



**INSTITUTO TECNÓLOGICO DE TUXTLA
GUTIÉRREZ**

Sistema Recolector Energético Por Tránsito Vehicular



ASESOR INTERNO:

DR. ROBERTO CARLOS GARCÍA GÓMEZ

REVISORES:

MC. IGNACIO ARRIOJA CÁRDENAS

MI. LORENZO MARCIANO VÁZQUEZ

PRESENTADO POR:

LOPEZ GALINDO INÉS

ESPECIALIDAD:

INGENIERÍA MECÁNICA

ÍNDICE

CAPITULO 1	4
Introducción	4
CAPITULO 2	5
2.1 Objetivo principal	5
2.2 Objetivos particulares	5
2.3 Alcances	5
2.4 Limitaciones	5
2.5 Problema a resolver	5
2.6 Justificación	6
2.7 Metodología de trabajo	6
CAPITULO 3	7
3.1 Estado del arte	7
CAPITULO 4	9
Marco teórico	9
4.1 Electricidad	9
4.1.1 Producción de electricidad	10
4.1.2 Generadores electromecánicos	11
4.1.3 Generadores electroquímicos	12
4.1.4 Generadores fotovoltaicos	12
4.1.5 Otros generadores	13
4.1.6 Generadores de corriente continua	13
4.1.7 Generadores de corriente alterna (alternadores)	14
4.1.8 Plantas generadoras	16
4.1.8.1 Hidroeléctrica	16
4.1.8.2 Termoeléctrica	16
4.1.8.3 Diesel	16
4.1.8.4 Nuclear.....	16
4.1.8.5 Eólica.	16
4.1.8.6 Solar.....	16
4.1.9 Acumulador eléctrico	17
4.3 Mecanismo	18
4.3.1 Clasificación	19

4.3.2 Mecanismo plano	19
4.3.3 Mecanismo esférico	19
4.3.4 Mecanismo espacial.....	19
4.3.5 Grados de libertad.....	19
4.3.6 Movilidad de un mecanismo plano.....	20
4.3.7 Regla de Grashoff.....	20
4.4 Elementos Mecánicos.....	22
4.4.1 Resortes.....	22
4.4.1.1 Materiales para resortes	22
4.4.1.2 Resortes helicoidales de compresión.	24
4.4.1.3 Efecto de la curvatura.....	26
4.4.1.4 Deflexión.....	26
4.4.1.5 Condiciones de los extremos y longitud del resorte.	26
4.4.1.6 Energía de deformación.....	29
4.5.-Engranés	33
4.5.1.- Tipos de engranajes.....	34
4.5.2.-Engranajes Helicoidales de ejes paralelos.....	35
4.5.3.- Engranajes cónicos	36
4.5.4.- Poleas dentadas.....	36
4.5.5.-Trenes de engranajes	37
Memoria de Cálculo.....	38
5.1 Determinación de la fuerza.....	42
5.2 Diseño del resorte	47
5.3 Diseño del engrane	49
5.4 Diseño del mecanismo.....	51
Capítulo 6	52
Diseño final y simulación	52
7.1 Conclusión	544
7.2 Resultados	545
7.3 Recomendaciones	566
Referencias	57
Anexos.....	59

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Prototipo "Tope Generador"	8
FIGURA 2 Acumulador	18
FIGURA 3 Coeficientes usados en la ecuación (4.1) para cinco materiales de resorte	24
FIGURA 4 Resorte helicoidal con carga axial.....	24
FIGURA 5 Diagrama de cuerpo libre del resorte helicoidal.....	25
FIGURA 6 Tipos de extremos usados en los resortes de compresión.....	27
FIGURA 7 Fórmulas para calcular las dimensiones de resortes de compresión.....	28
FIGURA 8 Engranés rectos	35
FIGURA 9 Tren de engranes.....	38
FIGURA 10 Características de un automóvil promedio.....	¡Error! Marcador no definido.
FIGURA 11 Pesos de personas de acuerdo a su estatura.....	40
FIGURA 12 Tabla para obtener el factor geométrico	41

CAPITULO 1

Introducción

Desde el descubrimiento de la energía eléctrica el hombre ha buscado varias formas de producirla, ya que en esta nueva era de avances tecnológicos y científicos esta energía es esencial para el funcionamiento de muchos de los aparatos que utilizamos diariamente.

La producción de esta energía ha ido avanzando con los años pero aun dependemos mucho de los combustibles fósiles para obtenerla y ello conlleva a la contaminación del planeta, aunque en los últimos años se han desarrollado tecnologías no contaminantes para la producción de energía eléctrica.

Debido al aumento considerable del parque vehicular que transita diariamente por nuestra carretera principal y avenidas.

En este proyecto trata del aprovechamiento de la energía cinética para transformarla en energía eléctrica y como propuesta se está generando un prototipo de un sistema neumático, eléctrico y electrónico para dicha obtención.

La generación de energía a partir del paso de vehículos es una nueva opción energética que está tomando forma. La tecnología nos da las herramientas necesarias para poder aprovechar la energía cinética de los vehículos al momento de pasar sobre un dispositivo que la transforma en eléctrica.

El tope generador de energía eléctrica descenderá con el peso del auto creando energía mecánica que se amplificará con una transmisión que irá a un generador transformando la energía mecánica en eléctrica y será almacenada en acumuladores, para usos posteriores.

CAPITULO 2

2.1 Objetivo principal

Diseñar un dispositivo que sea capaz de transformar la energía cinética disipada en las bocacalles por los vehículos automotores, en energía eléctrica.

2.2 Objetivos particulares

- Almacenar la energía eléctrica producida en acumuladores para sus posteriores usos.
- Aliviar la red pública de energía eléctrica en los horarios pico.
- Disminuir el uso de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica.
- Lograr un ahorro del presupuesto destinado para el alumbrado público.

2.3 Alcances

- La energía almacenada podrá ser utilizada en lugares donde no hay energía eléctrica.
- Energía eléctrica independiente del suministro público de electricidad.
- Fomentar la sustentabilidad al generar energía eléctrica.

2.4 Limitaciones

- Recursos económicos limitados para la construcción del prototipo
- Herramientas y equipo escasos para realizar el sistema.

2.5 Problema a resolver

- Emplear el flujo vehicular para accionar el sistema recolector de energía.
- Mantener la disponibilidad del sistema recolector de energía para no interrumpir la generación de energía eléctrica.
- La potencia eléctrica obtenida por el sistema recolector de energía sea suficiente para solventar las necesidades.

2.6 Justificación

- En la actualidad existe una gran demanda de energía eléctrica, la cual gran parte se obtiene de la quema de combustibles fósiles lo que favorece al incremento del efecto invernadero. Estamos conscientes que en ahora es necesario generar alternativas limpias para la generación de energía eléctrica.
- Se ha analizado que existen situaciones en las que dicha energía se puede recuperar e inclusive transformar a otra forma de energía, tal es el caso de la energía que se pierde durante el frenado de un automóvil, dicho tema será abordado por esta investigación.
- La idea de aprovechar la energía cinética sobrante de un vehículo, toma fuerza cuando pensamos en el tráfico existente en nuestra ciudad, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; en la actualidad existen algunos puntos donde los vehículos se ven obligados a frenar por algunos metros, si ocupamos parte de la energía que se disipa en el momento de dicho frenado podríamos emplearla para hacer funcionar dispositivos electrónicos. Luego entonces para recuperar una parte de la energía disipada en el frenado podríamos hacer uso de una superficie (rampa) en la cual controlaríamos su deformación. Dicha superficie es discreta, silenciosa, no causara molestias a los ocupantes de los vehículos automotores y su funcionamiento será totalmente seguro.

2.7 Metodología de trabajo

- Reconocimiento y recopilación de la información del área de trabajo
- Organización de la información obtenida.
- Análisis e interpretación de la información obtenida
- Diseño del sistema recolector energético
- Simulación del sistema recolector energético
- Verificación de cálculos
- Observaciones

CAPITULO 3

3.1 Estado del arte

En este proyecto se estudia la energía eléctrica que se producirá por medio del peso de los vehículos de motor, se revisaron diferentes investigaciones que nos ampliarán el panorama de lo que se pretende realizar en este proyecto.

Como se verá más adelante en 1980 fue nombrado como premio nobel el científico Marcos Pinel gracias a un sistema que obtiene energía eléctrica o mecánica mediante el flujo de vehículos (Científico español desarrolla sistema para obtener Electricidad a partir de la Circulación de los Coches (s.f.). Recuperado el 3 de diciembre de 2013, de <http://energiaslibres.wordpress.com/2012/01/02/cientifico-espanol-desarrolla-sistema-para-obtener-electricidad-a-partir-de-la-circulacion-de-los-coches> Asimismo el sistema diseñado también por los años ochenta por Nelson González lleva varios años en experimentación (Recolector de Energía Eléctrica por Tránsito Vehicular (s.f). Recuperado el 3 de diciembre de 2013, de <http://101investigaciones.blogspot.mx/2008/02/recolector-de-energia-electrica-por.html> . Otro dato importante en el 2009 se lanza una publicación de <http://www.theguardian.com> donde se da a conocer otro prototipo acerca de este sistema recolector, pero es un intento fallido, ya que menciona la regla del 1% para los artículos de noticias sobre aparatos de ahorro de energía o sistemas de energía renovable. Además en la actualidad en el 2011 por medio del programa televisivo Iniciativa México se dio a conocer que unos estudiantes desarrollaron otro sistema que obtiene energía suficiente para el alumbrado público por medio del paso de vehículos.

A partir de la necesidad de aprovechar el tránsito vehicular nace un sistema capaz de utilizar la energía generada por el peso y el movimiento de los vehículos de motor para la producción de energía eléctrica. El sencillo sistema fue ideado en los años ochenta por el técnico dominicano Nelson González, utiliza una plataforma recolectora ubicada en el pavimento, y un sistema de convertidores verticales en un foso debajo de la calle, la plataforma se acciona con el paso de los vehículos a su paso sobre la plataforma y a través de los diversos sistemas produce energía.

Este sistema lleva ya múltiples años en espera de respuesta para su experimentación. Pero debido a la apatía de los gobiernos locales, este maravilloso sistema productor de energía, no ha podido llevarse a la realidad.

También el 17 de Junio del 2009 se lanza una publicación de <http://www.theguardian.com> donde se da a conocer otro prototipo acerca de este sistema recolector, pero es un intento fallido, ya que menciona la regla del 1% para los artículos de noticias sobre aparatos de ahorro de energía o sistemas de energía renovable. La regla dice: "Un aparatito puede ser discutida sólo si se podría llevar a un ahorro energético de al menos 1%." Lo cual en esta caso no se cumple ya que el ahorro es mucho menor a ese porcentaje.

FIGURA 1

Prototipo "Tope Generador"



El científico Marcos Pinel, que en 1980 fue propuesto como premio Nobel de Física, ha inventado un sistema para la obtención de energía eléctrica o mecánica a través de la circulación de los vehículos.

El invento permite acumular la energía cinética que generan los carros en sus desplazamientos para utilizarla en el alumbrado público.

El invento de Pinel consiste en una placa alojada en la calzada que se balancea de adelante hacia atrás cuando el vehículo pasa sobre ella, sin que este lo note.

El 30 de octubre del 2011 en el programa televisivo Iniciativa México, alumnos del Instituto Tecnológico de Nuevo Ladero presentaron el proyecto "Tope Generado de Energía

Eléctrica”, los estudiante lo describen como un tope que descenderá con el peso del auto, creando energía mecánica que se amplificara con una transmisión que irá a un generador transformando la energía mecánica en eléctrica y que será almacenada en acumuladores. Afirmaron que podrá ser utilizada en alumbrado público y que también implementaran lámparas Led (de 36 watts) con la misma intensidad que lámparas de vapor sodio (de 400 watts).

Con base a lo leído anteriormente se amplía el panorama y nos da una idea más clara de lo que se pretende realizar en este proyecto. Por ejemplo se pretende desarrollar por medio de un mecanismo básico de cuatro barras con el cual por medio de un tren de engranes se transmitirá energía mecánica a un generador y este la convertirá en energía eléctrica utilizada en alumbrado público que mejorara la economía y el medio ambiente ya que no necesitara más que el peso de un vehículo automotor.

CAPITULO 4

Marco teórico

En este capítulo se verán los elementos necesarios para llevar a cabo el proyecto, ya que cada parte es esencial para el buen desarrollo de nuestro sistema recolector. Nos permitirá ver las características de cada uno de los materiales necesarios para el sistema, y ver cuál es el ideal para emplear en el proyecto. Se analizaran los elementos tanto mecánicos como eléctricos, de diseño, de mecanismos, entre otros. Los elementos necesarios para el sistema recolector se enlistaran a continuación y más adelante se hablara detalladamente de ellos.

- Mecanismo de cuatro barras
- Engrane helicoidal
- Tren de engranes
- Resortes
- Acumulador
- Turbina neumática
- Generador
- Poleas

4.1 Electricidad

Los fundamentos físicos de la electricidad se explican a partir del modelo atómico. La materia está compuesta por un conjunto de partículas elementales: electrones, protones y neutrones. Cuando un átomo tiene el mismo número de protones (cargas positivas) que

de electrones (cargas negativas) es eléctricamente neutro. Es decir, la electricidad no se manifiesta, ya que las cargas de diferente signo se neutralizan.

Los electrones de las capas más alejadas del núcleo, sobre todo de los átomos metálicos, tienen cierta facilidad para desprenderse. Cuando un átomo pierde electrones queda cargado positivamente y si, por el contrario, captura electrones, entonces queda cargado negativamente. Este es el principio por el que algunos cuerpos adquieren carga negativa (hay más electrones que protones) o adquieren carga positiva (hay más protones que electrones). Un cuerpo con carga negativa tiene predisposición a ceder electrones y un cuerpo con carga positiva tiene tendencia a capturarlos. Por lo tanto, cuando se comunican dos cuerpos con cargas eléctricas distintas, mediante un material conductor de la electricidad, fluye una corriente eléctrica que no es otra cosa que la circulación de electrones. Por lo tanto, la corriente eléctrica circula desde el cuerpo cargado negativamente hacia el cuerpo positivo.

4.1.1 Producción de electricidad

Para que se produzca una corriente eléctrica es necesario que exista una diferencia de potencial o tensión eléctrica entre dos puntos. Dicha diferencia se puede conseguir por distintos procedimientos:

- *Por transformación química.* Al sumergir dos metales diferentes, o un metal y carbón, en una solución apropiada, se origina una diferencia de potencial entre los dos metales. Las pilas se basan en este hecho.

- *Por Inducción.* Si se desplaza un conductor eléctrico en el interior de un campo magnético, aparece una diferencia de potencial en los extremos del mismo. Los generadores industriales de electricidad están basados en esta propiedad electromagnética.

