



**CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA -CONCYT-  
SECRETARÍA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA -SENACYT-  
FONDO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA -FONACYT-  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
UNIVERSIDAD DEL ISTMO**

## **INFORME FINAL**

**DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN MODELO PARA DETERMINAR LA  
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE LA FUERZA  
AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO FODECYT No. 030-2012**

**ARQ. EDUARDO FRANCISCO ESCOBAR MONZÓN  
INVESTIGADOR PRINCIPAL**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE 2014**



**UNIVERSIDAD DEL ISTMO**  
SABER PARA SERVIR

La realización de este trabajo, ha sido posible gracias al apoyo financiero dentro del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, -FONACYT-, otorgado por La Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología -SENACYT- y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología -CONCYT-

## RESUMEN

El costo de la generación de energía eléctrica actualmente en Guatemala es tan alto que debemos buscar fuentes alternas que puedan adaptarse a los nuevos tiempos tomando en cuenta la naturaleza y la importancia de los efectos del cambio climático en la sociedad actual. Una de esas fuentes de energía se estima que podría ser la que se genera a partir de los vehículos que transitan día a día en las distintas carreteras nacionales e internacionales.

En el presente proyecto de investigación se diseñaron y evaluaron modelos para determinar la generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz. Se llevaron a cabo pruebas en el interior de la Universidad del Istmo para posteriormente salir a las calles y carreteras de la ciudad, con el objeto de evaluar y validar la metodología empleada.

El proyecto incluye tres propuestas que evaluaron la generación de energía eléctrica, los costos de producción y el potencial de cada uno de ellos, así como el apoyo de un sistema integrado de generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz.

Las propuestas que fueron desarrolladas y evaluadas son de la siguiente manera: **1)** Generación de energía eléctrica a partir de la propuesta de imanes dispuestos y la rotación de los neumáticos del vehículo; **2)** Generación de energía eléctrica a través del viento generado por el movimiento de un vehículo y **3)** Aprovechamiento de energía eléctrica generada a partir de la fuerza automotriz a una batería secundaria por medio del módulo de arduino.

Se realizó un análisis espacial y distribución de los datos para luego determinar el balance de los modelos, evaluando los parámetros más importantes en el almacenamiento y distribución en un sistema de generación de energía eléctrica.

La generación de energía eléctrica superficial, producto del análisis del balance de las propuestas seleccionadas, se representó en un diagrama calculado y se comparó a través de un diagrama observado, producto del monitoreo de las estaciones experimentales establecidas en un período determinado. De esta forma se validó la propuesta No.1

Generación de energía eléctrica a partir de la propuesta de imanes dispuestos y la rotación de los neumáticos del vehículo.

A partir de la experimentación de la propuesta anteriormente mencionada se obtuvo una tabla de resultados donde se tomaron en cuenta los distintos calibres de alambre, el grosor y diámetro de las bobinas, así como las distintas velocidades a las que se sometió el modelo. Con los resultados óptimos se diseñó y evaluó un modelo simulador para determinar la generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz, por medio de una serie de imanes dispuestos de forma concéntrica en los neumáticos del vehículo utilizado.

A raíz de este modelo se recomienda su aplicación en función de los diagramas (observado y el calculado) y los principios físicos de inducción electromagnética, con base a una bobina de 150 vueltas con un alambre de cobre de calibre 24, de diámetro de 1 pulgada, concluyendo que a una velocidad de 50 km/h se genera 2.5V de energía electromagnética. Vale la pena recalcar que dicha propuesta cubre los objetivos de un modelo apto a efectos por cambios climáticos y biofísicos.

Aunque en el proyecto inicial se habían planteado dos propuestas, conforme la investigación fue avanzando se sugirió una tercera, que por su complicación y falta de aportes económicos por parte de CONCYT no continuó el curso deseado; pero se incluye en este trabajo de investigación ya que podría ser, en un futuro, un nuevo proyecto de investigación muy promisorio.

## SUMMARY

The generation of electrical energy today in Guatemala is so expensive that it has been necessary to find new source alternatives that takes into account the climate effects. One of those sources is the generated daily from the passing vehicles in the various national and international roads.

This research project designed and evaluated three models in order to determine the generation of electrical energy from the motion of vehicles. To evaluate and validate the methodology project, tests were made first in the internal streets of the Universidad del Istmo and then into the streets and highways of the city.

The project includes three proposals that evaluated: generation of electricity, production costs and potential, as well as the support of an integrated power generation from the automotive power system.

The developed and assessed proposals were: **1)** Generation of electricity from magnets arranged in the vehicle's tires; **2)** Generation of electricity from wind caused by the vehicle movement, and **3)** Use of electricity generated from automotive force to a secondary battery through the arduino software.

A spatial analysis and distribution of data was made for determining the balance of the models evaluating the most important parameters in the system of electricity generation storage and distribution.

Surface electric power generation, product of the analysis of balanced selected proposals, is represented in a calculated diagram and compared through an observed diagram, consequence from the monitoring of experimental stations in a given period. As a result, proposal number one was validated: Generation of electricity from magnets arranged in the vehicle's tires.

After the last proposal experimentation, a table of results was obtained considering wire sizes, thickness and diameter of the coils, and the different speeds at which the model was subjected. With the optimum results a simulator model -based on magnets arranged concentrically in the vehicles tires- was designed and evaluated to determine the generation of electrical power from the automotive power.

From this model we recommend its application based on diagrams (observed and calculated) and the physical principles of electromagnetic induction, coil of 150 turns with a copper wire number 24, 1-inch diameter gauge. Concluding the following: that at a speed of 50 km / h 2.5V electromagnetic energy is generated. It is worth noting that this proposal covers the objectives of a suitable model and biophysical effects of climate change.

Although the initial project contemplated two proposals, as the investigation progressed a third was suggested but due to the complication and lack of financial support from CONCYT the proposal didn't followed the desired course; but is included anyway in this research as it could be, in the future, a very promising research project.

## **EQUIPO DE INVESTIGACIÓN**

### **DIRECTORA DE PROYECTO**

Arq. Ana María Cruz de García

### **INVESTIGADOR PRINCIPAL**

Arq. Eduardo Francisco Escobar Monzón

### **INVESTIGADORES ASOCIADOS**

Arq. David Enrique Ramírez Cancinos

Ing. Marco Antonio Monzón Camas

### **AUXILIARES DE INVESTIGACIÓN**

Ivonne María Hernández Velásquez

Pedro José Bran Redondo

Ing. Manuel Antonio Merino Rodas

# ÍNDICE

## Página

### PARTE 1

<b>1.1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>5</b>
1.2.1. Antecedentes en Guatemala	5
1.2.2. Justificación del proyecto de investigación	6
<b>1.3. OBJETIVOS</b>	<b>7</b>
1.3.1. Objetivo general	7
1.3.2. Objetivos específicos	7
<b>1.4. METODOLOGÍA</b>	<b>8</b>
1.4.1. Localización geográfica y política	8

### PARTE II MARCO TEÓRICO

<b>2.1. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b>	<b>11</b>
<b>2.2. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PEQUEÑA ESCALA</b>	<b>25</b>

### PARTE III RESULTADOS

<b>3.1. PROPUESTA 1: GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE LA PROPUESTA DE IMANES DISPUESTOS Y LA ROTACIÓN DE LOS NEUMÁTICOS DEL VEHÍCULO</b>	<b>36</b>
3.1.1. Objetivos específicos de la propuesta	36
3.1.2. Metodología	37
3.1.3. Material de referencia	39
3.1.4. Propuesta gráfica	53
3.1.5. Experimentación	54
3.1.6. Costos	56
3.1.7. Resultados y discusión	56
3.1.9. Conclusiones	57
3.1.9. Recomendaciones	59
<b>3.2. PROPUESTA 2: GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL VIENTO GENERADO POR EL MOVIMIENTO DE UN VEHÍCULO</b>	<b>60</b>
3.2.1. Objetivos específicos de la propuesta	60
3.2.2. Metodología	61

3.2.3. Material de referencia	63
3.2.4. Propuesta gráfica	74
3.2.5. Experimentación	75
3.2.6. Costos	75
3.2.7. Resultados y discusión	75
3.2.8. Conclusiones	77
3.1.9. Recomendaciones	78
<b>3.3. PROPUESTA 3: APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA GENERADA A PARTIR DE LA FUERZA AUTOMOTRIZ A UNA BATERÍA SECUNDARIA POR MEDIO DEL MÓDULO DE ARDUINO</b>	<b>79</b>
3.3.1. Objetivos específicos	79
3.3.2. Metodología	79
3.3.3. Material de referencia	81
3.3.4. Propuesta gráfica	113
3.3.5. Experimentación	113
3.3.6. Costos	114
3.3.7. Resultados y discusión	115
3.3.8. Conclusiones	117
3.3.9. Recomendaciones	118
<b>PARTE IV</b>	
<b>4.1. CONCLUSIONES</b>	<b>120</b>
<b>4.2. RECOMENDACIONES</b>	<b>125</b>
<b>4.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>127</b>
<b>4.4. ANEXOS</b>	<b>132</b>
4.4.1. Cronograma de Actividades	139
<b>PARTE V</b>	
<b>5.1. IFORME FINANCIERO</b>	<b>140</b>

## LISTADO DE IMÁGENES

<b>Imagen No. 1</b>	Planta nuclear en cattenom, Francia.
<b>Imagen No. 2</b>	Rotor de una turbina de una central termoeléctrica.
<b>Imagen No. 3</b>	Planta solar termoeléctrica por tecnología de torre en sevilla, España.
<b>Imagen No. 4</b>	Rotor de una turbina de una central hidroeléctrica.
<b>Imagen No. 5</b>	Panel solar.
<b>Imagen No. 6</b>	Grupo electrógeno de 500 kva instalado en un complejo turístico en Egipto.
<b>Imagen No. 7</b>	Pila de hidrógeno.
<b>Imagen No. 8</b>	Un automóvil toma la energía de la carretera.
<b>Imagen No. 9</b>	Generación de carreteras piezoeléctricas para generar energía eléctrica.
<b>Imagen No. 10</b>	Otras fuentes de generación eléctrica.
<b>Imagen No. 11</b>	Perfil de una llanta con su aro.
<b>Imagen No. 12</b>	Ecuación ley de Ohm.
<b>Imagen No. 13</b>	Voltaje en bobina de acuerdo a ley Faraday.
<b>Imagen No. 14</b>	Simulador frontal.
<b>Imagen No. 15</b>	Simulador lateral.
<b>Imagen No. 16</b>	Arreglo circular de imanes simulando el aro de una llanta.
<b>Imagen No. 17</b>	Bobinas de distintos calibres y diámetros.
<b>Imagen No. 18</b>	Etapas de experimentación con bobina en simulador de llanta.
<b>Imagen No. 19</b>	Registro de medición de voltaje en multímetro.
<b>Imagen No. 20</b>	Funcionamiento de un aerogenerador.
<b>Imagen No. 21</b>	Funcionamiento de un aerogenerador.
<b>Imagen No. 22</b>	Circuito regulador de voltaje.
<b>Imagen No. 23</b>	Juego de engranajes cilíndricos.
<b>Imagen No. 24</b>	Esquema del principio de Bernoulli.
<b>Imagen No. 25</b>	Aerodinámica de un carro.
<b>Imagen No. 26</b>	Vista 1 ventilador, engranaje y dínamo.
<b>Imagen No. 27</b>	Vista 2 ventilador, engranaje y dínamo.
<b>Imagen No. 28</b>	Circuito final del modelo de la propuesta 3.
<b>Imagen No. 29</b>	Código microcontrolador.
<b>Imagen No. 30</b>	Pantalla de cristal líquido indicando banco de carga.
<b>Imagen No. 31</b>	Indicador de situación de carga con luz led.
<b>Imagen No. 32</b>	Vista frontal de la propuesta.
<b>Imagen No. 33</b>	Vista lateral de la propuesta.
<b>Imagen No. 34</b>	Vista lateral b de la propuesta.
<b>Imagen No. 35</b>	Detalle de la propuesta.

## **LISTADO DE GRÁFICAS**

- Gráfica No. 1** Capacidad eólica mundial total instalada y predicciones 1997-2010.  
**Gráfica No. 2** Proyección de la demanda mundial de energía por tipo de fuente (proyección 1 año 2030).

## **LISTADO DE MAPAS**

- Mapa No. 1** Cobertura eléctrica municipal.

## **LISTADO DE TABLAS**

- Tabla No. 1** Recursos naturales para la generación de energía.  
**Tabla No. 2** Tabla de costos del simulador 1.  
**Tabla No. 3** Tabla de resultados de experimentación de la propuesta 1.  
**Tabla No. 4** Resultados óptimos de la propuesta 1.  
**Tabla No. 5** Tabla de costos de la propuesta 2.  
**Tabla No. 6** Componentes de la propuesta 2.  
**Tabla No. 7** Tabla de costos de la propuesta 3.

## **LISTADO DE DIAGRAMAS**

- Diagrama No. 1** Flujo de energía en centrales eléctricas.  
**Diagrama No. 2** Funcionamiento de una pila eléctrica.  
**Diagrama No. 3** Propuesta gráfica del modelo de la propuesta 2.  
**Diagrama No. 4** Acoplamiento de modelo de la propuesta al vehículo.  
**Diagrama No. 5** Diseño de la propuesta 3.

**PARTE I**

# **INTRODUCCIÓN**

## **PARTE I**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

Según el documento de Política Energética del Ministerio de Energía y Minas (Ministerio de Energía y Minas, 2013) desde el año 2008 la economía mundial atravesó una crisis financiera cuyos efectos se vieron reflejados en los precios de los combustibles. Esta situación implicó que los combustibles más utilizados –como petróleo, gas natural y carbón- reflejaran incrementos importantes en sus precios.

La amplia biodiversidad de Guatemala permite contar con recursos naturales para la generación de energía. Entre los recursos se encuentra el potencial hidrocarburífero, potencial hídrico, potencial geotérmico, potencial solar, potencial eólico, y el potencial biomásico que proviene de la industria azucarera que ha crecido en los últimos años, (Ministerio de Energía y Minas, 2013).

La tendencia, a nivel mundial, es buscar la reducción del uso de combustibles fósiles como fuente primaria de energía. Esto se debe principalmente a los compromisos internacionales adquiridos por los diferentes Gobiernos con el propósito de reducir la emisión de gases de efecto invernadero y así hacer frente a los efectos del cambio climático, para reducir la contaminación ambiental. En el caso de Guatemala, la fuente de energía comúnmente usada es la leña, que se utiliza principalmente para cocción de alimentos en las áreas rurales. Por ejemplo, en el año 2012 el consumo de leña alcanzó el 57% del total de consumo energético en el país (Ministerio de Energía y Minas, 2013). Su mayor consumo se encuentran en áreas no electrificadas y en los hogares más pobres, que como ya se ha mencionado, se emplea principalmente para la cocción de alimentos, (Ministerio de Energía y Minas, 2013).

