



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO
AUTÓNOMO DE FRICCIÓN PARA EL LABORATORIO DE
CINEMÁTICA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A:

ADRIÁN MARES LANCÓN

RICARDO ROMERO VERA

ASESOR:

ING. RAMÓN OSORIO GALICIA

CUAUTILÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Adrián Mares Lancón

“Nuestro futuro depende de cómo entendamos el pasado.”

Gustavo Cerati

Le agradezco a Dios por haberme permitido vivir este día, haberme guiado a lo largo de mi vida, por ser mi apoyo, mi luz y mi camino. Por haberme dado la fortaleza para seguir adelante en aquellos momentos de debilidad.

A mis padres por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios, por su esfuerzo, dedicación y entera confianza. Por haberme acompañado a lo largo de por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y llena de felicidad.

Papá, gracias por tu apoyo, la orientación que me has dado, por iluminar mi camino y darme la pauta para poder realizarme en mis estudios y mi vida. Agradezco los consejos sabios que en el momento exacto has sabido darme para no dejar caer y enfrentar los momentos difíciles, por ayudarme a tomar las decisiones que me ayuden a balancear mi vida y sobre todo gracias al amor tan grande que me das.

Mamá, gracias por la dedicación y apoyo que me has brindado, por todos aquellos consejos que me has brindado para sobresalir y vencer los problemas. Eres parte fundamental de este gran logro, gracias por los consejos que me has brindado en todo este tiempo, por ser uno de mis motivos para seguir superándome. Gracias a ti estoy creciendo personalmente y profesionalmente. Gracias por todo tu tiempo.

Hermanos, gracias por apoyarme en aquellos momentos de necesidad y ayudar a la unión familiar, por enseñarme el camino correcto y por brindarme sus consejos.

Ing. Ramón Osorio Galicia, Quiero agradecer el tiempo y la confianza que me brinda, por sus consejos y su apoyo, por haberme brindado la oportunidad de desarrollar nuestra tesis profesional y sobre todo por los conocimientos que nos transmitió a lo largo de la carrera.

A mis amigos por confiar en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré.

AGRADECIMIENTOS.

Ricardo Romero Vera.

“El único límite es el que te pones tu mismo.”

Agradezco a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto, por haberme llenado de salud y fuerza para lograr mis objetivos. Por mostrarme día a día que con humildad, paciencia y sabiduría todo es posible.

Quiero agradecer especialmente a mis padres Esteban Romero Rodríguez y María Lucía Vera Sánchez, quienes con tanto sacrificio no dudaron en apoyarme en mis estudios sin esperar otra recompensa más que la satisfacción de verme convertido en una persona de provecho. Gracias por llenar mi vida de felicidad, dándome todo su amor y confianza, gracias a ustedes hoy puedo ver alcanzada mi meta. Esta tesis es el resultado de lo que me han enseñado, es por ello que hoy les dedico este trabajo.

Mami, gracias por ser la mujer más amorosa y tierna, por ser la amiga y compañera que me ha ayudado a crecer, gracias por estar siempre conmigo en todo momento. Gracias por tus cuidados, por la paciencia que has tenido para enseñarme y guiarme en cada etapa de mi vida. Mil gracias por todo el apoyo y amor que me das.

Papa, gracias por confiar en mí, por tu paciencia, por darme los mejores consejos, por el amor que me has dado y por tu apoyo incondicional en mi vida. Gracias por ser honesto, trabajador y un gran líder, pero más que todo eso, por ser una gran persona que siempre ha podido salir adelante y ser un triunfador.

A mis hermanos Manuel, Miriam, Ana y Esteban, gracias por apoyarme siempre, por todas las alegrías que hemos compartido juntos y por estar presentes en un momento tan importante en mi vida.

A mis abuelos Julio y Erasto gracias, por ser el ejemplo para salir adelante y por los consejos que han sido de gran ayuda para mi vida y crecimiento. Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo.

A mi niña hermosa Mich, gracias por permitirme formar parte de tu vida, gracias por tu amor, por tu paciencia y por apoyarme en cada momento.

A mis amigos, gracias por pasar a mi lado los momentos de mi vida universitaria, por su apoyo incondicional y estar siempre en las buenas y en las malas, jamás lo olvidaré.

Ing. Ramón Osorio Galicia, muchas gracias por aceptar ser nuestro asesor de tesis, por la confianza que depositó en nosotros, por su paciencia y constante apoyo, por sus consejos y orientación indispensable en el desarrollo de este trabajo.



VIIIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



DRA. SUEMI RODRÍGUEZ ROMO
DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLÁN
-PRÉSENTE

ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ
Jefa del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos a comunicar a usted que revisamos LA TESIS:

"Diseño y Construcción de un Dispositivo Autónomo de Fricción para el Laboratorio de Cinemática"

Que presenta el pasante: ADRIAN MARES LANCON

Con número de cuenta: 40807060-5 para obtener el Título de: Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 9 de Mayo de 2013.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>M.I. Ramón Osorio Galicia</u>	
VOCAL	<u>Ing. José Luz Hernández Castillo</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Raymundo Morales Márquez</u>	
1er SUPLENTE	<u>Ing. Baruch Arriaga Morales</u>	
2do SUPLENTE	<u>Ing. Gilberto Chavarria Ortiz</u>	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

HHA/pm



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
SUPERIORES - CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



DRA. SUEMI RODRÍGUEZ ROMO
DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ
Jefa del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos a-
comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis.

"Diseño y Construcción de un Dispositivo Autónomo de Fricción para el Laboratorio de Cinemática"

Que presenta el pasante: RICARDO ROMERO VERA

Con número de cuenta: 40805854-0 para obtener el Título de: Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL
correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 9 de Mayo de 2013.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	M.I. Ramón Óscorio Galicia	
VOCAL	Ing. José Luz Hernández Castillo	
SECRETARIO	Ing. Raymundo Morales Márquez	
1er SUPLENTE	Ing. Baruch Arriaga Morales	
2do SUPLENTE	Ing. Gilberto Chavarria Ortiz	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

HHA/pm

ÍNDICE.

Introducción	08
Capítulo I Introducción Teórica	
I Fundamentos Teóricos	10
I.I Conceptos Fundamentales	11
I.II Leyes de Newton	12
I.III Fricción	15
I.III.I Fricción Estática	16
I.III.II Fricción Dinámica	23
I.IV Rozamiento en un Plano Inclinado	24
I.IV.I Rozamiento Estático	24
I.IV.II Rozamiento Dinámico	26
Capítulo II Diseño del dispositivo Mecánico	
II.I Diseño del dispositivo Mecánico	28
II.II Armado del Dispositivo	31
Capítulo III Diseño del circuito de control eléctrico-electrónico	
III.I Diseño del Sistema Eléctrico	35
III.I.I Tipos de Motores (Características)	35
III.I.II Motores Universales	36
III.I.III Partes Fundamentales de un Motor Eléctrico	36
III.I.IV Motores Monofásicos	36
III.I.V Selección del Motor Universal	37
III.II Diseño Electrónico	38
III.II.I Sensores	38
III.II.II Material Para el Armado del Sensor	39
III.II.II.I Led Infrarrojo	39
III.II.II.II Foto diodo	39
III.II.II.III Amplificador Operacional	39
III.II.III Circuito para el Armado del Sensor	41
III.II.IV Cálculos Matemáticos y Explicación de los valores	42
III.III Motor a Utilizar	43
III.III.I Partes del Motor	44
III.III.I.I Rotor	45
III.III.I.II Estator	45
III.III.I.III Bobina Superior e Inferior	45
III.III.I.IV Resortes de Compresión	46
III.III.I.V Escobillas de Carbón	46
III.III.I.VI Colector o Conmutador	47
Capítulo IV Propuesta de la Práctica de Fricción	
IV.I Propuesta de la práctica	48
Capítulo V Desarrollo y Análisis de Resultados	
V.I Respuestas a los cuestionarios de la Práctica Propuesta	61
V.II Pruebas	63

	V.II.I Pruebas Manuales	63
	V.II.II Pruebas con Motor	65
V.III	Conclusiones (Comparativo de Pruebas)	68
V.IV	Conclusiones Finales	68
V.V	Bibliografía	69

Introducción.

A raíz de la revisión del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica (IME), que se imparte en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM, se ve la necesidad de actualizar la carrera de IME por esta razón se crearon dos nuevas licenciaturas, Ingeniería en Telecomunicaciones Sistemas y Electrónica (ITSE) e Ingeniería Industrial. Teniendo la necesidad de crear varios laboratorios, entre uno de ellos se encuentra el laboratorio de Estática. Es por ello que surge la necesidad de hacer prototipos para dicho laboratorio.

Entre estos se contempla la construcción de un prototipo sobre la fuerza de fricción.

Dicho proyecto consta de una parte mecánica, otra parte eléctrica-electrónica y un proceso experimental.

En la parte mecánica se armará el caparazón del dispositivo y se pondrá un mecanismo con un tornillo sinfín, la función del tornillo sinfín es elevar y descender la plataforma mediante un conector soldado a la tuerca, al girar el tornillo sinfín, la tuerca subirá o bajara, haciendo que la plataforma al igual que la tuerca baje o suba.

El caparazón se armará con tres partes principales:

- Caja del tornillo sinfín.
- Plataforma.
- Base (donde se empotrará el motor y el sensor).

La caja del tornillos sinfín se diseñará para mantener el tornillo sinfín en posición vertical, así ayudara a que el tornillo cumpla su principal función, que es subir y bajar la plataforma.

La plataforma, parte importante del dispositivo, necesita ser una parte móvil para cumplir con el objetivo principal de la práctica. Esta plataforma se unirá mediante dos bisagras a la base del dispositivo, con el fin de que la plataforma se mueva hacia arriba o hacia abajo.

La base soportará todo el dispositivo y en ella se unirá la plataforma. En la base se tiene contemplado introducir el motor y el sensor. También en la base es donde se unirá el motor y una polea (que va unida al tornillo sinfín) mediante una banda, esto para que el motor mueva el tornillo sinfín.

En la parte eléctrica se tiene un motor de Corriente Alterna (C.A.) este motor es de velocidad variable, esto ayudará mucho para tener un mejor control sobre la velocidad a la que queremos que suba la plataforma y ser exactos en las mediciones. El motor va a ir conectado a un tornillo sin fin de cuerda fina que llevará una tuerca con una varilla soldada, la finalidad de esto es que al girar el motor, se gire el tornillo y esto produzca como resultado que la tuerca suba con la varilla, y a su vez suba una pequeña plataforma de madera para realizar las mediciones correspondientes cuando se mueva el objeto que se pondrá en la plataforma.

En la parte electrónica se tiene contemplado un sensor de movimiento que irá conectado al motor para activar y desactivar el mismo. El sensor consta de un fotodiodo de luz infrarroja y un led emisor de luz infrarroja, se escogieron estos dos dispositivos para que la luz que se encuentra en el entorno (focos, luz radiada por el sol, aparatos eléctricos, aparatos electrónicos, entre otros) no afecte la sensibilidad del sensor. La función del sensor es muy importante, se pondrá el led infrarrojo en un extremo de la tabla y el diodo emisor de luz en el extremo opuesto de la tabla, los dos se estarán encontrados para que el sensor siempre este activado, el sensor solo será desactivado hasta que el foto diodo ya no perciba luz infrarroja. Por tanto se pondrá un objeto arriba de la plataforma y entre los dos dispositivos (led y diodo infrarrojo) cuidando que no obstruya la luz del sensor pero tampoco que quede muy lejos del mismo. Una vez puesto el cuerpo sobre la tabla, se conectará el plano inclinado y como se menciona irá subiendo poco a poco, hasta que la fuerza de fricción entre los dos objetos se rompa, la luz del led emisor ya no llegara al fotodiodo desconectando el motor y deteniendo la plataforma de madera.

Una vez ya detenido el motor se llevaran a cabo las mediciones correspondientes, como son:

- Ángulo.
- Altura a la que se levanto la plataforma.

Se calcularan los coeficientes de fricción estática, esto con el fin de corroborar los coeficientes ya establecidos.

Capítulo I

Fundamentos Teóricos

El conocimiento de la física es esencial para comprender el mundo. Ninguna otra ciencia ha intervenido de forma tan activa para revelarnos las causas y efectos de los hechos naturales. Basta mirar al pasado para advertir que la experimentación y el descubrimiento forman un continuo que corre desde las primeras mediciones de la gravedad hasta los más recientes logros en la conquista del espacio. Al estudiar los objetos en reposo y en movimiento, los científicos han podido deducir las leyes fundamentales que tienen amplias aplicaciones en ingeniería mecánica. La investigación de los principios que rigen la producción de calor, luz y sonido ha dado paso a incontables aplicaciones que han hecho nuestra vida más cómoda y nos han permitido convivir mejor con nuestro entorno. La investigación y el desarrollo en las áreas de la electricidad, el magnetismo y la física atómica y nuclear han desembocado en un mundo moderno que habría sido inconcebible hace tan sólo 50 años.

Es difícil imaginar siquiera un producto de los que disponemos hoy en día que no suponga la aplicación de un principio físico. Ello significa que, independientemente de la carrera que se haya elegido, es indispensable entender la física, al menos hasta cierto punto. Es verdad que algunas ocupaciones y profesiones no requieren de una comprensión tan profunda de ella como la que exigen las ingenierías, pero la realidad es que en todos los campos de trabajo se usan y aplican sus conceptos.

La física puede definirse como la ciencia que investiga los conceptos fundamentales de la materia, la energía y el espacio, así como las relaciones entre ellos.

La mecánica puede ser definida como la rama de la física que trata acerca del estado de reposo o movimiento de cuerpos que están sometidos a la acción de fuerzas. En general, este tema se subdivide en tres ramas: mecánica del cuerpo rígido, mecánica del cuerpo deformable, y mecánica de fluidos. En este apartado trata sólo la mecánica del cuerpo rígido ya que ésta constituye una base adecuada para el diseño y análisis de muchos tipos de dispositivos estructurales, mecánicos o eléctricos, que se encuentran en la ingeniería. Además, la mecánica del cuerpo rígido proporciona parte de la base necesaria para el estudio de la mecánica de los cuerpos deformables y la mecánica de fluidos.

La mecánica del cuerpo rígido se divide en dos áreas: estática y dinámica. La estática trata con el equilibrio de los cuerpos, esto es, aquellos que están en reposo o se mueven con la velocidad constante; mientras que la dinámica trata con el movimiento acelerado de los cuerpos. Aunque la estática puede ser considerada como un caso especial de la dinámica, en el sentido de que la aceleración es cero, merece un tratamiento especial en la enseñanza de la ingeniería ya que muchos objetos son diseñados con la intención de que permanezcan en equilibrio.

1.1 Conceptos Fundamentales.

Para comprender los términos usados dentro del lenguaje de la mecánica es importante definir algunos términos:

Longitud. La longitud es necesaria para localizar la posición de un punto en el espacio y así describir el tamaño de un sistema físico. Una vez definida una unidad estándar de longitud, podemos establecer cuantitativamente distancias y propiedades geométricas de un cuerpo como múltiplo de la longitud unitaria.

Tiempo. El tiempo es concebido como una sucesión de eventos. Aunque los principios de la estática son independientes del tiempo, esta cantidad juega un papel importante en el estudio de la dinámica.