- *Por calentamiento.* Cuando se calienta una soldadura de dos metales distintos, aparece una tensión eléctrica. Esta tensión es muy pequeña, por lo que suele tener aplicaciones para la medida de temperaturas.

- *Por acción de la luz.* Al incidir los fotones de la luz sobre ciertos materiales aparece un flujo de corriente de cierta importancia. Las células fotovoltaicas aprovechan esta energía, tal como se ha visto en temas anteriores.

- *Por fricción.* Al frotar dos objetos entre sí puede producirse una diferencia de potencial entre ellos. Por ejemplo, la electricidad estática que suele acumular un coche está ligada al rozamiento del aire con la carrocería y al propio rozamiento de las ruedas. Igualmente, al frotar una varilla de vidrio o plástico con un trozo de lana aparece una acumulación de cargas de diferente signo en ambos objetos.

- *Por presión.* Algunos materiales tienen la propiedad de que, al serles aplicadas fuerzas de compresión o de tracción, aparecen tensiones eléctricas en sus superficies. Este fenómeno piezoeléctrico es característico de algunos cristales, principalmente cuarzo, y tiene diferentes aplicaciones para la producción de pequeñas corrientes: micrófono, reloj de cuarzo o mechero.

La energía eléctrica se puede obtener a partir de otro tipo de energía, por medio de máquinas o dispositivos que denominamos generadores. Por su incidencia industrial, o cantidad de electricidad producida, los más importantes son:

4.1.2 Generadores electromecánicos

En los que un motor de cualquier tipo (térmico alternativo, turbinas de vapor, o gas, hidráulico, eólico) mueve el eje de una máquina eléctrica basada en la ley de Lenz, o sea en las corrientes inducidas en los bobinados de la máquina, por los campos magnéticos que ella misma crea o existen en su interior.

La mayoría son alternadores trifásicos, que producen tensiones normalizadas en corriente alterna que pueden inyectarse a la red general por medio de transformadores, y su energía puede ser consumida incluso a miles de kilómetros.

Existen también generadores electromecánicos de corriente continua, llamados dinamos, pero su importancia actual es mínima, debido a la mayor eficiencia de la producción y sobre todo del transporte de la corriente alterna. También es debido al menor coste, simplicidad, y constancia de la velocidad de giro del motor asíncrono trifásico, el más importante en la mayoría de las aplicaciones industriales. Prácticamente la totalidad de la energía eléctrica del planeta es producida por estos alternadores.

Recordemos que la energía eólica, es energía cinética del viento que mueve un generador mecánico, la energía nuclear produce calor en los reactores, calor que vaporiza el agua que mueve las turbinas de vapor que a su vez mueven generadores electromecánicos. Análogamente con las centrales hidráulicas y mareomotrices, también mueven generadores electromecánicos.

4.1.3 Generadores electroquímicos

Son pilas o baterías recargables de acumuladores. Se basan en fenómenos electroquímicos, producidos por intercambios y trasiegos iónicos entre metales sumergidos en electrolitos. Las pilas desechables se usan en pequeñas aplicaciones eléctricas.

Los acumuladores eléctricos se utilizan para almacenar la corriente eléctrica producida por otros medios y utilizarla cuando sea preciso. Se utilizan cada vez más en tracción eléctrica, (carretillas, automoción).

Los más extendidos son de Pb-ácido y alcalinos de Ni-Cd y Ni-MeH. El gran peso y coste respecto a la pequeña energía almacenada son sus inconvenientes. Actualmente, no se conoce un método de almacenamiento masivo y rentable de energía eléctrica, y en su enorme mayoría debe consumirla a la velocidad que la produce.

Actualmente hay una corriente de investigación mundial tendente al almacenamiento de energía eléctrica vía producción de H₂, pero aún está en fase de I+D

4.1.4 Generadores fotovoltaicos

Por su creciente importancia como energía renovable y de bajo impacto ambiental y visual, ausencia de piezas móviles, y casi nulo mantenimiento, los paneles fotovoltaicos de silicio amorfo o mono cristalino, constituyen un medio de producción en constante desarrollo y creciente uso, sobre todo en zonas remotas, (ya que su coste de fabricación es aun relativamente alto, y no puede competir con la red eléctrica convencional donde ésta esté implantada).

Generan corriente eléctrica continua directamente de la energía radiante solar, por fenómenos fotovoltaicos en el silicio, que no son explicables intuitivamente y requieren modelos cuánticos para una mejor comprensión. Las energías renovables son dispersas

(de baja concentración), y de flujo no constante, y requieren captadores relativamente extensos respecto a la potencia suministrada.

En la práctica se obtienen potencias máximas de unos 100 a 150 w por m² de panel captador (en latitudes próximas a Canarias) cuyo coste actual es del orden 600 € /m².

La energía de estos paneles se acumula en baterías, y de ellas o bien se usa directamente la corriente continua, o se transforma con facilidad en alterna por onduladores electrónicos.

4.1.5 Otros generadores

Existen otros medios de producir corriente eléctrica por otros principios físicos, como el par termoeléctrico, el efecto piezoeléctrico, o la magneto hidrodinámica, pero no se utilizan en producción continua de energía eléctrica por su escasa aportación energética, o por estar en vías de investigación. Nos remitimos a tratados de física para su estudio.

4.1.6 Generadores de corriente continúa

Si una armadura gira entre dos polos de campo fijos, la corriente en la armadura se mueve en una dirección durante la mitad de cada revolución, y en la otra dirección durante la otra mitad. Para producir un flujo constante de corriente en una dirección, o continua, en un aparato determinado, es necesario disponer de un medio para invertir el flujo de corriente fuera del generador una vez durante cada revolución. En las máquinas antiguas esta inversión se llevaba a cabo mediante un conmutador, un anillo de metal partido montado sobre el eje de una armadura. Las dos mitades del anillo se aislaban entre sí y servían como bornes de la bobina. Las escobillas fijas de metal o de carbón se mantenían en contra del conmutador, que al girar conectaba eléctricamente la bobina a los cables externos. Cuando la armadura giraba, cada escobilla estaba en contacto de forma alternativa con las mitades del conmutador, cambiando la posición en el momento en el que la corriente invertía su dirección dentro de la bobina de la armadura. Así se producía un flujo de corriente de una dirección en el circuito exterior al que el generador estaba conectado. Los generadores de corriente continua funcionan normalmente a voltajes bastante bajos para evitar las chispas que se producen entre las escobillas y el

conmutador a voltajes altos. El potencial más alto desarrollado para este tipo de generadores suele ser de 1.500 V. En algunas máquinas más modernas esta inversión se realiza usando aparatos de potencia electrónica, como por ejemplo rectificadores de diodo.

Los generadores modernos de corriente continua utilizan armaduras de tambor, que suelen estar formadas por un gran número de bobinas agrupadas en hendiduras longitudinales dentro del núcleo de la armadura y conectadas a los segmentos adecuados de un conmutador múltiple. Si una armadura tiene un solo circuito de cable, la corriente que se produce aumentará y disminuirá dependiendo de la parte del campo magnético a través del cual se esté moviendo el circuito. Un conmutador de varios segmentos usado con una armadura de tambor conecta siempre el circuito externo a uno de cable que se mueve a través de un área de alta intensidad del campo, y como resultado la corriente que suministran las bobinas de la armadura es prácticamente constante. Los campos de los generadores modernos se equipan con cuatro o más polos electromagnéticos que aumentan el tamaño y la resistencia del campo magnético. En algunos casos, se añaden interpolos más pequeños para compensar las distorsiones que causa el efecto magnético de la armadura en el flujo eléctrico del campo.

Los generadores de corriente continua se clasifican según el método que usan para proporcionar corriente de campo que excite los imanes del mismo. Un generador de excitado en serie tiene su campo en serie respecto a la armadura. Un generador de excitado en derivación, tiene su campo conectado en paralelo a la armadura. Un generador de excitado combinado tiene parte de sus campos conectados en serie y parte en paralelo. Los dos últimos tipos de generadores tienen la ventaja de suministrar un voltaje relativamente constante, bajo cargas eléctricas variables. El de excitado en serie se usa sobre todo para suministrar una corriente constante a voltaje variable. Una magneto es un generador pequeño de corriente continua con un campo magnético permanente.

4.1.7 Generadores de corriente alterna (alternadores)

Como se decía antes, un generador simple sin conmutador producirá una corriente eléctrica que cambia de dirección a medida que gira la armadura. Este tipo de corriente alterna es ventajosa para la transmisión de potencia eléctrica, por lo que la mayoría de los

generadores eléctricos son de este tipo. En su forma más simple, un generador de corriente alterna se diferencia de uno de corriente continua en sólo dos aspectos:

Los extremos de la bobina de su armadura están sacados a los anillos colectores sólidos sin segmentos del árbol del generador en lugar de los conmutadores, y las bobinas de campo se excitan mediante una fuente externa de corriente continua más que con el generador en sí. Los generadores de corriente alterna de baja velocidad se fabrican con hasta 100 polos, para mejorar su eficiencia y para lograr con más facilidad la frecuencia deseada. Los alternadores accionados por turbinas de alta velocidad, sin embargo, son a menudo máquinas de dos polos. La frecuencia de la corriente que suministra un generador de corriente alterna es igual a la mitad del producto del número de polos y el número de revoluciones por segundo de la armadura.

A veces, es preferible generar un voltaje tan alto como sea posible. Las armaduras rotatorias no son prácticas en este tipo de aplicaciones, debido a que pueden producirse chispas entre las escobillas y los anillos colectores, y a que pueden producirse fallos mecánicos que podrían causar cortocircuitos. Por tanto, los alternadores se construyen con una armadura fija en la que gira un rotor compuesto de un número de imanes de campo. El principio de funcionamiento es el mismo que el del generador de corriente alterna descrito con anterioridad, excepto en que el campo magnético (en lugar de los conductores de la armadura) está en movimiento.

La corriente que se genera mediante los alternadores descritos más arriba, aumenta hasta un pico, cae hasta cero, desciende hasta un pico negativo y sube otra vez a cero varias veces por segundo, dependiendo de la frecuencia para la que esté diseñada la máquina. Este tipo de corriente se conoce como corriente alterna monofásica. Sin embargo, si la armadura la componen dos bobinas, montadas a 90° una de otra, y con conexiones externas separadas, se producirán dos ondas de corriente, una de las cuales estará en su máximo cuando la otra sea cero. Este tipo de corriente se denomina corriente alterna bifásica.

Si se agrupan tres bobinas de armadura en ángulos de 120° , se producirá corriente en forma de onda triple, conocida como corriente alterna trifásica. Se puede obtener un número mayor de fases incrementando el número de bobinas en la armadura, pero en la práctica de la ingeniería eléctrica moderna se usa sobre todo la corriente alterna trifásica,

con el alternador trifásico, que es la máquina dinamoeléctrica que se emplea normalmente para generar potencia eléctrica.

4.1.8 Plantas generadoras

Existen diversos tipos de plantas generadoras de electricidad entre las que podemos mencionar:

4.1.8.1 Hidroeléctrica

La más económica de todas; a la larga, ya que requiere una inversión inicial muy elevada. Es necesario que existan saltos de agua y ríos de gran capacidad para poder construir una central de generación de este tipo.

4.1.8.2 Termoeléctrica

Produciendo electricidad a partir de la combustión de: Gas, Petróleo o Carbón. En este caso se quema el combustible para calentar grandes calderas de agua y producir vapor de agua, éste vapor a alta presión es disparado contra las aspas (álabes) de grandes generadores, moviéndolos y produciendo la energía mecánica necesaria para convertirla posteriormente en energía eléctrica.

4.1.8.3 Diesel

En este caso se quema combustible (gas, gasoil, gasolina, etc.), para hacer funcionar un motor de combustión interna (similar al de cualquier vehículo). Este motor se conecta a un generador para moverlo y entregarle la energía mecánica necesaria para que produzca electricidad.

4.1.8.4 Nuclear.

En este caso se utiliza el poder calorífico de la fusión nuclear para producir electricidad.

4.1.8.5 Eólica.

Es el viento en este caso quien mueve las aspas de una especie de molino y estas mueven (entregan energía mecánica) un generador para producir electricidad.

4.1.8.6 Solar.

Esta es producida a partir de la energía del sol, a través de grandes paneles solares.

4.1.9 Acumulador eléctrico

Se denomina batería, batería eléctrica, acumulador eléctrico o simplemente acumulador, al dispositivo que almacena energía eléctrica, usando procedimientos electroquímicos y que posteriormente la devuelve casi en su totalidad; este ciclo puede repetirse por un determinado número de veces. Se trata de un generador eléctrico secundario; es decir, un generador que no puede funcionar sin que se le haya suministrado electricidad previamente, mediante lo que se denomina proceso de carga.

El principio de funcionamiento de un acumulador está basado esencialmente en un proceso reversible llamado reducción-oxidación (también conocida como redox), un proceso en el cual uno de los componentes se oxida (pierde electrones) y el otro se reduce (gana electrones); es decir, un proceso cuyos componentes no resulten consumidos ni se pierdan, sino que meramente cambian su estado de oxidación y, que a su vez pueden retornar a su estado original en las circunstancias adecuadas. Estas circunstancias son, en el caso de los acumuladores, el cierre del circuito externo, durante el proceso de descarga, y la aplicación de una corriente, igualmente externa, durante la carga.

Resulta que procesos de este tipo son bastante comunes, por extraño que parezca, en las relaciones entre los elementos químicos y la electricidad durante el proceso denominado electrólisis, y en los generadores voltaicos o pilas. Los investigadores del siglo XIX dedicaron numerosos esfuerzos a observar y a esclarecer este fenómeno, que recibió el nombre de polarización.

Un acumulador es, así, un dispositivo en el que la polarización se lleva a sus límites alcanzables, y consta, electrodos, del mismo o sumergidos en un



en general, de dos de distinto material, electrolito.

FIGURA 2

4.2 Maquinas

Acumulador

Existen numerosas definiciones de *máquina*, por ejemplo:

- a).- Es una combinación de cuerpos resistentes, de tal manera que por medio de ellos las fuerzas mecánicas de la naturaleza se pueden encausar para realizar un trabajo acompañado de movimientos predeterminados.
- b).- Es una disposición de partes para efectuar un trabajo.
- c).- Es un dispositivo para aplicar potencia.
- d).- Es un arreglo de elementos cuyos movimientos son definidos y su objetivo es transformar energía.

4.3 Mecanismo

De igual manera que en el caso anterior existen muchas definiciones de mecanismo:

- a).- Es un sistema formado por cuerpos resistentes dispuestos de tal forma que puedan transmitir un movimiento en forma predeterminada.
- b).- Es un arreglo de los movimientos de una máquina y cuya representación se hace en forma esquemática.