La quema de leña carece de control y frecuentemente se realiza en áreas cerradas, lo que genera humo que puede ser un riesgo para la salud y causar enfermedades respiratorias a los seres humanos. Otro efecto negativo, es la deforestación que causa el consumo de leña, disminuyendo el porcentaje de bosques que tiene el país, (Estadísticas Ambientales de la Ficha Estadística de Guatemala del Banco Centroamericano de Integración Económica).

A nivel mundial, estas y muchas otras razones han generado que los gobiernos busquen nuevas alternativas para la generación de energía eléctrica, tanto a bajos niveles, como la carga de los teléfonos celulares, como a altos que puedan abastecer una ciudad entera.

La cantidad de vehículos que a diario se desplazan por las diferentes calles y carreteras de la ciudad, la convierten en una zona dinámica, lo que hace necesario generar modelos que simulen escenarios futuros para la planificación sostenible de la generación de energía eléctrica y que contribuya a disminuir el deterioro ambiental, (Base de datos del Sistema de Registro Fiscal de Vehículos, SAT).

En este proyecto de investigación se diseñaron y evaluaron tres modelos para determinar la generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz. El proyecto de investigación recopiló y generó datos de temática digital del desplazamiento superficial automotriz para evaluar la factibilidad y el alcance aproximado del proyecto. Una vez realizado lo anterior se procedió a analizar y recoger datos de generación de energía eléctrica para el análisis de la distribución espacial.

Aunque en el proyecto inicial se habían planteado dos propuestas, conforme la investigación fue avanzando se sugirió una tercera, que por su complicación y falta de aportes económicos por parte de CONCYT no continuó el curso deseado; pero se incluye en este trabajo de investigación ya que podría ser, en un futuro, un nuevo proyecto de investigación muy promisorio.

Con los datos recogidos de las tres propuestas, se realizó un balance de generación de energía eléctrica superficial. Se validaron estos modelos a partir de la fuerza automotriz tomando en cuenta los aspectos que puedan alterar la cantidad de energía generada como por ejemplo los cambios climáticos y biofísicos.

Naturalmente esta investigación tiene la limitación de generar energía eléctrica en bajas proporciones pero se espera que sea el primero de muchas otras propuestas que

integren nuevas tecnologías para la generación de energía eléctrica. El uso de estos modelos, además de contribuir a esta generación, representaría un avance en el ahorro económico no sólo para el ciudadano de escasos recursos, sino también -al promoverlo- podría llegar a beneficiar al medio ambiente, disminuyendo así el uso de combustibles fósiles como fuente primaria de energía.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

De acuerdo a la revisión de literatura, actualmente no se han llevado a cabo trabajos de investigación y desarrollo en esta materia, por lo que se vislumbran buenas perspectivas en el estudio de la generación de energía eléctrica. Existen estudios de generación de energía eléctrica superficiales con otros fines, más no estudios para identificar la disponibilidad de generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz, por lo que se creyó conveniente su investigación.

El costo de la generación de energía eléctrica actualmente en Guatemala es tan alto que se debe buscar fuentes alternas que puedan adaptarse a los nuevos tiempos tomando en cuenta la naturaleza y la importancia de los efectos del cambio climático en la sociedad actual. Una de esas fuentes de energía se estima que podría ser la que se genera a partir de los vehículos que transitan día a día en las distintas carreteras nacionales e internacionales.

En el presente proyecto de investigación se diseñaron y evaluaron modelos para determinar la generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz. Se llevaron a cabo pruebas en el interior de la Universidad del Istmo para posteriormente salir a las calles y carreteras de la ciudad, con el objeto de evaluar y validar la metodología empleada.

### **1.2.1 ANTECEDENTES EN GUATEMALA**

Los modelos hidrológicos superficiales en trabajos realizados en la República de Guatemala han sido puntuales, interpolando los resultados y generando isolíneas sobre la distribución espacial de los valores. Las investigaciones sobre la generación de energía eléctrica superficiales no han tomado en cuenta las variables de suelo, uso de la tierra, antecedentes de humedad y otros, (Hidrología superficial en la Cuenca del Río Grijalva: Calibración del modelo Hidrológico de capacidad de infiltración variable (VIC), en Aqua-LAC - Vol. 3 - N° 1 - Mar. 2011. pp. 68 – 80).

En el presente trabajo de investigación se realizó la integración de los aspectos físicos del suelo, el uso de la tierra, antecedentes de humedad y clima; la cantidad de

vehículos que se desplazan por minuto, por hora, por día, por semana, por mes y por año, lo que dará un verdadero indicador del potencial de generación de energía eléctrica por kilómetro, lo que incidirá enormemente en la zona y será de gran importancia para Guatemala.

El modelo a generar será distribuido, esto significa que cambiará en la forma de utilizar el parque vehicular en el espacio territorial de las carreteras, por sus características físicas de los suelos y uso de la tierra, así como los cambios climáticos que se presentan.

### **1.2.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

La región Centroamericana se localiza en el cinturón de fuego del circumpacífico, donde la dinámica de los ecosistemas es muy variada, con la presencia constante de los huracanes provenientes del gran caribe que definen las diferentes zonas bioclimáticas existentes. La República de Guatemala, con una extensión superficial aproximada de 108,889 km<sup>2</sup>, está localizada casi en el centro geográfico de América.

En Guatemala, la diversidad de formas de la tierra o configuración de la superficie, se debe primordialmente a su complejo geológico, diversidad bioclimática e hidrografía conformada por tres vertientes: vertiente del pacífico, del atlántico o mar caribe y del golfo de México. En Guatemala la respuesta a la generación de energía eléctrica es muy limitada, sin embargo representa un elevado costo en la producción de la misma.

La cantidad de vehículos que a diario se desplazan por las diferentes calles y carreteras de la República de Guatemala, lo hacen una zona muy dinámica que, para comprenderla, se necesita generar modelos que simulen escenarios futuros para la planificación sostenible de la generación de energía eléctrica y que contribuyan a disminuir el deterioro ambiental (Álvarez, 2014).

De igual manera se hace necesario dicho estudio para reducir los costos de energía eléctrica y al mismo tiempo crea mecanismos y fuentes alternas a la generación de energía eléctrica.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseño y evaluación de un modelo para determinar la generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

**1.3.2.1.** Diseño y evaluación de un modelo para determinar la generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz

**1.3.2.2.** Recopilar y generar datos de temática digital del desplazamiento superficial automotriz.

**1.3.2.3.** Analizar y generar datos de generación de energía eléctrica para el análisis de la distribución espacial.

**1.3.2.4.** Determinar el balance de generación de energía eléctrica superficial con dos modelos disponibles.

**1.3.2.5.** Analizar los modelos con el diagrama observado y el calculado.

**1.3.2.6.** Validar el modelo de generación de energía eléctrica superficial a partir de la fuerza automotriz

**1.3.2.7.** Determinar la disponibilidad del modelo y efectos por cambios climáticos y biofísicos.

## **1.4. METODOLOGÍA**

### **1.4.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y POLÍTICA**

El presente proyecto de investigación se desarrolló en dos fases: fase de gabinete y fase de campo. Se realizó en diferentes calles y carreteras del departamento de Guatemala, que reunían las condiciones de privacidad, confidencialidad y seguridad del equipo a implementar. Los modelos se desarrollaron principalmente en el interior de la Universidad del Istmo, que permitió la evaluación y calibración del equipo con la seguridad necesaria.

#### **1.4.1.1. Fase de Gabinete**

La fase de gabinete del presente proyecto de investigación se desarrolló en la Universidad del Istmo en la 7ª. Av. 3-67 zona 13 ciudad de Guatemala, ubicada en las coordenadas geográficas latitud norte 14° 35' 59" y longitud oeste 90° 31' 43"; con una altitud de 1,492 msnm. Con una precipitación pluvial de 2,500 mm. Con temperatura máxima de 32°, temperatura mínima de 12°, y una temperatura promedio de 18° grados centígrados.

#### **1.4.1.2. Fase de Campo**

Ésta comprende dos etapas:

- Se construyó un Sistema teórico que permitiera la generación de energía eléctrica a partir de un diseño fácil de construir, económico y funcional. En este apartado del documento no se desarrollará la información, dado que será un producto sujeto a patentar.
- Es conveniente que se contacte con los investigadores principales para explicar la metodología empleada, y así aclarar dudas que hayan surgido al respecto.
- Aunque en el proyecto inicial se habían planteado dos propuestas, conforme la investigación fue avanzando se sugirió una tercera, que por su complicación y

falta de aportes económicos por parte de CONCYT no continuó el curso deseado; pero se incluye en este trabajo de investigación ya que podría ser, en un futuro, un nuevo proyecto de investigación muy promisorio.

## **PARTE II**

# **MARCO TEÓRICO**

## PARTE II MARCO TEÓRICO

### 2.1. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En general, la **generación de energía eléctrica** consiste en transformar alguna clase de energía química, mecánica, térmica o luminosa, entre otras, en energía eléctrica. Para la generación industrial se recurre a instalaciones denominadas centrales eléctricas, que ejecutan alguna de las transformaciones citadas. Estas constituyen el primer escalón del sistema de suministro eléctrico, (Barbol, 2007).

Desde que Nikola Tesla descubrió la corriente alterna y la forma de producirla en los alternadores, se ha llevado a cabo una inmensa actividad tecnológica para llevar la energía eléctrica a todos los lugares habitados del mundo, por lo que, junto a la construcción de grandes y variadas centrales eléctricas, se han construido sofisticadas redes de transporte y sistemas de distribución. Sin embargo, el aprovechamiento ha sido y sigue siendo muy desigual en todo el planeta. Así, los países industrializados o del Primer Mundo son grandes consumidores de energía eléctrica, mientras que los países del llamado Tercer Mundo, apenas disfrutan de sus ventajas.

La energía es sinónimo de desarrollo humano, social y económico. Sin energía no hay electricidad, industria, transporte, salud, educación, iluminación y seguridad.

Una de las grandes problemáticas actuales en el mundo es alcanzar la seguridad energética. Este tema se mantuvo durante casi dos décadas fuera de la agenda política a nivel mundial. Sin embargo, esta tendencia se modificó desde el año 2000, cuando inicia la subida de precios del petróleo, (Barbol, 2007).

## IMAGEN No. 1 PLANTA NUCLEAR EN CATTENOM, FRANCIA



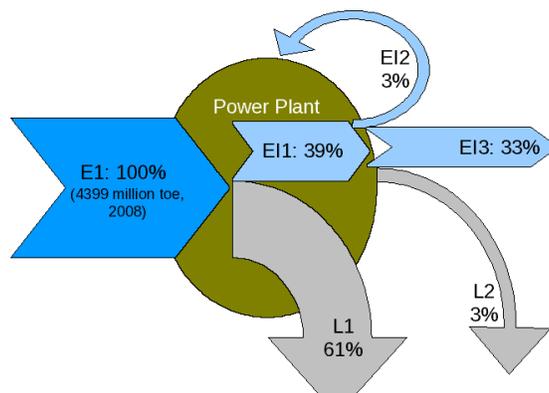
Fuente: Kühn, Stefan. Planta nuclear en Cattenom, Francia. Imagen Digital. *Nuclear Power Plant Cattenom.jpg*. Wikimedia Commons, 1 Abril 2005.

La demanda de energía eléctrica de una ciudad, región o país tiene una variación a lo largo del día. Esta variación se da en función de muchos factores, entre los que destacan: tipos de industrias existentes en la zona y turnos que realizan en su producción, climatología extrema de frío o calor, tipo de electrodomésticos que se utilizan más frecuentemente, tipo de calentador de agua que haya instalado en los hogares, la estación del año y la hora del día en que se considera la demanda. La generación de energía eléctrica debe seguir la curva de demanda y, a medida que aumenta la potencia demandada, se debe incrementar la potencia suministrada. Esto conlleva el tener que iniciar la generación con unidades adicionales, ubicadas en la misma central o en centrales reservadas para estos períodos. En general los sistemas de generación se diferencian por el periodo del ciclo en el que está planificado que sean utilizados; se consideran de base la nuclear y la eólica, de valle la termoeléctrica de combustibles fósiles, y de pico la hidroeléctrica, principalmente (los combustibles fósiles y la hidroeléctrica también pueden usarse como base si es necesario), (Burrough P. A. 1991).

En el año 2008, la economía mundial atravesó por una crisis financiera cuyos efectos se vieron reflejados en los precios de los combustibles. Esta situación implicó que los más utilizados –como petróleo, gas natural y carbón- reflejaran incrementos importantes en sus precios. Ello plantea un reto al Estado de Guatemala en el sentido de incrementar la

producción petrolera y transformar las fuentes de generación de energía a recursos renovables que coadyuven a eliminar la dependencia de la factura petrolera y promuevan la producción de energía más limpia.

### DIAGRAMA No. 1 FLUJO DE ENERGÍA EN CENTRALES ELÉCTRICAS



Fuente: Masaqui. Corriente de Energía. Imagen Digital.  
*Ene Flow Pow Plt Uni.jpg*. Wikimedia Commons, 2 Junio 2011.

Dependiendo de la fuente primaria de energía utilizada, las centrales generadoras se clasifican en termoeléctricas (de carbón, petróleo, gas, nucleares y solares termoeléctricas), hidroeléctricas (aprovechando las corrientes de los ríos o del mar: mareomotrices), eólicas y solares fotovoltaicas. La mayor parte de la energía eléctrica generada a nivel mundial proviene de los dos primeros tipos de centrales reseñados. Todas estas centrales, excepto las fotovoltaicas, tienen en común el elemento generador, constituido por un alternador, movido mediante una turbina que será distinta dependiendo del tipo de energía primaria utilizada, (Masaqui, 2014).

Por otro lado, un 64% de los directivos de las principales empresas eléctricas consideran que en el horizonte de 2018 existirán tecnologías limpias, WN, asequibles y renovables de generación local, lo que obligará a las grandes corporaciones del sector a un cambio de mentalidad.

La amplia biodiversidad de Guatemala permite contar con recursos naturales para la generación de energía. Entre los recursos se encuentra el potencial hidrocarburífero, potencial hídrico, potencial geotérmico, potencial solar, potencial eólico, y el potencial biomásico que proviene de la industria azucarera que ha crecido en los últimos años. La siguiente gráfica muestra el potencial energético del país y el nivel de aprovechamiento.