Masa. La masa es una propiedad de la materia por medio de la cual es posible comparar la acción de un cuerpo con la de otro. Esta propiedad se manifiesta como una atracción gravitatoria entre dos cuerpos y proporciona una medida cuantitativa de la resistencia de la materia a cambios de velocidad.

Fuerza. En general, la fuerza es considerada como un “empuje” o un “jalón” ejercido por un cuerpo sobre otro. Esta interacción puede ocurrir cuando existe contacto directo entre los cuerpos, como cuando una persona empuja una pared, o a través de una acción a distancia cuando los cuerpos están físicamente separados. Ejemplos del último tipo incluyen las fuerzas gravitatorias, eléctricas y magnéticas. En todo caso, una fuerza se caracteriza completamente por medio de su magnitud, su dirección y su punto de aplicación.

Partícula. La partícula de un cuerpo es la menor porción de materia de ese cuerpo que conserva sus propiedades.

Cuerpo rígido. Un cuerpo rígido puede ser considerado como una combinación de un gran número de partículas en la que todas las partículas permanecen a una distancia fija unas de otras antes y después de aplicar una carga. Como resultado, las propiedades del material del cualquier cuerpo que se suponga rígido no tendrán que considerarse al analizar las fuerzas que actúan sobre el cuerpo. En la mayoría de los casos, las deformaciones reales que ocurren en máquinas, mecanismos y estructuras similares son relativamente pequeñas, y la hipótesis de cuerpo rígido es la adecuada para el análisis.

I.II Leyes de Newton

Es importante indicar que la mecánica clásica, se puede comprender si aplicamos las leyes fundamentales en las que se basa, estas leyes son conocidas como las tres leyes de Newton.

Primera ley de Newton

Por experiencia sabemos que un objeto estacionario permanece en reposo a menos que una fuerza externa actúe sobre él. Una lata de aceite permanecerá en la mesa de trabajo hasta que alguien la derriba. Un objeto suspendido estará colgando hasta que se suelte. Sabemos que son necesarias las fuerzas para hacer que algo se mueva si originalmente esta en reposo.

Resulta menos obvio que un objeto en movimiento continuará en ese estado hasta que una fuerza exterior cambie el movimiento. Por ejemplo, una barra de acero que se desliza por el piso de la tienda pronto quedará en reposo debido a su interacción con el piso. La misma barra se deslizará una distancia mucho mayor, antes de detenerse, si estuviera sobre hielo, lo cual se debe a que la interacción horizontal, llamada fricción, entre el piso y la barra es mucho mayor que la interacción entre el hielo y la barra. Esto nos sugiere la idea de que una barra que se desliza sobre una superficie horizontal, totalmente carente de fricción, permanecería moviéndose para siempre. Tales ideas forman una parte de la primera ley de Newton del movimiento.

- *Primera ley de Newton. Un cuerpo permanecerá en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme a menos que una fuerza externa no equilibrada actúe sobre él.*

Debido a la existencia de la fricción, no existe ningún cuerpo real que esté totalmente libre de la acción de fuerzas externas. Sin embargo, hay situaciones en las que es posible hacer que la fuerza resultante sea igual o aproximadamente igual a cero. En tales casos, el cuerpo debe comportarse de acuerdo con la primera ley del movimiento. Puesto que reconocemos que la fricción nunca puede ser eliminada por completo, también debemos aceptar que la primera ley de Newton es una expresión de una situación ideal. Un volante que gira sobre cojinetes lubricados tiende a mantenerse girando; pero aun la más leve fricción hará que tarde o temprano se detenga.

Newton llamó inercia a la propiedad de una partícula que le permite mantenerse en un constante estado de movimiento o de reposo. Su primera ley a veces se conoce como ley de inercia. Cuando un automóvil se acelera, los pasajeros obedecen esta ley tendiendo a permanecer en reposo hasta que la fuerza externa de los asientos los obligue a moverse. De manera similar, cuando el automóvil se detiene los pasajeros continúan en movimiento a rapidez constante hasta que son detenidos por los cinturones de seguridad o por su propio esfuerzo. Toda la materia posee inercia (Figura 1.1).



Figura 1.1 Primera ley de Newton.

Segunda ley de Newton.

En virtud de que el estado de un objeto en reposo o en movimiento no será modificado sin la acción de una fuerza de desequilibrio ahora debemos considerar qué sucede si hay una fuerza resultante. La experiencia nos indica que cuantas más y más grandes fuerzas resultantes se ejerzan en un objeto, más y más grande será el cambio en la velocidad de éste. Además, si se mantiene constante la fuerza resultante y se aplica a masas cada vez más grandes, el cambio en la velocidad disminuye. El cambio de velocidad por unidad de tiempo se define como aceleración a .

Newton demostró que hay una relación entre la fuerza aplicada y la aceleración resultante, probó que la aceleración disminuye proporcionalmente con la inercia o masa (m) del objeto. En la segunda ley de Newton se postula este principio.

- Segunda ley Newton. La aceleración (a) de un objeto en la dirección de una fuerza resultante (F) es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza e inversamente proporcional a la masa (m).

$$a = \frac{F}{m} \quad \text{O} \quad F = ma$$

Donde:

a = Aceleración

F = Fuerza

m = masa

Cabe señalar que cuando la velocidad no cambia, $a = 0$ y la primer ley de Newton resulta entonces en un caso especial de la segunda. Sin la fuerza de desequilibrio el movimiento del objeto no cambiará. La palabra importante aquí es cambio; nos ayuda a recordar que no hay fuerza resultante sobre los objetos en reposo o en movimiento a rapidez constante. Figura 1.2.

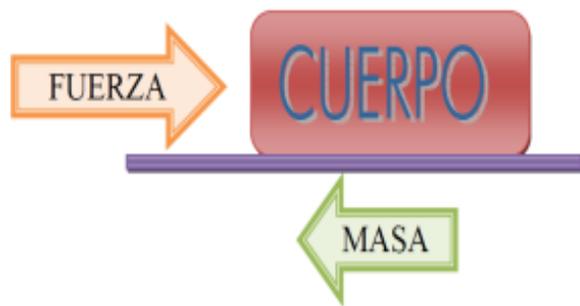


Figura 1.2 Segunda ley de Newton.

Tercera ley de Newton.

No puede haber una fuerza sino están implicados dos cuerpos. Cuando un martillo golpea un clavo ejerce una fuerza de "acción" sobre él. Pero también "reacciona" empujando hacia atrás el martillo. En todos los casos debe haber una fuerza de acción y una de reacción. Siempre que dos cuerpos interactúan, la fuerza ejercida por el segundo sobre el primero (la fuerza de reacción) es igual en magnitud pero de sentido contrario a la dirección de la fuerza ejercida por el primer cuerpo sobre el segundo (la fuerza de acción). Este principio se enuncia en la tercera ley de Newton.

- Tercera ley de Newton. Para cada fuerza de acción debe haber una fuerza de reacción igual y opuesta.

Por tanto, no puede existir una sola fuerza aislada. Considere los ejemplos de acción y reacción de la Figura 1.3.

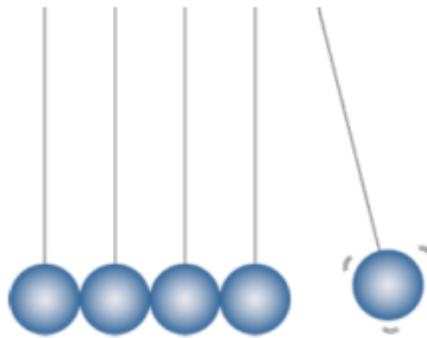


Figura 1.3 Tercera ley de Newton.

Observe que las fuerzas de acción y de reacción no se anulan. Son iguales en magnitud y opuestas en dirección. Pero actúan sobre objetos diferentes. Para que dos fuerzas se anulen deben actuar sobre el mismo objeto. Se puede decir que las fuerzas de acción crean las fuerzas de reacción.

Por ejemplo, cuando alguien empieza a subir una escalera lo primero que hace es colocar un pie sobre el escalón y empujarlo. El peldaño debe ejercer una fuerza igual y opuesta sobre el pie para evitar quebrarse. Cuando mayor es la fuerza que ejerce el pie sobre el escalón, mayor será la reacción contra el pie. Desde luego, el escalón no puede crear una fuerza de reacción hasta que la fuerza del pie se aplica. La fuerza de acción actúa sobre el objeto y la de reacción sobre el agente que aplica la fuerza.

I.III Fricción.

En el área de la estática se estudia un fenómeno muy importante llamado fricción. Se presenta siempre que un cuerpo se mueve estando en contacto con otro objeto, estas fuerzas de fricción se oponen al movimiento relativo.

Las *fuerzas de fricción* (F_r) pueden ser definidas como una fuerza resistente que actúa sobre un cuerpo e impide o retarda el deslizamiento del cuerpo con relación a un segundo cuerpo o superficie con los cuales esté en contacto. Estas fuerzas se deben a que una superficie se adhiere contra la otra y a que encajan entre sí las irregularidades de las superficies de rozamiento (figura 1.4). La fuerza de fricción actúa siempre tangencialmente a la superficie en los puntos de contacto con otros cuerpos, y está dirigida en sentido opuesto al movimiento posible o existente del cuerpo con respecto a esos puntos.

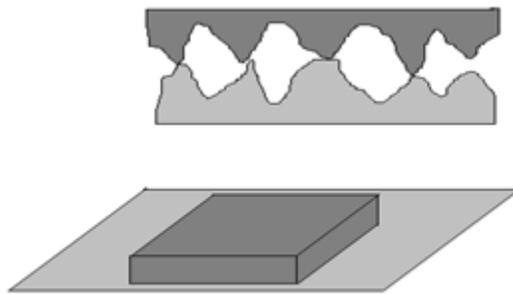


Figura 1.4 Fuerza de adhesión (Rigurosidad entre dos materiales).

En varias circunstancias es indispensable minimizar la fricción, ya que provoca que se requiera mayor trabajo para operar maquinaria, causa desgaste y genera calor, lo que a menudo ocasiona otros perjuicios. Los automóviles y los aviones se diseñan con formas aerodinámicas para reducir la fricción con el aire (Figura 1.5), ya que la fuerza de fricción es muy grande a gran rapidez.

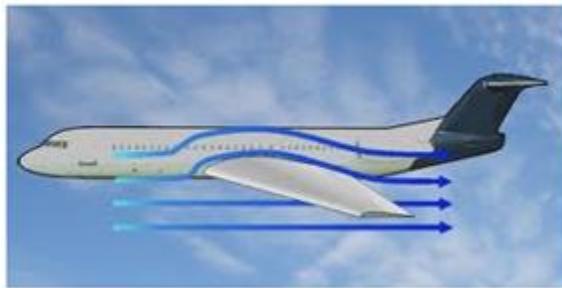


Figura1.5 Fuerza aerodinámica.

Existen dos tipos de fricción, la fricción estática (F_r) y la fricción dinámica (F_k). El primero es la resistencia que se debe superar para poner en movimiento un cuerpo con respecto a otro que se encuentra en contacto. El segundo, es la resistencia, de magnitud considerada constante, que se opone al movimiento pero una vez que éste ya comenzó. En resumen, lo que diferencia a un roce con el otro, es que el estático actúa cuando los cuerpos están en reposo relativo en tanto que el dinámico lo hace cuando ya están en movimiento.

I.III.I Fricción estática.

La teoría de la fricción puede explicarse de manera conveniente considerando qué efectos provoca el tirar horizontalmente de un bloque de peso uniforme W (Peso) que descansa sobre una superficie horizontalmente rugosa, en la Figura 1.6.

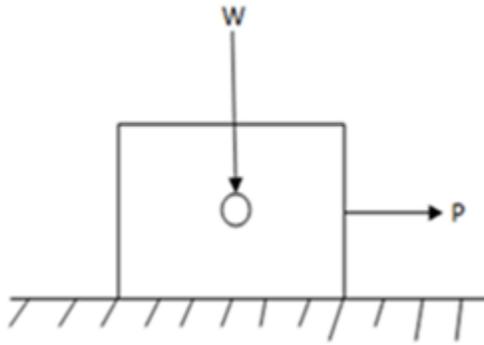


Figura 1.6 Fricción estática.

Para obtener un entendimiento pleno de la naturaleza de la fricción, es necesario considerar a las superficies en contacto como *no rígidas*, o *deformables*. Sin embargo, el resto del bloque será considerado rígido. Como se muestra en el diagrama de cuerpo libre del bloque, Figura 1.7, el piso ejerce una distribución de fuerza normal F_r a lo largo de la superficie de contacto.

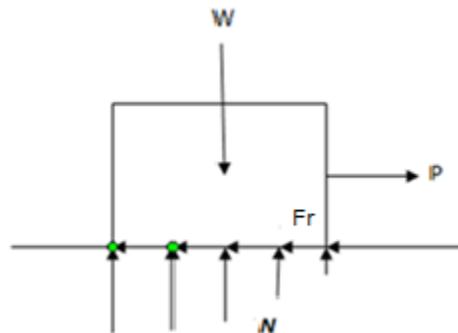


Figura 1.7 Diagrama de cuerpo libre de un bloque al que se le aplica una fuerza.

Por el equilibrio, las fuerzas normales deben actuar hacia arriba para equilibrar el peso W del bloque, y las fuerzas de fricción deben actuar hacia la izquierda para prevenir que la fuerza aplicada P mueva el bloque hacia la derecha. Un examen preciso de las superficies en contacto entre el piso y el bloque revela cómo se desarrollan esas fuerzas de fricción y fuerzas normales, Figura 1.8. Puede verse que existen muchas irregularidades microscópicas entre las dos superficies y, como se muestra, son desarrolladas fuerzas reactivas R en cada una de las protuberancias. Esas fuerzas actúan en todos los puntos de contacto y, como se muestra, cada fuerza reactiva contribuye con una componente de fricción F_r y con una componente de normal N .

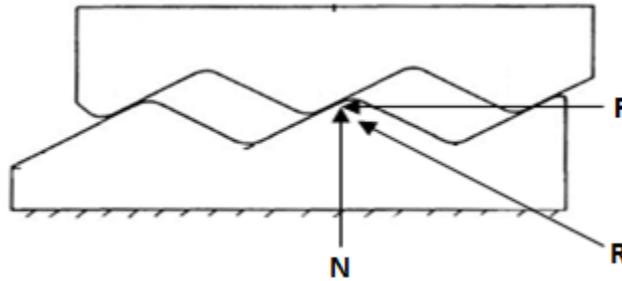


Figura 1.8 Irregularidades Microscópicas.

Un punto que se tiene que tener muy en cuenta es el equilibrio que debe existir entre las fuerzas que actúan. Por lo tanto se dice que un cuerpo está en equilibrio cuando la suma de fuerzas y momentos sobre todas y cada una de las partes del cuerpo se anulan.

Por razones de simplicidad, en el siguiente análisis, el efecto de las cargas distribuidas normales y de fricción será indicado mediante sus resultante N y F_r , las cuales están representadas en el diagrama de cuerpo libre como se muestra en la Figura 1.9. Es claro que la distribución de F en la Figura 1.7 indica que F actúa siempre tangencialmente a la superficie de contacto, opuesta a la dirección de P . Por otra parte, la fuerza normal N es determinada a partir de la distribución de N en la Figura 1.7 y está dirigida hacia arriba para equilibrar el peso W del bloque.