Podemos decir entonces que los mecanismos sirven para estudiar el movimiento de las máquinas.

No existe una línea divisoria bien definida entre mecanismos y máquinas. Difieren en grado más que en clase. Si las fuerzas y los niveles de energía son significativos, éste se considera una máquina; si no es así, se considera un mecanismo.

4.3.1 Clasificación

Los mecanismos se pueden clasificar de acuerdo a las características del movimiento de los eslabones en:

- Planos.
- Esféricos.
- Espaciales.

4.3.2 Mecanismo plano

Es aquel en el que todas las partículas describen curvas planas en el espacio y todas estas se encuentran en planos paralelos; es decir, los lugares geométricos que describen dichas partículas son curvas planas paralelas a un solo plano común.

4.3.3 Mecanismo esférico

Es aquel en el que cada eslabón tiene algún punto que se mantiene estacionario conforme al movimiento del eslabonamiento, y en el que los puntos estacionarios de todos los eslabones están en una ubicación común; o bien, el lugar geométrico que describen las partículas es una curva contenida dentro de una superficie esférica y las superficies definidas por varios puntos arbitrariamente elegidos son concéntricas

4.3.4 Mecanismo espacial

Es aquel que no incluye restricción alguna en los movimientos relativos de las partículas. La transformación del movimiento no es necesariamente coplanar ni es preciso que sea concéntrica. Un mecanismo espacial puede poseer partículas que describen lugares geométricos de doble curvatura.

4.3.5 Grados de libertad

El grado de libertad de un eslabón es el número de coordenadas independientes que se requieren para describir su movimiento.

4.3.6 Movilidad de un mecanismo plano

La movilidad de un mecanismo o sistema mecánico, es el número de grados de libertad de dicho sistema, o sea, el número de parámetros de entrada que se deben controlar de manera independiente, con el fin de que el sistema sea colocado en una posición en particular.

4.3.7 Regla de Grashoff

La regla o condición de *Grashoff* es una relación muy simple que pronostica un comportamiento de rotación o rotabilidad de las inversiones de un eslabonamiento de cuatro barras con base sólo en las longitudes de los eslabones.

Sean:

- S = Longitud del eslabón más corto
- L = longitud del eslabón más largo
- P = longitud de un eslabón restante
- Q = Longitud de otro eslabón restante

Luego si $S + L \leq P + Q$ el eslabonamiento es de *Grashoff* y por lo menos un eslabón podrá realizar una revolución completa con respecto al plano de fijación. A ésta se le llama cadena cinemática de clase I. Si ésta desigualdad no es cierta, entonces el eslabonamiento es no *Grashoff* y ningún eslabón podrá realizar una revolución completa relativa con respecto al plano de fijación. Esta es una cadena cinemática de clase II.

Los movimientos posibles a partir de un eslabonamiento de cuatro barras dependerán de la condición de *Grashoff* y de la inversión elegida. Las inversiones se definirán en relación con el eslabón más corto. Los movimientos son:

Clase I: $S + L < P + Q$

Si se fija uno u otro eslabón adyacente al más corto, se obtiene una manivela-balancín, en el cual el eslabón más corto girará completamente y el otro eslabón oscilará pivotado a la fijación.

Si se fija el eslabón más corto se logrará una doble-manivela, en la que tanto el acoplador como los eslabones pivotados a la fijación realizan revoluciones completas.

Si se fija el eslabón opuesto al más corto se obtendrá un doble-balancín de *Grashoff* en el que oscilan los dos eslabones fijos pivotados a la fijación y solo el acoplador realiza una revolución completa.

Clase II: $S + L > P + Q$

Todas las inversiones serán triples-balancines, en las cuales ningún eslabón puede girar completamente.

Clase III: $S + L = P + Q$

Todas las inversiones serán dobles-manivelas, o manivelas-balancín, pero tendrán “puntos de cambio” dos veces por revolución de la manivela de entrada, cuando todos los eslabones quedan colineales. En estos puntos de cambio el comportamiento de salida se volverá a indeterminar.

4.3.8.-Grados de libertad de mecanismos planos

Criterio de Grubler-Kutzbach

$$M = 3(n - 1) - 2j_1 - j_2$$

Donde;

M= grados de libertad

n= número de elementos (eslabones, barras, piezas, etc) de un mecanismo

j1= número de uniones de 1 grado de libertad

j2= número de uniones de 2 grados de libertad

4.4 Elementos Mecánicos

4.4.1 Resortes

Los resortes son elementos flexibles que se utilizan en las máquinas con el objeto de ejercer fuerzas, proporcionar flexibilidad y almacenar o absorber energía.

Los resortes se clasifican de manera general en:

- a).- Helicoidales.
- b).- Planos.
- c).- Formas especiales.

Los helicoidales incluyen los resortes de sección circular o cuadrada, los cuales se fabrican para resistir cargas de tensión, compresión o torsión. Dentro de los resortes planos se tienen los tipos en voladizo y elípticos.

Algunas formas especiales son usadas en maquinarias de reloj, y los cónicos en forma de rondana denominados arandelas o muelles de *Belleville*.

4.4.1.1 Materiales para resortes

La resistencia es una de las características más importantes que se debe considerar cuando se selecciona el material de un resorte.

Los resortes comerciales provienen del grupo de materiales de alta resistencia y bajo coeficiente de pérdida el cual se define como la fracción de energía que se disipa en un ciclo esfuerzo-deformación unitario. En estos materiales se incluyen el acero al alto carbono; el acero inoxidable laminado en frío endurecido por precipitación; las aleaciones no ferrosas y algunos no metálicos especiales como la fibra de vidrio laminada.

Los resortes se fabrican mediante procesos de trabajo en frío o en caliente, dependiendo del tamaño del material, de la relación D/d y de las propiedades deseadas. En general, el alambre preendurecido no se deberá usar si $D/d < 4$ o si $d > 1/4$ pul.

La resistencia a la rotura del material de un resorte varía significativamente con el tamaño del alambre, de manera que la resistencia a la rotura no se puede especificar a menos que se conozca el tamaño. El material y su procesamiento también tienen un efecto en la resistencia a la tensión. Resultados de pruebas extensivas señalan que la gráfica semilogarítmica de la resistencia del alambre contra el diámetro del mismo es casi siempre una línea recta para algunos materiales.

La información para cinco materiales se puede ajustar cercanamente por la forma exponencial siguiente:

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} \text{-----} (4.1)$$

En donde d = diámetro del alambre.

A y m son valores que se obtienen de la tabla (4.1)

Material	Rango del tamaño		Exponente	Constante, A kpsi (Mpa)
	<i>pul</i>	<i>mm</i>	m	
Alambre de piano	0.004-0.250	0.10-6.5	0.146	196 (2170)
Revenido en aceite	0.020-0.500	0.50-12	0.186	149 (1880)
Alambre estirado duro	0.028-0.500	0.70-12	0.192	136 (1750)
Cromo-vanadio	0.032-0.437	0.80-12	0.167	169 (2000)
Cromo-silicio	0.063-0.375	1.60-10	0.112	202 (2000)

FIGURA 3

Tabla (4.1).- Coeficientes usados en la ecuación (4.1) para cinco materiales de resorte

En el diseño de resortes el esfuerzo permisible es la resistencia a la fluencia por torsión en vez de la resistencia a la rotura. Una vez que se conoce la resistencia a la rotura por medio de la ecuación (4.1), el esfuerzo a la fluencia por cortante (esfuerzo cortante permisible) se obtiene mediante las siguientes relaciones:

$$S_{sy} = \tau_{perm} = 0.40S_{ut} \quad (\text{Acero al carbono estirado en frío})$$

$$S_{sy} = \tau_{perm} = 0.50S_{ut} \quad (\text{Acero al carbono templado y revenido, y acero de baja aleación})$$

$$S_{sy} = \tau_{perm} = 0.35S_{ut} \quad (\text{Acero inoxidable austenítico y aleaciones no ferrosas})$$

$$S_{sy} = \tau_{perm} \approx 0.56S_{ut} \quad (\text{Para aceros de alta resistencia})$$

4.4.1.2 Resortes helicoidales de compresión.

La figura siguiente muestra un resorte helicoidal de compresión hecho de alambre redondo sometido a una carga axial F .

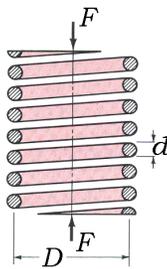


FIGURA 4

Resorte helicoidal con carga axial.

Si seccionamos el resorte anterior se observa lo siguiente:

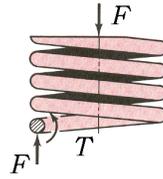


FIGURA 5

Diagrama de cuerpo libre del resorte helicoidal.

Podemos observar dos tipos de esfuerzos cortantes:

a).- Por carga: $\tau_1 = \frac{F}{A} = \frac{4F}{\pi d^2}$

b).- Por torsión: $\tau_2 = \frac{Tr}{J} = \frac{8FD}{\pi d^3}$

El esfuerzo cortante máximo es la suma de los esfuerzos cortantes anteriores:

$$\tau = \frac{8FD}{\pi d^3} \dots \dots \dots (4.2)$$

Si introducimos el término “índice del resorte” $C = D/d$, y sustituyéndolo en la ecuación (4.2) se obtiene lo siguiente:

$$\tau = \frac{8FD}{\pi d^3} \left(1 + \frac{d}{2D}\right) = \frac{8FD}{\pi d^3} \left(1 + \frac{1}{2C}\right) \therefore \tau = K_s \frac{8FD}{\pi d^3} \dots \dots \dots (4.3)$$

$$K_s = 1 + \frac{1}{2C} \dots \dots \dots (4.4)$$

K_s = Factor de corrección de esfuerzo cortante (solo se utiliza para condiciones estáticas).

4.4.1.3 Efecto de la curvatura.

La curvatura del alambre intensifica el esfuerzo en la parte interna del resorte, pero lo reduce ligeramente en el exterior.

Tomando en cuenta el efecto de la curvatura, la ecuación (4.3 se reemplaza por la expresión

$$\tau_{m\acute{a}x} = K_w \frac{8FD}{\pi d^3} \text{-----} (4.5)$$

$$K_w = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C} \text{-----} (4.6) \quad (\text{"Factor de Wahl"})$$

La ecuación (4.5) se deberá usar para carga cíclica (esfuerzos por fatiga).

4.4.1.4 Deflexión.

La relación fuerza deformación en un resorte helicoidal se puede obtener a partir del teorema de *Castigliano* el cual nos dice que: la deflexión en un resorte es igual con la derivada parcial de la energía de deformación con respecto a la fuerza aplicada.

Si la energía de deformación es: $U = \frac{T^2 L}{2GJ} + \frac{F^2 L}{2AG}$, en donde $T = FD/2$, $L = \pi DN$, $J = \frac{\pi d^4}{32}$

, y $A = \frac{\pi d^2}{4}$; por lo que: $U = \frac{4 F^2 D^3 N}{d^4 G} + \frac{2 F^2 DN}{d^2 G} \text{-----} (a)$

Aplicando el teorema de *Castigliano* se tiene: $\delta = \frac{\partial U}{\partial F} = \frac{8 F D^3 N}{d^4 G} + \frac{4 F DN}{d^2 G} \text{-----} (b)$

En donde $N = N_a$ = número de espiras activas.

Puesto que $C = D/d$, la ecuación (b) puede ordenarse de tal forma que:

$$\delta = \frac{8FD^3 N_a}{d^4 G} \left(1 + \frac{1}{2C^2}\right) = \frac{8FD^3 N_a}{d^4 G} \left(1 + \frac{0.5}{C^2}\right) \text{-----} (4.7)$$

La constante del resorte es $k = F/\delta$, por lo que:

$$k = \frac{d^4 G}{8D^3 N_a \left(1 + \frac{0.5}{C^2}\right)} \text{-----} (4.8)$$

4.4.1.5 Condiciones de los extremos y longitud del resorte.

En la siguiente figura se presentan cuatro tipos de extremos usados comúnmente en los resortes de compresión:

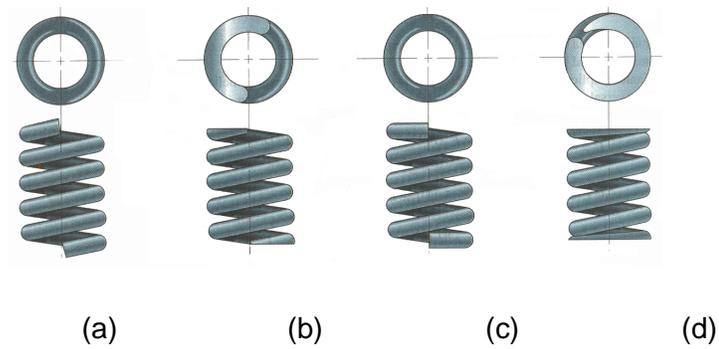


FIGURA 6

Tipos de extremos usados en los resortes de compresión:

a) Simple; b) Simple y aplanado; c) A escuadra; d) A escuadra y aplanados.

En la tabla siguiente se indican fórmulas útiles para el paso, longitud y número de espiras de resortes de compresión para las cuatro condiciones de los extremos descritos en la figura anterior.



Tipos de extremos				
Término	Simple	Simple y rectificado	A escuadra o cerrado	A escuadra y rectificado
Número de espiras en los extremos, N_e	0	1	2	2
Número total de espiras, N_t	N_a	$N_a + 1$	$N_a + 2$	$N_a + 2$
Longitud libre, L_o	$pN_a + d$	$p(N_a + 1)$	$pN_a + 3d$	$pN_a + 2d$
Longitud sólida, L_s	$d(N_t + 1)$	dN_t	$d(N_t + 1)$	dN_t
Paso, p	$\frac{(L_o - d)}{N_a}$	$\frac{L_o}{N_a + 1}$	$\frac{(L_o - 3d)}{N_a}$	$\frac{(L_o - 2d)}{N_a}$

FIGURA 7

Tabla (4.2).- Fórmulas para calcular las dimensiones de resortes de compresión
(Ver Referencia 3)

Dos términos importantes usados en resortes son:

a).- Longitud sólida L_s .

b).- Longitud libre L_o .

Longitud sólida (L_s) .- Es la longitud del resorte cuando todas las espiras adyacentes están en contacto metal con metal.

Longitud libre (L_0).- Es la longitud del resorte cuando no se aplican fuerzas externas sobre él.

Se conoce como resorte o muelle a un operador elástico capaz de almacenar energía y desprenderse de ella sin sufrir de formación permanente cuando cesan las fuerzas o la tensión a las que es sometido, en la mecánica es conocido erróneamente como "la muelle" varían así de la región o cultura. Son fabricados con materiales muy diversos, tales como acero al carbono, acero inoxidable, acero al cromo-silicio, cromo-vanadio, bronce, plástico, entre otros, que presentan propiedades elásticas y con una gran diversidad de formas y dimensiones.