**TABLA No. 1 RECURSOS NATURALES PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA**

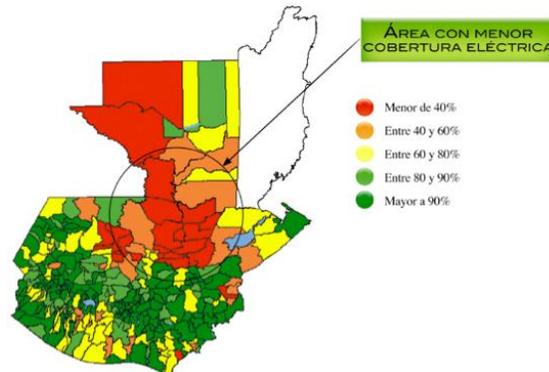
RECURSO	ESTIMADO	APROVECHAMIENTO
Petróleo	Reserva de 195,146,605 barriles	Producción de 10,500 barriles / día
Gas natural	No contabilizado	Sin aprovechar
Potencial hidroeléctrico	6,000 MW	Aprovechado un 15%
Potencial geotérmico	1,000 MW	Aprovechado un 5%
Potencial eólico	280 MW	Sin aprovechar
Potencial solar	5.3 kWh/m <sup>2</sup> /día	Utilizado en sistemas aislados
Potencial biomásico	No contabilizado	306.5 MW aprovechados

Fuente: Dirección General de Hidrocarburos. Ministerio de Energía y Minas

Las principales fuentes de energía renovable de Guatemala son la hidroeléctrica y la biomasa. La generación con biomasa se produce principalmente utilizando como combustible el bagazo de la caña de azúcar, siendo de gran importancia porque contribuye a incrementar la seguridad de abastecimiento de energía. La zafra azucarera (cosecha de la caña de azúcar) se lleva a cabo en los meses de la época seca, complementándose con la de generación hidroeléctrica, que durante los meses de la zafra ve mermado su aporte de energía, (Herrar Ibáñez, 1995).

El siguiente mapa muestra la cobertura eléctrica municipal. El de mayor cobertura eléctrica es el departamento de Guatemala con un 97 %, mientras que el de menor cobertura es el departamento de Alta Verapaz con un 35 %.

### MAPA No. 1 COBERTURA ELÉCTRICA MUNICIPAL



Fuente: Dirección General de Energía, Ministerio de Energía y Minas

La distribución de la energía eléctrica en el país se realiza a través de tres empresas principales: Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. (EEGSA), Distribuidora de Electricidad de Oriente S.A. (DEORSA), y Distribuidora de Electricidad de Occidente S.A. (DEOCSA). El consumo de energía en GWh registrado por las tres distribuidoras supera los 4,600 GWh, de los cuales el 59% corresponde a la empresa EEGSA, 23 % a DEOCSA y el restante 18 % a DEORSA.

### IMAGEN No. 2 ROTOR DE UNA TURBINA DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA



Fuente: Frobles. Rotor de una turbina de una central termoeléctrica. Imagen Digital. Archivo: *Turbina De Vapor.jpg*. Wikimedia Commons, 24 Mayo 2008.

Una central termoeléctrica es una instalación empleada para la generación de energía eléctrica a partir de calor. Este calor puede obtenerse tanto de combustibles fósiles (petróleo, gas natural o carbón) como de la fisión nuclear del uranio u otro combustible nuclear o del sol como las solares termoeléctricas. Las centrales que en el futuro utilicen la fusión también serán centrales termoeléctricas, (Frobles, 2014).

En su forma más clásica, las centrales termoeléctricas consisten en una caldera en la que se quema el combustible para generar calor que se transfiere a unos tubos por donde circula agua, la cual se evapora. El vapor obtenido, a alta presión y temperatura, se expande a continuación en una turbina de vapor, cuyo movimiento impulsa un alternador que genera la electricidad. Luego el vapor es enfriado en un Condensador donde circula por tubos agua fría de un caudal abierto de un río o por torre de refrigeración.

En las centrales termoeléctricas denominadas de ciclo combinado se usan los gases de la combustión del gas natural para mover una turbina de gas. En una cámara de combustión se quema el gas natural y se inyecta aire para acelerar la velocidad de los gases y mover la turbina de gas. Como, tras pasar por la turbina, esos gases todavía se encuentran a alta temperatura (500 °C), se reutilizan para generar vapor que mueve una turbina de vapor. Cada una de estas turbinas impulsa un alternador, como en una central termoeléctrica común. El vapor luego es enfriado por medio de un caudal de agua abierto o torre de refrigeración como en una central térmica común. Además, se puede obtener la cogeneración en este tipo de plantas, al alternar entre la generación por medio de gas natural o carbón. Las mismas están en capacidad de producir energía más allá de la limitación de uno de los dos insumos y pueden dar un paso a la utilización de fuentes de energía por insumos diferentes, (Frobles, 2014).

Las centrales térmicas que usan combustibles fósiles liberan a la atmósfera dióxido de carbono (CO<sup>2</sup>), considerado el principal gas responsable del calentamiento global.

También, dependiendo del combustible utilizado, pueden emitir otros contaminantes como óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, partículas sólidas (polvo) y cantidades

variables de residuos sólidos. Las centrales nucleares pueden contaminar en situaciones accidentales y también generan residuos radiactivos de diversa índole.

**IMAGEN No. 3 PLANTA SOLAR TERMOELÉCTRICA POR TECNOLOGÍA DE TORRE EN SEVILLA, ESPAÑA**



Fuente: Afloresm. Central termosolar funcionando en Sevilla, España. Digital image.  
*Archivo:PS10 Solar Power Tower 2.jpg*. Wikimedia Commons, 23 Sept. 2007.

Una central térmica solar o central termosolar es una instalación industrial en la que, a partir del calentamiento de un fluido mediante radiación solar y su uso en un ciclo termodinámico convencional, se produce la potencia necesaria para mover un alternador para generación de energía eléctrica como en una central térmica clásica.

En ellas es necesario concentrar la radiación solar para que se puedan alcanzar temperaturas elevadas, de 300 °C hasta 1000 °C, y obtener así un rendimiento aceptable en el ciclo termodinámico, que no se podría obtener con temperaturas más bajas. La captación y concentración de los rayos solares se hacen por medio de espejos con orientación automática que apuntan a una torre central donde se calienta el fluido, o con mecanismos más pequeños de geometría parabólica.

El conjunto de la superficie reflectante y su dispositivo de orientación se denomina heliostato. Su principal problema medioambiental es la necesidad de grandes extensiones de territorio que dejan de ser útiles para otros usos (agrícolas, forestales, etc.), (Afloresm, 2014).

En el año 2011 cerca del 34% del consumo de energía de Guatemala provenía de los derivados del petróleo; ello implica que el precio de energía se vea influenciado por factores externos y también conlleva la existencia de dependencia del exterior para la provisión de este servicio.

El país cuenta con una diversidad de fuentes de recursos naturales para la generación de energía, lo cual representa una ventaja para cubrir la demanda del servicio de energía eléctrica. No obstante, en la actualidad existe el reto de aprovechar de manera sostenible los recursos naturales para minimizar los impactos que puedan generarse al medio ambiente.

Por esta razón, es importante que el Estado de Guatemala tenga como objetivo generar acciones orientadas a los procesos de transformación de la matriz energética que permitan la sostenibilidad de los recursos naturales y la creación de condiciones para que el país pueda alcanzar su soberanía energética, (Afloresm, 2014).

La fuente de energía que más se utiliza en el país es la leña, principalmente para cocción de alimentos en las áreas rurales. El consumo de productos derivados del petróleo se debe al sector transporte y al sector industrial, para la generación de calor en sus procesos productivos.

En el año 2011 el consumo de leña alcanzó el 57% del total de consumo energético en el país. La quema de leña carece de control y frecuentemente se realiza en áreas cerradas generando humos que pueden ser un riesgo para la salud y causar enfermedades respiratorias a los seres humanos. Otro efecto negativo, es la deforestación que causa el consumo de leña, disminuyendo el porcentaje de bosques que tiene el país, (Afloresm, 2014).

#### IMAGEN No. 4 ROTOR DE UNA TURBINA DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA



Fuente: Frobles. Rotor de una turbina de una central hidroeléctrica. Digital image.  
*Archivo:Turbina Hidráulica.jpg*. Wikimedia Commons, 24 May 2008.

Una central hidroeléctrica es aquella que se utiliza para la generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía potencial del agua embalsada en una presa situada a más alto nivel que la central. El agua se lleva por una tubería de descarga a la sala de máquinas de la central, donde mediante enormes turbinas hidráulicas se produce la electricidad en alternadores. Las dos características principales de una central hidroeléctrica, desde el punto de vista de su capacidad de generación de electricidad son:

- La potencia, que es función del desnivel existente entre el nivel medio del embalse y el nivel medio de las aguas debajo de la central, y del caudal máximo turbinable, además de las características de la turbina y del generador.
- La energía garantizada en un lapso determinado, generalmente un año, que está en función del volumen útil del embalse, de la pluviometría anual y de la potencia instalada.

La potencia de una central hidroeléctrica puede variar desde unos pocos MW, hasta varios GW. Hasta 10 MW se consideran minicentrales. En China se encuentra la mayor central hidroeléctrica del mundo (la Presa de las Tres Gargantas), con una potencia instalada de 22.500 MW. La segunda es la Represa de Itaipú (que pertenece a Brasil y Paraguay), con una potencia instalada de 14.000 MW en 20 turbinas de 700 MW cada una.

Esta forma de energía posee problemas medioambientales al necesitar la construcción de grandes embalses en los que acumular el agua, la cual es sustraída de otros usos, incluso urbanos en algunas ocasiones, (Frobles, 2014).

Actualmente se encuentra en desarrollo la explotación comercial de la conversión en electricidad del potencial energético que tiene el oleaje del mar, en las llamadas centrales mareomotrices. Estas utilizan el flujo y reflujo de las mareas. En general pueden ser útiles en zonas costeras donde la amplitud de la marea es más ancha, y las condiciones morfológicas de la costa permitan la construcción de una presa que corte la entrada y salida de la marea en una bahía. Se genera energía tanto en el momento del llenado como en el momento del vaciado de la bobina, (Frobles, 2014).

En Guatemala se cuenta con ocho centrales de generación hidroeléctrica, ellas son: Aguacapa, Xacbal, Jurún Marinalá, Chixoy, Poliwatt, Arizona, Las Palmas, Tampa y Las Vacas.

**GRÁFICA No. 1 CAPACIDAD EÓLICA MUNDIAL TOTAL INSTALADA Y PREDICCIONES 1997-2010**



Fuente: WWEA E.V. Capacidad eólica mundial total instalada y predicciones 1997-2010. Digital image. Archivo: Wind 2006andprediction En.png. Wikimedia Commons, 29 Jan. 2007.

La energía eólica es la que se obtiene del viento, es decir, de la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire o de las vibraciones que dicho viento produce. Los molinos de viento se han usado desde hace muchos siglos para moler el grano, bombear agua u otras tareas que requieren una energía. En la actualidad se usan aerogeneradores para generar electricidad, especialmente en áreas expuestas a vientos frecuentes, como zonas costeras, alturas montañosas o islas, (WWEA E.V, 2014).

La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales al gradiente de presión. El impacto medioambiental de este sistema de obtención de energía es relativamente bajo, pudiéndose nombrar el impacto estético, porque deforman el paisaje, la muerte de aves por choque con las aspas de los molinos o la necesidad de extensiones grandes de territorio que se sustraen de otros usos. Además, este tipo de energía, al igual que la solar o la hidroeléctrica, están fuertemente establecidas por las condiciones climatológicas, siendo aleatoria la disponibilidad de las mismas, (WWEA E.V, 2014).

#### **IMAGEN No. 5      PANEL SOLAR**



Fuente: Tomás, Fernando. Capacidad eólica mundial total instalada 1996-2012 (GW).  
Digital image. *Archivo:Solar Panels.jpg*. Wikimedia Commons, 27 Apr. 2005.

Se denomina energía solar fotovoltaica a la obtención de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos. Los paneles, módulos o colectores fotovoltaicos están formados por dispositivos semiconductores tipo diodo que, al recibir radiación solar, se excitan y

provocan saltos electrónicos, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos. El acoplamiento en serie de varios de estos fotodiodos permite la obtención de voltajes mayores en configuraciones muy sencillas y aptas para alimentar pequeños dispositivos electrónicos, (Tomás, 2014).

A mayor escala, la corriente eléctrica continua que proporcionan los paneles fotovoltaicos se puede transformar en corriente alterna e inyectar en la red eléctrica. Alemania es en la actualidad el segundo productor mundial de energía solar fotovoltaica tras Japón, con cerca de 5 millones de metros cuadrados de colectores de sol, aunque sólo representa el 0,03% de su producción energética total. La venta de paneles fotovoltaicos ha crecido en el mundo al ritmo anual del 20% en la década de los noventa. En la Unión Europea el crecimiento medio anual es del 30%, y Alemania tiene el 80% de la potencia instalada de la unión, (Tomás, 2014).

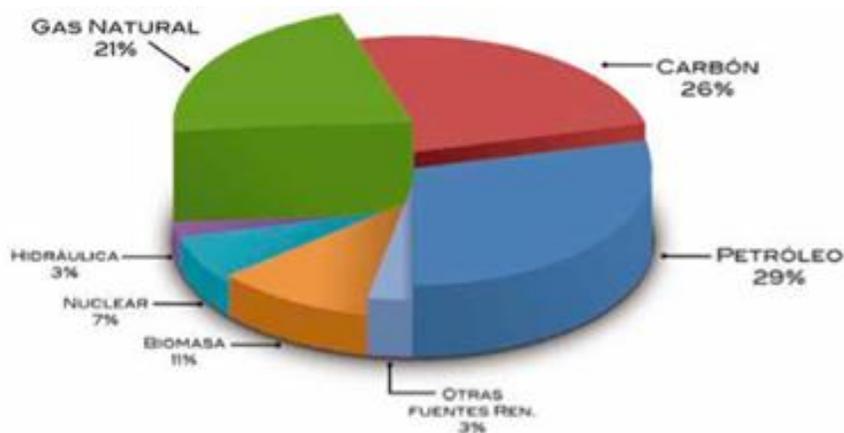
Los principales problemas de este tipo de energía son su elevado coste en comparación con los otros métodos, la necesidad de extensiones grandes de territorio que se sustraen de otros usos, la competencia del principal material con el que se construyen con otros usos (el sílice es el principal componente de los circuitos integrados), o su dependencia de las condiciones climatológicas. Este último problema hace que sean necesarios sistemas de almacenamiento de energía para que la potencia generada en un momento determinado, pueda usarse cuando se solicite su consumo. Se están estudiando sistemas como el almacenamiento cinético, bombeo de agua a presas elevadas, almacenamiento químico, entre otros, (Tomás, 2014).

Con respecto a la demanda mundial de energía, los países enfrentan varios desafíos para definir una política energética que facilite el proceso hacia un desarrollo sostenible. Entre estos desafíos se encuentran los altos precios de los energéticos y su volatilidad; el acceso a recursos para inversión; y el uso eficiente y racional de los recursos energéticos. A este panorama se suma la demanda mundial de energía que, según estadísticas internacional registradas por la Agencia Internacional de Energía (AIE, siglas de US Energy Information Administration), proyectan un crecimiento de la demanda mundial de

energía para el período 2011-2030 de 32%, pasando de 12,324 Mtep, en el año 2011, a 16,206 Mtep, en 2030 (US Energy Information Administration).