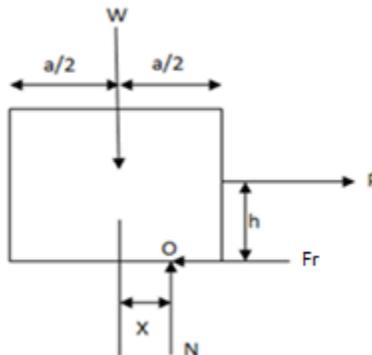


Figura 1.9 Fuerzas resultantes, normal y de fricción.

Observe que N actúa a una distancia x a la derecha de la línea de acción de W , figura 1.9. Esta ubicación, que coincide con el centroide o centro geométrico del diagrama de carga en la Figura 1.7, es necesaria para equilibrar el "efecto de volteo" causada por P . Por ejemplo, si P se aplica a una altura h desde la superficie, Figura 1.9, entonces el equilibrio por momento con respecto al punto O se satisface si $Wx = Ph$ ó $x = Ph/W$. En particular el bloque estará a punto de volcarse si N actúa en la esquina derecha del bloque, es decir, en $x = a/2$.

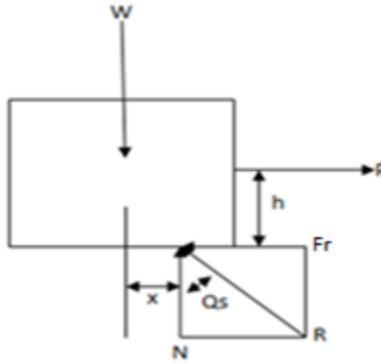


Figura 1.10 Equilibrio.

Existe un fenómeno el cual es muy importante mencionar, éste es el movimiento inminente, en este caso la fuerza de rozamiento alcanza su máximo valor, pero sigue siendo igual a la fuerza aplicada, por lo que la resultante sigue siendo nula.

En los casos donde h (altura de la base al punto donde se aplicará la fuerza) es pequeña o las superficies de contacto son “resbalosas”, la fuerza de F_r puede no ser lo suficientemente grande como para equilibrar a P , y en consecuencia, el bloque tenderá a resbalar antes que a volcarse. En otras palabras, al ser P incrementada lentamente, F aumenta de modo correspondiente hasta que alcanza un cierto valor máximo F_r , llamado fuerza límite de fricción estática, Figura 1.7. Cuando este valor es alcanzado, el bloque está en equilibrio inestable ya que cualquier incremento adicional en P ocasionará deformaciones y fracturas en los puntos de contacto superficial, y en consecuencia el bloque empezará a moverse.

Experimentalmente, ha sido determinado que la fuerza límite de fricción estática F_r es directamente proporcional a la fuerza normal resultante N . esto puede expresarse matemáticamente como:

$$F_r = \mu_r N$$

Donde la constante de proporcionalidad μ_r , es llamada el coeficiente de fricción estática.

Entonces, cuando el bloque está a punto de deslizarse, la fuerza normal N y la fuerza de fricción F_r , se combinan para crear una resultante R , Figura 1.10. El ángulo Φ_s que R forma con N se llama ángulo de fricción estática. A partir de la figura,

$$\Phi_s = \tan^{-1} \left(\frac{F_r}{N} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{\mu_r N}{N} \right) = \tan^{-1} \mu_r$$

$$\mu_r = \tan^{-1} = \Phi_s$$

Valores tabulares de μ_r .

En la tabla 1.1 se proporcionan valores típicos de μ_r , los cuales se encuentran en muchos manuales de ingeniería. Aunque por lo general este coeficiente es menor que 1, se debe ser consciente de que en algunos casos es posible, como en el caso de aluminio sobre aluminio, que μ_r sea mayor que 1, esto debido a situaciones de adherencias superficiales (ejemplo el velcro) o por electro-estática. Desde luego, físicamente esto significa que en este caso la fuerza de fricción es mayor que la correspondiente fuerza normal. Además, debe advertirse que μ_r es adimensional y depende sólo de las características de las dos superficies en contacto. Para cada valor de μ_r está dado un amplio rango de valores ya que los ensayos experimentales fueron hechos bajo condiciones variables de rugosidad y limpieza de las superficies en contacto. Por lo tanto, en las aplicaciones es importante tener un conjunto dado de condiciones. Cuando se requiere un cálculo más preciso de F_r , el coeficiente de fricción debe ser determinado directamente por medio de un experimento que implique los dos materiales por ser usados.

Tabla 1.1 Valores de coeficientes de Fricción.

Material	μ_r	μ_k
Madera sobre madera	0.7	0.4
Acero sobre acero	0.15	0.09
Metal sobre cuero	0.6	0.5
Madera sobre cuero	0.5	0.4
Caucho sobre concreto seco	0.9	0.7
Caucho sobre concreto mojado	0.7	0.57

Para que un cuerpo se ponga en movimiento, la magnitud de P que actúa sobre el bloque es incrementada de manera que resulta mayor que F_r , la fuerza de fricción en las superficies de contacto cae ligeramente a un menor valor F_k , llamado fuerza de fricción dinámica. El bloque no permanecerá en equilibrio ($P > F_k$), sino que empezará a resbalar con rapidez creciente, Figura 1.11. El desplazamiento que ocurre en la magnitud de la fuerza de fricción, desde F_r (estática) hasta F_k (dinámica), puede ser explicada examinando de nuevo las superficies de contacto, Figura 1.12. Aquí se ve que cuando $P > F_r$, entonces P tiene la capacidad de cortar los picos en las superficies de contacto y ocasionar que el bloque se “levante” un tanto de su posición asentada y “viaje” por encima de esos picos. Una vez que el bloque empieza a deslizarse, altas temperaturas locales en los puntos de contacto causan una momentánea adhesión (soldadura) de esos puntos. El corte continuado de esas soldaduras es el mecanismo dominante que genera la fricción. Como las fuerzas de contacto resultante R están más ligeramente alineadas en la dirección vertical que antes, aportan componentes de fricción más pequeñas, F_r , que cuando las irregularidades están trabadas entre sí.

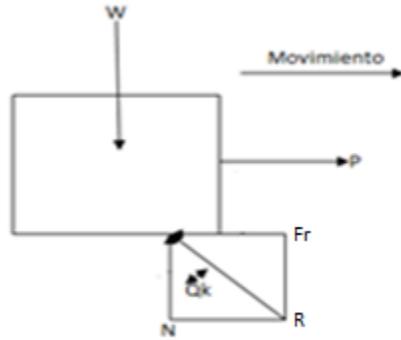


Figura 1.11 Movimiento.

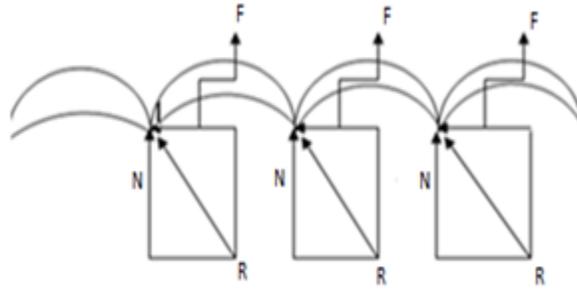


Figura 1.12 Irregularidades microscópicas.

Los experimentos con bloques deslizables indican que la magnitud de la fuerza de fricción resultante F_K es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza normal resultante N . esto puede ser expresado matemáticamente como:

$$F_K = \mu_K N$$

Aquí la constante de proporcionalidad μ_K , se llama coeficiente de fricción dinámico. Los valores típicos de μ_K son aproximadamente 25 por ciento más pequeños que los dados en la Tabla 1.1 para μ_r .

Como se muestra en la Figura 1.11, en este caso, la resultante R tiene una línea de acción definida por Φ_K . este ángulo se llama ángulo de fricción cinética, donde:

$$\Phi_K = \tan^{-1}\left(\frac{F_K}{N}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{\mu_K N}{N}\right) = \tan^{-1}\mu_K$$

Por comparación, $\Phi_S \geq \Phi_K$.

Los efectos mencionados con respecto a la fricción pueden ser resumidos mediante referencia a la gráfica que aparece en la Figura 1.13, la cual muestra la variación de la fuerza de fricción F contra la carga aplicada P . Aquí, la fuerza de fricción está clasificada en tres maneras diferentes: F es una fuerza de fricción estática si se mantiene el equilibrio; F es una fuerza de fricción estática límite F_S cuando alcanza un valor máximo necesario para mantener el equilibrio; y finalmente, F se llama fuerza de fricción cinética F_K cuando el deslizamiento ocurre en la superficie de contacto. Observe también en la grafica que para los valores muy grandes de P o para velocidades altas, debido a los efectos aerodinámicos, F_K e igualmente μ_K empiezan a disminuir.

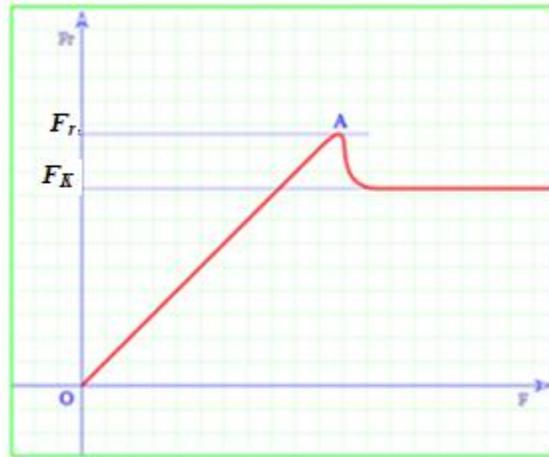


Figura 1.13 Grafica de fuerza de fricción.

Características de la fricción estática.

Como resultado de experimentos que son pertinentes a la argumentación anterior, deben establecerse las siguientes reglas aplicables a cuerpos sometidos a fricción estática.

- Las fuerzas de fricción actúa tangencialmente a las superficies de contacto en una dirección opuesta al movimiento relativo a la tendencia al movimiento de una superficie con respecto a otra.
- La fuerza de fricción estática máxima F_r que puede ser desarrollada es independiente del área de contacto, siempre que la presión normal no sea ni muy baja ni muy grande como para deformar a aplastar severamente las superficies de contacto de los cuerpos.
- La fuerza de fricción estática máxima es generalmente mayor que la fuerza de fricción cinética para dos superficies de contacto las cualesquiera. Sin embargo, si uno de los cuerpos se está moviendo a velocidad muy baja sobre la superficie de otro cuerpo, F_k resulta aproximadamente igual a F_r , es decir, $\mu_r \approx \mu_k$.
- Cuando en la superficie de contacto está a punto de ocurrir el deslizamiento, la fuerza de fricción estática máxima es proporcional a la fuerza normal, de tal manera que $F_r = \mu_r N$
- Cuando está ocurriendo el deslizamiento en la superficie de contacto, la fuerza de fricción cinética es proporcional a la fuerza normal tal que $F_k = \mu_k N$.

Por lo tanto se puede decir que existen dos tipos de rozamiento o fricción, la fricción estática (F_r) y la fricción dinámica (F_k). El primero es la resistencia que se debe superar para poner en movimiento un cuerpo con respecto a otro que se encuentra en contacto. El segundo, es la resistencia, de magnitud considerada constante, que se opone al movimiento pero una vez que éste ya comenzó.

En resumen, lo que diferencia a un roce con el otro, es que el estático actúa cuando los cuerpos están en reposo relativo en tanto que el dinámico lo hace cuando ya están en movimiento.

En la fricción estática intervienen cuatro fuerzas:

- F : la fuerza aplicada.
- F_r : la fuerza de rozamiento entre la superficie de apoyo y el cuerpo, y que se opone al movimiento.
- P : el peso del propio cuerpo, igual a su masa por la aceleración de la gravedad.
- N : la fuerza normal, con la que la superficie reacciona sobre el cuerpo sosteniéndolo.

Dado que el cuerpo está en reposo la fuerza aplicada y la fuerza de rozamiento son iguales, y el peso del cuerpo y la normal (Figura 1.14):

$$P = N \quad \text{Y} \quad F = Fr$$

Se sabe que el peso del cuerpo P es el producto de su masa (m) por la aceleración de la gravedad (g), y que la fuerza de rozamiento es el coeficiente estático por la normal:

$$P = N = mg$$

$$F = Fr = \mu_r * N$$

Esto es:

$$F = Fr = \mu_r * mg$$

La fuerza horizontal F máxima que se puede aplicar a un cuerpo en reposo es igual al coeficiente de rozamiento estático por su masa y por la aceleración de la gravedad (Figura 1.14).

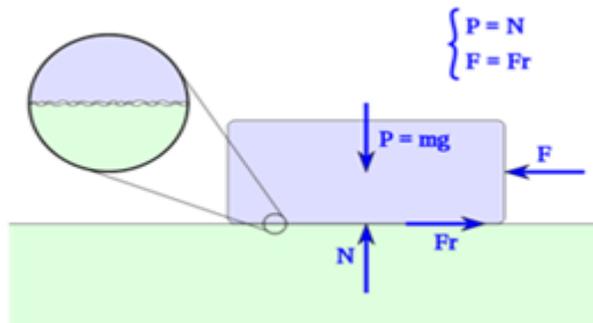


Figura 1.14 Fuerzas existentes.

I.III.II Fricción dinámica

Dado un cuerpo en movimiento sobre una superficie horizontal, deben considerarse las siguientes fuerzas:

- F : la fuerza aplicada.
- F_r : la fuerza de rozamiento entre la superficie de apoyo y el cuerpo, y que se opone al movimiento.
- F_i : fuerza de inercia, que se opone a la aceleración de cuerpo, y que es igual a la masa del cuerpo m por la aceleración que sufre a .
- P : el peso del propio cuerpo, igual a su masa por la aceleración de la gravedad.
- N : la fuerza normal, que la superficie hace sobre el cuerpo sosteniéndolo.

Como equilibrio dinámico, se puede establecer que:

$$P = N$$

$$F - Fr = Fi$$

Sabiendo que:

$$P = N = mg$$

$$Fr = \mu_k N$$

$$Fi = ma$$

Se puede reescribir la segunda ecuación de equilibrio dinámico como:

$$F = \mu_k mg + ma$$

Es decir, la fuerza resultante F aplicada a un cuerpo es igual a la fuerza de rozamiento Fr más la fuerza de inercia Fi que el cuerpo opone a ser acelerado. De lo que también se puede deducir:

$$F = m(\mu_k g + a)$$

$$F/m = \mu_k g + a$$

$$a = F/m - \mu_k g$$

Con lo que se tiene la aceleración a que sufre el cuerpo, al aplicarle una fuerza F mayor que la fuerza de rozamiento Fr con la superficie sobre la que se apoya.

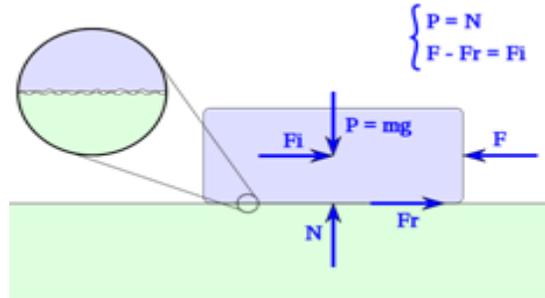


Figura 1.15 Fricción dinámica.