Se les emplean en una gran cantidad de aplicaciones, desde cables de conexión hasta disquetes, productos de uso cotidiano, herramientas especiales o suspensiones de vehículos. Su propósito, con frecuencia, se adapta a las situaciones en las que se requiere aplicar una fuerza y que esta sea retornada en forma de energía. Siempre están diseñados para ofrecer resistencia o amortiguar las sollicitaciones externas.

4.4.1.6 Energía de deformación.

La manera más sencilla de analizar un resorte físicamente es mediante su modelo ideal global y bajo la suposición de que éste obedece la Ley de Hooke. Se establece así la ecuación del resorte, donde se relaciona la fuerza F ejercida sobre el mismo con el alargamiento/contracción o elongación x producida, del siguiente modo:

$$F = -kx \dots\dots\dots (4.9)$$

$$\text{Siendo: } k = \frac{AE}{L} \dots\dots\dots (4.10)$$

Donde k es la constante elástica del resorte, x la elongación (alargamiento producido), A la sección del cilindro imaginario que envuelve al muelle y E el módulo de elasticidad del muelle (no confundir con el módulo de elasticidad del material).

La energía de deformación o energía potencial elástica U_k asociada al estiramiento o acortamiento un muelle lineal viene dada por la integración de trabajo realizado en cada cambio infinitesimal dx de su longitud:

$$U_k = - \int_0^x F(x)dx = - \int_0^x -k(x)x dx = \frac{1}{2} kx^2 \dots \dots \dots (4.11)$$

Si el muelle no es lineal entonces la rigidez del muelle es dependiente de su deformación y en ese caso se tiene una formula algo más general:

$$U_k = \int_0^x k(x) \cdot x dx \dots \dots \dots (4.12)$$

Ecuación diferencial y ecuación de ondas

Definiremos ahora una constante intrínseca del resorte independiente de la longitud de este y estableceremos así la ley diferencial constitutiva de un muelle. Multiplicando k por la longitud total, y llamando al producto k_i o k intrínseca, se tiene:

$$k_i = AE \dots \dots \dots (4.13)$$

Dónde:

$$k = \frac{k_i}{L} \dots \dots \dots (4.14)$$

Llamaremos $F(x)$ a la tensión en una sección del muelle situada a una distancia x de uno de sus extremos, que consideraremos fijo y que tomaremos como origen de coordenadas, $k_{\Delta x}$ a la constante de un pequeño trozo de muelle de longitud Δx a la misma distancia y $\delta_{\Delta x}$ al alargamiento de ese pequeño trozo en virtud de la aplicación de la fuerza $F(x)$. Por la ley del muelle completo:

$$F(x) = -k_{\Delta x} \delta_{\Delta x} = k_i \frac{\delta_{\Delta x}}{\Delta x} \dots \dots \dots (4.15)$$

Tomando el límite:

$$F(x) = -k_i \frac{\delta_{dx}}{dx} \dots \dots \dots (4.16)$$

Que por el principio de superposición resulta:

$$F(x) = -k_i \frac{d\delta}{dx} = -AE \frac{d\delta}{dx} \dots \dots \dots (4.17)$$

Si además suponemos que tanto la sección como el módulo de elasticidad pueden variar con la distancia al origen, la ecuación queda:

$$F(x) = -k_i(x) \frac{d\delta}{dx} = -A(x)E(x) \frac{d\delta}{dx} \dots\dots\dots(4.18)$$

Que es la ecuación diferencial completa del muelle. Si se integra para todo x, se obtiene como resultado el valor del alargamiento unitario total. Normalmente puede considerarse F (x) constante e igual a la fuerza total aplicada. Cuando F (x) no es constante y se incluye en el razonamiento la inercia de éste, se llega a la ecuación de onda unidimensional que describe los fenómenos ondulatorios.

Supongamos, por simplicidad, que tanto la sección del resorte, como su densidad (entendiendo densidad como la masa de un tramo de muelle dividida por el volumen del cilindro imaginario envolvente) y su módulo de elasticidad son constantes a lo largo del mismo y que el resorte es cilíndrico. Llamemos $\Psi (x)$ al desplazamiento de una sección de muelle. Ahora tomemos un tramo diferencial de muelle de longitud (dx). La masa de esa porción vendrá dada por:

$$dm = \rho A dx \dots\dots\dots (4.19)$$

Aplicando la segunda ley de Newton a ese tramo:

$$F(x) - F(x + dx)(X) = -dm \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = -\rho A dx \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} \dots\dots\dots (4.20)$$

Es decir:

$$\frac{\partial F}{\partial x} dx = -\rho A dx \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} \rightarrow \frac{\partial F}{\partial x} = -\rho A \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} \dots\dots\dots(4.21)$$

Por otro lado es sencillo deducir que

$$d\delta = \psi(x + dx) - \psi(x) = \frac{\partial \psi}{\partial x} dx \dots\dots\dots (4.22)$$

Al introducir, por tanto, esta expresión en la ecuación diferencial del muelle antes deducida, se llega a:

$$F(x) = -AE \frac{\partial \psi}{\partial x} \dots \dots \dots (4.23)$$

Derivando esta expresión respecto a x se obtiene:

$$\frac{\partial F}{\partial x} = -AE \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} \dots \dots \dots (4.24)$$

Juntando la expresión temporal con la expresión espacial se deduce finalmente la ecuación general de un muelle cilíndrico de sección, densidad y elasticidad constantes, que coincide exactamente con la ecuación de onda longitudinal:

$$\frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial t^2} = \frac{E}{\rho} \times \frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial x^2} \dots \dots \dots (4.25)$$

De la que se deduce la velocidad de propagación de perturbaciones en un muelle ideal como:

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \dots \dots \dots (4.26)$$

Muelle con una masa suspendida

Para el caso de un muelle con una masa suspendida,

$$\begin{cases} F = -kx \rightarrow m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx \\ \frac{dx(0)}{dt} = v_0 \end{cases} \dots \dots \dots (4.27)$$

Cuya solución es $x = (v_0/\omega) \sin \omega t$, es decir, la masa realiza un movimiento armónico simple de amplitud $A_0 = v_0/\omega$ y frecuencia angular ω . Derivando y sustituyendo:

$$-\omega^2 \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t = -\frac{k}{m} \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t \dots \dots \dots (4.28)$$

Simplificando:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \dots \dots \dots (4.29)$$

Esta ecuación relaciona la frecuencia natural con la rigidez del muelle y la masa suspendida

4.5.-Engranajes

Se denomina engranaje o ruedas dentadas al mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina.

Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina corona y el menor piñón. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas. Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor de combustión interna o un motor eléctrico, hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo. De manera que una de las ruedas está conectada por la fuente de energía y es conocido como engranaje motor y la otra está conectada al eje que debe recibir el movimiento del eje motor y que se denomina engranaje conducido. Si el sistema está compuesto de más de un par de ruedas dentadas, se denomina tren de engranajes.

La principal ventaja que tienen las transmisiones por engranaje respecto de la transmisión por poleas es que no patinan como las poleas, con lo que se obtiene exactitud en la relación de transmisión

Engranaje es una rueda o cilindro dentado empleado para transmitir un movimiento giratorio o alternativo desde una parte de una máquina a otra.

Un conjunto de dos o más engranajes que transmite el movimiento de un eje a otro se denomina tren de engranajes. Los engranajes se utilizan sobre todo para transmitir movimiento giratorio, pero usando engranajes apropiados y piezas dentadas planas pueden transformar movimiento alternativo en giratorio y viceversa.

4.5.1.- Tipos de engranajes

La principal clasificación de los engranajes se efectúa según la disposición de sus ejes de rotación y según los tipos de dentado. Según estos criterios existen los siguientes tipos de engranajes:

Ejes paralelos:

- Cilíndricos de dientes rectos
- Cilíndricos de dientes helicoidales
- Doble helicoidales

Ejes perpendiculares

- Helicoidales cruzados
- Cónicos de dientes rectos
- Cónicos de dientes helicoidales
- Cónicos hipoides
- De rueda y tornillo sinfín

Por aplicaciones especiales se pueden citar:

- Planetarios
- Interiores
- De cremallera

Por la forma de transmitir el movimiento se pueden citar:

- Transmisión simple
- Transmisión con engranaje loco
- Transmisión compuesta. Tren de engranajes Transmisión mediante cadena
- Mecanismo piñón cadena
- Polea dentada

Características que definen un engranaje de dientes rectos

Los engranajes cilíndricos rectos son el tipo de engranaje más simple y corriente que existe. Se utilizan generalmente para velocidades pequeñas y medias; a grandes velocidades, si no son rectificadas, o ha sido corregido su tallado, producen ruido cuyo nivel depende de la velocidad de giro que tengan.

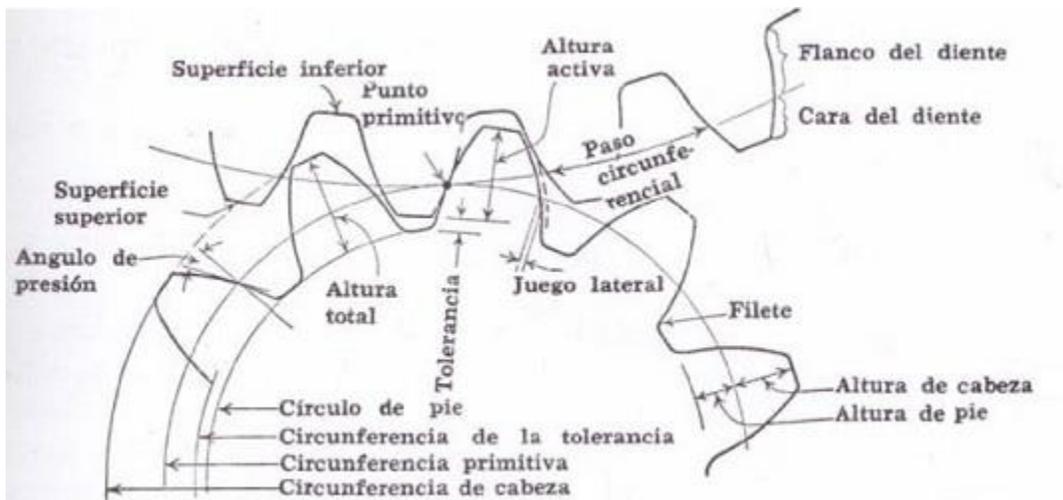


FIGURA 8

Engranés rectos <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn150.html>

4.5.2.-Engranajes Helicoidales de ejes paralelos

Se emplea para transmitir movimiento o fuerzas entre ejes paralelos, pueden ser considerados como compuesto por un número infinito de engranajes rectos de pequeño espesor escalonado, el resultado será que cada diente está inclinado a lo largo de la cara como una hélice cilíndrica.

Los engranajes helicoidales acoplados deben tener el mismo ángulo de la hélice, pero el uno en sentido contrario al otro (Un piñón derecho engrana con una rueda izquierda y viceversa). Como resultado del ángulo de la hélice existe un empuje axial además de la carga, transmitiéndose ambas fuerzas a los apoyos del engrane helicoidal.

Para una operación suave un extremo del diente debe estar adelantado a una distancia mayor del paso circular, con respecto al a otro extremo. Un traslape recomendable es 2, pero 1.1 es un mínimo razonable (relación de contacto). Como resultado tenemos que los engranajes helicoidales operan mucho más suave y silenciosamente que los engranajes rectos.

Este tipo de engrane es el que utilizamos en nuestro sistema, ya que el engrane helicoidal transmite mayor potencia y es lo que necesitamos para enviarlo al generador y este al transformador y transformarlo en energía eléctrica utilizable en alumbrado.

4.5.3.- Engranajes cónicos

Se fabrican a partir de un tronco de cono, formándose los dientes por fresado de su superficie exterior. Estos dientes pueden ser rectos, helicoidales o curvos. Esta familia de engranajes soluciona la transmisión entre ejes que se cortan y que se cruzan. Los datos de cálculos de estos engranajes están en prontuarios específicos de mecanizado.

Engranajes cónicos de dientes rectos

Efectúan la transmisión de movimiento de ejes que se cortan en un mismo plano, generalmente en ángulo recto, por medio de superficies cónicas dentadas. Los dientes convergen en el punto de intersección de los ejes. Son utilizados para efectuar reducción de velocidad con ejes en 90° . Estos engranajes generan más ruido que los engranajes cónicos helicoidales. Se utilizan en transmisiones antiguas y lentas. En la actualidad se usan muy poco.

Engranaje cónico helicoidal

Se utilizan para reducir la velocidad en un eje de 90° . La diferencia con el cónico recto es que posee una mayor superficie de contacto. Es de un funcionamiento relativamente silencioso. Además pueden transmitir el movimiento de ejes que se corten. Los datos constructivos de estos engranajes se encuentran en prontuarios técnicos de mecanizado. Se mecanizan en fresadoras especiales.

Engranaje cónico hipoide

Un engranaje hipoide es un grupo de engranajes cónicos helicoidales formados por un piñón reductor de pocos dientes y una rueda de muchos dientes, que se instala principalmente en los vehículos industriales que tienen la tracción en los ejes traseros. Tiene la ventaja de ser muy adecuado para las carrocerías de tipo bajo, ganando así mucha estabilidad el vehículo.

4.5.4.- Poleas dentadas

Para la transmisión entre dos ejes que estén separados a una distancia donde no sea económico o técnicamente imposible montar una transmisión por engranajes se recurre a un montaje con poleas dentadas que mantienen las mismas propiedades que los engranajes es decir, que evitan el patinamiento y mantienen exactitud en la relación de transmisión.

Los datos más importantes de las poleas dentadas son: Número de dientes, paso, y ancho de la polea

El paso es la distancia entre los centros de las ranuras y se mide en el círculo de paso de la polea.

El círculo de paso de la polea dentada coincide con la línea de paso de la banda correspondiente.

Las poleas dentadas se fabrican en diversos materiales tales como aluminio, acero y fundición.

Las poleas dentadas normalizadas se fabrican en los siguientes pasos en pulgadas:

MXL: Mini Extra Ligero (0.080"), XL: Extra Ligero (0.200"), L: Ligero (0.375"), H: Pesado (0.500"), XH: Extra Pesado (0.875") y XXH: Doble Extra Pesado (1.250").

Los pasos métricos son los siguientes: T2.5 (Paso 2,5 mm), T5 (Paso 5 mm), T10 (Paso 10mm) y T20 (Paso 20 mm).

4.5.5.-Trenes de engranajes

Se llama tren de engranajes a aquella transmisión en la que existen más de dos engranajes.