Para el año 2011, de la fuente de energía primaria, los principales combustibles que abastecen el consumo mundial son el petróleo (33%), el carbón (30%) y el gas natural (24%). La fuente de energía primaria renovable (incluyendo hidroelectricidad y otras fuentes) aporta únicamente el 8%, el petróleo reduce su participación de 29 a 22%. Asimismo, se incorporan otras fuentes de energía como la biomasa, con un 11%, para llegar a tener una participación de fuentes de energía primaria renovables del 17%. Esto es relevante, ya que reflejaría el resultado del objetivo de las políticas energéticas con un enfoque de desarrollo sostenible, tal como lo preconizan los países que buscan un mayor uso de los recursos renovables, (Tomás, 2014).

**GRÁFICA No. 2 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA MUNDIAL DE ENERGÍA POR TIPO DE FUENTE (PROYECCIÓN AL AÑO 2030)**



Fuente: US Energy Information Administration

La tendencia, a nivel mundial, es buscar la reducción del uso de combustibles fósiles como fuente primaria de energía. Esto se debe principalmente a los compromisos internacionales adquiridos por los diferentes Gobiernos con el propósito de reducir la emisión de gases de efecto invernadero y así hacer frente a los efectos del cambio

climático, contribuyendo a la reducción de contaminación ambiental, (US Energy Information Administration).

Según las estadísticas energéticas de la Dirección General de Energía del Ministerio de Energía y Minas, a nivel centroamericano, Guatemala presenta la mayor capacidad de energía eléctrica (2700 MW), lo que le convierte en el principal exportador de electricidad de Centroamérica y Panamá. En el año 2009, oficialmente empezó a operar la interconexión eléctrica entre Guatemala y México, (US Energy Information Administration).

## 2.2. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PEQUEÑA ESCALA

### IMAGEN No. 6 GRUPO ELECTRÓGENO DE 500 Kva INSTALADO EN UN COMPLEJO TURÍSTICO EN EGIPTO



Fuente: Frobles. Grupo electrógeno de 500 kVA instalado en un complejo turístico en Egipto.  
Digital image. Archivo: *Cumminspower.jpg*. Wikimedia Commons, 11 June 2008.

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador de energía eléctrica a través de un motor de combustión interna. Es comúnmente utilizado cuando hay déficit en la generación de energía de algún lugar, o cuando hay corte en el suministro eléctrico y es necesario mantener la actividad. Una de sus utilidades más comunes es en aquellos lugares donde no hay suministro a través de la red eléctrica, generalmente son zonas agrícolas con pocas infraestructuras o viviendas aisladas, (Frobles, 2014).

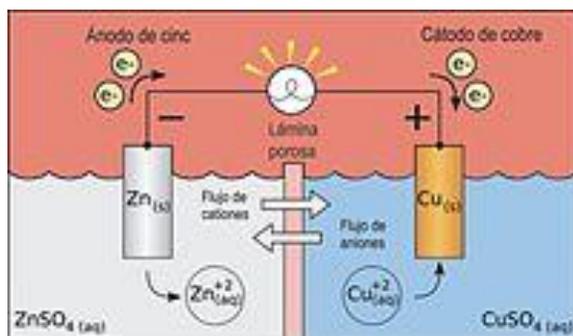
Otro caso es en locales de pública concurrencia, hospitales, fábricas, etc., que, a falta de energía eléctrica de red, necesiten de otra fuente de energía alterna para abastecerse en caso de emergencia. Un grupo electrógeno consta de las siguientes partes:

- **Motor de combustión interna.** El motor que acciona el grupo electrógeno suele estar diseñado específicamente para ejecutar dicha labor. Su potencia depende de las características del generador. Pueden ser motores de gasolina o diesel.

- **Sistema de refrigeración.** El sistema de refrigeración del motor es problemático, por tratarse de un motor estático, y puede ser refrigerado por medio de agua, aceite o aire.
- **Alternador.** La energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado, protegido contra salpicaduras, autoexcitado, autorregulado y sin escobillas, acoplado con precisión al motor. El tamaño del alternador y sus prestaciones son muy variables en función de la cantidad de energía que tienen que generar.
- **Depósito de combustible y bancada.** El motor y el alternador están acoplados y montados sobre una bancada de acero. La bancada incluye un depósito de combustible con una capacidad mínima de funcionamiento a plena carga según las especificaciones técnicas que tenga el grupo en su autonomía.
- **Sistema de control.** Se puede instalar uno de los diferentes tipos de paneles y sistemas de control que existen para controlar el funcionamiento, salida del grupo y la protección contra posibles fallos en el funcionamiento.
- **Interruptor automático de salida.** Para proteger al alternador, llevan instalado un interruptor automático de salida adecuado para el modelo y régimen de salida del grupo electrógeno. Existen otros dispositivos que ayudan a controlar y mantener, de forma automática, el correcto funcionamiento del mismo.
- **Regulación del motor.** El regulador del motor es un dispositivo mecánico diseñado para mantener una velocidad constante del motor con relación a los requisitos de carga. La velocidad del motor está directamente relacionada con la frecuencia de salida del alternador, por lo que cualquier variación de la velocidad del motor afectará a la frecuencia de la potencia de salida.

## DIAGRAMA No. 2

## FUNCIONAMIENTO DE UNA PILA ELÉCTRICA



Fuente: Joselarrucea. Esquema funcional de una pila eléctrica.  
Digital image. Archivo:Pila Galvanica.jpg. Wikimedia Commons, 15 Dec. 2005.

Se denomina ordinariamente pila eléctrica a un dispositivo que genera energía eléctrica por un proceso químico transitorio, tras de lo cual cesa su actividad y han de renovarse sus elementos constituyentes, puesto que sus características resultan alteradas durante el mismo. Se trata de un generador primario. Esta energía resulta accesible mediante dos terminales que tiene la pila, llamados polos, electrodos o bornes. Uno de ellos es el polo positivo o ánodo y el otro es el polo negativo o cátodo. En español es habitual llamarla así, mientras que las pilas recargables o acumuladores, se ha venido llamando batería, (Joselarrucea, 2005).

La primera pila eléctrica fue dada a conocer al mundo por Volta en 1800, mediante una carta que envió al presidente de la *Royal Society* londinense, por tanto son elementos provenientes de los primeros tiempos de la electricidad. Aunque la apariencia de una pila sea simple, la explicación de su funcionamiento dista de serlo y motivó una gran actividad científica en los siglos XIX y XX, así como diversas teorías, y la demanda creciente que tiene este producto en el mercado sigue haciendo de él, objeto de investigación intensa, (Joselarrucea, 2005).

El funcionamiento de una pila se basa en el potencial de contacto entre dos sustancias, mediado por un electrolito. Cuando se necesita una corriente mayor que la que puede suministrar un elemento único, siendo su tensión en cambio la adecuada, se pueden

añadir otros elementos en la conexión llamada en paralelo. La capacidad total de una pila se mide en amperios-hora (A•h); es el número máximo de amperios que el elemento puede suministrar en una hora. Es un valor que no suele conocerse, ya que no es muy claro dado que depende de la intensidad solicitada y la temperatura, (Joselarrucea, 2005).

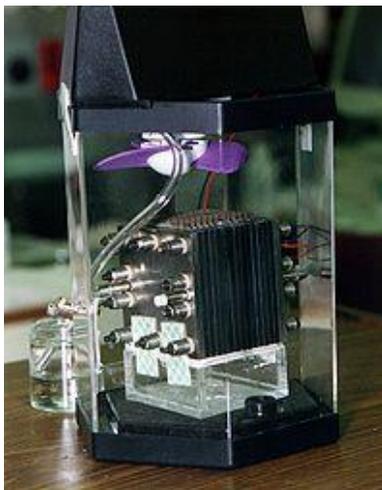
Un importante avance en la calidad de las pilas ha sido la pila denominada seca, al que pertenecen prácticamente todas las utilizadas hoy día (2008). Las pilas eléctricas, baterías y acumuladores se presentan en unas cuantas formas normalizadas en función de su forma, tensión y capacidad que tengan.

Los metales y productos químicos constituyentes de las pilas pueden resultar perjudiciales para el medio ambiente, produciendo contaminación química. Es muy importante no tirarlas a la basura (en algunos países no está permitido), sino llevarlas a centros de reciclado. En algunos países, la mayoría de los proveedores y tiendas especializadas también se hacen cargo de las pilas gastadas. Una vez que la envoltura metálica que recubre las pilas se daña, las sustancias químicas que contienen se ven liberadas al medio ambiente causando contaminación. Con mayor o menor grado, las sustancias son absorbidas por la tierra pudiéndose filtrar hacia los mantos acuíferos y de éstos pueden pasar directamente a los seres vivos, entrando con esto en la cadena alimenticia.

Las pilas son residuos peligrosos por lo que desde el momento en que se empiezan a reunir, deben ser manejadas por personal capacitado que siga las precauciones adecuadas empleando todos los procedimientos técnicos y legales para el manejo de dichos residuos. Estas pilas suelen utilizarse en los aparatos eléctricos portátiles, que son una gran cantidad de dispositivos que se han inventado y que se nutren para su funcionamiento de la energía facilitada por una o varias pilas eléctricas o de baterías recargables.

Entre los dispositivos de uso masivo destacan juguetes, linternas, relojes, teléfonos móviles, marcapasos, audífonos, calculadoras, ordenadores personales portátiles, reproductores de música, radio transistores, mando a distancia, etc.

## IMAGEN No. 7 PILA DE HIDRÓGENO



Fuente: Fuel\_cell\_NASA\_p48600ac.jpg. Pila de Hidrógeno.  
Digital image. *File:Fuel Cell NASA P48600ac Sh.jpg*. Wikimedia Commons, 12 Enero. 2005.

Una celda, célula o pila de combustible es un dispositivo electroquímico de generación de electricidad similar a una batería, que se diferencia de esta en estar diseñada para permitir el reabastecimiento continuo de los reactivos consumidos. Esto permite producir electricidad a partir de una fuente externa de combustible y de oxígeno, en contraposición a la capacidad limitada de almacenamiento de energía de una batería. Además, la composición química de los electrodos de una batería cambia según el estado de carga, mientras que en una celda de combustible los electrodos funcionan por la acción de catalizadores, por lo que son mucho más estables, (Fuel\_cell\_NASA).

En las celdas de hidrógeno los reactivos usados son hidrógeno en el ánodo y oxígeno en el cátodo. Se puede obtener un suministro continuo de hidrógeno a partir de la electrólisis del agua, lo que requiere una fuente primaria de generación de electricidad, o a partir de reacciones catalíticas que desprenden hidrógeno de hidrocarburos. El hidrógeno puede almacenarse, lo que permitiría el uso de fuentes discontinuas de energía como la solar y la eólica. El hidrógeno gaseoso ( $H_2$ ) es altamente inflamable y explosivo, por lo que se están desarrollando métodos de almacenamiento en matrices porosas de diversos materiales, (Fuel\_cell\_NASA).

## **Generador termoeléctrico de radioisótopos**

Un generador termoeléctrico de radioisótopos es un generador eléctrico simple que obtiene su energía de la liberada por la desintegración radiactiva de determinados elementos. En este dispositivo, el calor liberado por la desintegración de un material radiactivo se convierte en electricidad directamente gracias al uso de una serie de termopares, que convierten el calor en electricidad gracias al efecto Seebeck en la llamada Unidad de calor de radioisótopos (o RHU en inglés). Los RTG se pueden considerar un tipo de batería y se han usado en satélites, sondas espaciales no tripuladas e instalaciones remotas que no disponen de otro tipo de fuente eléctrica o de calor. Los RTG son los dispositivos más adecuados en situaciones donde no hay presencia humana y se necesitan potencias de varios centenares de vatios durante largos períodos de tiempo, situaciones en las que los generadores convencionales como las pilas de combustible o las baterías no son viables económicamente y donde no pueden usarse células fotovoltaicas.

Los modelos que determinarán la generación de energía eléctrica superficial en las carreteras del país necesitarán de diversas variables, provenientes de fuentes estadísticas sobre aspectos climáticos y biofísicos, pero no en todas las zonas geográficas poseen suficiente información, principalmente a escalas de detalle o semidetalle como en la región Centro Americana. Es así como la selección de los modelos a utilizar en la evaluación de generación de energía eléctrica con la ayuda del desplazamiento superficial de los vehículos dependen de la información que se tenga a disposición o se genere en un tiempo determinado.

El presente proyecto de investigación se ubicará en la Universidad del Istmo para posteriormente evaluarlo en una carretera de alta densidad automovilística en la Ciudad de Guatemala, o en el interior del país, esto dependerá del éxito que se vaya alcanzando y de la aceptación de los gobiernos municipales.

El objetivo general de la investigación es crear un modelo que genere energía eléctrica con el desplazamiento superficial de los vehículos en las diferentes carreteras del país.

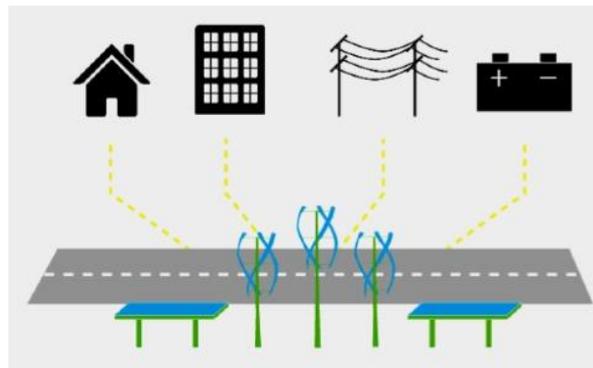
Los métodos y técnicas propuestos en el proyecto de investigación consistirán en la investigación básica de los principios elementales y que ya existen en el mercado, para posteriormente evaluar los costos de producción en la generación de la misma.

### Casos Análogos

#### Recolección de Energía Renovable a lo largo del camino

Este sistema de recolección consiste en la generación de energía a lo largo de carreteras con el uso de materiales piezoeléctricos aplicándolos a reductores de velocidad. Al proyecto también se integran sistemas como paneles solares en la intersección de carreteras y turbinas de viento, (Leora, 2009).

#### IMAGEN No. 8 UN AUTOMÓVIL TOMA LA ENERGÍA DE LA CARRETERA



Fuente: Broydo Vestel, Leora. The Green Roadway.  
Digital image. *Harvesting Clean Energy Along the Road*. Arthur Ochs Sulzberger, Jr., 23 July 2009.

Este sistema consiste en un automóvil eléctrico que toma la energía desde la carretera. Es un proceso de carga inalámbrica a través de inducción eléctrica. Los receptores están montados en la parte inferior del coche, y hay pequeñas baterías a bordo, que sirven como un amortiguador para cuando el coche sale de las pistas conductoras eléctricas, (Leora, 2009).

## IMAGEN No. 9 GENERACIÓN DE CARRETERAS PIEZOELÉCTRICAS PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA



Fuente: Edwards, Lin. E-Quickie.

Digital image. Demonstration Electric Car Draws Energy from the Road. Phys.org, 14 Sept. 2010.