I.IV Rozamiento en un plano inclinado.

I.IV.I Rozamiento estático.

Si sobre una línea horizontal r , se tiene un plano inclinado un ángulo α , y sobre este plano inclinado se coloca un cuerpo con rozamiento, se tendrán tres fuerzas que intervienen:

P : el peso del cuerpo vertical hacia abajo según la recta u (*eje de las ordenadas*), y con un valor igual a su masa por la aceleración de la gravedad:

$$P = mg.$$

N : la fuerza normal que hace el plano sobre el cuerpo, perpendicular al plano inclinado, según la recta t (*eje de las abscisas*).

Fr : la fuerza de rozamiento entre el plano y el cuerpo, paralela al plano inclinado y que se opone a su deslizamiento.

Si el cuerpo está en equilibrio, no se desliza, la suma vectorial de estas tres fuerzas es cero.

$$P + Fr + N = 0$$

Lo que gráficamente sería un triángulo cerrado formado por estas tres fuerzas, puestas una a continuación de otra, como se ve en la Figura 1.16.

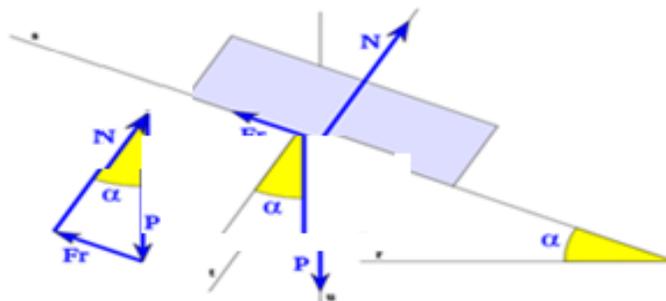


Figura 1.16 Fricción dinámica.

Si el peso P del cuerpo se descompone en dos componentes: P_n , peso normal, perpendicular al plano, que es la componente del peso que el plano inclinado soporta y P_t , peso tangencial, que es la componente del peso tangencial al plano inclinado y que tiende a desplazar el cuerpo descendientemente por el plano inclinado. Se puede ver que el P_n se opone a la normal, N , y el peso tangencial P_t a la fuerza de rozamiento F_r .

Se puede decir que el P_n es la fuerza que el cuerpo ejerce sobre el plano inclinado y la normal, N es la fuerza que el plano inclinado hace sobre el cuerpo impidiendo que se hunda, $P_n = N$ para que este en equilibrio. El peso tangencial P_t es la fuerza que hace que el cuerpo tienda a deslizarse por el plano y F_r es la fuerza de rozamiento que impide que el cuerpo se deslice, para que este en equilibrio $P_t = F_r$.

$$P_n = N$$

$$P_t = F_r$$

Cuando el cuerpo está en equilibrio estas dos ecuaciones determinan la igualdad de fuerzas, también es necesario saber que:

$$F_r = \mu_r N$$

$$P = mg$$

Y que la descomposición del peso es:

$$P_n = P \cos(\alpha)$$

$$P_t = P \sin(\alpha)$$

Con lo que se determinan las condiciones del equilibrio de un cuerpo en un plano inclinado con el que tiene fricción. Es de destacar la siguiente relación:

$$P \cos(\alpha) = N$$

$$P \sin(\alpha) = \mu_r N$$

Haciendo la sustitución de N :

$$P \sin(\alpha) = \mu_r P \cos(\alpha)$$

Que da finalmente como resultado:

$$\frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)} = \tan(\alpha) = \mu_r$$

El coeficiente de rozamiento estático es igual a la tangente del ángulo del plano inclinado, en el que el cuerpo se mantiene en equilibrio sin deslizarse, ello permite calcular los distintos coeficientes de rozamiento, simplemente colocando un cuerpo de un material concreto sobre un plano inclinado del material con el que se pretende calcular su coeficiente de rozamiento, inclinando el plano progresivamente se observa el momento en el que el cuerpo comienza a deslizarse, la tangente de este ángulo es el valor del coeficiente de rozamiento. Del mismo modo conocido el coeficiente de rozamiento entre dos materiales podemos saber el ángulo máximo de inclinación que puede soportar sin deslizarse (Figura 1.17).

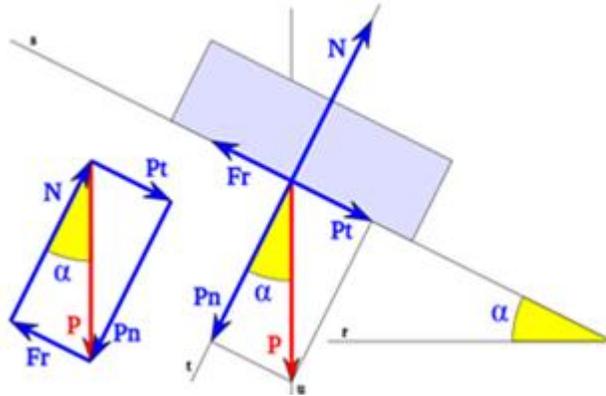


Figura 1.17 Fuerzas resultantes en el plano inclinado.

1.IV.1 Rozamiento dinámico.

En el caso de rozamiento dinámico en un plano inclinado, se tiene un cuerpo que se desliza, y siendo que está en movimiento, el coeficiente que interviene es el dinámico μ_k , así como una fuerza de inercia Fi , que se opone al movimiento, el equilibrio de fuerzas se da cuando:

$$\mathbf{P} + \mathbf{Fr} + \mathbf{N} + \mathbf{Fi} = \mathbf{0}$$

Descomponiendo los vectores en sus componentes normales y tangenciales se tiene:

$$\mathbf{Pn} = \mathbf{N}$$

$$\mathbf{Pt} - \mathbf{Fr} = \mathbf{Fi}$$

Teniendo en cuenta que:

$$\mathbf{Fr} = \mu_k \mathbf{N}$$

$$\mathbf{P} = \mathbf{mg}$$

$$\mathbf{Fi} = \mathbf{ma}$$

y como en el caso de equilibrio estático, se tiene:

$$\mathbf{Pn} = \mathbf{P} \cos(\alpha)$$

$$\mathbf{Pt} = \mathbf{P} \sin(\alpha)$$

Con estas ecuaciones se determina las condiciones de equilibrio dinámico del cuerpo con fricción en un plano inclinado. Si el cuerpo se desliza sin aceleración (a velocidad constante) su fuerza de inercia Fi será cero, y se puede ver que:

$$\mathbf{P} \sin(\alpha) = \mu_k \mathbf{P} \cos(\alpha)$$

Esto es, de forma semejante al caso estático:

$$\frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)} = \tan(\alpha) = \mu_k$$

Con lo que se puede decir que el coeficiente de rozamiento dinámico μ_k de un cuerpo con la superficie de un plano inclinado, es igual a la tangente del ángulo del plano inclinado con el que el cuerpo se desliza sin con velocidad constante, por el plano (Figura 1.18).

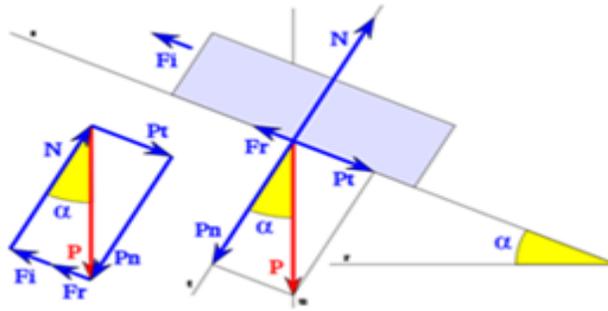


Figura 1.18 Condiciones de equilibrio en el plano inclinado.

Capítulo II Diseño del Dispositivo Mecánico

II.1 Diseño del Dispositivo Mecánico.

Para el desarrollo del dispositivo, se tiene que tener en cuenta la parte mecánica, que es una parte importante para el armado del dispositivo. En este sistema mecánico se utilizó un tornillo sin fin, así como dos bisagras para el levantamiento y el descenso de la plataforma (plano inclinado), también se utilizó una polea con el fin de unir el motor con el mecanismo del tornillo sin fin, esto es para que el tornillo gire junto con el motor. A continuación se dará una explicación de estos elementos que se utilizaron para la construcción del dispositivo.

Tornillo sin fin: es un mecanismo de transmisión circular compuesto por dos elementos: tornillo (sin fin), que actúa como elemento de entrada (o motriz) y rueda dentada, que actúa como elemento de salida (o conducido) y que algunos autores llaman corona. La rosca del tornillo engrana con los dientes de la rueda de modo que los ejes de transmisión de ambos son perpendiculares entre sí (figuras 2.1 (a) y 2.1 (b)).



Figura 2.1 (a).



Figura 2.1 (b).

El funcionamiento es muy simple: por cada vuelta del tornillo, el engranaje gira un solo diente o lo que es lo mismo, para que la rueda dé una vuelta completa, es necesario que el tornillo gire tantas veces como dientes tiene el engranaje (figura 2.2). Se puede deducir de todo ello que el sistema posee una relación de transmisión muy baja, por lo que es un excelente reductor de velocidad y posee elevada ganancia mecánica. Además de esto, posee otra gran ventaja, y es el reducido espacio que ocupa.



Figura 2.2 Tornillo sinfín montado en el dispositivo.

Una vez explicado el funcionamiento del tornillo sinfín, se optó por acoplar una banda del motor al tornillo sinfín, esto con la finalidad de que el tornillo sinfín se acople al motor que se seleccionó (en el capítulo siguiente se explica la selección del motor).



Figura 2.3 Motor acoplado mediante una banda al tornillo sinfín.

Se usaron dos bisagras para unir la base con la plataforma del dispositivo.

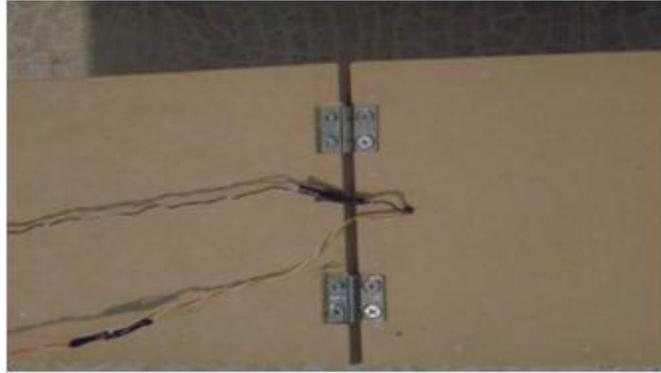


Figura 2.4 Plataforma y base unidas mediante bisagras.

Dentro del mecanismo se utilizó una polea para unir al motor (seleccionado) con el tornillo sinfín, esto se llevó a cabo mediante una banda.

Una polea, es una máquina simple, un dispositivo mecánico de tracción, que sirve para transmitir una fuerza. Se trata de una rueda, roldana o disco, generalmente maciza y rallada en su borde, que con el concurso de una cuerda o cable que se hace pasar por el canal ("garganta"), se usa como elemento de transmisión para cambiar la dirección del movimiento en máquinas y mecanismos (figuras 2.5 (a) y 2.5 (b)).

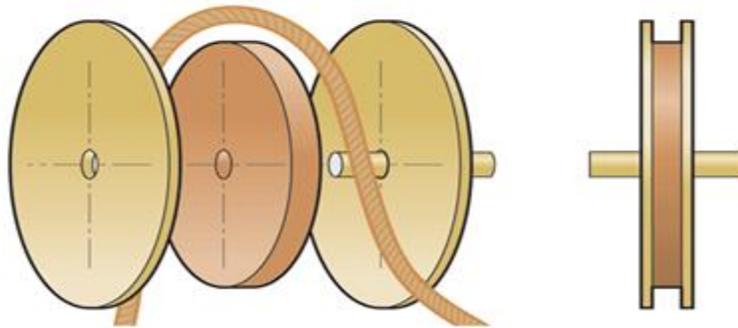


Figura 2.5 Estructura de una polea simple.

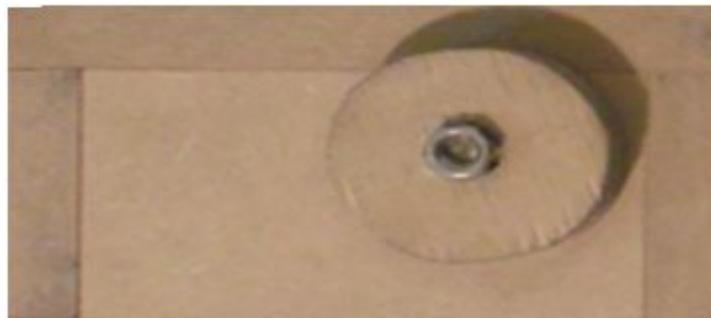


Figura 2.5 Polea utilizada en el dispositivo.

II.II Armado del Dispositivo.

Una vez que analizada la estructura del equipo, se llevó a cabo el armado del dispositivo, se tomaron en cuenta todas las medidas de los dispositivos a utilizar, así como las posibles modificaciones que se pudieran presentar más adelante.

Armado de la carcasa del dispositivo.

Una vez analizado varios materiales, se llegó a la conclusión de que el mejor material para la carcasa del dispositivo sería de madera. Esto se debe a que es un material barato y existen muchos talleres donde se trabaja la madera, lo cual, nos ayudo a realizar el dispositivo sin muchos problemas (figura 2.6).

La carcasa del dispositivo consta de 3 partes principales:

- La base.
- Plataforma.
- La caja donde ira el mecanismo del tornillo sinfín.



Figura 2.6 Madera para elabora el dispositivo.

La base.

Esta parte será la que soportará todo el dispositivo (plano inclinado), a su vez nos servirá como caja para montar el motor y el sensor infrarrojo, en ella se contempla poner una puerta donde se podrá observar el mecanismo del motor y el sensor. Esta puerta será de mucha ayuda por si existen problemas más adelante y a su vez nos servirá para observar el mecanismo cuando el dispositivo este funcionando.

Medidas de la base.

Tomando en cuenta lo que se realizaría en la práctica y tomando en cuenta las medidas del motor así como las del sensor, se llegó a la conclusión de que la base tendría las siguientes medidas.

- 0.35 metros de largo.
- 0.17 metros de ancho.
- 0.17 metros de alto.

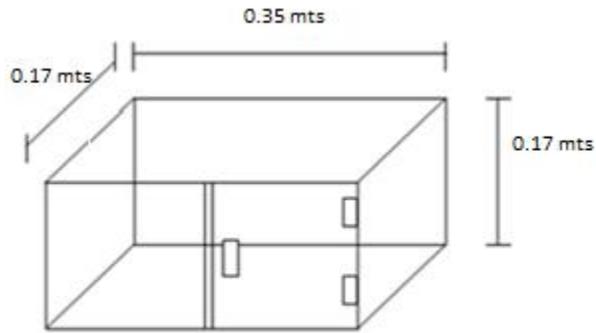


Figura 2.7 (a).



Figura 2.7 (b).

Plataforma.