Los trenes de engranajes se utilizan cuando:

$$i = \frac{\text{producto de ruedas conductoras}}{\text{producto de ruedas conducidas}}$$

- La relación de transmisión que se quiere conseguir difiere mucho de la unidad.
- Los ejes de entrada y de salida de la transmisión están muy alejados.
- Se quiere que la relación de transmisión sea modificable.

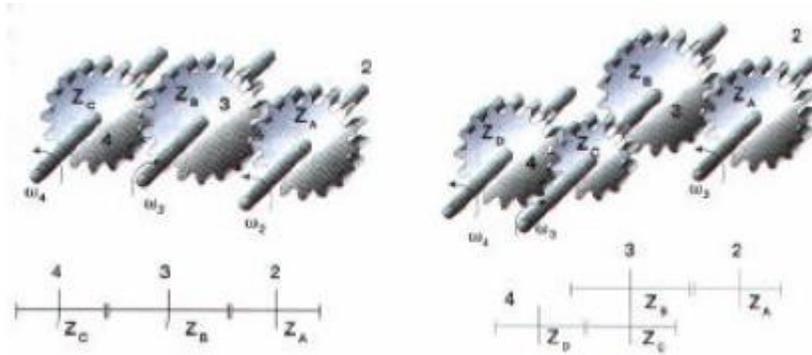


FIGURA 9

Tren de engranes

Los trenes de engranajes se pueden clasificar en trenes simples, si existe sólo una rueda por eje; y compuestos, si en algún eje hay más de un engranaje.

También se puede diferenciar entre trenes reductores y multiplicadores, según que la relación de transmisión sea menor o mayor que la unidad.

La relación de transmisión entre el eslabón conductor y el conducido es:

En los trenes de engranajes a la relación de transmisión se le atribuye signo positivo si los sentidos de giro de entrada y de salida son iguales, y negativo si son opuestos.

Además, en los trenes de engranajes los ejes de entrada y de salida pueden ser paralelos, cruzarse o cortarse en el espacio.

Los trenes de engranajes que se han considerado hasta ahora se caracterizan porque los ejes de todas las ruedas están fijos mediante cojinetes al bastidor; por eso, se dice que son trenes de engranajes ordinarios.

Capítulo 5

Memoria de Cálculo

En la figura podemos observar el prototipo propuesto para el Sistema Recolector Energetico, desarrollado a travez de un mecanismo de cuatro barras, resortes y un tren de engranes.

Necesitamos los datos de un automovil promedio y la de una persona estandar para saber el aproximado de la fuerza que se le aplicara al sistema recolector energetico. De los datos de la siguiente tabla obtenemos el peso y de ahí la fuerza maxima que se le aplicara al tope. Tambien necesitamos los pesos de una motocicleta y una persona promedio para de ahí obtener la fuerza minima que se le aplicara al tope.

En los datos obtenidos en la imagen 10 de los vehículos ligeros que transitan en las carreteras de México, se observa que el peso mínimo será de 760 kg y el peso máximo será de 4838 kg por lo tanto el peso promedio del automóvil será 2799 kg y con la máxima capacidad del automóvil de 5 personas promedio cada una de ellas con un peso de 65 kg suman un peso de 325 kg estos datos se obtienen en la figura 12.

La clasificación vehicular es una ordenación técnico - administrativo de vehículos motorizados que son impulsados de forma mecánica o por electricidad que circulan por la vía pública, en el cual cualquier persona o mercancía puede ser transportada. Consideramos los vehículos livianos y pesados, con una breve descripción de los mismos.

6.1.1 Vehículos Ligeros

Están constituidos por vehículos de poco peso tanto de pasajeros (automóvil, station wagon y camioneta rural) y mercancías (camionetas pick up y panel), provistos de motor de 796cc hasta 5995cc y de peso bruto de 1380kg. hasta 4838kg., asimismo variando su largo de 3.49m. hasta 5.78m., su ancho de 1.48m. hasta 2.06m. y su alto de 1.42m. hasta 2.49m.

Automovil : (AT1)



Vehículo a motor que sirve para el transporte de personas. Normalmente cuenta con seis asientos y excepcionalmente hasta nueve asientos.

Tabla de especificaciones técnicas

Especificaciones	Cilindros	Válvulas	Cilindrada CC.	Dimensiones (Mt)			Peso vacío(Kg.)
				Largo	Ancho	Alto	
Mínimo	3	8	796	3.49	1.48	1.46	760
Máximo	8	24	5.995	5.28	2.06	2.01	2.905

Station Wagon : (SW2)



Vehículo automotor derivado del automóvil que al rebatir los asientos posteriores, permite ser utilizado para el transporte de carga liviana.

Tabla de especificaciones técnicas

Especificaciones	Cilindros	Válvulas	Cilindrada CC.	Dimensiones (Mt)			Peso vacío(Kg.)
				Largo	Ancho	Alto	
Mínimo	4	16	1.586	4.23	1.96	1.43	1.170
Máximo	6	24	3.123	4.93	1.86	1.76	1.800

Camioneta Pick Up : (PK3)



Vehículo automotor de cabina simple o doble caja posterior destinada para el transporte de carga liviana y con un peso bruto vehicular que no exceda los 3500 Kg.

Tabla de especificaciones técnicas

Especificaciones	Cilindros	Válvulas	Cilindrada CC.	Dimensiones (Mt)			Peso vacío (Kg.)	Peso bruto (Kg.)
				Largo	Ancho	Alto		
Mínimo	4	8	970	3.64	1.49	1.61	820	1.380
Máximo	8	24	5.883	5.78	2.03	2.09	2.266	4.838

Camioneta Panel : (CP4)



Vehículo automotor con carrocería cerrada para el transporte de carga liviana.

Tabla de especificaciones técnicas

Especificaciones	Cilindros	Válvulas	Cilindrada CC.	Dimensiones (Mt)			Peso vacío (Kg.)	Peso bruto (Kg.)
				Largo	Ancho	Alto		
Mínimo	4	8	2.476	4.69	1.69	1.97	1.700	2.505
Máximo	4	16	2.986	5.04	1.82	1.99	1.800	3.140

Camioneta Rural / Micro bus / Combi : (CR5)



Vehículo automotor para el transporte de personas, con una capacidad instalada para el transporte de pasajeros que va desde 10 hasta 16 asientos, incluyendo la silla del conductor.

Tabla de especificaciones técnicas

Especificaciones	Cilindros	Válvulas	Cilindrada CC.	Dimensiones (Mt)			Peso vacío (Kg.)	Peso bruto (Kg.)
				Largo	Ancho	Alto		
Mínimo	4	8	2.150	4.69	1.69	1.97	1.690	2.400
Máximo	4	16	2.986	5.49	1.99	2.49	2.005	3.880

Minibus : (MN6)



Vehículo de 17 hasta 33 asientos incluyendo el asiento del conductor.

FIGURA 100

Características de un automóvil promedio; Propuesta de Clasificación de vehículos, carrocerías y configuración del transporte de carga y pasajeros por carretera, Edmundo W. Vidal Sánchez, Junio 2007, pág. 11 y 12.

Altura	Mujeres						Hombres					
	Pequeña		Mediana		Grande		Pequeño		Mediano		Grande	
	Peso [kg.]		Peso [kg.]		Peso [kg.]		Peso [kg.]		Peso [kg.]		Peso [kg.]	
[mts.]	Min.	Max.	Min.	Max.								
1.5	45.00	47.25	46.13	50.63	47.25	52.88	45.00	50.18	48.38	55.40	50.63	56.25
1.52	46.21	48.52	47.36	51.98	48.52	54.29	46.21	51.52	49.67	56.88	51.98	57.76
1.54	47.43	49.80	48.62	53.36	49.80	55.73	47.43	52.89	50.99	58.39	53.36	59.29
1.56	48.67	51.11	49.89	54.76	51.11	57.19	48.67	54.27	52.32	59.92	54.76	60.84
1.58	49.93	52.42	51.18	56.17	52.42	58.67	49.93	55.67	53.67	61.46	56.17	62.41
1.6	51.20	53.76	52.48	57.60	53.76	60.16	51.20	57.09	55.04	63.03	57.60	64.00
1.62	52.49	55.11	53.80	59.05	55.11	61.67	52.49	58.52	56.42	64.61	59.05	65.61
1.64	53.79	56.48	55.14	60.52	56.48	63.21	53.79	59.98	57.83	66.22	60.52	67.24
1.66	55.11	57.87	56.49	62.00	57.87	64.76	55.11	61.45	59.25	67.84	62.00	68.89
1.68	56.45	59.27	57.86	63.50	59.27	66.33	56.45	62.94	60.68	69.49	63.50	70.56
1.7	57.80	60.69	59.25	65.03	60.69	67.92	57.80	64.45	62.14	71.15	65.03	72.25
1.72	59.17	62.13	60.65	66.56	62.13	69.52	59.17	65.97	63.61	72.84	66.56	73.96
1.74	60.55	63.58	62.07	68.12	63.58	71.15	60.55	67.52	65.09	74.54	68.12	75.69
1.76	61.95	65.05	63.50	69.70	65.05	72.79	61.95	69.08	66.60	76.26	69.70	77.44
1.78	63.37	66.54	64.95	71.29	66.54	74.46	63.37	70.66	68.12	78.01	71.29	79.21
1.8	64.80	68.04	66.42	72.90	68.04	76.14	64.80	72.25	69.66	79.77	72.90	81.00
1.82	66.25	69.56	67.90	74.53	69.56	77.84	66.25	73.87	71.22	81.55	74.53	82.81
1.84	67.71	71.10	69.40	76.18	71.10	79.56	67.71	75.50	72.79	83.35	76.18	84.64
1.86	69.19	72.65	70.92	77.84	72.65	81.30	69.19	77.15	74.38	85.18	77.84	86.49
1.88	70.69	74.22	72.46	79.52	74.22	83.06	70.69	78.82	75.99	87.02	79.52	88.36
1.9	72.20	75.81	74.01	81.23	75.81	84.84	72.20	80.50	77.62	88.88	81.23	90.25
1.92	73.73	77.41	75.57	82.94	77.41	86.63	73.73	82.21	79.26	90.76	82.94	92.16
1.94	75.27	79.04	77.15	84.68	79.04	88.44	75.27	83.93	80.92	92.66	84.68	94.09
1.96	76.83	80.67	78.75	86.44	80.67	90.28	76.83	85.67	82.59	94.58	86.44	96.04
1.98	78.41	82.33	80.37	88.21	82.33	92.13	78.41	87.42	84.29	96.52	88.21	98.01
2	80.00	84.00	82.00	90.00	84.00	94.00	80.00	89.20	86.00	98.48	90.00	100.00
2.02	81.61	85.69	83.65	91.81	85.69	95.89	81.61	90.99	87.73	100.46	91.81	102.01

FIGURA 11

Pesos de personas de acuerdo a su estatura; <http://www.zonadiet.com/tablas/pesoideal.cgi>

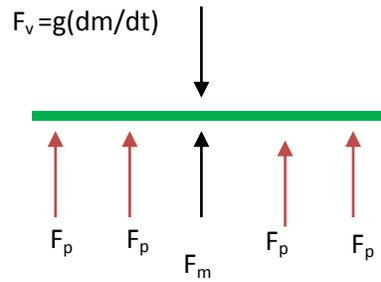
<p>Producto: Tope de Estacionamiento PARK IT</p> <p>Dimensiones: Largo = 1.83 m. Ancho = 0.15 m. Alto = 0.10 m. Peso = 15.5 Kg.</p>																									
<p>ESPECIFICACIONES</p> <p>Material: Compuesto moldeado por compresión de hule reciclado 100% y prepolímero de poliuretano</p> <p>Propiedades físicas del compuesto de hule:</p> <table border="0"> <tr> <td>a) Densidad:</td> <td>0.6 oz/pulgada cúbica (ASTM C642)</td> </tr> <tr> <td>b) Dureza con durómetro:</td> <td>65A ± 7 (ASTM D2240)</td> </tr> <tr> <td>c) Esfuerzo* mínimo tensionante:</td> <td>210 psi (ASTM D412) (* áreas estructurales principales)</td> </tr> <tr> <td>d) Deformación a la compresión:</td> <td>10% a 70 psi, 68°F (ASTM D575)</td> </tr> <tr> <td>e) Temperatura de fragilidad:</td> <td>-40°F (ASTM D746)</td> </tr> <tr> <td>f) Congelamientos y descongelamiento al ser expuesto a químicos descongelantes (ASTM C672)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>g) Coeficiente de expansión térmica:</td> <td>8 x10-5 in/in/°F (ASTM C531)</td> </tr> <tr> <td>h) Mojado por 70 horas a 158°F (ASTM D573):</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>- mantuvo su dureza 100% (± 5%)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>- esfuerzo de compresión 100% (± 5%)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>- esfuerzo de tensión 100% (± 5%)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>- retuvo su elongación 100% (± 5%)</td> </tr> </table>		a) Densidad:	0.6 oz/pulgada cúbica (ASTM C642)	b) Dureza con durómetro:	65A ± 7 (ASTM D2240)	c) Esfuerzo* mínimo tensionante:	210 psi (ASTM D412) (* áreas estructurales principales)	d) Deformación a la compresión:	10% a 70 psi, 68°F (ASTM D575)	e) Temperatura de fragilidad:	-40°F (ASTM D746)	f) Congelamientos y descongelamiento al ser expuesto a químicos descongelantes (ASTM C672)		g) Coeficiente de expansión térmica:	8 x10-5 in/in/°F (ASTM C531)	h) Mojado por 70 horas a 158°F (ASTM D573):			- mantuvo su dureza 100% (± 5%)		- esfuerzo de compresión 100% (± 5%)		- esfuerzo de tensión 100% (± 5%)		- retuvo su elongación 100% (± 5%)
a) Densidad:	0.6 oz/pulgada cúbica (ASTM C642)																								
b) Dureza con durómetro:	65A ± 7 (ASTM D2240)																								
c) Esfuerzo* mínimo tensionante:	210 psi (ASTM D412) (* áreas estructurales principales)																								
d) Deformación a la compresión:	10% a 70 psi, 68°F (ASTM D575)																								
e) Temperatura de fragilidad:	-40°F (ASTM D746)																								
f) Congelamientos y descongelamiento al ser expuesto a químicos descongelantes (ASTM C672)																									
g) Coeficiente de expansión térmica:	8 x10-5 in/in/°F (ASTM C531)																								
h) Mojado por 70 horas a 158°F (ASTM D573):																									
	- mantuvo su dureza 100% (± 5%)																								
	- esfuerzo de compresión 100% (± 5%)																								
	- esfuerzo de tensión 100% (± 5%)																								
	- retuvo su elongación 100% (± 5%)																								

FIGURA 12.-Medidas de un tope; http://www.fortavial.com/images/DATASHEET_PARK_IT.pdf

5.1 Determinación de la fuerza



Diagrama de cuerpo libre.