La carretera contiene cristales piezoeléctricos que producen electricidad cuando se aprieta, lo que les permite generar energía. El efecto piezoeléctrico convierte la tensión mecánica en corriente eléctrica o voltaje, y el sistema se espera que genere hasta 400 kilovatios de un tramo de 1-kilómetro de autovía, (Edwards, 2010).

## IMAGEN No. 10 OTRAS FUENTES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA



Fuente: Hanlon, Mike. Energy Harvestings Systems.

Digital image. Piezoelectric Road Harvests Traffic Energy to Generate Electricity. Gizmag, 14 Dec. 2008.

El sistema consiste en una rampa en la carretera que genera energía eléctrica gratuita al pasar las unidades de tráfico sobre él, (Hanlon, 2008).

El ruido de aviones y transporte terrestre puede producir energía eléctrica: es un sistema de generación eléctrica a través de las vibraciones de la carretera producida por el tráfico y el ruido de los aeropuertos, (Hanlon, 2008).

## **PARTE III**

# **RESULTADOS**

### **PARTE III RESULTADOS**

El modelo que se presenta, para determinar la generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz, vendría a proponer un nuevo desafío en la dinámica nacional ante el incremento de tránsito vehicular que anualmente afecta a nuestro país y contribuiría al desarrollo energético para el país que la naturaleza múltiple de la crisis actual demanda a los estadistas y dirigentes del mundo, explorar soluciones no tradicionales, que apunten a cambios radicales. En este contexto, también para Guatemala, la seguridad energética es estratégica para que sobrellevar estas crisis globales.

A través del monitoreo continuo de los parámetros de generación de energía eléctrica se podrá generar un modelo para determinar la disponibilidad del parque vehicular con el desplazamiento superficial, el modelo podrá simular los cambios biofísicos y climáticos que afecten el ciclo de generación de energía.

Los métodos y técnicas a utilizar brindarán los lineamientos para monitorear el recurso parque vehicular en las principales carreteras del país.

La información generada también puede utilizarse para estudios sobre la potencialidad del desplazamiento vehicular, para la generación de energía hidroeléctrica.

Los resultados de la investigación se podrán utilizar para la planificación sostenible del recurso en la región metropolitana.

Aunque en el proyecto inicial se habían planteado dos propuestas, conforme la investigación fue avanzando se sugirió una tercera, que por su complicación y falta de aportes económicos por parte de CONCYT no continuó el curso deseado; pero se incluye en este trabajo de investigación ya que podría ser, en un futuro, un nuevo proyecto de investigación muy promisorio.

### **3.1 PROPUESTA 1: GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE LA PROPUESTA DE IMANES DISPUESTOS Y LA ROTACIÓN DE LOS NEUMÁTICOS DEL VEHÍCULO**

#### **3.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA PROPUESTA**

**3.1.1.1.** Diseño y evaluación de un modelo para determinar la generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz.

**3.1.1.2.** Recopilar y generar datos de temática digital del desplazamiento superficial automotriz.

**3.1.1.3.** Analizar y generar datos de generación de energía eléctrica para el análisis de la distribución espacial.

**3.1.1.4.** Determinar el Balance de generación de energía eléctrica superficial con dos modelos disponibles.

**3.1.1.5.** Analizar los modelos con el diagrama observado y el calculado.

**3.1.1.6.** Determinar la disponibilidad del modelo y efectos por cambios climáticos y biofísicos.

**3.1.1.7.** Determinar la factibilidad de elaborar un modelo o prototipo para generar energía eléctrica a partir de una serie de imanes dispuestos de forma concéntrica en los neumáticos de un vehículo.

### 3.1.2. METODOLOGÍA

La propuesta se desarrolló en la Universidad del Istmo en la 7ª. Av. 3-67 zona 13 ciudad de Guatemala, ubicada en las coordenadas geográficas latitud norte 14° 35' 59" y longitud oeste 90° 31' 43"; con una altitud de 1,492 msnm. Con una precipitación pluvial de 2,500 mm. Con temperatura máxima de 32° y temperatura mínima de 12°, con una temperatura promedio de 18° grados centígrados.

Las características de la metodología utilizada para el proyecto de investigación se describen de acuerdo a distintas variables indicadas a continuación, asimismo se identifican los principales contenidos que se abarcarán para cumplir con los objetivos planteados al inicio.

**Las variables que se han tomado en cuenta para la metodología de investigación son:**

- a. Por el grado de aplicabilidad
  - b. Por el grado de profundidad
  - c. Por el enfoque metodológico
  - d. Por el origen de los datos
  - e. Por la duración del estudio
- 
- a. **Por el grado de aplicabilidad:** Se establece que la presente investigación es de carácter documental y aplicada ya que los datos e información teórica que la respaldan serán utilizados para elaborar la propuesta de solución del nuevo modelo de generación de energía, considerando que pueda cumplir con las premisas de ser de fácil fabricación, modificación vehicular y montaje.
  - b. **Por el grado de profundidad:** Se considera una investigación de tipo descriptiva porque pretende puntualizar en todas las características de este nuevo modelo de generación de energía, asimismo la descripción y comparación con otros sistemas similares con base a principios de inducción electromagnética.

- c. Por el enfoque metodológico:** Es una investigación experimental, ya que a partir del planteamiento inicial del problema y premisas de la investigación, se buscó demostrar que la propuesta del modelo de generación de energía, planteado como un sistema de generación de energía eléctrica a partir de los imanes dispuestos y rotaciones de los neumáticos del vehículo, por ser verdaderamente efectivos a nivel generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz.
- d. Por el origen de los datos:** es mixta, considerando que la información de referencia y datos teóricos se obtuvieron de bibliografía existente, casos análogos, trabajo de campo, entrevistas con expertos y uso de instrumentos de validación.
- e. Por la duración del estudio:** es de tipo transversal, pues se buscó encontrar en un tiempo definido - en este caso, veinte y cuatro meses según lo establecido en el protocolo y contrato con el CONCYT- diseñar el modelo de generación de energía eléctrica a partir de la propuesta de imanes dispuestos y la rotación de los neumáticos del vehículo y la elaboración del prototipo *simulador* que validó dicho sistema.

### **Validación del Simulador**

- Investigación sobre principios de inducción electromagnética.
- Diseño de propuesta de modelo simulando los neumáticos del vehículo y los elementos para inducir energía eléctrica
- Desarrollo del prototipo simulador de los componentes del vehículo, como el eje, los neumáticos y el movimiento angular producido.
- Simulación con base a la toma de resultados y análisis de resultados.

### **3.1.3. MATERIAL DE REFERENCIA**

#### **3.1.3.1. Imanes**

##### **A. Imán**

Un imán es un material que es capaz de producir un campo magnético exterior y puede atraer objetos que contengan los elementos: hierro, cobalto y níquel. Los imanes pueden ser naturales como la magnetita y estos manifiestan sus propiedades de forma permanente. Estos también pueden ser artificiales, los cuales se obtienen a partir de aleaciones con diferentes metales.

La capacidad de atracción en los imanes se encuentra en sus extremos, llamados polos. Estos se denominan norte o sur, ya que tienden a orientarse según los polos de la Tierra. La región del espacio donde se manifiesta la acción de un imán se le llama campo magnético. Este se representa mediante líneas de fuerza, imaginarias y cerradas que van desde un polo hacia otro. Estas líneas van del polo norte al polo sur, por fuera del imán y en sentido contrario en el interior, (Cañamero, A. 2004).

##### **B. Magnetismo**

Una corriente eléctrica genera un campo magnético a su alrededor. En el interior de la materia, por el otro lado existen pequeñas corrientes cerradas que surgen debido al movimiento de los electrones que contienen los átomos. Cada una de estas origina un muy pequeño imán o dipolo. Cuando estos se encuentran orientados en todas direcciones sus efectos se anulan mutuamente y el material no presenta propiedades magnéticas. En el otro caso, si todos los dipolos se alinean, actúan como un único imán, (Cañamero, A. 2004).

##### **C. Hacer un imán**

Para construir un imán lo que se tiene que lograr es animar los dominios magnéticos en un trozo de metal para que estos (los polos internos) apunten en la misma dirección. Esto es lo que sucede cuando se expone un clavo a un imán,

magnetizado; la exposición al campo magnético incita a que los dominios se alineen, (Cañamero, A. 2004).

Para hacer un imán y lograr que los polos de una pieza de metal se alineen se debe ubicar un potente campo magnético en dirección norte-sur y golpeando con un martillo. De esta manera se alinearan ambos puntos, por último se debe pasar una corriente eléctrica a través de él. El campo ejerce una fuerza sobre el material animando los polos, (Cañamero, A. 2004).

Para lograr que los polos comiencen a animarse, se toma un pequeño tiempo llamado histéresis, entre la aplicación del campo y el cambio de dominios. Este método, se encuentra dentro de las teorías científicas sobre cómo las piedras de imán se forman. Otras teorías dicen que las piedras magnéticas se formaron cuando se formó la tierra; los dominios se alinearon con el campo magnético de la tierra mientras el óxido de hierro era flexible.

**Lo que ocurre durante este método se explica a continuación:**

- El dominio magnético rota, permitiendo que se alineen por las líneas norte-sur del campo magnético.
- Los dominios que ya se han alineado en dirección norte-sur, se vuelven más grandes, al mismo tiempo que los dominios de alrededor se vuelven cada vez más pequeños.
- Las paredes de los dominios entre los polos vecinos, se mueven físicamente para acomodarse al crecimiento del dominio. En un campo fuerte, algunas de las paredes desaparecen completamente.

La potencia del imán resultante depende de la cantidad de fuerza usada para mover los dominios. Su permanencia depende de lo difícil que resulte animar los dominios para que se alineen. Los materiales difíciles de magnetizar generalmente retienen su magnetismo por periodos más largos, por otro lado, aquellos que resultan fáciles de imantar, usualmente vuelven a su estado no magnético en un periodo corto, (Co., Eagle Tyre, 2013).

### 3.1.3.2. Acoplamiento al aro de la llanta

#### A. Las llantas están compuestas de los siguientes materiales. (Gómez, 2004).

1. **Aleación de acero:** estas llantas son más utilizadas, especialmente en vehículos de gama baja y media debido a sus buenas cualidades mecánicas y su bajo coste. Son duras ya que la resistencia del material no permite un diseño con radios. Tienen un peso muy elevado.
2. **Aluminio:** cada vez son más frecuentes, permiten diseños variados ya que el material es muy resistente. Son aptas para vehículos deportivos. Su peso es más ligero pero su precio es elevado.
3. **Magnesio:** se utilizan en la competición (Fórmula 1, Nascar, etc). El material, así como su costoso y exigente proceso de fabricación convierten a estas llantas en lujo para los consumidores. Sus grandes ventajas son: resistencia, ligereza extrema.

#### B. Las aleaciones son combinaciones diversas de estos materiales. Los procesos varios se pueden resumir en cuatro. (Gómez, 2004).

1. **Fabricación en molde por gravedad:** se introduce el metal fundido en un molde y se deja enfriar.
2. **Por inyección:** en un molde completamente cerrado al vacío se inyecta el metal fundido a presión. De esta manera se consigue un mejor compactado del material y una llanta más rígida y resistente.
3. **Tratamiento térmicos:** la fabricación en molde o por inyección se puede combinar con tratamientos térmicos como el recocido a 260 grados o el bonificado, que puede ser por temple (mantener el material 18 horas a 415 grados) o maduración (15 horas a 170 grados). Mejoran la resistencia y la dureza del material.

4. **Forjadas:** fabricadas y acabadas a mano. Se hacen por encargo de clientes que quieren decorar su automóvil con unas llantas únicas y exclusivas, sin importar el elevado precio, que puede alcanzar los 1.000 euros.

### C. Unión de las llantas. (Gómez, 2004).

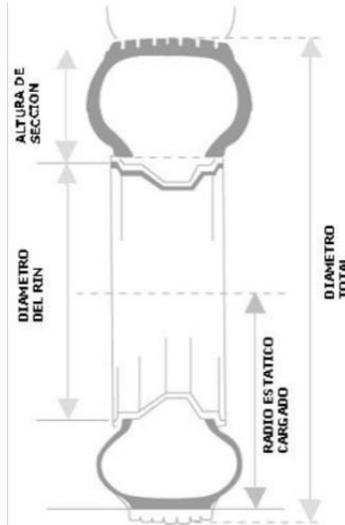
1. **Llantas de 2 piezas:** núcleo (estrella unida al chasis) y llanta (el cilindro de metal sobre el que se monta el neumático)
2. **Llanta de tres piezas:** núcleo, semillanta interior (la parte de la llanta que se introduce sobre el eje de la suspensión) y aro exterior (la parte de la llanta que sobresale desde el núcleo).
3. **Cuatro piezas:** doble núcleo que permite varias combinaciones de posición relativa de uno respecto a otro, semillanta interior y aro exterior.

### D. Medidas de la llanta. (Gómez, 2004).

1. **Profundidad:** esta indica la profundidad del dibujo del piso de la llanta (puede estar expresada en milímetros o pulgadas).
2. **Diámetros total externo:** es el diámetro de la llanta cuando está montada en el rin, inflada a la presión indicada sin ninguna carga.
3. **Ancho total:** es el ancho de la llanta incluyendo el ensanchamiento normal debido al inflado, así como las barras, letras y decoraciones grabadas en su capa exterior.
4. **Altura del costado:** medido en porcentaje del ancho total de la llanta. Ej. Medida p205/60 R13 significa que la altura del costado la llanta es el 60% del ancho total de la llanta que es 205, estas medidas son en milímetros.

5. **Radio cargado:** es la distancia desde el centro del eje de la llanta hasta la superficie de contacto con el suelo cuando está montada en el rin y soportando una carga específica.

**IMAGEN No. 11      PERFIL DE UNA LLANTA CON SU ARO**



Fuente: Radio estático de carga.

Digital image. *Maxycauchos-Información Técnica* Maxycauchos, 17 Sept. 2010.

**E. Balanceo de los aros y rines**

Un mal balanceo de las llantas o una mala alineación puede causar que el auto se jale hacia un lado, vibraciones cuando se está conduciendo sobre superficies planas, desgaste irregular de la llanta, consumo excesivo de combustible y pérdida de estabilidad. Las llantas y los rines se desbalancean por la diferencia de pesos en los elementos que los componen, (Enriquez, 2013).

Para arreglar el desequilibrio se añaden pesas a la llanta sobre las partes internas y externas del rin, equilibrando la superficie de la llanta. La combinación exacta de dos equilibrios (estático y dinámico) da como resultado una llanta balanceada, (Enriquez, 2013).

### **El proceso de balanceo se detalla a continuación:**

Para determinar el grado de desequilibrio radial y lateral de las llantas y los rines, se mide la llanta cuyos desequilibrios máximos permitidos de 0.035pulg para el radial y 0.045pulg para el lateral. Estos cálculos se hacen en el punto donde se fija la pestaña de la llanta. Si la llanta no cumple con esas especificaciones se debe reemplazar con una nueva. Si se encuentra dentro de los límites sí se puede llegar a cumplir el equilibrio dinámico y lateral, (Enriquez, 2013).