Esta parte del dispositivo será móvil mediante dos bisagras que se adaptaron en la parte superior de la base y la plataforma, esta parte del dispositivo se elevará y descenderá mediante un mecanismo (que más adelante se explicara). Esta plataforma es una parte fundamental del dispositivo, ya que en ella es donde se pondrá el objeto que se va a mover para calcular los coeficientes de fricción. En ella se montará el sensor infrarrojo para que capte el movimiento del objeto (figura 2.8).

Las medidas de la plataforma son:

- Largo 0.35 metros.
- Ancho 0.17 metros.

Esta plataforma se tuvo que adaptar (hacer un corte) para que ensamblara la caja del mecanismo del tornillo sinfín.

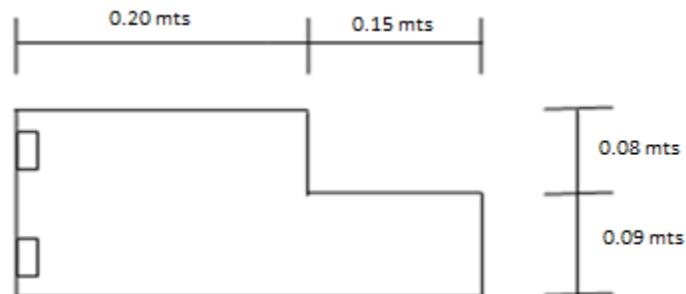


Figura 2.8 Diseño de plataforma con las adaptaciones correspondientes.

Caja del tornillo sinfín.

En esta caja se guardará el mecanismo del torillo sinfín, así también nos servirá de soporte para sostener el tornillo en posición vertical, esto para que la plataforma suba y descienda para hacer las pruebas correspondientes. Esta caja tendrá una ranura en la parte frontal de la misma, esto con la finalidad de que la varilla que va soldado en la tuerca salga y sirva de soporte para la plataforma, haciendo que la plataforma suba o descienda, según requiera la práctica (figura 2.9 (a) y 2.9 (b)).

Las medidas de la caja son:

- 0.32 metros de alto.
- 0.09 metros de ancho.
- 0.15 metros de largo.

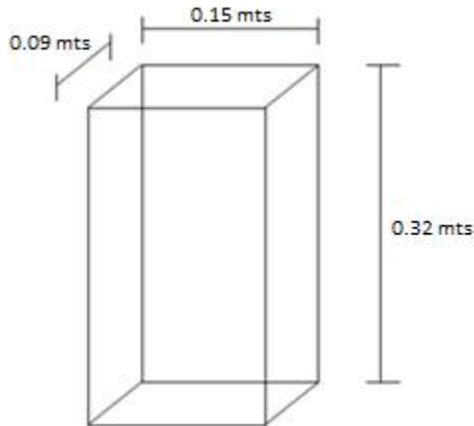


Figura 2.9 (a) Diseño de la caja del tornillo sinfín.



Figura 2.9 (b). Caja del tornillo sinfín.

Una vez teniendo esas tres partes, se procedió a unir las, para formar la carcasa del dispositivo (figuras 2.10 (a) y 2.10 (b)).

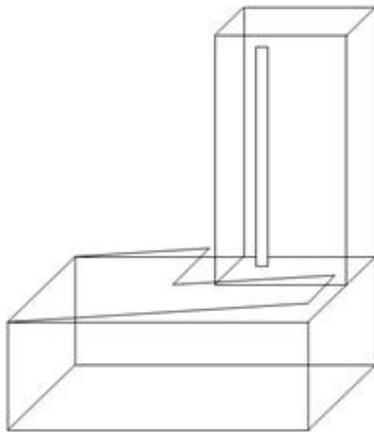


Figura 2.10 (a) Diseño del dispositivo terminado.



Figura 2.10 (b). Dispositivo hecho de madera.

Una vez armado el cascaron del dispositivo, el siguiente paso fue instalar el mecanismo del tornillo sinfín. Para eso se hicieron varias modificaciones a la caja que le fue asignada al tornillo sinfín. Se tuvieron que hacer dos hoyos una en la parte superior de la caja y otro en la parte inferior de la misma. En los dos orificios se pusieron 4 tuercas, dos en cada uno de los extremos para hacer el mecanismo de contratuerca. Se instaló otra tuerca la cual hará la función principal del dispositivo (ascender o descender). En esta tuerca se soldó una barra de hierro que va a servir para que la plataforma suba o baje (según la necesidad). En la parte inferior del tornillo sin fin se colocó una polea, la cual será usada para acoplar el motor con el mecanismo del tornillo.

En la siguiente imagen se puede observar la parte frontal de la caja que sostiene el mecanismo del tornillo sinfín, así mismo se puede observar la barra de hierro que es la que va a sujetar la plataforma.



Figura 2.11 Parte de la caja frontal del tornillo sinfín.

En esta imagen se puede ver la parte posterior de la caja (abierta), en el se puede observar la tuerca, que al girar el tornillo, dependiendo del sentido del giro, esta subirá o bajara.



Figura 2.12 Parte posterior de la caja del tornillo sinfín.

Una vez instalado el mecanismo del tornillo sinfín, se llevaron a cabo pruebas manuales para verificar que el sistema funcionara correctamente y no existieran problemas. Después de hacer varias pruebas se observo que no existía problema alguno en este mecanismo. Por lo tanto se procedió a seleccionar el motor adecuado para el sistema.

Capítulo III Diseño del Circuito de Control Eléctrico-Electrónico

III.1 Sistema Eléctrico

Para el desarrollo del dispositivo de fricción se requiere de un sistema eléctrico y también de un sistema electrónico. En el sistema eléctrico se utiliza un motor que permita la elevación y el descenso de la plataforma (plano inclinado), para esto es importante seleccionar el motor adecuado para realizar la tarea deseada, y así como tener una idea de los tipos de motores que existen.

III.1.1 Tipos de Motores

A continuación se da una breve explicación sobre los motores:

Un motor eléctrico es esencialmente una máquina que convierte energía eléctrica en movimiento o trabajo mecánico, a través de medios electromagnéticos.

Debido a que son muchos y variados los tipos de motores eléctricos, existen numerosas formas de catalogarlos. A continuación se muestran algunas de las formas más usuales:

- a) Por su alimentación eléctrica.
- b) Por el numero de fases en su alimentación.
- c) Por su sentido de giro.
 - a) Clasificación por su alimentación eléctrica.
 - Corriente directa. – La corriente no varía en el tiempo.
 - Corriente alterna. – La corriente varia con respecta al tiempo.
 - Universal. -- Son de velocidad variable.
 - b) Clasificación por el número de fases en su alimentación.
 - Monofásicos.
 - Bifásicos.
 - Trifásicos.
 - c) Clasificación por su sentido de giro.
 - Sentido Horario.
 - Sentido Anti-Horario.

III.I.II Motores Universales.

Tienen la forma de un motor de corriente continua, la principal diferencia es que está diseñado para funcionar con corriente alterna. El inconveniente de este tipo de motores es su eficiencia, ya que es baja (del orden del 51%), pero como se utilizan en máquinas de pequeña potencia, ésta no se considera importante, además, su operación debe ser intermitente, de lo contrario, éste se quemaría. Estos motores son utilizados en taladros, aspiradoras, licuadoras, etc.

III.I.III Partes fundamentales de un motor eléctrico.

Dentro de las características fundamentales de los motores eléctricos, éstos se hallan formados por varios elementos, sin embargo, las partes principales son: el estator, la carcasa, la base, el rotor, la caja de conexiones, las tapas y los cojinetes [véase en la siguiente figura]. No obstante, un motor puede funcionar solo con el estator y el rotor.

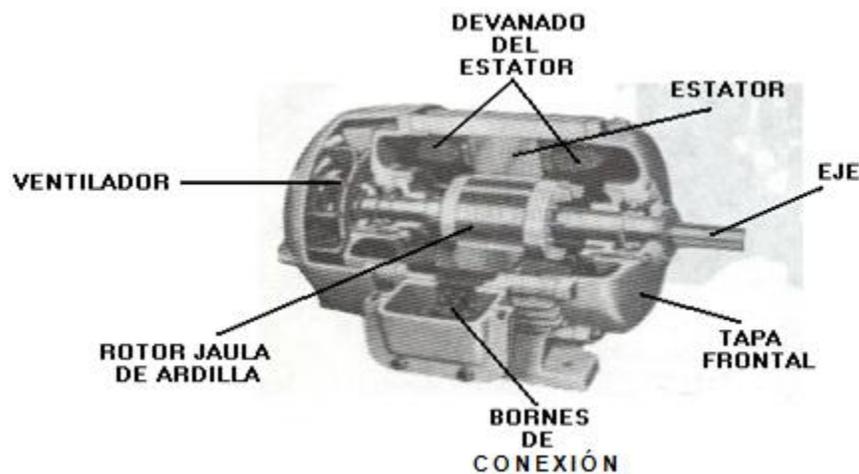


Figura 3.1 Partes principales ed un motor eléctrico.

III.I.IV Motores monofásicos.

Fueron los primeros motores utilizados en la industria. Cuando este tipo de motores está en operación, desarrolla un campo magnético rotatorio, pero antes de que inicie la rotación, el estator produce un campo estacionario pulsante.

Para producir un campo rotatorio y un par de arranque, se debe tener un devanado auxiliar desfasado 90° con respecto al devanado principal. Una vez que el motor ha arrancado, el devanado auxiliar se desconecta del circuito. Debido a que un motor de corriente alterna (C.A.) monofásico tiene dificultades para arrancar, está constituido de dos grupos de devanados: El primer grupo se conoce como el devanado principal o de trabajo, y el segundo, se le conoce como devanado auxiliar o de arranque. Los devanados difieren entre sí, física y eléctricamente. El devanado de trabajo está formado de conductor grueso y tiene más espiras que el devanado de arranque.

Es importante señalar, que el sentido de giro de las bobinas involucra la polaridad magnética correspondiente.



Figura 3.2 Motor eléctrico monofásico.

III.I.V Selección del Motor (Motor Universal).

Para el dispositivo se selecciono un motor universal.

Los motores universales son motores en serie de potencia fraccional, de corriente alterna, diseñados especialmente para usarse en potencia ya sea de corriente continua o de corriente alterna. Recordemos que el motor serie de corriente continua se caracteriza por disponer de un fuerte par de arranque, pudiendo llegar a embalsarse cuando funciona en vacío. Estos motores tienen la misma característica de velocidad y par cuando funcionan en c. a. o en c.c.

Su esquema de conexiones y sus características de funcionamiento corresponden a las de un motor serie.

El eje, que gira a gran velocidad, debe sustentarse en rodamientos de bolas o sobre casquillos de bronce y reposo auto lubricante.

La velocidad de estos motores depende de la carga: a más carga, menos velocidad y viceversa. Esta propiedad y el poseer un elevado par de arranque son lo más característico de los motores universales.

Ventajas y desventajas de los motores universales:

Entre las ventajas de estos motores deben contarse éstas:

- Funcionan indistintamente con C.C. (Corriente Continua) y/o con C.A. (Corriente Alterna).
- Poseen un elevado par de arranque.
- La velocidad se adapta a la carga.
- Para regular la velocidad de giro basta con conectar un reóstato en serie con el inducido.

III.II Diseño Electrónico.

III.II.I Sensor.

Dentro de la parte electrónica, se contempla un sensor para que desactive el motor. Se estudiarán varios sensores para determinar cuál es el adecuado para el dispositivo, ya que con él se busca detener el motor en el momento indicado.

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), entre otros dispositivos.

Un sensor es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se quiere medir o controlar, en otra, que facilita su medida. Pueden ser de indicación directa (e.g. un termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico a digital, un computador y un display) de modo que los valores detectados puedan ser leídos por un humano.

En la siguiente tabla se indican algunos tipos y ejemplos de sensores electrónicos.

Magnitud	Transductor	Característica
Temperatura	Termopar	Analógica
	RTD	Analógica
	Termistor NTC	Analógica
	Termistor PTC	Analógica
	Termostato	I/O
Sensores de Presencia	Inductivos	I/O
	Capacitivos	I/O
	Ópticos	I/O Analógica
Sensor de Proximidad	Sensor final de carrera	
	Sensor Capacitivo	Analógica
	Sensor Inductivo	Analógica
	Sensor Fotoeléctrico	Analógica
Sensor Acústico	Micrófono	Analógica
Sensor de luz	Fotodiodo	Analógica
	Fotorresistencia	Analógica
	Fototransistor	Analógica
	Célula Fotoeléctrica	Analógica

Una vez estudiando algunos de estos sensores, se decidió utilizar el sensor infrarrojo. Este sensor será de mucha ayuda para nuestro plano inclinado, ya que su función es detener el motor cuando el objeto que este arriba de la tabla obstruya la luz infrarroja.

El sensor infrarrojo es capaz de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. Todos los cuerpos reflejan una cierta cantidad de radiación, esta resulta invisible para nuestros ojos pero no para estos aparatos electrónicos, ya que se encuentran en el rango del espectro justo por debajo de la luz visible.

III.II.II Material para el armado del sensor infrarrojo.

- 1 resistencia de 20Ω a 1/2W (R1)
- 1 resistencia de $100k\Omega$ a 1/2W (R2)
- 1 resistencia de 220Ω a 1/2W (R3)
- 1 LED Infrarrojo (emisor D1)
- 1 Fotodiodo infrarrojo (receptor D2)
- 1 circuito integrado LM358 (IC1)
- 1 LED de 5mm (D3)

III.II.II.I Led infrarrojo.

Este componente puede tener la apariencia de un LED normal, la diferencia radica en que la luz emitida por el no es visible para el ojo humano, únicamente puede ser percibida por otros dispositivos electrónicos.

III.II.II.II Fotodiodo.

Es un semiconductor que tiene la propiedad de cambiar la corriente que circula a través de él, de acuerdo a la cantidad de luz que incida su área fotosensible. Una variante especial de los fotodiodos es el fotodiodo infrarrojo, el cual posee un filtro que le permite aceptar únicamente señales luminosas de este tipo.

III.II.II.III Amplificadores Operacionales.

Un amplificador operacional (comúnmente abreviado A.O., op-amp u OPAM), es un circuito electrónico (normalmente se presenta como circuito integrado) que tiene dos entradas y una salida. La salida es la diferencia de las dos entradas multiplicada por un factor (G) (ganancia):

El símbolo de un amplificador es el mostrado en la siguiente figura:

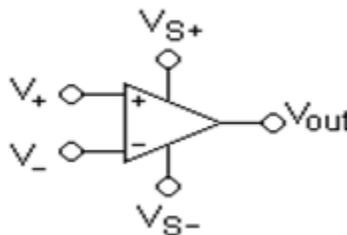


Figura 3.3 Símbolo de un amplificador operacional.

Los terminales son:

- V_+ : entrada no inversora
- V_- : entrada inversora
- V_{OUT} : salida
- V_{S+} : alimentación positiva
- V_{S-} : alimentación negativa

En la siguiente tabla se muestran los valores característicos de los amplificadores operacionales

Parámetro	Valor ideal	Valor real
Z_i	∞	10 T Ω
Z_o	0	100 Ω
Bw	∞	1 MHz
A_v	∞	100.000
A_c	0	100.000

Seguidor de Voltaje.