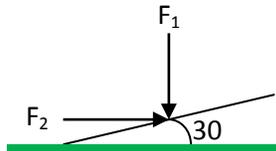
Dónde:

F_v = Fuerza ejercida por el vehiculo

F_p = Fuerza ejercida por el resorte

F_m = Fuerza ejercida al mecanismo de cuatro barras

Para la fuerza F_v



Dónde:

F_1 = Fuerza vertical ejercida por el vehiculo

F_2 = Fuerza horizontal ejercida por el vehiculo

$$F_1 = mg$$

$$F_2 = am$$

Dónde:

m = masa del automotor

g = Fuerza gravitacional

a = aceleracion del automotor

Datos para el cálculo de la fuerza mínima:

$$m = (325 + 760) \text{ Kg} = 1085$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$a = ?$$

$$a = \frac{V_a}{t}$$

Dónde:

V_a = velocidad del automotor

t = tiempo

a = aceleración del automotor

Datos:

$$V_a = 10 \text{ km/h} = 2.78 \text{ m/s}$$

$$t = 2 \text{ s}$$

$$\therefore a = \frac{2.78 \text{ m/s}}{2 \text{ s}} = 1.39 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \rightarrow$$

$$\therefore F_1 = 1085 \text{ kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 10643.85 \text{ N} \downarrow$$

$$F_2 = 1085 \text{ kg} \times 1.39 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1508.15 \text{ N} \rightarrow$$

Como la fuerza F_2 incide sobre la rampa de manera horizontal es necesario descomponer dicha fuerza para luego obtener la fuerza vertical resultante.

$$F_{2v} = F_2 \sin 30$$

$$F_{2v} = 1508.15 \text{ N} \times \sin 30$$

$$F_{2v} = 754.075 \text{ N}$$

\therefore La fuerza resultante vertical que incide sobre la rampa

$$F_v = F_{2v} + F_1$$

$$F_v = (754.075 + 10643.85)$$

$$F_v = 11,397.925 \text{ N}$$

Esta es la fuerza mínima, ahora calcularemos la fuerza promedio ejercida:

Datos para el cálculo de la fuerza promedio:

$$m = (325 + 2799) \text{ Kg} = 3124 \text{ kg}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$a = ?$$

$$a = \frac{V_a}{t}$$

Dónde:

V_a = velocidad del automotor

t = tiempo

a = aceleración del automotor

Datos:

$$V_a = 10 \text{ km/h} = 2.78 \text{ m/s}$$

$$t = 2 \text{ s}$$

$$\therefore a = \frac{2.78 \text{ m/s}}{2 \text{ s}} = 1.39 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \rightarrow$$

$$\therefore F_1 = 3124 \text{ kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 30,646.44 \text{ N} \downarrow$$

$$F_2 = 3124 \text{ kg} \times 1.39 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 4342.36 \text{ N} \rightarrow$$

Como la fuerza F_2 incide sobre la rampa de manera horizontal es necesario descomponer dicha fuerza para luego obtener la fuerza vertical resultante.

$$F_{2v} = F_2 \sin 30$$

$$F_{2v} = 4342.36 \text{ N} \times \sin 30$$

$$F_{2v} = 2171.18 \text{ N}$$

∴ La fuerza resultante vertical que incide sobre la rampa

$$F_v = F_{2v} + F_1$$

$$F_v = (2171.18 + 30,646.44)$$

$$F_v = 32,817.62 \text{ N}$$

Datos para el cálculo de la fuerza máxima:

$$m = (325 + 4838) \text{ Kg} = 5163$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$a = ?$$

$$a = \frac{V_a}{t}$$

Dónde:

V_a = velocidad del automotor

t = tiempo

a = aceleración del automotor

Datos:

$$V_a = 10 \text{ km/h} = 2.78 \text{ m/s}$$

$$t = 2 \text{ s}$$

$$\therefore a = \frac{2.78 \text{ m/s}}{2 \text{ s}} = 1.39 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \rightarrow$$

$$\therefore F_1 = 5163 \text{ kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 50,649.03 \text{ N} \downarrow$$

$$F_2 = 5163 \text{ kg} \times 1.39 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 7,176.57 \text{ N} \rightarrow$$

Como la fuerza F_2 incide sobre la rampa de manera horizontal es necesario descomponer dicha fuerza para luego obtener la fuerza vertical resultante.

$$F_{2v} = F_2 \sin 30$$

$$F_{2v} = 7,176.57 \text{ N} \times \sin 30$$

$$F_{2v} = 3,588.285 \text{ N}$$

\therefore La fuerza resultante vertical que incide sobre la rampa. La fuerza máxima

$$F_v = F_{2v} + F_1$$

$$F_v = (3588.285 + 50,649.03)$$

$$F_v = 54,237.315 \text{ N}$$

Por lo tanto, el carro tarda dos segundos en atravesar el tope, y en este tiempo la fuerza máxima aplicado al tope es en el segundo 1, ósea cuando el carro está en medio del tope.

5.2 Diseño del resorte

Para dimensionar el resorte tenemos que elegir el tipo de extremos con que contara nuestro resorte.

De la Tabla 4.3 seleccionamos que el resorte tendrá extremos a escuadra y rectificado por lo tanto tomaremos las siguientes ecuaciones:

$$N_e = 2$$

$$N_t = N_a + 2$$

$$L_0 = pN_a + 2d$$

$$L_s = dN_t$$

$$p = \frac{L_0 - 2d}{N_a}$$

Asignando parámetros de acuerdo a las necesidades del sistema:

$$L_0 = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}$$

$$L_s = 15 \text{ cm} = 0.15 \text{ m}$$

$$\delta = L_0 - L_s = 25 \text{ cm}$$

$$\delta = 0.25 \text{ m}$$

$$d = 11 \text{ mm} = 0.011 \text{ m}$$

$$\therefore N_t = \frac{L_s}{d} = \frac{15}{1}$$

$$N_t = \mathbf{15 \text{ Espiras totales}}$$

$$N_a = N_t - 2$$

$$N_a = 15 - 2 = \mathbf{13 \text{ Espiras activas}}$$

Material para el resorte

Acero inoxidable A313

$$G = 69 \text{ Gpa}$$

Calculo de la rigidez del resorte

$$D = D_i + d = 7 \text{ cm} + 1 \text{ cm}$$

$$D = 8 \text{ cm} = 0.08 \text{ m}$$

$$\therefore C = \frac{D}{d} = \frac{8}{1.1} = 7.2727$$

$$k = \frac{d^4 G}{8D^3 N_a \left(1 + \frac{0.5}{C^2}\right)} = \frac{Gd}{8C^3 N_a \left(1 + \frac{0.5}{C^2}\right)}$$

$$\therefore k = \frac{(29 \times 10^9) \times 0.011}{8 \times 7.2727^3 \times 13 \times \left(1 + \frac{0.5}{7.2727^2}\right)}$$

$$k = 18794.69271 \frac{N}{m}$$

Calculo de la fuerza que proporcionara el resorte

$$F_R = K \times \delta$$

Dónde:

$F_R = \text{Fuerza del resorte}$

$k = \text{Rigidez del resorte}$

$\delta = \text{Deformacion del resorte}$

$$\therefore F_R = 18794.69271 \times 0.25$$

$$F_R = 4698.6732 \text{ N}$$

\therefore le resorte a seleccionar sera de acero inoxidable A313 con una longitud de 40 cm y con

15 espiras con extremos a escuadra y rectificado.

5.3 Diseño del engrane

$$\omega_n = 14.7 \text{ KN}$$

$$\omega_t = 13.8134 \text{ KN}$$

$$\omega_r = 5.0276 \text{ KN}$$

Angulo de presión $\phi = 20^\circ$

$$D_p = 50 \text{ mm}$$

N= 10 dtes

$$\text{Modulo; } m = \frac{d_p}{N} = \frac{50 \text{ mm}}{10 \text{ dtes}} = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Adendo} = 1m = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Dedendo} = 1.25 m = 6.25 \text{ mm}$$

$$\text{Profundidad de trabajo} = 2m = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Profundidad total} = h_t = a + b = 2.25 m = 11.25 \text{ mm}$$

$$\text{Paso circular } P_c = \pi m = 15.707 \text{ mm}$$

$$\text{Espesor circular del diente } t_p = \frac{\pi}{P_c} = .20 \text{ mm}$$

$$\text{Holgura} = c = 0.25 m = 1.25 \text{ mm}$$

$$r_p = \frac{D_p}{2}$$

$$r_{bp} = r_p \cos \phi = 25 \cos 20 = 23.4923 \text{ mm}$$

$$r_{total} = 11.25 \text{ mm} + 23.4923 \text{ mm} = 34.7423 \text{ mm}$$

$$T = (.0347423 \text{ m})(13813.4 \text{ N}) = 479.9092 \text{ N.m}$$

Usando

$$\sigma = \frac{\omega_t}{F m J}$$

σ = esfuerzo a la flexión en MPa

$$W_t = \text{carga transmitida en N} = 13.8134 \text{ KN}$$

$$m = \text{módulo métrico en mm} = 5 \text{ mm}$$

$$F = \text{ancho de cara en mm} = 20 \text{ mm}$$

$J =$ CON UN FACTOR GEOMETRICO DE .21

$$\sigma = \frac{\omega_t}{F m J} = \frac{13.8134}{(20)(5)(.21)} = 657.78 \text{ MPa}$$

Para engranes rectos con $\phi = 20^\circ$, el factor geométrico J puede obtenerse de la siguiente figura:

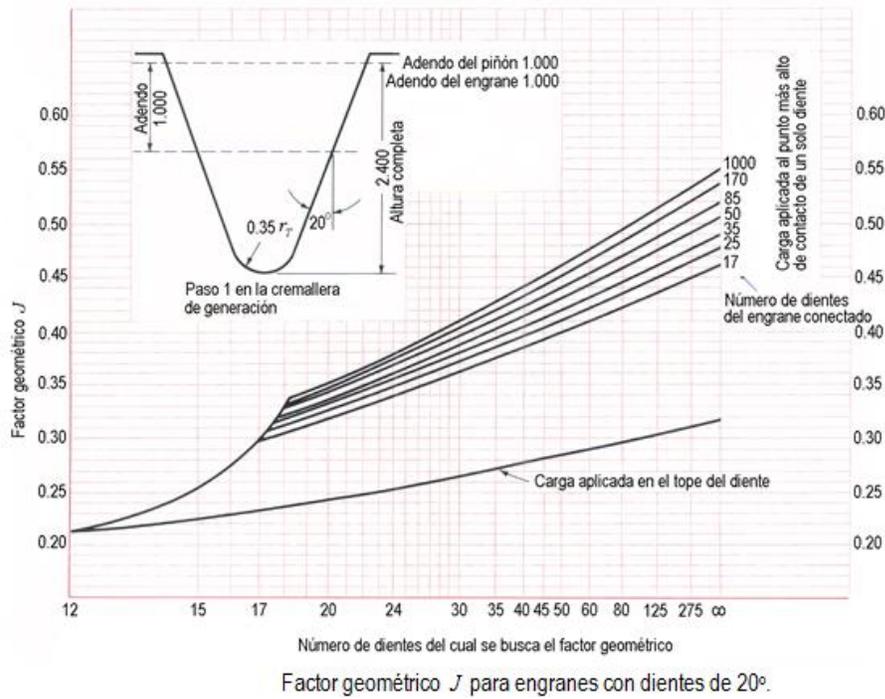


FIGURA 112

Tabla para obtener el factor geométrico

5.4 Diseño del mecanismo

Ecuaciones para obtener los datos del mecanismo:

$$l_1 \cos y_1 + l_2 \cos y_2 + l_3 \cos y_3 - l_4 = 0$$

$$l_1 \sin y_1 + l_2 \sin y_2 - l_3 \sin y_3 = 0$$

$$0.20 \cos 60^\circ + 0.50 \cos 0^\circ + 0.20 \cos 120^\circ - 0.5 = 0$$

$$0.2 \sin 60^\circ + 0.5 \sin 0^\circ - 0.2 \sin 120^\circ = 0$$

Este elemento es el que utilizamos en este caso, ya que al sumar es eslabón denominado S más el L el resultando es igual al de P más Q, ya que P y S miden 200 mm y L y Q miden 500 mm.

El método para medir los grados de libertad del mecanismo.

$$M=3(4-1)-2(4)=1$$

Con esto se comprueba que se cumplen las ecuaciones para el diseño del mecanismo y nos demuestra que los datos proporcionados son correctos.

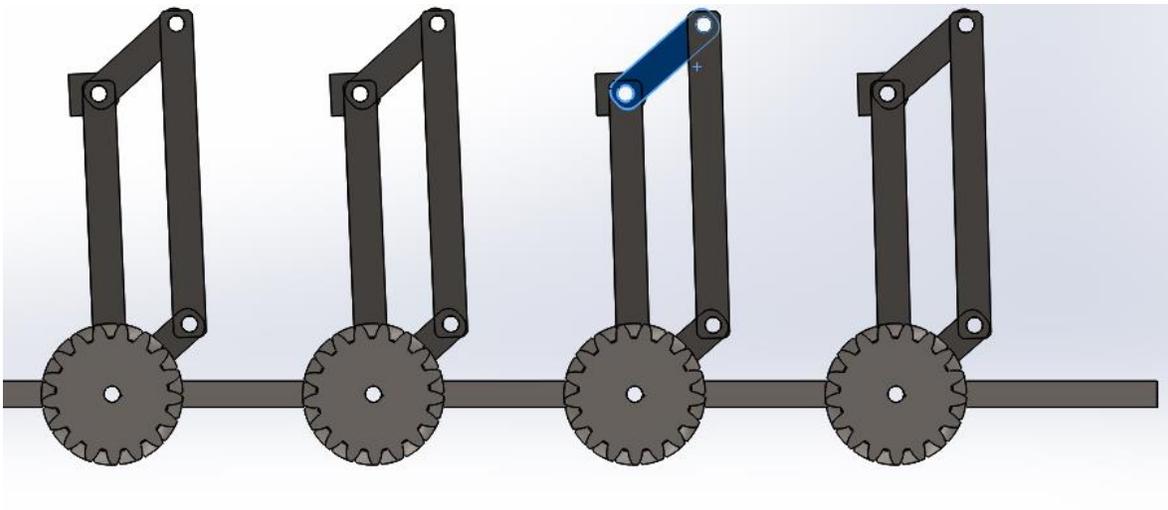
Capítulo 6

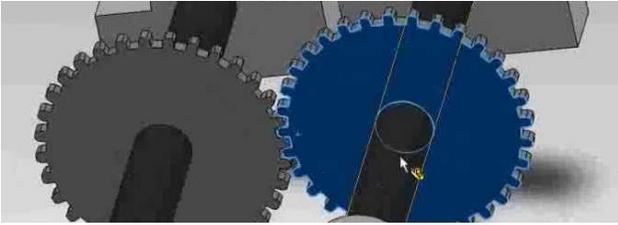
Diseño final y simulación

El proceso para producir energía eléctrica se basa en la instalación de una rampa con un ángulo de unos 30 grados que desciende al paso de los vehículos.