Estos procesos deben de estar periódicamente verificados. Este tipo de impacto puede doblar el rin y causar la pérdida de presión de aire o dañar las llantas de manera imperceptible.

### **3.1.3.3. Receptor (inductor)**

#### **A. Receptor eléctrico**

Un receptor eléctrico es todo dispositivo, aparato o máquina capaz de transformar la energía eléctrica que recibe en cualquier otra clase de energía. Tienen 2 características básicas:

- Fuerza electromotriz (es la energía consumida por el motor en un segundo por unidad de intensidad)
- Resistencia interna

#### **Hay varias clases de receptores eléctricos, estos pueden ser:**

- **Receptores térmicos:** son dispositivos en los que se transforma la energía en calor (estufas, calentadores, planchas, etc).
- **Receptores lumínicos:** son aparatos que reciben energía eléctrica y la transforman en luz.
- **Receptores electroquímicos:** estos transforman la energía eléctrica en química, dando lugar a que sucedan reacciones químicas.

- **Receptores mecánicos:** estos transforman la energía eléctrica en energía mecánica (motores eléctricos de corriente continua o alterna)

## **B. Corriente eléctrica**

La corriente eléctrica es la tasa de flujo de carga que pasa por un punto determinado dentro de un circuito eléctrico. Esta es medida en Amperios o en Culombios/segundo. En la mayoría de circuitos eléctricos de DC, se asume que la resistencia al flujo de la corriente es una constante por lo tanto la corriente en el circuito está relacionada con el voltaje y la resistencia. Esta relación existe por medio de la Ley de Ohm, (De Miguel, 2006).

Al cerrar un circuito a través de un elemento conductor, el campo eléctrico creado (diferencia de potencial eléctrico creado por varias fuentes de voltaje) hace que las cargas se pongan en movimiento, dando lugar a una corriente.

### **a) Ley de Kirchhoff**

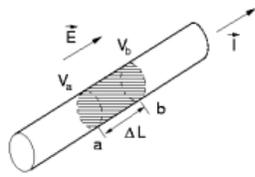
La Ley de Kirchhoff, en cualquier circuito en su estado estacionario, establece que:

1. La suma de todas las diferencias de potencial a lo largo del circuito cerrado debe ser cero, por la ley de la conservación de la energía.
2. En un nudo de ramificación del circuito, la suma de las corrientes que entran y las que salen debe ser cero, por la conservación de la carga.

### **b) Ley de Ohm**

Cuando las cargas están en movimiento las corrientes se deben a la existencia de un campo interno que produce una fuerza en la dirección donde avanza la corriente. Esto se muestra en la figura a continuación, (De Miguel, 2006).

## IMAGEN No. 12 ECUACIÓN LEY DE OHM



$$\Delta V = V_b - V_a = -E \cdot \Delta L$$

$$\vec{E} = -\vec{\nabla} V$$

$$\vec{I} \parallel \vec{E} \Rightarrow |\vec{I}| \propto |\vec{E}| = \frac{\Delta V}{\Delta L}$$

$$I \propto \Delta V \rightarrow I = \left(\frac{1}{R}\right) V \quad \text{: ley de Ohm.}$$

$R$  es un parámetro que representa la resistencia que opone el conductor al paso de la corriente; a nivel atómico, se debe a las colisiones que sufren las cargas durante el arrastre.



Unidades:  $1 \Omega \equiv \frac{1V}{1A}$   
 $1 A \equiv \frac{1C}{1s}$

Fuente: De Miguel, Juanjo. Ley de Ohm.

Digital image. *Circuitos.pdf*. Universidad Autónoma De Madrid, 17 Jan. 2006.

### c) Ley de Faraday

Cualquier cambio del entorno en que se encuentre una bobina de cable, originará un voltaje. Independientemente como se produzca el cambio, el voltaje será generado en la bobina. Estos cambios se pueden deber al cambio en la intensidad de un campo magnético, el movimiento de un imán entrando y saliendo del interior de la bobina, moviendo la bobina hacia adentro y hacia afuera de un campo magnético, girando la bobina dentro de un campo magnético entre otras, (De Miguel, 2006)

### d) Ley de Lenz

La Ley de Lenz afirma que “el sentido de la corriente inducida sería tal que su flujo se opone a la causa que la produce”. Esta plantea que los voltajes inducidos serán de un sentido, de modo que se opongan a la variación del flujo magnético que las produjo. Esta ley se deriva del principio de la conservación de energía, (De Miguel, 2006).

### e) Ley de Ampere

El campo magnético en el espacio que se encuentra alrededor de una corriente eléctrica, es directamente proporcional a la corriente eléctrica que construye su fuente. El campo eléctrico en el espacio, alrededor de una carga, es también proporcional a esa carga que constituye su fuente. La Ley de Ampere establece que para cualquier trayecto de bucle cerrado, la suma de los elementos de longitud, multiplicado por el campo magnético en la dirección de los elementos de longitud, será igual a la permeabilidad multiplicada por la corriente eléctrica encerrada en ese bucle, (De Miguel, 2006).

### 3.1.3.4. Inducción Electromagnética

#### A. Electromagnética

Es el proceso mediante el cual campos magnéticos, generan campos eléctricos. Se crean fuerzas electromotrices (fem) inducidas cuando cambia el flujo magnético al pasar por una bobina, espiral o circuito. Este tema se explica de una mejor manera en la Ley de Inducción de Faraday. Ésta dice que la corriente inducida en un circuito cerrado es proporcional a la rapidez con que cambia, con el tiempo, el flujo magnético que lo atraviesa. Bajo este principio se basa el funcionamiento de los generadores eléctricos y transformadores.

### IMAGEN No. 13 VOLTAJE EN BOBINA DE ACUERDO A LEY FARADAY



Fuente: Roldán, Pablo. Voltaje generado por un imán dentro de la bobina. Digital image. *Inducción Electromagnética*. N.p., 2 Mar. 2013.

**a) Imán o Bobina**

Cuando se mueve un imán dentro de una bobina de cable, se genera cierto voltaje en la bobina de acuerdo con la Ley de Faraday, (Roldán, 2013).

**b) Alternador**

Un alternador produce una corriente alterna. Su sentido cambia alternativamente con el tiempo. El generador que la produce invierte sus polos muchas veces en cada segundo. Las corrientes inducidas se consiguen haciendo girar una bobina en torno a un eje dentro del campo magnético debido a un imán, (Roldán, 2013).

**c) Dínamo**

Produce una corriente continua. Se hace girar una espira plana entre los polos de un imán para que la variación del flujo magnético que atraviesa ésta genere una corriente de dicho tipo. Los extremos, por el otro lado, están conectados a dos anillos que se apoyan en dos escobillas que recogen corriente en un mismo sentido, (Roldán, 2013).

**B. Toroide**

Un toroide es un solenoide de  $N$  vueltas doblado circularmente de tal forma que se unan sus extremos. Es una superficie de revolución generada por una curva plana cerrada que gira alrededor de una recta exterior con la que se intersecta. Es mejor conocida como una dona o rosca. Es una figura ideal para trabajar corrientes y campos magnéticos.

Por medio de la ley de Ampere, se pueden explicar dos diferentes casos- Por fuera del toroide ( $r < R$ ) la intensidad de corriente que atraviesa la circunferencia del radio  $r$ , es cero. Por dentro del toroide cada espira atraviesa una vez el camino cerrado, la intensidad será  $NI$ , donde  $N$  es el número de espiras e  $I$  será la Intensidad que circula cada espira, (Roldán, 2013).

### **3.1.3.5. Circuito electrónico**

Un circuito eléctrico consiste en un flujo de corriente eléctrica en un camino cerrado, influenciado por un voltaje impulsor. Este camino está formado por conductores, que son básicamente cables o por elementos de circuitos. Estos elementos se mencionaran a continuación, (Roldán, 2013).

#### **A. Corriente eléctrica**

La corriente eléctrica se refiere a la tasa de flujo de carga que pasa por un punto de un circuito eléctrico, medido en Culombios/segundo (Amperio). Según la Ley de Ohm, se puede asumir que la resistencia al flujo de la corriente en el circuito está relacionada directamente con el voltaje y la resistencia, (Roldán, 2013).

#### **B. Resistencia eléctrica**

Se refiere a la oposición que tienen los electrones para desplazarse a través de un conductor. Su unidad métrica según el sistema internacional es el Ohmio. El material de la resistencia depende directamente del coeficiente de proporcionalidad o la resistividad del material, (Roldán, 2013).

#### **C. Batería**

Este es un dispositivo que almacena energía eléctrica mediante el uso de procedimientos electroquímicos. Esta energía es devuelta casi en su totalidad, después, (Gómez, 2004).

##### **a) Primarias**

Inventadas por el francés Georges Leclanché en el año de 1860. Está formada por un electrolito en forma de pasta consistente a base de Cloruro de Amonio y Cloruro de Zinc. El electrodo negativo es de Zinc y el positivo es a base de Carbono rodeado por una mezcla de Carbono y Dióxido de Manganeso, (Gómez, 2004).

##### **b) Secundarias**

Inventadas en el año de 1859 por el francés Gastón Planté. Era una batería de

Plomo y ácido y es la más utilizada en la actualidad. Esta es recargable invirtiendo la reacción química. Está formada por tres a seis pilas conectadas en serie y es usada en aviones, camiones, vehículos y otros, (Gómez, 2004).

#### **D. Capacitores**

Un capacitor es un dispositivo que almacena carga eléctrica. Está formado por dos conductores próximos uno del otro, separados por un aislante. Están cargados con el mismo valor pero con signos contrarios. Usualmente están formados por placas metálicas o armaduras paralelas de la misma superficie. Al ser conectadas a un generador, se cargan e inducen la carga de signo opuesto en la otra placa. Se tiene una de las placas cargada negativamente ( $Q^-$ ) y la otra positivamente ( $Q^+$ ) sus cargas son iguales y la carga neta del sistema es 0, sin embargo, se dice que el capacitor se encuentra cargado con una carga  $Q$ , (Gómez, 2004).

#### **3.1.3.6. Carga Eléctrica**

Los átomos están constituidos por un núcleo y órbitas. Dentro del núcleo se encuentran firmemente unidos los protones y los neutrones. Los protones son de carga positiva y los neutrones no tienen carga. En las órbitas están los electrones que tienen carga negativa. Los protones y electrones tienen cargas iguales pero con signos contrarios.

La carga eléctrica de una partícula es la del electrón. Este es el elemento fundamental en el átomo, este lleva la menor carga eléctrica negativa que se puede aislar. Su unidad en el sistema métrico es el Culombio, (Cañamero, A. 2004).

#### **A. Baterías y carga de baterías**

Un cargador de baterías es un dispositivo utilizado para suministrar corriente eléctrica que almacenará una batería simultáneamente. La carga de corriente depende de la tecnología y la capacidad de la batería que se va a cargar. Existen varios tipos de cargadores, estos se muestran a continuación, (Cañamero, A. 2004).

**a) Sencillos**

Un cargador sencillo pasa corriente continua constante por la batería a ser cargada. Este no modifica su corriente de salida y se basa en el tiempo de carga de la batería. Éste es un cargador barato pero de baja calidad. El tiempo de carga suele ser prolongado para evitar los daños de una sobrecarga, ya que si sobrepasa pierde su capacidad de carga y queda inutilizable, (Cañamero, A. 2004).

**b) Mantenimiento**

Un cargador de mantenimiento es un cargador sencillo que carga la batería sumamente despacio a la velocidad de auto-descarga. Una batería puede dejarse en un cargador de este tipo por tiempo indefinido, manteniéndose cargada completamente sin riesgo de sobrecarga o calentamiento. Es indicado para el mantenimiento de la fuente de energía de sistemas desatendidos como alarmas o sistemas de iluminación de emergencia, (Cañamero, A. 2004).

**c) Con temporizador**

La corriente de salida de un cargador con temporizador se corta después de un tiempo determinado. Estos cargadores son configurados para baterías específicas y si se utilizan con otro tipo de batería pueden causar una sobre carga, (Cañamero, A. 2004).

**d) Inteligente**

Un cargador inteligente tiene una corriente de salida que depende del estado de la batería. Éste controla el voltaje, temperatura y el tiempo que lleva cargándose una batería. También proporciona una corriente de carga adecuada en cada momento. El proceso de carga finaliza cuando se obtiene la relación adecuada entre voltaje, temperatura y tiempo de carga. Un cargador de este tipo carga la batería hasta un 85% de su capacidad máxima en menos de una hora y después cambia a carga de mantenimiento, lo que

requiere varias horas hasta que se cargue por completo, (Cañamero, A. 2004).

**e) Rápido**

Estos cargadores pueden usar un circuito de control propio de la batería para conseguir una carga rápida sin dañar la batería. Estos tienen un ventilador para mantener la temperatura controlada, (Cañamero, A. 2004).

**f) Portátil**

Estos permiten cargar las baterías desde diferentes fuentes. Pueden utilizarse por medio de entradas USB. Tienen una alta capacidad (500mAh) y son utilizados por teléfonos celulares, tabletas, reproductores de música, entre otros, (Cañamero, A. 2004).

**g) Por pulsos**

Este tipo de cargadores aplican una serie de pulsos de corriente continua a la batería, cuyo tiempo de subida, frecuencia y amplitud son controlados con mucha precisión. Éste funciona con baterías de cualquier tamaño, voltaje, capacidad o composición. Se pueden aplicar picos de alto voltaje sin sobrecalentar la batería, (Cañamero, A. 2004).

**h) Inductivas**

Estos utilizan la inducción electromagnética para cargar las baterías. Una estación de carga envía energía electromagnética por acoplamiento inductivo a un aparato eléctrico, el cual almacena esta energía en las baterías. No es necesario que este cargador esté en contacto con la batería para que esta se cargue, gracias a este sistema, no hay riesgo de electrocución. “Cada inductancia está referida al campo magnético generado”, (Cañamero, A. 2004).

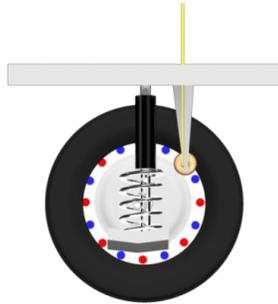
## B. Potencia

La energía es la capacidad que tiene un mecanismo o dispositivo eléctrico de realizar un trabajo. Cuando se conecta un equipo eléctrico a un circuito que es alimentado por una fuente de fuerza electromotriz (fem), como una batería, la energía que es suministrada fluye por el conductor permitiendo que este aparato funcione. Como la energía no se construye ni se destruye sino solo se transforma, esta transformación se manifiesta en forma de la obtención de calor, luz, movimiento o cualquier otro trabajo. Éste es medido en Joule, (Cañamero, A. 2004).

La potencia eléctrica se define como la variación de la energía potencial por unidad de tiempo. La energía consumida por un equipo se calcula multiplicando la potencia del aparato por el tiempo de funcionamiento y se mide en watt hora (Wh), (Cañamero, A. 2004).