Es aquel circuito que proporciona a la salida la misma tensión que a la entrada.

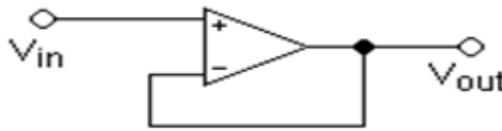


Figura 3.4 Diagrama de un circuito seguidor de voltaje.

- Se usa como un buffer, para eliminar efectos de carga o para adaptar impedancias (conectar un dispositivo con gran impedancia a otro con baja impedancia y viceversa)
- Como la tensión en las dos patillas de entradas es igual:

$$V_{out} = V_{in}$$

$$Z_{in} = \infty$$

Presenta la ventaja de que la impedancia de entrada es elevadísima, la de salida prácticamente nula, y puede ser útil, por ejemplo, para poder leer la tensión de un sensor con una intensidad muy pequeña que no afecte apenas a la medición. De hecho, es un circuito muy recomendado para realizar medidas de tensión lo más exactas posibles, pues al medir la tensión del sensor, la corriente pasa tanto por el sensor como por el voltímetro y la tensión a la entrada del voltímetro dependerá de la relación entre la resistencia del voltímetro y la resistencia del resto del conjunto formado por sensor, cableado y conexiones.

Por ejemplo, si la resistencia interna del voltímetro es R_e (entrada del amplificador), la resistencia de la línea de cableado es R_l y la resistencia interna del sensor es R_g , entonces la relación entre la tensión medida por el voltímetro (V_e) y la tensión generada por el sensor (V_g) será la correspondiente a este divisor de tensión:

$$V_e = \frac{R_e}{R_g + R_l + R_e} * V_g$$

Por ello, si la resistencia de entrada del amplificador es mucho mayor que la del resto del conjunto, la tensión a la entrada del amplificador será prácticamente la misma que la generada por el sensor y se podrá despreciar la caída de tensión en el sensor y el cableado.

Además, cuanto mayor sea la intensidad que circula por el sensor, mayor será el calentamiento del sensor y del resto del circuito por efecto Joule, lo cual puede afectar a la relación entre la tensión generada por el sensor y la magnitud medida.

III.II.III Circuito para el armado del sensor.

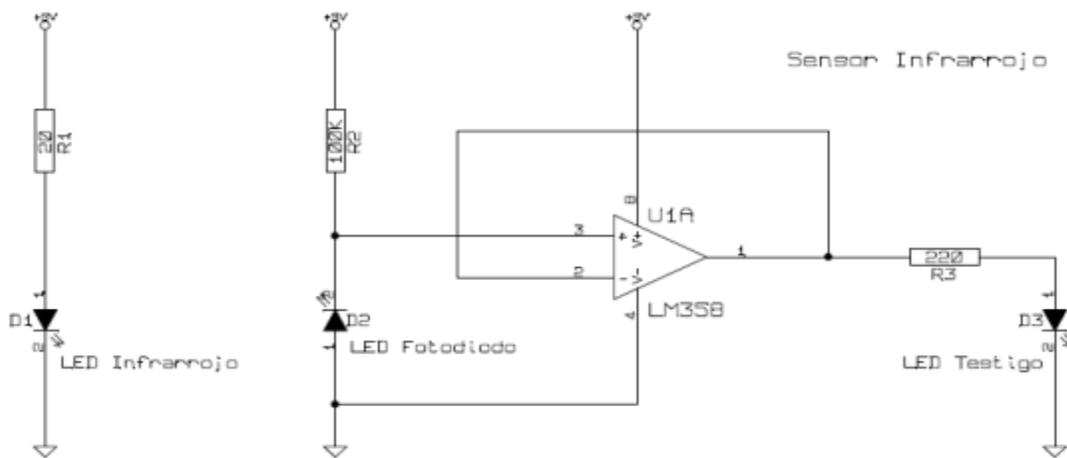


Figura 3.5 Circuito del sensor infrarrojo utilizado para armar el dispositivo.

III.II.IV Cálculos matemáticos y explicaciones ¿por qué?

¿Cuánto voltaje consume el LED infrarrojo?

El LED infrarrojo consume 1.5V a 2.0V bajo teoría, al realizar la medición con el multímetro entre la entrada de este y los 0v se obtiene 1.9V. Es necesario saber cuánto voltaje (V_1) hay después de la resistencia para ello es necesario conocer acerca de la Ley de Kirchhoff sobre mallas (camino cerrado por donde fluye una corriente) en donde:

$$V = 5V$$

$$V_2 = 1.9V$$

$$V_1 = ?$$

$$V = V_1 + V_2$$

$$5V - 1.9V = V_1$$

$$3.1V = V_1$$

¿Por qué resistencia de 20Ω ?

Nuestro proyecto se alimenta con un voltaje de 5V, La máxima corriente permitida por el LED infrarrojo es 150mA (0.15A). Conocemos que la ley de OHM postula

$$I = V/R$$

$$R = V/I$$

$$R = 3.1V / 0.15A$$

$$R = 20.66\Omega$$

¿Por qué el fotodiodo polarizado en inversa?

Como ya se conoce el fotodiodo es sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja, para que su funcionamiento sea correcto se polariza inversamente, con lo que se producirá una cierta circulación de corriente cuando sea excitado por la luz.

¿Por qué se utiliza un seguidor de voltaje?

Se utilizan seguidores de voltaje para acoplar impedancias en donde la impedancia de entrada es muy alta y aproximadamente igual a la ganancia del lazo abierto y a la impedancia de entrada del amplificador operacional, en contraste, la impedancia de salida es muy baja dependiendo del amplificador operacional utilizado. Este circuito es muy útil cuando se utilizan sensores, tales como fotodiodos, fotoresistores, fototransistores, de temperatura y entre otros. Este circuito se agrega con el fin de evitar que caiga el voltaje en la salida de los sensores cuando se agrega algún otro circuito.

III.III Motor a Utilizar.

Para la selección del motor se probaron con varios tipos de motores, entre ellos estuvieron:

- Motor Paso a Paso a 12 V
- Motor paso a Paso a 24V

Al realizar las pruebas con estos motores se observó que no tenían la suficiente fuerza, así mismo no tenían el par de arranque adecuado para levantar la plataforma, por lo cual se sugirió utilizar un motor universal de un aparato electrodoméstico. Se eligió un motor de batidora para hacer la prueba (figura 3.6). Después de hacer varias pruebas se observó que el motor de la batidora era el adecuado ya que tenía el par y la fuerza suficiente para levantar la plataforma.



Figura 3.6 Para el proyecto se utilizó el motor de una batidora.

En la siguiente imagen se pueden observar las partes principales de la batidora una vez que se destapa está.

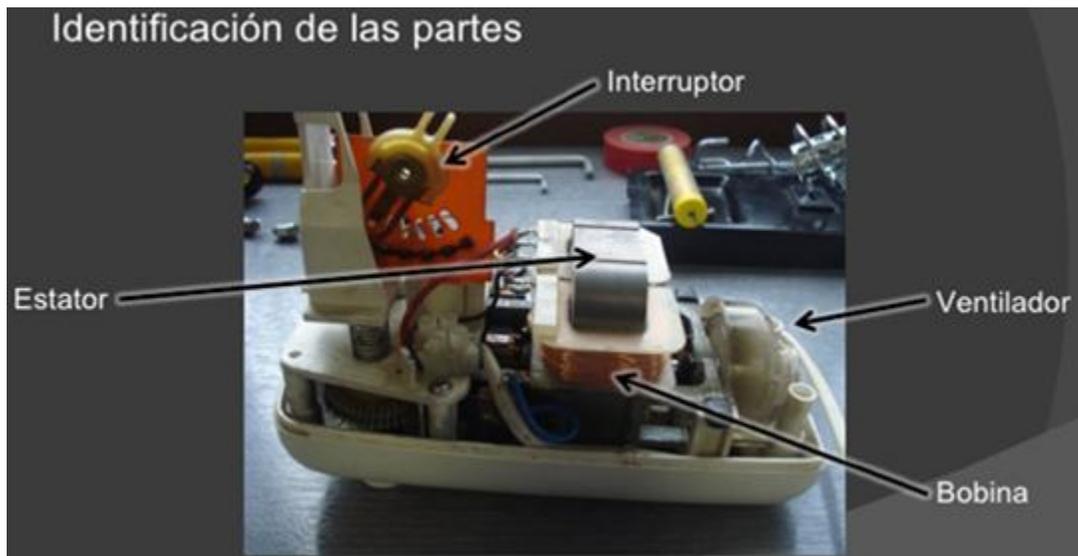


Figura 3.7 Partes principales del motor de una batidora.

Una vez destapada la batidora, nos enfocamos en el motor, ya que es la parte que más no interesa. Ya que será el principal mecanismo para mover el plano inclinado. En la siguiente imagen se puede observar el motor sin la carcasa.

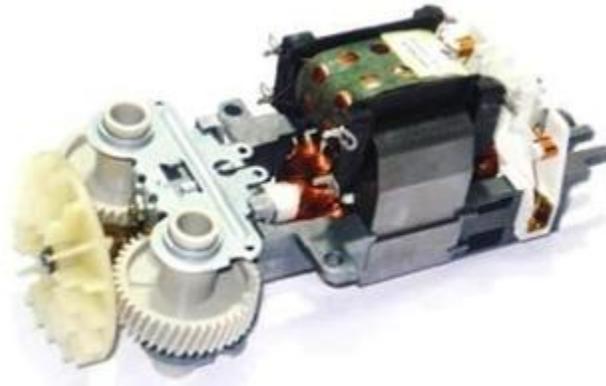


Figura 3.8 Motor de la batidora sin carcasa.

III.III.1 Partes del motor.

A continuación se muestran las partes principales del motor, así como la estructura del mismo. Se muestran cada una de las partes del motor, más adelante se dará una breve explicación de las partes más importantes así como su funcionamiento en la batidora.

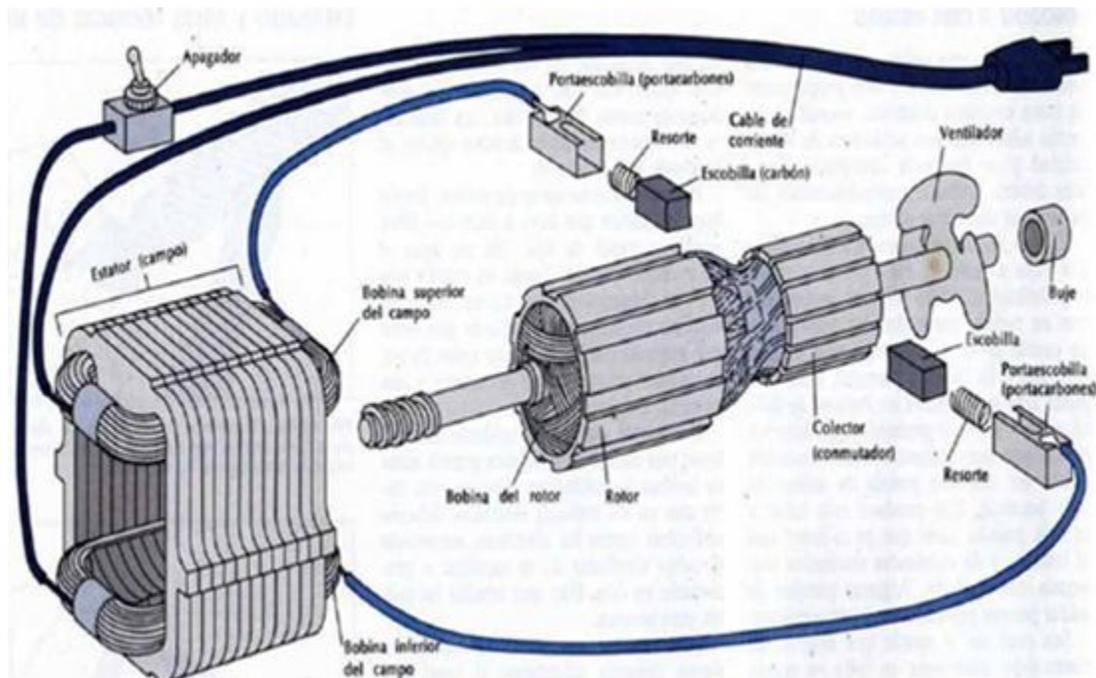


Figura 3.9 Partes fundamentales del motor universal.

III.III.I.I Rotor.

El rotor es la parte móvil del motor, su función principal en la batidora es la de convertir la energía eléctrica en energía mecánica, esta última se va a encargar de mover las paletas de la batidora, en donde van acopladas las bandas para hacer girar el tornillo sinfín.



Figura 3.10 Rotor del motor universal.

III.III.I.II Estator.

La función principal del estator es crear un campo electromagnético, el cual hace girar el rotor para su funcionamiento.



Figura 3.11 Estator del motor universal.

III.III.I.III Bobina superior e inferior.

La función principal de este aparato es almacenar energía en forma de campo magnético, para así generar un voltaje que se resiste al voltaje aplicado.

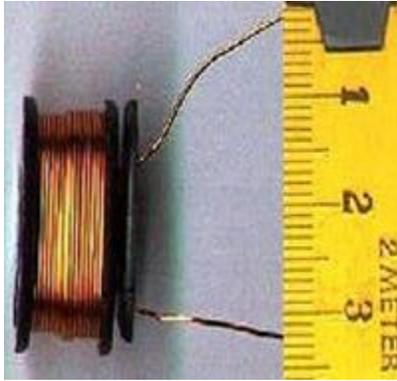


Figura 3.12 Bobina del motor universal.

III.III.I.IV Resortes de compresión (descripción).

Estos resortes están sometidos a esfuerzos de compresión o almacenamiento de energía en forma de empuje. Para mejorar su comportamiento, en cada extremo de este se dispone una o varias espiras sin posibilidad de deformación elástica. Pueden ser fijos o cambiantes. Retienen muchas formas y son usadas para distintas aplicaciones, como en la industria automotriz, aparatos electrodomésticos.

Su función es presionar las escobillas de carbón, las cuales están en los laterales del colector o conmutador.

III.III.I.V Escobillas de carbón.

En electricidad, frecuentemente es necesario establecer una conexión eléctrica entre una parte fija y una parte rotatoria en un dispositivo. Este es el caso de los motores ó generadores eléctricos, donde se debe establecer una conexión de la parte fija de la maquina con las bobinas del rotor.

Para realizar esta conexión, se fijan dos anillos en el eje de giro, generalmente de cobre, aislados eléctricamente del eje y conectados a las terminales de la bobina rotatoria. Enfrente de los anillos se disponen unos bloques de carbón que, mediante unos resortes, hacen presión sobre ellos estableciendo el contacto eléctrico necesario. Estos bloques de carbón se denominan escobillas y los anillos rotatorios reciben el nombre de colector.

La función es establecer una conexión de la parte fija con la parte rotatoria del motor o sea la bobina por la presión de los resortes.

