.mx/~yuw/pdf/MaTesPCF.pdf>

- Trabajo de Graduación. De la rueda a la Levitación Magnética. La evolución de la rodadura en el transporta guiado.

Universidad de Oviedo.

Autor (res): Jorge Pistomo Favero, Pablo Luque Rodriguez y Daniel Alvarez Mantaras.

<http://www.docutren.com/archivos/gijon/pdf/tc6.pdf>

LINK DE REFERENCIA PARA LA CONSIDERACION DE LA ESTRUCTURA DEL MOTOR ELECTRICO LINEAL.

Papel millard

http://www.google.com/sv/imgres?q=papel+millar&um=1&hl=es&biw=1138&bih=499&tbm=isch&tbnid=tQhaFY6O4q6CPM:&imgrefurl=http://www.mec-empagues.com/p_rh.html&docid=qBBo6gj_5M8tyM&w=157&h=119&ei=UjKSTv_iFJS5twf77JmkDA&zoom=1&iact=hc&vpx=834&vpy=154&dur=1216&hovh=95&hovw=125&tx=99&ty=57&page=11&tbnh=95&tbnw=125&start=123&ndsp=10&ved=1t:429,r:3,s:123

Pletina de Hierro

<http://www.google.com/sv/imgres?q=pletina+en+hierro&um=1&hl=es&biw=1138&bih=499&tbm=isch&tbnid=Q3T59JyRzLHroM:&imgrefurl=http://spanish.alibaba.com/products/iron-flat-bar.html&docid=7XN18JSfW3BWbM&itg=1&w=100&h=64&ei=ZDOSTqunMpGEtgeJ062UDA&zoom=1&iact=hc&vpx=520&vpy=192&dur=5204&hovh=59&hovw=92&tx=90&ty=33&page=7&tbnh=59&tbnw=92&start=67&ndsp=11&ved=1t:429,r:2,s:67>

Varilla de Hierro

http://www.google.com/sv/imgres?q=varilla+de+hierro&um=1&hl=es&biw=1138&bih=499&tbm=isch&tbnid=Rbl_QviHLL3vwM:&imgrefurl=http://www.grupomonolit.com/varilla-

[acero.htm&docid=ILlyYExhy3MgwM&w=274&h=220&ei=FDWSTt-MI4Wctwej2bmjDA&zoom=1&iact=hc&vpx=603&vpy=175&dur=310&hovh=176&hovw=219&tx=143&ty=109&page=1&tbnh=122&tbnw=143&start=0&ndsp=12&ved=1t:429,r:3,s:0](http://www.google.com/search?q=acero&docid=ILlyYExhy3MgwM&w=274&h=220&ei=FDWSTt-MI4Wctwej2bmjDA&zoom=1&iact=hc&vpx=603&vpy=175&dur=310&hovh=176&hovw=219&tx=143&ty=109&page=1&tbnh=122&tbnw=143&start=0&ndsp=12&ved=1t:429,r:3,s:0)

Varilla Roscada

http://www.google.com/search?q=varilla+roscada+1/4&um=1&hl=es&biw=1138&bih=499&tbm=isch&tbnid=htsEI1CdWQ-KaM:&imgrefurl=http://distribuidoratunquelen.com/varilla-roscada-zincada-1-4/&docid=tS0n_Zcsz4LLfM&itg=1&w=280&h=280&ei=sDWSTobwCMagtgee2lyWDA&zoom=1&iact=hc&vpx=640&vpy=151&dur=6451&hovh=224&hovw=224&tx=89&ty=168&page=2&tbnh=124&tbnw=169&start=10&ndsp=12&ved=1t:429,r:3,s:10