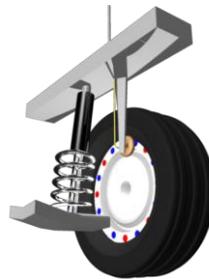
### 3.1.4. PROPUESTA GRÁFICA

#### IMAGEN No. 14 SIMULADOR FRONTAL



Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

#### IMAGEN No. 155 SIMULADOR LATERAL



Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

### 3.1.5. EXPERIMENTACIÓN

Para el desarrollo de la experimentación se determinaron los procesos a desarrollar. Los elementos del simulador y las variables que se cambiarían para analizar posteriormente los resultados. En el diagrama siguiente se puede visualizar la forma en la cual se dispuso el simulador:

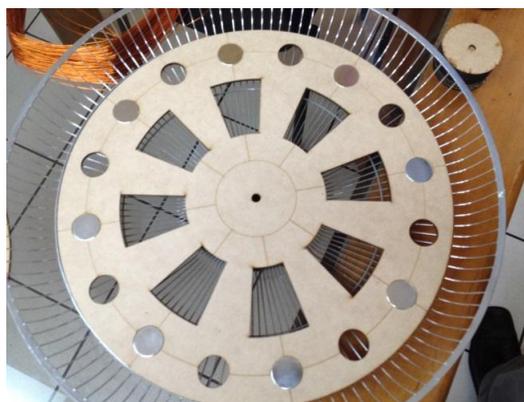
La idea principal fue medir el voltaje generado en la bobina colocada cerca de la rotación de los imanes. Debido a que se realizaron varias bobinas con diferentes propiedades se codificó cada una de las bobinas. Las bobinas en particular pueden tener la siguiente variabilidad:

- a. **CALIBRE:** grosor del alambre de cobre utilizado.
- b. **NUMERO DE VUELTAS:** número de vueltas del alambre de cobre que tiene la bobina.
- c. **DIÁMETRO:** el diámetro de la bobina.

El otro factor importante y que podemos variar es la velocidad del ventilador que está simulando los neumáticos del vehículo, es posible tener tres diferentes velocidades para este caso.

IMAGEN No. 16

**ARREGLO CIRCULAR DE IMANES SIMULANDO EL ARO DE UNA LLANTA**



Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

**IMAGEN No. 17**

**BOBINAS DE DISTINTOS CALIBRES Y DIÁMETROS**



Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

**IMAGEN No. 18**

**ETAPA DE EXPERIMENTACIÓN CON BOBINA EN SIMULADOR DE LLANTA**



Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

**IMAGEN No. 19**

**REGISTRO DE MEDICIÓN DE VOLTAJE EN MULTÍMETRO**



Fuente: Proyecto FODECYT 030-201

### 3.1.6. COSTOS

**TABLA No. 2 TABLA DE COSTOS DEL SIMULADOR 1**

ELEMENTOS	CANTIDAD	COSTO UNITARIO
Imanes	10	Q 30.00
Alambre de Cobre (cal 22)	1	Q 150.00
Alambre de Cobre (cal 24)	1	Q 150.00
Ventilador	1	Q 100.00
MDF	1	Q 200.00
	<b>TOTAL</b>	<b>Q 630.00</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

### 3.1.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la experimentación realizada se obtuvo la siguiente tabla de resultados: con los distintos calibres de alambre, número de vueltas de las bobinas, diámetros de bobinas así como las distintas velocidades a las que se ejecutó la experimentación.

**TABLA No. 3 TABLA DE RESULTADOS DE EXPERIMENTACIÓN DE LA PROPUESTA 1.**

COD	CALIBRE	# DE VUELTAS	DIÁMETRO	Velocidad 1 30 Km/h	Velocidad 2 40 Km/h	Velocidad 3 50 Km/h
1	24	150	2 pulgadas	1.6 V.	1.8 V.	2.2 V.
2	24	100	2 pulgadas	1.1 V.	1.5 V.	1.8 V.
3	24	50	2 pulgadas	0.6 V.	0.8 V.	1 V.
4	<b>24</b>	<b>150</b>	<b>1 pulgada</b>	<b>1.9 V.</b>	<b>2.3 V.</b>	<b>2.5 V.</b>
5	24	100	1 pulgada	1.3 V.	1.5 V.	1.8 V.
6	22	50	1 pulgada	0.7 V.	0.9 V.	1 V.

Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

Se observó que a mayor velocidad (50 Km/h) se obtiene un mayor voltaje (2.5 V), al mismo tiempo se determinó que un mayor número de vueltas (150) en la bobina también genera un mayor voltaje.

Respecto al diámetro de la bobina se observa que con un menor diámetro (1 pulgada) se obtiene un mejor resultado.

- a) De acuerdo a la visualización y el análisis de los resultados se ve que a un calibre menor del alambre de cobre, la inducción de voltaje tiende a ser mayor (*comparando la bobina 3 con la 6*).
- b) Asumiendo que se mantiene el calibre y el diámetro de la bobina se ve que a un mayor número de vueltas (*bobinas 1, 2 y 3*) el voltaje aumenta.
- c) Se analizó nuevamente las bobinas 1, 2 y 3 observando que a una mayor velocidad la generación de energía es mayor.
- d) Por último variando únicamente el diámetro de la bobina (bobina 1 y 4) se ve que con un menor diámetro y mayor velocidad se genera más voltaje, esto se debe a un mejor aprovechamiento del campo magnético de los imanes cuando pasan por las bobinas. Evidentemente existe el factor espacio físico, pues a mayor número de vueltas en la bobina, el diámetro también crecerá.

### **3.1.8. CONCLUSIONES**

De acuerdo a la discusión de resultados y observaciones realizadas durante la fase de experimentación se concluye que:

**3.1.8.1.** Se diseñó y evaluó un modelo prototipo para determinar la generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz, por medio de una serie de imanes dispuestos de forma concéntrica en los neumáticos de un vehículo. (Ver páginas 55 y 56).

**3.1.8.2.** Se recopilaron y generaron datos de temática digital del desplazamiento superficial automotriz, aplicando los principios físicos de inducción electromagnética. (Ver página 57).

**3.1.8.3.** Se analizaron y generaron datos de generación de energía eléctrica para el análisis de la distribución espacial, con base en principios físicos de inducción electromagnética.

**3.1.8.4.** Se determinaron y evaluaron las propuestas:

- a) Propuesta 1: generación de energía eléctrica a partir de la propuesta de imanes dispuestos y la rotación de los neumáticos del vehículo
- b) Propuesta 3: generación de energía eléctrica a través del viento generado por el movimiento de un vehículo
- c) Propuesta 3: aprovechamiento de energía eléctrica generada a partir de la fuerza automotriz a una batería secundaria por medio del módulo de arduino.

Por lo anterior se determinó que respecto al balance de generación de energía eléctrica superficial con dos modelos disponibles, esta propuesta se trabajó con un costo mínimo de Q630.00 por propuesta elaborada.

**3.1.8.5.** Se analizaron los modelos con el diagrama observado y el calculado y los principios físicos de inducción electromagnética, con base a una bobina de 150 vueltas con un alambre de cobre de calibre 24, de diámetro de 1 pulgada, se determinó que a una velocidad de 50 km/h se genera 2.5 Voltios de energía electromagnética.

**TABLA No. 4 RESULTADOS ÓPTIMOS DE LA PROPUESTA 1**

CALIBRE	# DE VUELTAS	DIÁMETRO	Velocidad 1 30 Km/h	Velocidad 2 40 Km/h	Velocidad 3 50 Km/h
24	150	1 pulgada	1.9 V.	2.3 V.	2.5 V.

Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

**3.1.8.7.** Se determinó la disponibilidad del modelo de simulación y efectos por cambios climáticos y biofísicos.

### **3.1.9. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a la discusión de resultados, observaciones realizadas durante la fase de experimentación y conclusiones se recomienda lo siguiente:

Después de haber sido evaluado y analizado el simulador es recomendable diseñarlo a manera de prototipo y así determinar con mayor exactitud la generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz, por medio de una serie de imanes dispuestos de forma concéntrica en los neumáticos de un vehículo aplicando los principios físicos de inducción electromagnética.

Además se recomienda la aplicación en marcha del modelo propuesto en función de su diagrama observado y el calculado y los principios físicos de inducción electromagnética, con base a una bobina de 150 vueltas con un alambre de cobre de calibre 24, de diámetro de 1 pulgada, se determinó que a una velocidad de 50 km/h se genera 2.5V de energía electromagnética. Determinando que con dicha propuesta además se cubren los objetivos de un modelo apto a efectos por cambios climáticos y biofísicos.

Se recomienda además evaluar de forma práctica la captación de energía eléctrica.

## **3.2. PROPUESTA 2: GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL VIENTO GENERADO POR EL MOVIMIENTO DE UN VEHÍCULO**

### **3.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA PROPUESTA**

**3.2.1.1** Diseño y evaluación de un modelo para determinar la generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz. Modelo basado en la generación de energía eléctrica por el viento generado por un vehículo en movimiento.

**3.2.1.2** Analizar y generar datos de generación de energía eléctrica para el análisis de la distribución espacial.

**3.2.1.3** Recopilar y generar datos de temática digital del desplazamiento superficial automotriz.

**3.2.1.4** Determinar el Balance de generación de energía eléctrica superficial con dos modelos disponibles.

**3.2.1.5** Analizar los modelos con el diagrama observado y el calculado.

**3.2.1.6** Validar el modelo de generación de energía eléctrica superficial a partir de la fuerza automotriz

**3.2.1.7** Determinar la disponibilidad del modelo y efectos por cambios climáticos y biofísicos.

### 3.2.2. METODOLOGÍA

La propuesta se desarrolló en la Universidad del Istmo en la 7ª. Av. 3-67 zona 13 ciudad de Guatemala, ubicada en las coordenadas geográficas latitud norte 14° 35' 59" y longitud oeste 90° 31' 43"; con una altitud de 1,492 msnm. Con una precipitación pluvial de 2,500 mm. Con temperatura máxima de 32° y temperatura mínima de 12°, con una temperatura promedio de 18° grados centígrados.

Las características de la metodología utilizada para el proyecto de investigación se describen de acuerdo a distintas variables indicadas a continuación, asimismo se identifican los principales contenidos que se abarcarán para cumplir con los objetivos planteados al inicio.

**Las variables que se han tomado en cuenta para la metodología de investigación son:**

- a. Por el grado de aplicabilidad
  - b. Por el grado de profundidad
  - c. Por el enfoque metodológico
  - d. Por el origen de los datos
  - e. Por la duración del estudio
- a. Por el grado de aplicabilidad:** Se establece que la presente investigación es de carácter aplicado ya que los datos e información teórica que la respaldan serán utilizados para elaborar la propuesta de solución del nuevo modelo de generación de energía, considerando que pueda cumplir con las premisas de ser de fácil fabricación, modificación vehicular y montaje.
- b. Por el grado de profundidad:** Se considera una investigación de tipo formulativa porque pretende describir todas las características de este nuevo modelo de generación de energía, asimismo la descripción y comparación con otros sistemas similares con base a principios de generación de energía eólica.

- c. Por el enfoque metodológico:** Es una investigación experimental, ya que a partir del planteamiento inicial del problema y premisas de la investigación, se buscará demostrar que la propuesta del modelo de generación de energía planteado, como un sistema de generación de energía eléctrica a partir de un ventilador acoplado a un automóvil en movimiento, son verdaderamente efectivos para la generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz.
- d. Por el origen de los datos:** es mixta, considerando que la información de referencia y datos teóricos se obtendrán de bibliografía existente, casos análogos, trabajo de campo, entrevistas con expertos y uso de instrumentos de validación.
- e. Por la duración del estudio:** es de tipo transversal, pues se buscará encontrar en un tiempo definido - en este caso, dos años según lo establecido en el protocolo y contrato con el CONCYT- diseñar la propuesta de generación de energía eléctrica a partir de un ventilador acoplado a un vehículo y la elaboración del prototipo *simulador* que valide dicho sistema.

### **Validación del proyecto**

- Investigación sobre principios de inducción electromagnética.
- Diseño de propuesta de modelo acoplado al vehículo y los elementos para inducir energía eléctrica
- Desarrollo del prototipo simulador de los componentes del vehículo, como el ventilador, el inductor y circuito asociado.
- Simulación con base a la toma y análisis de resultados.

### 3.2.3. MATERIAL DE REFERENCIA

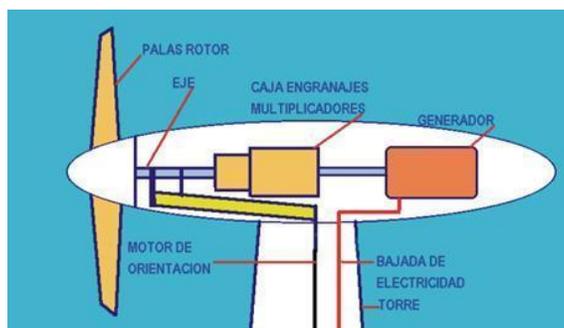
#### 3.2.3.1. Energía Eólica

La energía eólica es la energía cuyo origen proviene del movimiento de masa de aire, es decir del viento. La energía eólica es aprovechada básicamente por un sistema de un rotor que gira a medida que pasa viento por este. En otros términos es la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es convertida en otras formas útiles de energía para las actividades humanas. En la actualidad, la energía eólica es utilizada principalmente para producir electricidad mediante aerogeneradores, conectados a las grandes redes de distribución de energía eléctrica. Los parques eólicos construidos en tierra suponen una fuente de energía cada vez más barata, competitiva o incluso más barata en muchas regiones que otras fuentes de energía convencionales, (Medina, 2013).

La potencia del viento depende principalmente de 3 factores:

- Área por donde pasa el viento (rotor)
- Densidad del aire
- Velocidad del viento

#### IMAGEN No. 20 FUNCIONAMIENTO DE UN AEROGENERADOR



Fuente: Medina Álvarez, Cristóbal, y Pablo Seccia Arriaza.  
Funcionamiento de un aerogenerador. Digital image. *¿Qué Es La Energía Eólica?* Pontificia Universidad Católica De Chile, 30 Junio 2003. Web. 13

Componentes de un aerogenerador:

- a. **Palas del rotor:** es donde se produce el movimiento rotatorio debido al viento.
- b. **Eje:** encargado de transmitir el movimiento rotatorio.
- c. **Caja de engranajes o Multiplicadores:** encargados de cambiar la frecuencia de giro del eje a otra menor o mayor según dependa el caso para entregarle al generador una frecuencia apropiada para que este funcione.
- d. **Generador:** es donde el movimiento mecánico del rotor se transforma en energía eléctrica.

Además de estos componentes básicos se requieren otros componentes para el funcionamiento eficiente y correcto del aerogenerador con base a la calidad de servicio de la energía eléctrica, algunos de ellos son:

- a. **Controlador electrónico:** que permite el control de la correcta orientación de las palas del rotor, también en caso de cualquier contingencia como sobrecalentamiento del aerogenerador, lo para.
- b. **Unidad de refrigeración:** encargada de mantener al generador a una temperatura prudente.
- c. **Anemómetro y la Veleta:** cuyas funciones están dedicadas a calcular la velocidad del viento y la dirección de este respectivamente. Están conectadas al controlador electrónico quien procesa estas señales adecuadamente.