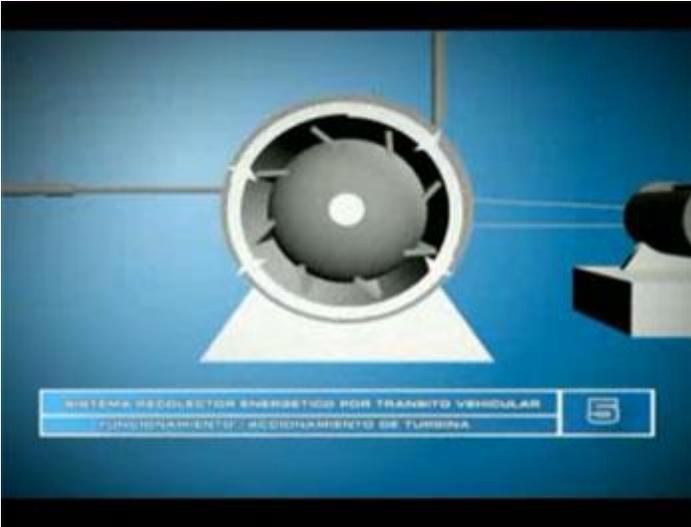


Con este movimiento descendente se activa un mecanismo de cuatro barras que hace que el engrane gire y genere energía mecánica

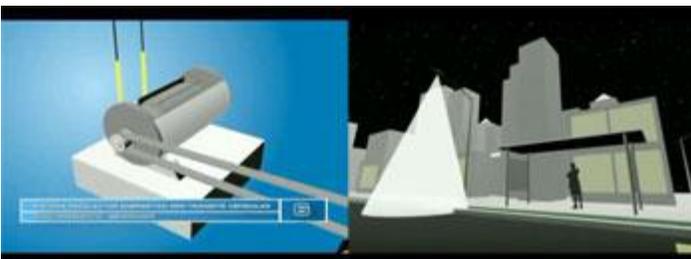




Esa energía es conducida hacia el depósito a través de un tren de engranes.



Una vez que la energía está almacenada, se inyecta hacia una turbina neumática que hace mover una correa unida a un generador, el cual es el encargado de producir la energía eléctrica y distribuirla a la red.



Capítulo 7

7.1 Conclusión

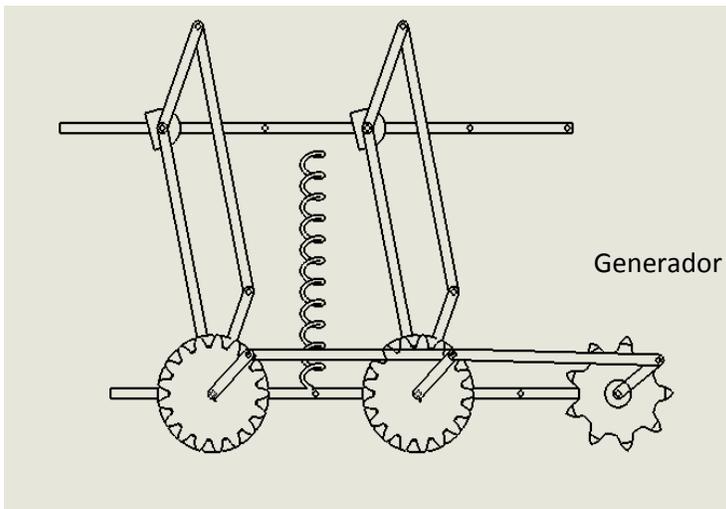
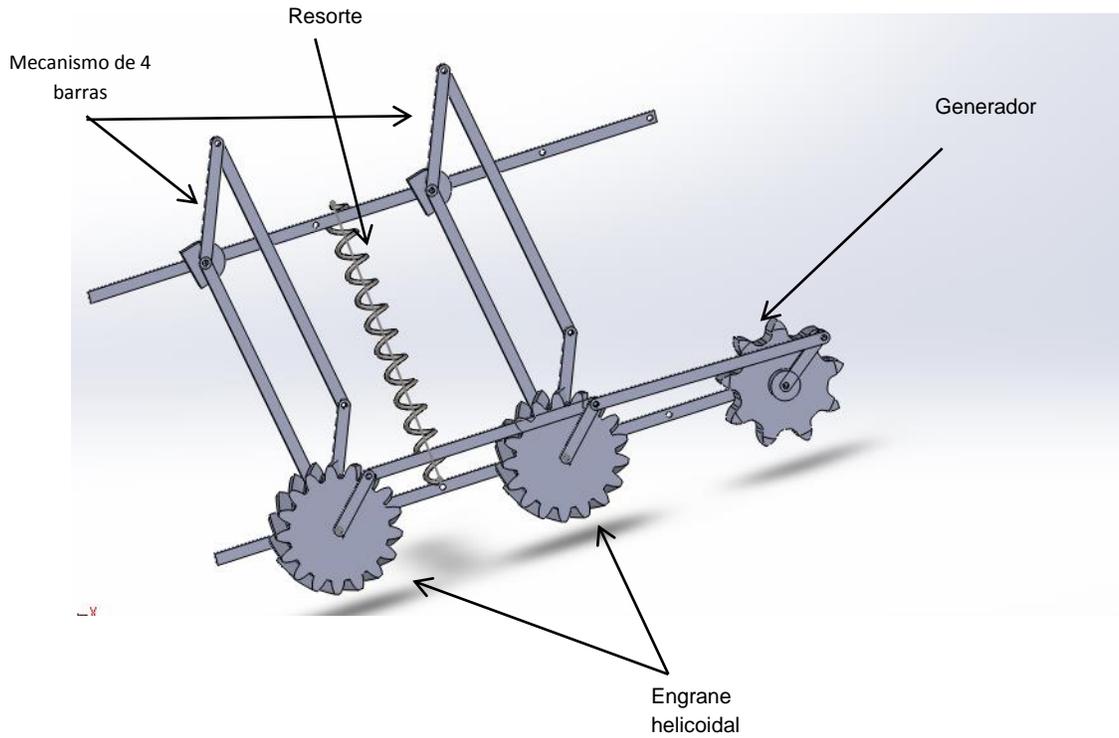
Como resultado del diseño del sistema recolector energético por tránsito vehicular se pudo crear un mecanismo capaz de aprovechar la energía cinética que los vehículos automotores disipan al pasar por un tope.

Para el desarrollo del sistema generador de corriente eléctrica y de manera sustentable, nos vimos en la necesidad de buscar una energía alternativa no contaminante y aprovechar la energía cinética que genera el tráfico vehicular que transita, para utilizarla en alumbramiento público, ya que tiene como objetivo tener un beneficio social, cultural y tecnológico.

Este sistema recolector de energía sin moverse de lugar será capaz de generar tanta energía que será necesaria almacenarla en bancos de baterías para su posterior utilización, ya que el tránsito vehicular permanece constante las veinticuatro horas y además se intensifica en ciertas horas del día.

Para poder lograr la producción de energía por medio de este sistema es necesario tener siempre en consideración factores como el flujo vehicular, la velocidad del automotor, el tiempo que transcurre en pasar el vehículo sobre la rampa, ya que todos estos parámetros están estrechamente vinculados.

7.2.- Resultados



El diseño obtenido tiene mecanismos de cuatro barras, los cuales tienen la función de transmitir el peso del automóvil a los engranes y estos a su vez transmiten la energía cinética al generador. El resorte nos ayuda a regresar a los mecanismos a su posición inicial.

7.3 Recomendaciones

Las recomendaciones son en base a los cálculos y el ensamble durante el desarrollo del proyecto.

- Se recomienda la elaboración de un manual para el mantenimiento del sistema propuesto ya que estará expuesto al medio ambiente.
- El material a ocupar en la toda la estructura de la rampa del sistema se recomienda que sea acero estructural y los pistones así como la fluxeria de acero inoxidable.
- El sistema este expuesto al medio ambiente.

Referencias

[1] Apuntes de clase-diseño I y II

Lorenzo Marciano Vázquez – Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

[2] Diseño de Máquinas - Schaum

McGraw Hill

3ra edición

[3] Shigley's Mechanical Engineering Design

Budynas-Nisbett

Octava Edición

Editorial McGraw-Hill

[4] Hamrock Bernard J - Elementos De Maquinas.

Primera edición

Editorial McGraw-Hill

[5] Aventajan alumnos del tecnológico en iniciativa México

www.iniciativamexico.org/ideas

[6] 101 investigaciones

101investigaciones.blogspot.mx/2008/02/recolector-de-energia-electrica-por.html

[7] innovación energética de interés

www.barrixe.com

[8] Ferdinand P. Beer mecánica vectorial para ingenieros

Octava edición

Editorial McGraw-Hill

[9] www.teleobjetivo.org

[10] www.generadoreselectricos.org

- [11] <http://101investigaciones.blogspot.mx/2008/02/recolector-de-energia-electrica-por.html>
<http://www.theguardian.com/environment/cif-green/2009/jun/17/renewable-energy-kinetic-road>
- [12] <http://energiaslibres.wordpress.com/2012/01/02/cientifico-espanol-desarrolla-sistema-para-obtener-electricidad-a-partir-de-la-circulacion-de-los-coches/>
- [13] <https://es.scribd.com/doc/35019115/Peso-de-Vehiculos>

Anexos

Deformación en cada uno de los engranes del sistema recolector

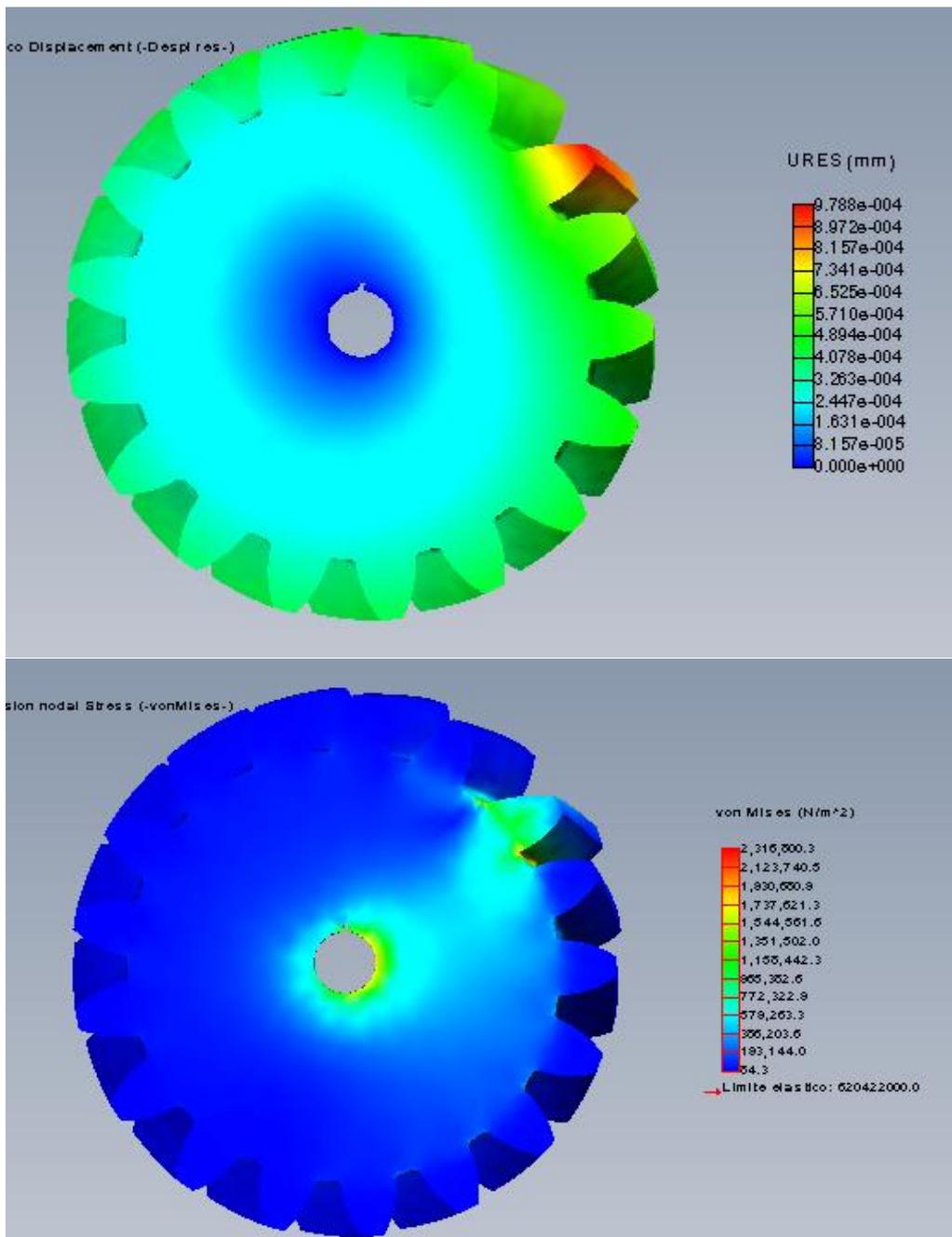
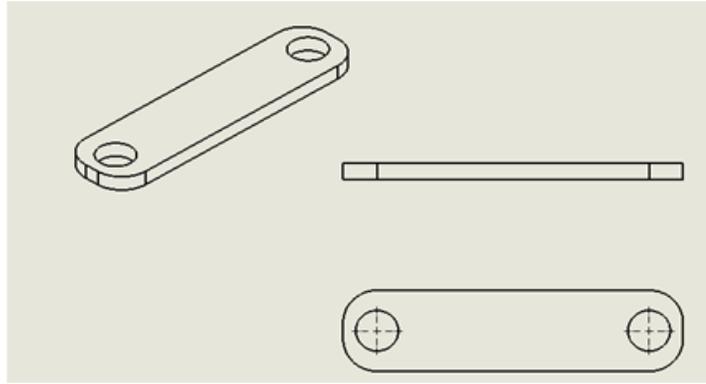