Tornillo Goloso

<http://www.google.com/search?q=conductor+esmaltado&um=1&hl=es&biw=1138&bih=499&tbm=isch&tbnid=wfC4-OfpOkalpM:&imgrefurl=http://futuramasein.blogspot.com/p/eletricidad.html&docid=AVrMMQFzc4ukM&w=360&h=360&ei=BjuSTtqyOcO1tgfskbGaDA&zoom=1&iact=hc&vpx=183&vpy=150&dur=2602&hovh=225&hovw=225&tx=154&ty=184&page=1&tbnh=142&tbnw=142&start=0&ndsp=10&ved=1t:429,r:5,s:0>

Cartón de ilustración

http://www.google.com/sv/imgres?q=carton+de+ilustracion&um=1&hl=es&biw=1138&bih=499&tbnid=RbkFHxoeNWhu0M:&imgrefurl=http://www.materialkit.com/prod_detail.php%3Fcod%3DCAR-LIS0001%26typeof%3Dmost&docid=w4o6CtXZGY401M&w=260&h=260&ei=NjqSTojPHYKjtgeFhcyYDA&zoom=1&iact=hc&vpx=198&vpy=128&dur=813&hovh=208&hovw=208&tx=130&ty=120&page=1&tbnh=130&tbnw=130&start=0&ndsp=11&ved=1t:429,r:0,s:0

ANEXOS



SUCURSAL CIUDAD DELGADO

FACTURA
 No. 1108000F 00670
 NIT: 0614-290401-101-1
 NRC: 131737-4

LA CENTRAL
 AV. JUAN BERTIS #144-147
 CIUDAD DELGADO TEL: 2386-1013

SUCURSAL FEDERAL DE ALEMANIA
 AV. REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA No. 270
 SAN SALVADOR TEL: 2322-4213

SUCURSAL SANTA ANA
 9 AV. SUR ENTRE 12 Y 15 CALLE FTE.
 #48 SANTA ANA TEL: 2440-8798

SUCURSAL LA TIENDONA
 CALLE CONCEPCION #560 TEL: 2286-5916

SUCURSAL CIUDAD MERLIOT
 CALLE CHILTA/PAN #30. FRENTE A PLAZA MERLIOT TEL: 2209-44

SUCURSAL LOS PROCERES
 BLVD. LOS PROCERES #7000 TEL: 0243-8948

SUCURSAL SONSONATE
 BLVD. LAS PALMERAS KM. 63 1/2 TEL: 2493-3305

SUCURSAL PLAZA SOYAPANGO
 LOCALES A6 - A7 - A8 TEL: 2277-8144

SUCURSAL ESCALON
 ENTRE 75 Y 79 AV. SUR # 2 LINA CUATRA ANTES
 DE FUENTES BETHOVEN TEL: 2284-9011

SUCURSAL BODEGA DEL HIERRO
 BLVD. REP. FEDERAL DE ALEMANIA # 209
 TEL: 2222-4313

CLIENTE _____ FECHA **24/05/11**
 DIRECCION _____ VENDEDOR **K.C.**
 TELEFONO: _____ COND. DE PAGO _____

CODIGO	CANT.	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	VTAS. NO SUJETAS	VTAS. EXENTAS	VTAS. GRAVADAS
★ 1	platinos	2 x 1/4	\$ 23.52			\$ 23.52



CUALQUIER ALTERACION EN ESTA FACTURA DE SUS VALORES, LA HACE NULA. NO SE ACEPTAN CAMBIOS NI DEVOLUCIONES. *IN GOD WE TRUST*

ENTREGADO POR: _____ RECIBIDO POR: _____
 NIT O QUI: _____ NIT O QUI: _____
 FIRMA: _____ FIRMA: _____

SUMAS **\$ 23.52**
 VTAS. NO SUJETAS
 VENTAS EXENTAS
 VENTA TOTAL **\$ 23.52**

SON: _____ **DUPLICADO - CLIENTE --** -BH-1P1T11925 - ENE11

Freund

REC 41-B NET 0674-01058-081-3
FREUND S.A. DE C.V.
Giro: Venta de ferretería,
materiales de construcción,
plásticos y artículos conexos