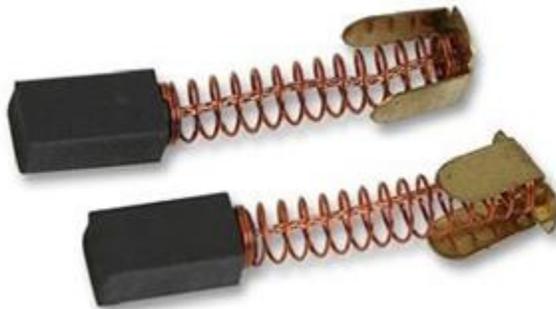


Figura 3.13 Escobillas del motor universal.

III.III.I.VI Colector o conmutador.

Un colector consiste en una corona circular conductiva montada en un eje y aislada de él. Las conexiones eléctricas desde la parte rotativa del sistema, como el rotor de un generador, son hechas hasta el anillo. Las conexiones fijas o escobillas están en contacto con el anillo, transfiriendo la energía del exterior, a la parte rotativa del sistema.

Sirve para conmutar o cambiar constantemente el sentido de circulación de la corriente eléctrica a través del enrollado de la bobina del rotor cada vez que completa media vuelta.



Figura 3.14 Colector del motor universal.

IV. Propuesta de práctica de fricción

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**PRÁCTICA DE EXPERIMENTACIÓN
TEMA: FRICCIÓN**

**INTEGRANTES DEL EQUIPO No. _____
FECHA (dd-mm-aa): _____**

Nombre(s)	
1	
2	
3	
4	
5	

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

2. OBJETIVO GENERAL

3. OBJETIVOS PARTICULARES

4. ACTIVIDADES PREVIAS

4.1. CUESTIONARIO

4.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

5. EQUIPO Y MATERIALES

6. PROCEDIMIENTO DEL DESARROLLO EXPERIMENTAL

7. CUESTINARIO FINAL

8. REPORTE Y CONTENIDO

9. EVALUACION

10. BIBLIOGRAFIA

1.- INTRODUCCIÓN

Siempre que se quiere desplazar un cuerpo que está en contacto con otro se presenta una fuerza llamada **fricción** que se opone a su deslizamiento.

La fricción es una fuerza tangencial, paralela a las superficies que están en contacto. Existen dos clases de fuerza de fricción: estática y dinámica o de movimiento.

La fuerza de fricción **estática** es la reacción que presenta un cuerpo en reposo oponiéndose a su deslizamiento sobre otra superficie.

La fuerza de fricción **dinámica** tiene un valor igual a la que se requiere aplicar para que un cuerpo se deslice a velocidad constante sobre otro.

La fuerza de fricción estática será en cualquier situación un poco mayor que la de la fricción dinámica, ya que se requiere aplicar más fuerza para lograr que un cuerpo inicie su movimiento, que la necesaria para que lo conserve después a velocidad constante.

La fuerza máxima estática (movimiento inminente) se alcanza un instante antes de que el cuerpo inicie su deslizamiento.

“La fuerza máxima estática es directamente proporcional a la fuerza normal que tiende a mantener unidas ambas superficies debido al peso”

El coeficiente de fricción estático es la relación entre la fuerza máxima de fricción estática y la normal.

$$F_r = \mu_r N$$

El coeficiente de fricción dinámico es la relación entre la fuerza de fricción dinámica y la fuerza normal que tiende a mantener unidas dos superficies.

$$F_k = \mu_k N$$

Factores del rozamiento:

- a) la fuerza de fricción es mayor cuando el peso aumenta.
- b) la fuerza de fricción aumenta con la aspereza de la superficie.
- c) la fuerza de fricción es independiente del área de contacto.

Un método para medir el **coeficiente de rozamiento** por deslizamiento es colocar un bloque sobre un plano inclinado y luego inclinar más el plano, hasta que el bloque se empiece a deslizar (movimiento inminente).

2. OBJETIVO GENERAL.

El alumno comprenderá mediante la experimentación el fenómeno de fricción así como los elementos indispensables para llevar a cabo la misma.

3. OBJETIVOS PARTICULARES.

Que el alumno:

- Calcule el coeficiente de rozamiento estático mediante el ángulo de inclinación en el que se desliza un bloque sobre una superficie de madera.
- Relacione la fricción (rozamiento) con la oposición que ofrece un cuerpo al movimiento cambiando la rugosidad.
- Calcular el coeficiente de fricción estático de diferentes materiales y comparar los valores obtenidos con los valores teóricos ya establecidos.

4. ACTIVIDADES PREVIAS.

4.1. Cuestionario Inicial.

Analiza, comenta e intercambia ideas con tus compañeros, investiga y contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Qué entiendes por fricción?

2. ¿Cuáles son las dos fuerzas de fricción que existen? Explica cada una.

3. ¿Qué es la fuerza máxima estática?

4. ¿Cuál coeficiente es mayor, el coeficiente de fricción estático o el coeficiente de fricción dinámico? ¿Por qué?

5. ¿Cuáles son los principales factores de rozamiento?

6. ¿Por qué es importante disminuir la fricción?

4.2. Fundamentación teórica.

Si sobre una línea horizontal r , se tiene un plano inclinado con un ángulo α , y sobre este plano inclinado se coloca un cuerpo con rozamiento, se tendrán tres fuerzas que intervienen:

P : el peso del cuerpo vertical hacia abajo según la recta u (*eje de las ordenadas*), y con un valor igual a su masa por la aceleración de la gravedad:

$$P = mg.$$

N : la fuerza normal que hace el plano sobre el cuerpo, perpendicular al plano inclinado, según la recta t (*eje de las abscisas*).

F_r : la fuerza de rozamiento entre el plano y el cuerpo, paralela al plano inclinado y que se opone a su deslizamiento.

Si el cuerpo está en equilibrio, no se desliza, la suma vectorial de estas tres fuerzas es cero.

$$P + F_r + N = 0$$

Lo que gráficamente sería un triángulo cerrado formado por estas tres fuerzas, puestas una a continuación de otra, como se ve en la Figura 1.16.

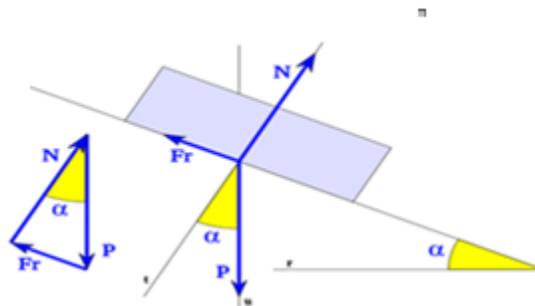


Figura 1.16 Fricción dinámica.

Si el peso \mathbf{P} del cuerpo se descompone en dos componentes: \mathbf{P}_n , peso normal, perpendicular al plano, que es la componente del peso que el plano inclinado soporta y \mathbf{P}_t , peso tangencial, que es la componente del peso tangencial al plano inclinado y que tiende a desplazar el cuerpo descendientemente por el plano inclinado. Se puede ver que el \mathbf{P}_n se opone a la normal, \mathbf{N} , y el peso tangencial \mathbf{P}_t a la fuerza de rozamiento \mathbf{F}_r .

Se puede decir que el \mathbf{P}_n es la fuerza que el cuerpo ejerce sobre el plano inclinado y la normal, \mathbf{N} , es la fuerza que el plano inclinado hace sobre el cuerpo impidiendo que se hunda, $\mathbf{P}_n = \mathbf{N}$ para que este en equilibrio. El peso tangencial \mathbf{P}_t es la fuerza que hace que el cuerpo tienda a deslizarse por el plano y \mathbf{F}_r es la fuerza de rozamiento que impide que el cuerpo se deslice, para que este en equilibrio $\mathbf{P}_t = \mathbf{F}_r$.

$$\mathbf{P}_n = \mathbf{N}$$

$$\mathbf{P}_t = \mathbf{F}_r$$

Cuando el cuerpo está en equilibrio estas dos ecuaciones determinan la igualdad de fuerzas, también es necesario saber que:

$$\mathbf{F}_r = \mu_r \mathbf{N}$$

$$\mathbf{P} = m\mathbf{g}$$

Y que la descomposición del peso es:

$$\mathbf{P}_n = \mathbf{P} \cos(\alpha)$$

$$\mathbf{P}_t = \mathbf{P} \sin(\alpha)$$

Con lo que se determinan las condiciones del equilibrio de un cuerpo en un plano inclinado con el que tiene fricción. Es de destacar la siguiente relación:

$$\mathbf{P} \cos(\alpha) = \mathbf{N}$$

$$\mathbf{P} \sin(\alpha) = \mu_r \mathbf{N}$$

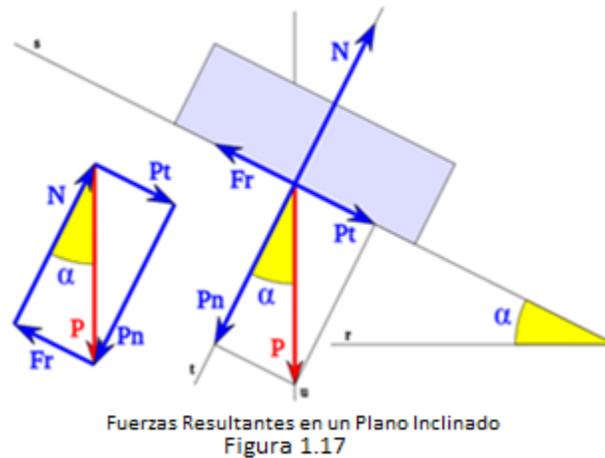
Haciendo la sustitución de \mathbf{N} :

$$\mathbf{P} \sin(\alpha) = \mu_r \mathbf{P} \cos(\alpha)$$

Que da finalmente como resultado:

$$\frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)} = \tan(\alpha) = \mu_r$$

El coeficiente de rozamiento estático es igual a la tangente del ángulo del plano inclinado, en el que el cuerpo se mantiene en equilibrio sin deslizar, ello permite calcular los distintos coeficientes de rozamiento, simplemente colocando un cuerpo de un material concreto sobre un plano inclinado del material con el que se pretende calcular su coeficiente de rozamiento, inclinando el plano progresivamente se observa el momento en el que el cuerpo comienza a deslizarse, la tangente de este ángulo es el valor del coeficiente de rozamiento. Del mismo modo conocido el coeficiente de rozamiento entre dos materiales podemos saber el ángulo máximo de inclinación que puede soportar sin deslizar (Figura 1.17).



Plano inclinado.

El plano inclinado es una máquina simple que consiste en una superficie plana que forma un ángulo agudo con el suelo y se utiliza para elevar cuerpos a cierta altura.

Tiene la ventaja de necesitarse una fuerza menor que la que se emplea si levantamos dicho cuerpo verticalmente, aunque a costa de aumentar la distancia recorrida y vencer la fuerza de rozamiento.

5. EQUIPO Y MATERIALES.

Para la realización de la práctica se requiere del siguiente material.

Material:

- Un dispositivo electromecánico de plano inclinado.
- Un bloque con diferentes materiales.
- Bases de diferentes materiales.
- Flexómetro

6. DESARROLLO EXPERIMENTAL.

Procedimiento.

1. Coloque el bloque en la base de rozamiento cuando ésta se encuentra en forma horizontal.
2. Encienda el plano inclinado, para que la plataforma empiece a moverse hasta que el sensor se active y detenga el motor.
3. Tome el valor del ángulo en el que se detuvo el plano inclinado, anótelos en la tabla correspondiente y calcula el coeficiente de fricción estático.
4. Repita los pasos 2 y 3 con los diferentes a probar, esto servirá para calcular los coeficientes de fricción estática para cada par de material y después verificarlos con los valores teóricos ya establecidos.
5. Una vez realizado los pasos anteriores proceda a calcular los coeficientes de fricción estática y proceda a llenar las tablas siguientes.

Material: Madera – Madera

Numero de Lectura	Ángulo	Coeficiente μ_s
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
Promedio		

Material: Madera - Vidrio

Numero de Lectura	Ángulo	Coeficiente μ_s
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
Promedio		

Material: Acrílico - Madera

Numero de Lectura	Ángulo	Coeficiente μ_s
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
Promedio		

Material: Acrílico – Acrílico

Numero de Lectura	Ángulo	Coeficiente μ_s
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
Promedio		

Material: Lija – Madera

Numero de Lectura	Ángulo	Coeficiente μ_s
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
Promedio		

Material: Vidrio – Lija

Numero de Lectura	Ángulo	Coeficiente μ_s
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
Promedio		

Material: Lija – Acrílico

Numero de Lectura	Ángulo	Coeficiente μ_s
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
Promedio		

Material: Lija – Lija

Numero de Lectura	Ángulo	Coeficiente μ_s
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
Promedio		

6.- Compara los resultados con los reportados con la bibliografía

Superficie	Coefficiente Teórico	Coefficiente Práctico
Madera – Madera		
Vidrio – Madera		
Acrílico – Madera		
Acrílico – Acrílico		
Lija – Madera		
Vidrio – Lija		
Lija – Acrílico		

7. CUESTIONARIO FINAL.

A complete los siguientes enunciados:

- a) A mayor rugosidad, _____ fricción.
- b) ¿Matemáticamente qué es el coeficiente de fricción? _____.
- c) Escribe dos efectos del rozamiento: _____ y _____.

1. ¿Cómo son los valores obtenidos de los coeficientes con respecto a los que marca la bibliografía?

2. ¿Qué factores pudieron contribuir a que las medidas fueran iguales?

3. ¿Qué material fue el que presento mayor oposición al cambio de estado? ¿Por qué?

4. ¿Qué es el movimiento inminente?

5. ¿Cómo relacionas las leyes de Newton en este experimento?

6. ¿Cómo se podría reducir la fricción y en que nos ayudaría esto?

8. REPORTE Y CONTENIDO.

El reporte de esta práctica se entregará por equipo y contendrá los siguientes productos:

- a) Cuestionarios inicial y final resueltos en el formato de la práctica.
- b) Mapa conceptual que contenga los siguientes conceptos de Fricción:

Concepto	Concepto
Fricción	Factores de Rozamiento
Fricción Estática	Leyes de Newton
Fricción Dinámica	Longitudes Fundamentales
Plano Inclinado	Efectos de la Fricción

- c) Tabla de datos experimentales.
- a) Observaciones.

10. BIBLIOGRAFÍA.

- Sears, F., Zemansky M. y Young, H. (1986). *Física universitaria*. Delaware, EEUU: Addison-Wesley Iberoamericana.
- Serway, R. (1993). *Física I*. 3a. ed. (inglés), 2d. ed. (cast.) México: McGraw-Hill.
- Resnick, R., Halliday, D. y Krane (1996). 5a. reimpresión de la 3a. edición. *Física Vol. 1*. México: CECSA.
- Wilson, J.D. (1991). *Física con aplicaciones*. 2a. ed. México: McGraw-Hill.
- McKelvey, J. y Grotch, H. (1980). *Física para ciencias e ingeniería. Tomo 1*. México: Harla.
- Gettys, W.E., Keller, F. y Skove, M. (1994). *Física clásica y moderna*. España: McGraw-Hill.
- Roederer, J.G. (1963). *Mecánica elemental*. Buenos Aires: Eudeba.
- Bedford, A. y Fowler, W. (1996). *Estática. Mecánica para ingeniería*. Delaware (EEUU): Addison-Wesley Iberoamericana.
- Wilson, J.D. (1990). *Física*. 2a. ed. México: Prentice Hall Hispanoamericana, SA.
- McKelvey, J. y Grotch, H. (1980). *Física para ciencias e ingeniería. Tomo 1*. México: Harla.