FIGURA 12

Esfuerzos en el engrane

BARRAS DEL MECANISMO



BARRA A

Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico

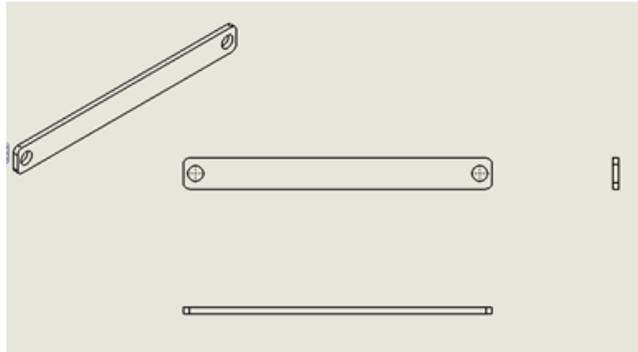
Masa = 680.98 gramos

Volumen = 86748.89 milímetros cúbicos

Área de superficie = 23577.21 milímetros cuadrados

SISTEMA RECOLECTOR ENERGÉTICO POR TRÁNSITO VEHICULAR		ACOTACIONES EN MILÍMETROS	20 DE NOVIEMBRE DE 2013	
MATERIAL	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ	DIBUJO: INES LOPEZ GALINDO	ESCALA	
		REVISADO: DR. ROBERTO CARLOS GARCIA GOMEZ	NUM DE PLANO:	

BARRAS DEL MECANISMO



BARRA e)

Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico

Masa = 1878.69 gramos

Volumen = 239324.12 milímetros cúbicos

Área de superficie = 60263.94 milímetros cuadrados

SISTEMA RECOLECTOR ENERGÉTICO POR TRÁNSITO VEHICULAR		ACOTACIONES EN MILIMETROS	20 DE NOVIEMBRE DE 2013	
MATERIAL	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ	DIBUJO: INES LOPEZ GALINDO	ESCALA	
		REVISADO: DR. ROBERTO CARLOS GARCIA GOMEZ	NUM DE PLANO:	

ARRAS DEL MECANISMO

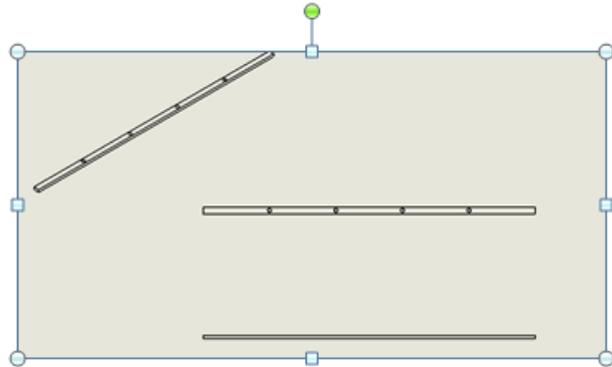
BARRA SOPORTE

Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico

Masa = 12017.62 gramos

Volumen = 1560730.09 milímetros cúbicos

Área de superficie = 243956.19 milímetros cuadrados



SISTEMA RECOLECTOR ENERGÉTICO POR TRANSITO VEHICULAR		ACOTACIONES EN MILIMETROS	20 DE NOVIEMBRE DE 2013	
MATERIAL	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ	DIBUJO: INES LOPEZ GALINDO	ESCALA	
		REVISADO: DR. ROBERTO CARLOS GARCIA GOMEZ	NUM DE PLANO:	

UNIONES DEL MECANISMO

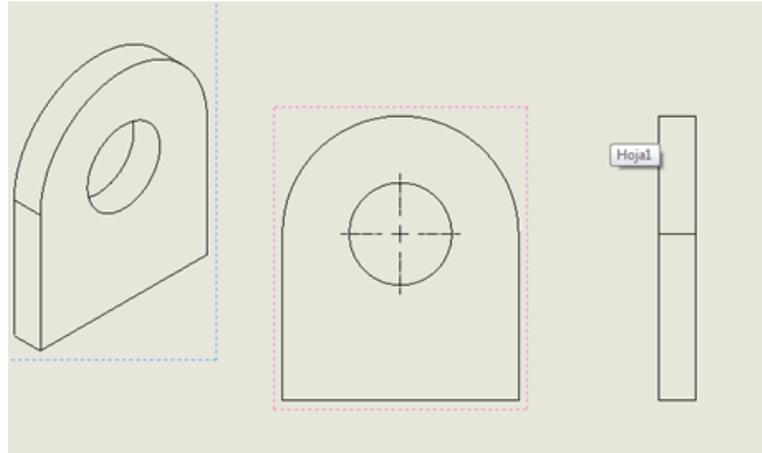
ARGOLLA

Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico

Masa = 304.03 gramos

Volumen = 38729.52 milímetros cúbicos

Área de superficie = 11158.42 milímetros cuadrados



SISTEMA RECOLECTOR ENERGÉTICO POR TRÁNSITO VEHICULAR		ACOTACIONES EN MILÍMETROS	20 DE NOVIEMBRE DE 2013	
MATERIAL	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ	DIBUJO: INES LOPEZ GALINDO	ESCALA	
		REVISADO: DR. ROBERTO CARLOS GARCIA GOMEZ	NUM DE PLANO:	

ENSAMBLES DEL MECANISMO

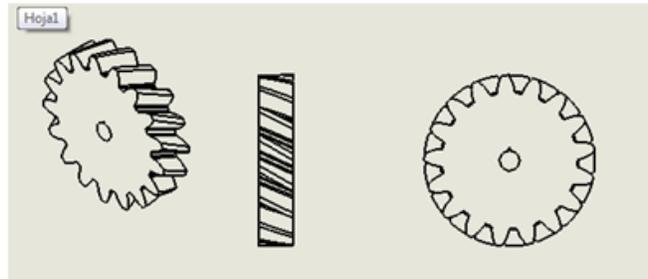
ENGRANE

Densidad = 0.00 gramos por milímetro cúbico

Masa = 1304.98 gramos

Volumen = 1304980.02 milímetros cúbicos

Área de superficie = 115733.66 milímetros cuadrados



SISTEMA RECOLECTOR ENERGÉTICO POR TRANSITO VEHICULAR		ACOTACIONES EN MILIMETROS	20 DE NOVIEMBRE DE 2013	
MATERIAL	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ	DIBUJO: INES LOPEZ GALINDO	ESCALA	
		REVISADO: DR. ROBERTO CARLOS GARCIA GOMEZ	NUM DE PLANO:	

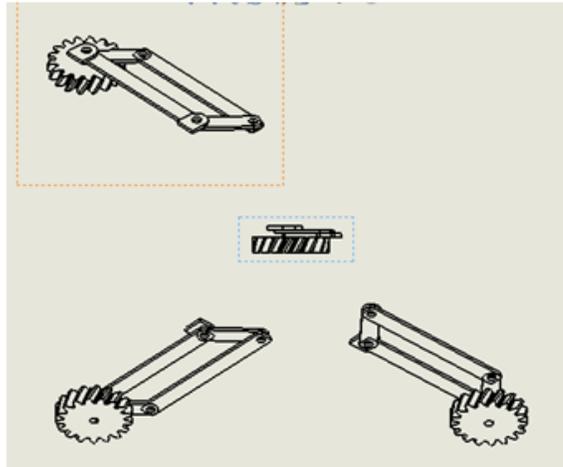
ENSAMBLES DEL MECANISMO

ENSAMBLES

Masa = 7032.38 gramos

Volumen = 2034585.09 milímetros cúbicos

Área de superficie = 305732.79 milímetros cuadrados



SISTEMA RECOLECTOR ENERGÉTICO POR TRANSITO VEHICULAR		ACOTACIONES EN MILIMETROS	20 DE NOVIEMBRE DE 2013	
MATERIAL	INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ	DIBUJO: INES LOPEZ GALINDO	ESCALA	
		REVISADO: DR. ROBERTO CARLOS GARCIA GOMEZ	NUM DE PLANO:	

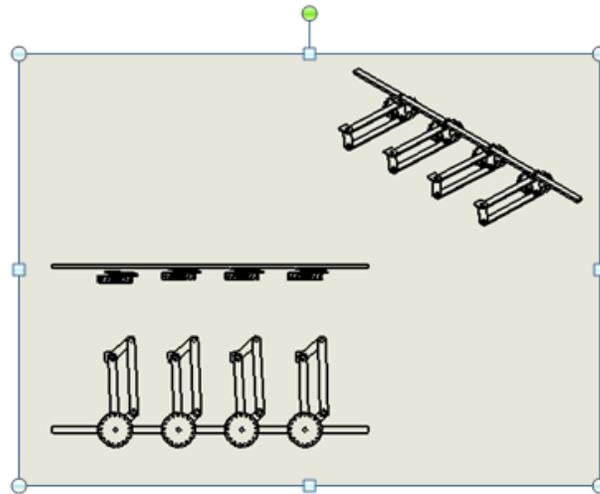
ENSAMBLES DEL MECANISMO

ENSAMBLES

Masa = 40147.14 gramos

Volumen = 9699070.43 milímetros cúbicos

Área de superficie = 1466887.37 milímetros cuadrados



SISTEMA RECOLECTOR ENERGETICO POR TRANSITO VEHICULAR		ACOTACIONES EN MILIMETROS	20 DE NOVIEMBRE DE 2013	
MATERIAL	INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ	DIBUJO: INES LOPEZ GALINDO	ESCALA	
		REVISADO: DR. ROBERTO CARLOS GARCIA GOMEZ	NUM DE PLANO:	

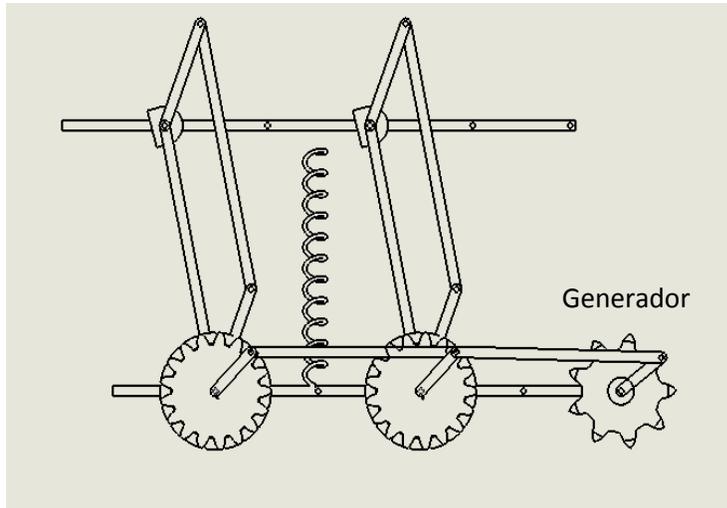
ENSAMBLES DEL MECANISMO

ENSAMBLES

Masa = 40147.14 gramos

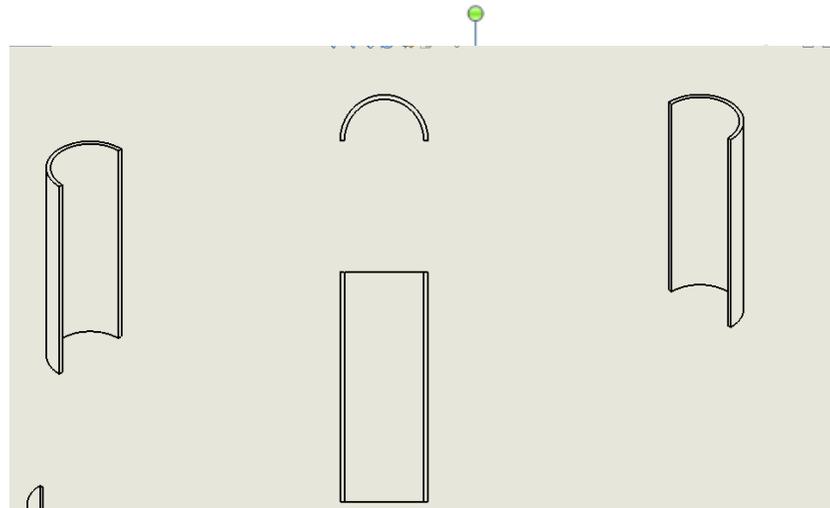
Volumen = 9699070.43 milímetros cúbicos

Área de superficie = 1466887.37 milímetros cuadrados



SISTEMA RECOLECTOR ENERGETICO POR TRANSITO VEHICULAR		ACOTACIONES EN MILIMETROS	20 DE NOVIEMBRE DE 2013	
MATERIAL	INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ	DIBUJO: INES LOPEZ GALINDO	ESCALA	
		REVISADO: DR. ROBERTO CARLOS GARCIA GOMEZ	NUM DE PLANO:	

**TOPE RECOLECTOR ENERGETICO
POR TRANSITO VEHICULAR**



SISTEMA RECOLECTOR ENERGETICO POR TRANSITO VEHICULAR		ACOTACIONES EN MILIMETROS	20 DE NOVIEMBRE DE 2013	
MATERIAL	INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ	DIBUJO: INES LOPEZ GALINDO REVISADO: DR. ROBERTO CARLOS GARCIA GOMEZ	ESCALA NUM DE PLANO:	

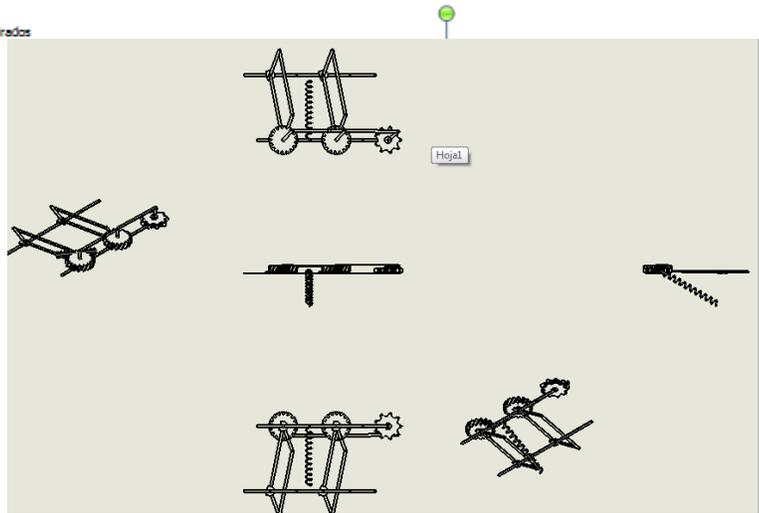
ENSAMBLES DEL MECANISMO

ENSAMBLES

Masa = 40147.14 gramos

Volumen = 9699070.43 milímetros cúbicos

Área de superficie = 1466887.37 milímetros cuadrados



SISTEMA RECOLECTOR ENERGETICO POR TRANSITO VEHICULAR		ACOTACIONES EN MILIMETROS	20 DE NOVIEMBRE DE 2013	
MATERIAL	INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ	DIBUJO: INES LOPEZ GALINDO	ESCALA	
		REVISADO: DR. ROBERTO CARLOS GARCIA GOMEZ	NUM DE PLANO:	