ALPORTERON # 1201-MEX-0541-2009
SUCURSAL: 14, C.F. SAN LUIS
DIRECCION: 500 Colonia Obd y
77 Calle, San Luis 196 55
San Salvador El Salvador

TELEFONO: 222-5000
EPATE: 00000000000000000000

1318405	CAJ	VERITA 1/2 36/16	
Z X	1.35		2.70 G
7417000201734	CAJ	CLINTA RTS 1711 45R	
I X	0.97		3.97 G
10857009	CAJ	TEREC HEX RD 55/16	
60 X	0.05		3.00 G

VENTAS GRAVADAS		6.67
VENTAS EXENTAS		0.00
VENTAS NO SUJETAS		0.00
TOTAL	SUS	6.67
TOTAL COLONES		58.36
Efectivo		10.00
CRÉDITO		3.33

TICKET: 11TK000000069583
0506-DOR 10693

NUM TOTAL ARTICULOS VENDIDOS: 63



01000000069583011164201109241415
24/09/11 02:15pm 11 164 122 11263

G=Gravado E=Exento

ATENDIDO POR: GLORIA BARRIENTOS
N. OPERACION: 122 FECHA: 24/09/11
CAJA: 164 HORA: 02:15pm

PRESENTE ESTE TICKET PARA DEVOLUCION
*** GRACIAS POR SU COMPRA ***

ALMACENES VIDRI, S.A. DE C.V.

DESPACHO 1

San Salvador, Guatemala

ALMACENES VIDRI, S.A. DE C.V.
QUEZALTEPEQUE
AVE JOSE NA. CASTRO No. 6, QUEZALTEPEQUE
DE LA LIBERTAD
Telefono 2310-0433
Res. IVA: 2-7

Giro o Actividad: Ferretería
I.V.A. D.L. # 296
N.I.T.: 0210-191171-001-6

No Caja 17 No Z: 4539
18/04/2011 14:50

RESOLUCION No.: 08641000177

TEL: 1 AL 500000

TICKET # 0000184903

Nombre del Cliente:

C/VE THINNER CORRIENTE SIN ENVAJE
22145 1 PZA 7.201 7.20 G

TIRRO 3/4"X45YDS AMERICAN TABASCO
75670 1 RLL 0.750 0.75 G

BATERIA DURACELL AAA BLISTER 4
7509 1 JGD 3.900 3.90 G

SubTotal Exentos Dolares	0.00
SubTotal Gravado Dolares:	11.85
Total Venta Dolares:	11.85
EFFECTIVO \$:	20.00
Cambio \$:	8.15

Total Colones: 103.69

Atendido por: 02

Gracias por su compra

Freund

RUC 41-8 NIT 6614-010858-001-7
FREUND S.A. de C.V.

CIRCO Venta art. ferreteria,
materiales de construcción,
pinturas y artículos conexos

AUTORIZACION 4 12301-MEX-0411-2010

SUCURSAL 3 - E- ESCALON
DIRECCION Paseo Grial Escalon
y St. Ay. Norte
San Salvador

TELÉFONO 2263 4500
EMAIL escalon@freundsa.com

10356999	C/U	TUBO DE P. 60/1/4	
90 X 0.04			1.50 0
1315505	C/U	VARILLA T/R 1/4-20	
2 X 0.50			1.00 0

VENTAS GRAVADAS		6.38
VENTAS EXENTAS		0.00
VENTAS NO SUJETAS		0.00
TOTAL	SUS	6.38
TOTAL COLONES		55.12
Efectivo		6.38
CRÉDITO		0.00

TICKET: 37K00000028896
NUM TOTAL ARTICULOS VENDIDOS = 97



0100000028896003102201109060953
06/09/11 09:53am 3 102 8 10656

G=Gravado E=Exento

ATENDIDO POR: CLAUDIO JIMENEZ
N. OPERACION 8 FECHA: 06/09/11
CAJA 102 HORA: 09:53am

PRESENTE ESTE TICKET PARA DEVOLUCION
*** GRACIAS POR SU COMPRA ***

Freund

RUC 41-8 NIT 6614-010858-001-7
FREUND S.A. de C.V.
CIRCO Venta art. ferreteria,
materiales de construcción,
pinturas y artículos conexos