V. Desarrollo y análisis de resultados.

V.I Respuestas a los cuestionarios a la práctica propuesta.

Cuestionario Inicial

1.- ¿Qué entiendes por fricción?

Se define como fuerza de rozamiento o fuerza de fricción, a la fuerza entre dos superficies en contacto, a aquella que se opone al movimiento entre ambas superficies (fuerza de fricción dinámica) o a la fuerza que se opone al inicio del movimiento (fuerza de fricción estática). Se genera debido a las imperfecciones, mayormente microscópicas, entre las superficies en contacto.

2.- ¿Cuáles son las dos fuerzas de fricción que existen? Explica cada una.

Fuerza de fricción estática: Es la fuerza que se opone al inicio del movimiento. Sobre un cuerpo en reposo al que se aplica una fuerza horizontal F .

Fuerza de fricción dinámica: es la fuerza que existe cuando el objeto ya se encuentra en movimiento (en este caso hay movimiento relativo entre las dos superficies).

3. ¿Qué es la fuerza máxima estática?

Es el instante antes de que el cuerpo inicie su deslizamiento. La fuerza máxima estática es directamente proporcional a la fuerza normal que tiende a mantener unidas ambas superficies debido al peso.

4. ¿Cuál coeficiente es mayor, el coeficiente de fricción estático o el coeficiente de fricción dinámico? ¿Por qué?

El coeficiente de fricción estático es mayor, ya que se requiere aplicar más fuerza para lograr que un cuerpo inicie movimiento, que la necesaria para que la conserve después de la velocidad constante (fricción dinámica).

5. ¿Cuáles son los principales factores de rozamiento?

- a) la fuerza de fricción es mayor cuando el peso aumenta.
- b) la fuerza de fricción aumenta con la aspereza de la superficie.
- c) la fuerza de fricción es independiente del área de contacto.

6. ¿Por qué es importante disminuir la fricción?

Provoca que se requiera mayor trabajo para operar maquinaria, causa desgaste y genera calor, lo que a menudo ocasiona otros perjuicios. Un ejemplo es que los automóviles y los aviones se diseñan con formas aerodinámicas para reducir la fricción con el aire, ya que la fuerza de fricción es muy grande a gran rapidez.

Cuestionario Final

Complete los siguientes enunciados:

- a) A mayor rugosidad, Mayor fricción.
- b) ¿Matemáticamente qué es el coeficiente de fricción? Es la constante de proporcionalidad.
- c) c) Escribe dos efectos del rozamiento: desgaste y calentamiento.

1. ¿Cómo son los valores obtenidos de los coeficientes con respecto a los que marca la bibliografía?

Los valores que se obtuvieron en la práctica fueron muy parecidos a los valores que están expresados en la tabla.

2. ¿Qué factores pudieron contribuir a que las medidas fueran iguales?

Los principales factores que pudieron afectar a que las medidas no fueran iguales a la tablas es que el motor produce vibraciones en el dispositivo, esto ocasiona que el cubo que se encuentra sobre la plataforma se mueva. Otros factores que pudieron intervenir en las mediciones es que la mesa del laboratorio no se encuentra en las mejores condiciones, haciendo que el dispositivo se tambalee.

3. ¿Qué material fue el que presento mayor oposición al cambio de estado? ¿Por qué?

Los materiales que presentaron mayor oposición fueron la madera – lija, esto se debe a que su superficie tiene muchas irregularidades sobre todo la lija, y si hacemos un comparativo entre la madera, acrílico y vidrio, se puede observar que la que tienes más irregularidades es la madera, por lo consiguiente se puedo concluir que los materiales que presentaron más resistencia al cambio de estado es la lija – madera.

4. ¿Qué es el movimiento inminente?

El movimiento inminente se puede definir como la fuerza de rozamiento cuando alcanza su máximo valor, pero sigue siendo igual a la fuerza aplicada, por lo que la resultante sigue siendo nula.

5. ¿Cómo relacionas las leyes de Newton en este experimento?

Las leyes de Newton son indispensables para este tema, ya que estas leyes son la base para entender todo lo que conlleva al tema de fricción. Por experiencia se sabe que un objeto estacionario permanece en reposo a menos que una fuerza externa actúe sobre él. Se sabe que son necesarias las fuerzas para hacer que algo se mueva si originalmente esta en reposo.

6. ¿Cómo se podría reducir la fricción y en que nos ayudaría esto?

La fricción se puede reducir de varias formas, una de ellas es puliendo las superficies, para que así estas tengan menos irregularidades y sea más fácil que se deslicen las superficies entre sí, otra forma es lubricar entre las superficies, un liquido (agua, aceite entre otros) sirven muy bien para reducir la fricción entre superficies. Esto nos ayudaría a que se cause menos desgaste y genere menos calor alargando la vida de los materiales.

V.II Pruebas

Una vez terminado el armado del proyecto, se realizaron varias pruebas para verificar el correcto funcionamiento del equipo, al realizar las primeras pruebas se observó que el proyecto vibraba mucho, esto debido a las vibraciones transmitidas del motor. Una vez analizado el problema se optó por poner neopreno en la base del motor para que así disminuyeran las vibraciones en el dispositivo y poder obtener mediciones más exactas.

Para comprobar la eficiencia del dispositivo se decidió utilizar dos técnicas: una de ellas será manual y la otra se realizara con el motor.

Prueba manual: Se contemplo esta prueba para verificar que tanto afectan las vibraciones en las mediciones, esto nos servirá para obtener los coeficientes más exactos sin factores que afecten al dispositivo como la ya señalada (vibración).

Prueba con el motor: estas pruebas se realizaran para verificar la eficiencia del dispositivo y que tanto porcentaje de error hay en las mediciones realizadas.

V.II.I Pruebas Manuales.

Material: Madera – Madera

Numero de Lectura	Ángulo	Coefficiente μ_s
1	21.0°	0.3838
2	21.5°	0.3939
3	21.5°	0.3939
4	22.0°	0.4040
5	21.5°	0.3939
6	22.0°	0.4040
7	22.5°	0.4152
8	23.0°	0.4244
9	21.5°	0.3939
10	21.0°	0.3838
Promedio	3.9908 / 10 =	0.39908

Material: Madera - Vidrio

Numero de Lectura	Ángulo	Coefficiente μ_s
1	15.5°	0.2773
2	16.5°	0.2857
3	15.0°	0.2679
4	14.5°	0.2586
5	14.0°	0.2493
6	15.0°	0.2679
7	14.5°	0.2586
8	16.0°	0.2867
9	16.0°	0.2867
10	15.5°	0.2773
Promedio	2.7160 / 10 =	0.27160

Material: Acrílico - Madera

Numero de Lectura	Ángulo	Coefficiente μ_s
1	16.5°	0.2962
2	17.0°	0.3057
3	16.0°	0.2867
4	15.5°	0.2773
5	15.5°	0.2773
6	15.5°	0.2773
7	17.5°	0.3152
8	16.5°	0.2962
9	17.0°	0.3057
10	17.0°	0.3057
Promedio	2.9433 / 10 =	0.29433

Material: Acrílico – Acrílico

Numero de Lectura	Ángulo	Coefficiente μ_s
1	13.5°	0.2400
2	13.0°	0.2308
3	13.0°	0.2308
4	12.5°	0.2216
5	13.5°	0.2400
6	12.5°	0.2216
7	14.0°	0.2493
8	12.5°	0.2216
9	12.0°	0.2125
10	13.5°	0.2400
Promedio	2.3082 / 10 =	0.23082

Material: Lija – Madera

Numero de Lectura	Ángulo	Coefficiente μ_s
1	33.0°	0.6494
2	34.0°	0.6745
3	26.5°	0.7399
4	34.0°	0.6745
5	34.0°	0.6745
6	35.0°	0.7002
7	33.5°	0.6618
8	34.0°	0.6745
9	33.5°	0.6618
10	33.5°	0.6618
Promedio	6.7729 / 10 =	0.67729

Material: Vidrio – Lija

Numero de Lectura	Ángulo	Coefficiente μ_s
1	13.5°	0.2400
2	13.5°	0.2400
3	11.0°	0.1943
4	11.5°	0.2034
5	11.0°	0.1943
6	12.0°	0.2125
7	11.0°	0.1943
8	11.5°	0.2034
9	11.0°	0.1943
10	12.0°	0.2125
Promedio	2.3329 / 10 =	0.23329

Material: Lija – Acrílico

Numero de Lectura	Ángulo	Coefficiente μ_s
1	32.0°	0.6248
2	29.0°	0.5543
3	30.5°	0.5890
4	31.5°	0.6128
5	30.5°	0.5890
6	29.0°	0.5543
7	29.0°	0.5543
8	30.0°	0.5773
9	31.0°	0.6006
10	30.5°	0.5890
Promedio	5.4134 / 10 =	0.54134

Una vez terminadas las pruebas manuales se procedió a realizar las pruebas con el motor, y se obtuvieron los siguientes resultados:

V.II.II Pruebas con motor.

Material: Madera – Madera

Numero de Lectura	Ángulo	Coefficiente μ_s
1	21.0°	0.3838
2	20.0°	0.3639
3	21.5°	0.3939
4	20.0°	0.3639
5	21.0°	0.3838
6	22.0°	0.4040
7	20.5°	0.3738
8	21.0°	0.3838
9	20.0°	0.3639
10	22.0°	0.4040
Promedio	3.8188 / 10 =	0.38188

Material: Madera - Vidrio

Numero de Lectura	Ángulo	Coefficiente μ_s
1	16.5°	0.2962
2	15.0°	0.2679
3	14.0°	0.2493
4	14.0°	0.2493
5	13.0°	0.2308
6	15.0°	0.2679
7	15.0°	0.2679
8	15.5°	0.2773
9	14.0°	0.2493
10	13.5°	0.2400
Promedio	2.5959 / 10 =	0.25959

Material: Acrílico - Madera

Numero de Lectura	Ángulo	Coefficiente μ_s
1	17.0°	0.3057
2	18.0°	0.3249
3	17.0°	0.3057
4	16.0°	0.2867
5	16.0°	0.2867
6	15.0°	0.2679
7	15.0°	0.2679
8	14.0°	0.2493
9	15.0°	0.2679
10	14.0°	0.2493
Promedio	2.8120 / 10 =	0.28120

Material: Acrílico – Acrílico

Numero de Lectura	Ángulo	Coefficiente μ_s
1	13.5°	0.2400
2	13.0°	0.2308
3	13.0°	0.2308
4	13.0°	0.2308
5	14.0°	0.2493
6	13.5°	0.2400
7	13.0°	0.2308
8	14.0°	0.2493
9	13.5°	0.2400
10	14.5°	0.2586
Promedio	2.4004 / 10 =	0.24004

Material: Lija – Madera

Numero de Lectura	Ángulo	Coefficiente μ_s
1	37.5°	0.7673
2	38.0°	0.7812
3	38.0°	0.7812
4	36.0°	0.7265
5	35.5°	0.7132
6	34.0°	0.6745
7	33.5°	0.6618
8	37.5°	0.7673
9	36.0°	0.7265
10	34.0°	0.6745
Promedio	7.2740 / 10 =	0.72740

Material: Vidrio – Lija

Numero de Lectura	Ángulo	Coefficiente μ_s
1	13.0°	0.2308
2	12.0°	0.2125
3	12.5°	0.2216
4	11.5°	0.2034
5	11.0°	0.1943
6	12.0°	0.2125
7	11.0°	0.1943
8	11.5°	0.2034
9	11.0°	0.1943
10	11.0°	0.1943
Promedio	2.0614 / 10 =	0.20614

Material: Lija – Acrílico

Numero de Lectura	Ángulo	Coefficiente μ_s
1	31.0°	0.6008
2	31.0°	0.6008
3	32.0°	0.6248
4	29.0°	0.5543
5	29.0°	0.5543
6	29.0°	0.5543
7	28.5°	0.5429
8	31.0°	0.6008
9	31.0°	0.6008
10	31.0°	0.6008
Promedio	5.8411 / 10 =	0.58411

V.III Conclusiones.

Una vez terminadas las pruebas se decidió hacer un cuadro comparativo para determinar el porcentaje de error del dispositivo con el motor encendido.

Material	Manual	Con motor	% error
Madera – Madera	0.40208	0.38188	5.0238%
Madera – Vidrio	0.27360	0.25959	5.1206%
Acrílico – Madera	0.29433	0.28120	4.4609%
Acrílico – Acrílico	0.22719	0.24004	5.6560%
Lija – Madera	0.68249	0.71969	5.4506%
Vidrio – Lija	0.20619	0.20614	0.02424%
Lija – Acrílico	0.58934	0.59938	1.7036%

Una vez hechos los comparativos nos pudimos dar cuenta que las vibraciones afectan mucho a las superficies que son muy lisas, en este caso hablamos del acrílico y del vidrio, pero en particular se puede observar que el vidrio es el más susceptible a las vibraciones provocadas por el motor. Por lo consiguiente en los otros materiales el porcentaje de error es aceptable, por lo tanto este dispositivo se puede utilizar para realizar las pruebas de laboratorio.

V.IV Conclusiones finales.

En esta experiencia ha mostrado cómo es posible diseñar y aplicar un aprendizaje basado en competencias. A partir de las orientaciones y recursos actualmente disponibles, trabajando de forma coordinada y colaborativa ha podido generar los suficientes recursos propios para llevar adelante el proyecto con éxito.

También se ha demostrado que las aplicaciones y los conocimientos obtenidos son útiles y valiosos para producir mejoras apreciables y significativas.

Sin embargo, la experiencia pone también de relieve el grado de implicación, dedicación y compromiso que conllevó el proyecto; se obtuvieron aprendizajes personalmente significativos y socialmente valiosos, en términos de competencias sólidamente integradas como persona, como profesional y como ciudadano.

V.V BIBLIOGRAFÍA.

- Sears, F., Zemansky M. y Young, H. (1986). *Física universitaria*. Delaware, EEUU: Addison-Wesley Iberoamericana.
- Serway, R. (1993). *Física I*. 3a. ed. (inglés), 2d. ed. (cast.) México: McGraw-Hill.
- Resnick, R., Halliday, D. y Krane (1996). 5a. reimpresión de la 3a. edición. *Física Vol. 1*. México: CECSA.
- Wilson, J.D. (1991). *Física con aplicaciones*. 2a. ed. México: McGraw-Hill.
- McKelvey, J. y Grotch, H. (1980). *Física para ciencias e ingeniería. Tomo 1*. México: Harla.
- Gettys, W.E., Keller, F. y Skove, M. (1994). *Física clásica y moderna*. España: McGraw-Hill.
- Roederer, J.G. (1963). *Mecánica elemental*. Buenos Aires: Eudeba.
- Bedford, A. y Fowler, W. (1996). *Estática. Mecánica para ingeniería*. Delaware (EEUU): Addison-Wesley Iberoamericana.
- Wilson, J.D. (1990). *Física*. 2a. ed. México: Prentice Hall Hispanoamericana, SA.
- McKelvey, J. y Grotch, H. (1980). *Física para ciencias e ingeniería. Tomo 1*. México: Harla.