AUTORIZACION 4 12301-MEX-0411-2010
SUCURSAL 4 - E.F. METROCENTRO
DIRECCION Locales 20 y 22
Metrocentro San Salvador

TELÉFONO 2263-7733
EMAIL metrocentro@freundsa.com

16292230	C/U	BORNERA 4MM14-12	
5 X 1.60			8.00 0
32076880309	BO.30	UNCHO PLAS 4P NGR	
1 X 1.20			1.20 0
7417700100948	ROLL	TIRRO RUT 3/4 PLO	
1 X 1.05			1.05 0

VENTAS GRAVADAS		10.25
VENTAS EXENTAS		0.00
VENTAS NO SUJETAS		0.00
TOTAL	SUS	10.25
TOTAL COLONES		89.68
Efectivo		20.25
CRÉDITO		10.00

TICKET: 4TK000000056025
NUM TOTAL ARTICULOS VENDIDOS = 7



0100000056025004119201109161849
16/09/11 06:49pm 4 119 236 11204

G=Gravado E=Exento

ATENDIDO POR: CECILIA VARELA
N. OPERACION 236 FECHA: 16/09/11
CAJA 119 HORA: 06:49pm

PRESENTE ESTE TICKET PARA DEVOLUCION
*** GRACIAS POR SU COMPRA ***



NCR: 4202-1 Nit: 0614-010769-002-2

CASA RIVAS, S.A. DE C.V.

Giro: VENTA DE OTROS PRODUCTOS
NO CLASIFICADOS PREVIAMENTE
CTRO. COMERCIAL TERRAZAS DE DON JUAN
LOCAL 1-1 29 C. OTE Y 12 AV. NTE. S.S.

San Salvador

Caja No. 3 Tiquete No. 039641

Tel.: 2235-1870, 2235-2870

Suc. Terrazas Vend: **VWasquez**

Fecha 17/09/11 Hora 12:15:44PM

Condiciones Pago **CONTADO**

Cliente: MARTIN

JACK 15-1087BK

1A12095 JK 2x3040 BORNE BANANA FEM BLK
GRANDE

Precio de Lista:	0.25
Menos Desc. 0%:	0.05
6 x Unit:	0.20 1.20 G

Lineas	1	Num. de Articulos	6
G = Gravado E = Exento NS = No Sujeto			

Sub. Gravado: \$ 1.20

Sub. Exento:

Sub. No Sujeto:

Total \$ 1.20

*** ENTREGADO *
SIN GARANTIA
CASA RIVAS, S.A. DE C.V.
TERRAZAS**

OTCETO S.A. DE C.V.

PLAZA DEL SOL

C.El Mediterráneo, Col. La Sultana, Edif. Pl
aza del Sol, Local 11-12, Ant. Cascaflan
SAN SALVADOR, SAN SALVADOR

ARTICULOS P/DIBUJO, ARTE E INGENIERIA

NIT: 0614-110678-001-0 HRC: 234-4

I.V.A. D.I. # 2%

Caja #: 1 Z: 4569 03/05/2011

10000010000111

TICKET DE VENTA # 7000023256

ORDEN NUMERO: 0000000147 HORA: 14:05:4

Cartón de montaje para RAINBRIDGE 20x30"

Modelo: 99 Codigo: 01038

Precio: 3.3750 x 1 = 3.3750 -G

(G)=Gravado (E)=Exentos

FORMA DE PAGO:

EFFECTIVO \$ 3.70

LINEAS:	1
ARTICULOS:	1
TOTAL GRAVADO: \$	3.30
TOTAL EXENTO: \$	0.00
TOTAL: \$	3.30
TOTAL RECIBIDO: \$	4.00
UELTO: \$	0.62

Vendedor: 0029 Cliente: 4000

GRACIAS POR SU COMPRA

NOTA:

NO SE ACEPTARA DEVOLUCION DESPUES DE
3 DIAS HABILES DE HABER EFECTUADO SU
COMPRA.

NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES DE PAPEL,
MATERIAL CORTADO A LA MEDIDA, NI DE
LINEA DE ESCRITURA.

DATOS DEL CLIENTE :

Nombre: _____

DUI/NET: _____

AUTORIZACION DE NUMERACION N:0220-A-2005

FECHA DE AUTORIZACION:10/07/2005

RANGO AUTORIZADO:DEL 0001 AL 50.000



**INDUSTRIAS Y SERVICIOS
FACAR, S.A. de C.V.**

GIRO: VENTA DE ARTICULOS DE FERRETERIA
Y OTROS PRODUCTOS CONEXOS

29 Calle Oriente No. 114 PBX: 2225-8925 Fax: 2225-3746
San Salvador, El Salvador
facarsv@facar.net

FORMULARIO UNICO
FACTURA

11DS000U 01769

NRC.: 739 - 0

NIT.: 0608 - 150584 - 001 - 7

MATERIALES PARA REBOBINADO DE MOTORES Y FERRETERIA EN GENERAL

CLIENTE (VAZOS)

FECHA 06/09/2011

DIRECCION (S. I.)

NIT / PAIS (LLEVA)

TELEFONO

VENDEDOR (S)

CONDICIONES <<CONTACTO>>

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO NETO	VENTAS GRAVADAS
2.00	2063 - PAPEL MYLAR 1505.C 0.21 60,000 V (pte)	1.2500		6.00

DESPACHADO



BDN:

SETE-50/100 DOLARES

SUMAS: \$ 6.50

VTAS. GRAVADAS: \$ 0.00

SUB_TOTAL: \$ 6.50

DESCUENTO: \$ 0.00

VTAS_TOTAL: \$ 6.50

DEBO Y PAGARE A INDUSTRIAS Y SERVICIOS FACAR, S.A. DE C.V., EL VALOR DEL PRESENTE DOCUMENTO EL EN CASO DE MORA PAGARE A PARTIR DE ESTA FECHA INTERESES MORATORIOS DEL % DE INTERES MENSUAL, RENUNCIO AL DERECHO DE APELAR DEL DECRETO DE EMBARGO, SENTENCIA DE REMATE Y CUALQUIER OTRA PROVIDENCIA APELABLE EN CASO DE ACCION JUDICIAL.

NIT O DUL

NOVARE:

RECIBI CONFORME

ENTREGADO POR:

NIT O DUL

F ENTREGADO

No. 01769

NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES

- DUPLICADO -

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

No.	Objetivo	Actividades	Periodo de ejecucion								
			Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9
1	Diseño de estructura	Documentacion									
		Entrevistas									
		Elavoracion de bosquejo									
		Ejecucion de diseño									
		Elavoracion de informe									
		Retro alimentacion									
2	Estudio de materiales	Documentacion									
		Entrevistas									
		Analisis de material									
		Elaboración de bosquejo									
		Elaboración de informe									
		Retro alimentación									
3	Estudio de material ferro magnético	Documentación									
		Entrevistas									
		Elaboración de núcleo de									
		Ejecución de pruebas de									
		Elaboración de informe									
		Retro alimentación									
4	Elaboración de bobinas	Documentacion									
		Entrevistas									
		Elaboracion de bobinas									
		Elaboracion de informe									
		retroalimentacion									
5	Investigacion control de motor lineal	Documentacion									
		Entrevistas									
		Pruebas con equipo de lab.									
		Elaboracion de informe									
		retroalimentacion									
6	Ejecucion prototipo	Ejecucion de prototipo									
		Elaboracion de informe									