Pequeñas instalaciones eólicas pueden, por ejemplo, proporcionar electricidad en regiones remotas y aisladas que no tienen acceso a la red eléctrica, al igual que hace la energía solar fotovoltaica. Las compañías eléctricas distribuidoras adquieren, cada vez en mayor medida, el exceso de electricidad producido por pequeñas instalaciones eólicas domésticas. El auge de la energía eólica ha provocado también la planificación y construcción de parques eólicos marinos, situados cerca de las costas. La energía del viento es más estable y fuerte en el mar que en tierra, y los parques eólicos marinos tienen un impacto visual menor, pero

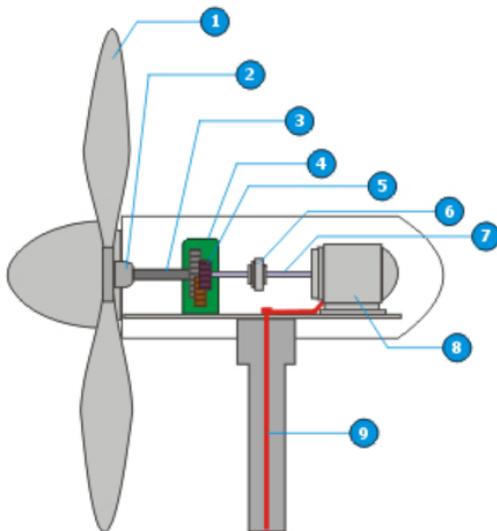
los costes de construcción y mantenimiento de estos parques son considerablemente mayores, (Medina, 2013).

### Generador Eólico

1. Palas o aspas.
2. Rotor.
3. Eje del rotor (eje de baja velocidad).
4. Caja multiplicadora de velocidades.
5. Serie de engranajes dentro de la caja multiplicadora de velocidades.
6. Freno.
7. Eje del generador de electricidad (eje de alta velocidad).
8. Generador (alternador o dínamo) de electricidad.
9. Cables transportadores de energía.

IMAGEN No. 21

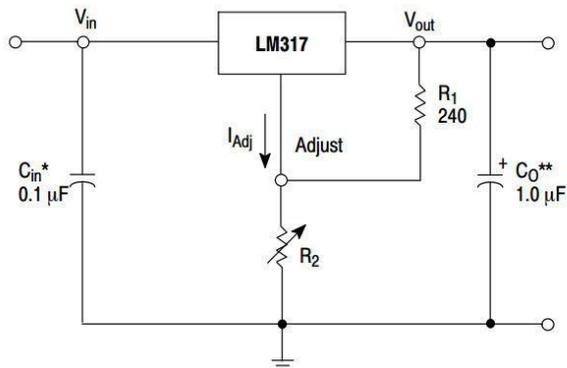
### FUNCIONAMIENTO DE UN AEROGENERADOR



#### Turbina Eólica o Aerogenerador:

1. Palas o aspas.
2. Rotor.
3. Eje del rotor (eje de baja velocidad)
4. Caja multiplicadora de velocidades.
5. Serie de engranajes dentro de la caja multiplicadora de velocidades.
6. Freno.
7. Eje del generador de electricidad (eje de alta velocidad)
8. Generador (alternador o dínamo) de electricidad.
9. Cables que transportan la energía producida a las líneas de distribución de electricidad.

Fuente: Turbina Eólica o Aerogenerador.  
Digital image. *Antecedentes De La Invención*. N.P., N.D.



Fuente: Circuito regulador de voltaje. Digital image. N.p., 8 Aug. 2012.

### Elemento principal del Circuito

El **LM317** es un regulador de tensión ajustable de tres terminales, capaz de suministrar en condiciones normales 1.5 A, en un rango que va desde 1,2 hasta 37 Voltios.

Para su empleo solo requiere dos “resistencias” exteriores para conseguir el valor de salida. Normalmente no necesita condensadores mientras esté a menos de 15 centímetros de los filtros de alimentación. Dado que es un regulador flotante y solo ve la entrada a la salida del voltaje diferencial, se puede utilizar para regular altas tensiones mientras no se supere el diferencial de entrada/salida (40V), (Medina, 2013).

### Aplicación del Circuito Regulador

Situándonos en el caso práctico donde se quiere utilizar la energía generada cargar un celular, se necesita un voltaje de salida regulado de +5 Voltios de Corriente Continua (5VCC), (Medina, 2013).

#### 3.2.3.2. 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 la menor 'piñón'. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante el 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 conocida 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, (Medina, 2013).

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, (Medina, 2013).

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, (Medina, 2013).

**IMAGEN No. 23**

### **JUEGO DE ENGRANAJES CILÍNDRICOS**



Fuente: Clark, Arthur. Juego de engranajes cilíndricos.  
Digital image. *File:Helical Gears.jpg*. Wikimedia Commons, 29 July 2006.

### **Componentes de los engranajes:**

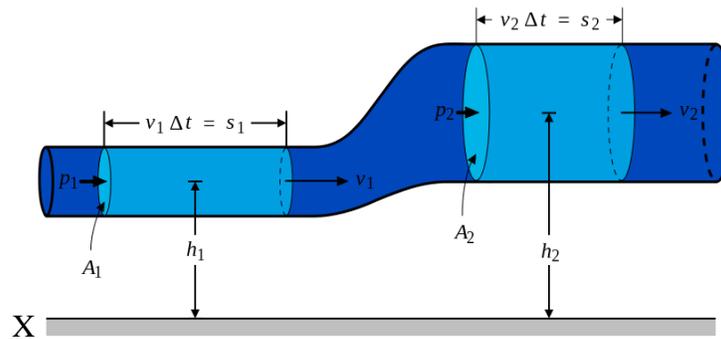
- a.** Diente de un engranaje: son los que realizan el esfuerzo de empuje y transmiten la potencia desde los ejes motrices a los ejes conducidos. El perfil del diente, o sea la forma de sus flancos, está constituido por dos curvas evolventes de círculo, simétricas respecto al eje que pasa por el centro del mismo, (Clark, 2006).
- b.** Módulo: el módulo de un engranaje es una característica de magnitud que se define como la relación entre la medida del diámetro primitivo expresado en milímetros y el número de dientes. En los países anglosajones se emplea otra característica llamada Diametral Pitch, que es inversamente proporcional al módulo. El valor del módulo se fija mediante cálculo de resistencia de materiales en virtud de la potencia a transmitir y en función de la relación de transmisión que se establezca. El tamaño de los dientes está normalizado. El módulo está indicado por números. Dos engranajes que engranen tienen que tener el mismo módulo, (Clark, 2006).
- c.** Circunferencia primitiva: es la circunferencia a lo largo de la cual engranan los dientes. Con relación a la circunferencia primitiva se determinan todas las características que definen los diferentes elementos de los dientes de los engranajes, (Clark, 2006).
- d.** Paso circular: es la longitud de la circunferencia primitiva correspondiente a un diente y un vano consecutivos, (Clark, 2006).
- e.** Espesor del diente: es el grosor del diente en la zona de contacto, o sea, del diámetro primitivo, (Clark, 2006).
- f.** Número de dientes: es el número de dientes que tiene el engranaje. Se simboliza como ( $Z$ ). Es fundamental para calcular la relación de transmisión. El número de dientes de un engranaje no debe estar por debajo de 18 dientes cuando el ángulo de presión es  $20^\circ$  ni por debajo de 12 dientes cuando el ángulo de presión es de  $25^\circ$ .
- g.** Diámetro exterior: es el diámetro de la circunferencia que limita la parte exterior del engranaje.

- h.** Diámetro interior: es el diámetro de la circunferencia que limita el pie del diente.
- i.** Pie del diente: también se conoce con el nombre de dedendum. Es la parte del diente comprendida entre la circunferencia interior y la circunferencia primitiva.
- j.** Cabeza del diente: también se conoce con el nombre de addendum. Es la parte del diente comprendida entre el diámetro exterior y el diámetro primitivo.
- k.** Flanco: es la cara interior del diente, es su zona de rozamiento.
- l.** Altura del diente: es la suma de la altura de la cabeza (addendum) más la altura del pie (dedendum).
- m.** Ángulo de presión: el que forma la línea de acción con la tangente a la circunferencia de paso,  $\phi$  ( $20^\circ$  o  $25^\circ$  son los ángulos normalizados).
- n.** Largo del diente: es la longitud que tiene el diente del engranaje, (Clark, 2006).

### **3.2.3.3. Ecuación de Bernoulli**

La ecuación de Bernoulli, se puede considerar como una apropiada declaración del principio de la conservación de la energía, para el flujo de fluidos. El comportamiento cualitativo que normalmente evocamos con el término "efecto de Bernoulli", es el descenso de la presión del líquido en las regiones donde la velocidad del flujo es mayor.

Este descenso de presión por un estrechamiento de una vía de flujo puede parecer contradictorio, pero no tanto cuando se considera la presión como una densidad de energía. En el flujo de alta velocidad a través de un estrechamiento, se debe incrementar la energía cinética, a expensas de la energía de presión, (Clark, 2006).



Fuente: Esquema del principio de Bernoulli.  
 Digital image. *Leyes Y Principios De La Física*. N.p., 5 Oct. 2007.

Esta ecuación se aplica en la dinámica de fluidos. Un fluido se caracteriza por carecer de elasticidad de forma, es decir, adopta la forma del recipiente que la contiene, esto se debe a que las moléculas de los fluidos no están rígidamente unidas, como en el caso de los sólidos. Fluidos son tanto gases como líquidos, (Co., Eagle Tyre, 2013).

Para llegar a la ecuación de Bernoulli se han de hacer ciertas suposiciones que limitan el nivel de aplicabilidad:

- a. El fluido se mueve en un régimen estacionario, o sea, la velocidad del flujo en un punto no varía con el tiempo.
- b. Se desprecia la viscosidad del fluido (que es una fuerza de rozamiento interna).
- c. Se considera que el líquido está bajo la acción del campo gravitatorio únicamente.

El efecto Bernoulli es una consecuencia directa que surge a partir de la ecuación de Bernoulli: en el caso de que el fluido fluya en horizontal un aumento de la velocidad del flujo implica que la presión estática decrecerá, (Co., Eagle Tyre, 2013).

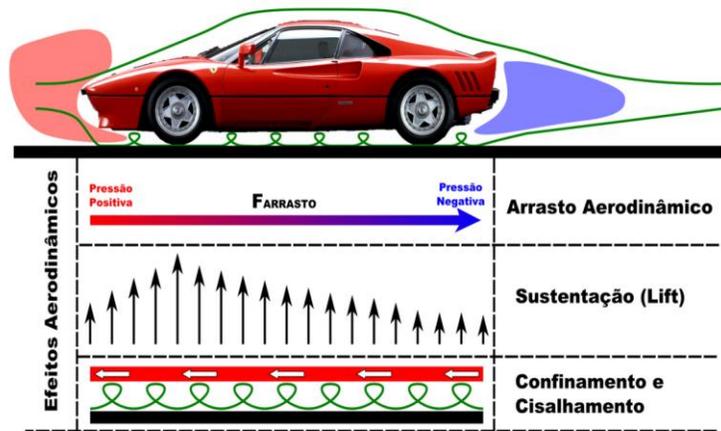
Un ejemplo práctico es el caso de las alas de un avión, que están diseñadas para que el aire que pasa por encima del ala fluya más velozmente que el aire que pasa por debajo del ala, por lo que la presión estática es mayor en la parte inferior y el avión se levanta, (Co., Eagle Tyre, 2013).

**Tubo de Venturi:** el caudal (o gasto) se define como el producto de la sección por la que fluye el fluido y la velocidad a la que lo hace. En dinámica de fluidos existe una ecuación de continuidad que garantiza que en ausencia de manantiales o sumideros, este caudal es constante. Como implicación directa de esta continuidad del caudal y la ecuación de Bernoulli se tiene un tubo de Venturi, (Co., Eagle Tyre, 2013).

#### **3.2.3.4. Aerodinámica de los carros**

Se denomina aerodinámica a la ciencia del manejo de las corrientes de viento, aplicada a los autos para añadir adherencia o agarre a los mismos, con el objeto de lograr mayor velocidad y seguridad al piloto. Hay varios métodos que se utilizan para reducir la sustentación o para crear fuerza hacia abajo. Estos métodos incluyen interceptores aerodinámicos (spoilers) y efectos de tierra. El tipo de dispositivo utilizado depende de la clase de competencia y de las restricciones (reglas) que hayan sido impuestas, (Co., Eagle Tyre, 2013).

Los alerones delanteros y traseros aumentan el apoyo aerodinámico y, por lo tanto, la velocidad en las curvas. Los mismos se ajustan a las características de cada circuito. En los circuitos rápidos, con largas rectas y pocas curvas, las alas son casi horizontales para reducir el apoyo aerodinámico y la resistencia al avance (e incrementa la velocidad máxima) en las rectas. En circuitos lentos, con pocas rectas y muchas curvas, las alas tienen mucha más inclinación, pues se sacrifica la velocidad máxima en función del agarre (y con él la velocidad) en las curvas, debido al aumento del apoyo aerodinámico. Un dato importante y curioso a resaltar sería el hecho de que un auto de Fórmula Uno genera hasta cuatro veces su peso en apoyos aerodinámicos ascendentes, (Co., Eagle Tyre, 2013).



Fuente: Dantas, Andre. Aerodinámica de un carro.  
 Digital image. *Aerodinamica Sobre Rodas*. N.p., 19 May 2012.

Los dispositivos más simples disponibles son un tipo de presas de aire delanteras e interceptores aerodinámicos traseros. Estos dispositivos tienen realmente varios efectos positivos. Al reducir el flujo del aire por debajo del vehículo, una presa de aire delantera reduce la resistencia del automóvil. Además, inmediatamente detrás de la presa de aire, la presión también se reduce, lo cual ayuda a que el radiador reciba un flujo de aire fresco.

Al mismo tiempo, la sustentación se reduce en la parte de enfrente del coche. El interceptor aerodinámico trasero puede reducir la separación del flujo en la ventana posterior, lo cual reduce la resistencia del aire. También hace que aumente el flujo del aire por debajo del auto, lo cual promueve la generación de una fuerza hacia abajo en la parte posterior del coche.

Se utilizan alas reales (como las de un avión común y corriente) en los autos de carreras de Fórmula Uno, Indy, y Grupo C. Sin embargo, las alas se invierten (se colocan con la parte de arriba hacia abajo) para producir una fuerza hacia abajo en lugar de sustentación hacia arriba.

Al instalar las alas cerca del suelo, se pueden producir cantidades más grandes de esta fuerza que apunta hacia abajo. Esto se debe al aumento de la velocidad del flujo entre el ala y el suelo. El aumento en la velocidad del flujo causa que la presión en la superficie inferior del ala disminuya, y que, por consiguiente, la fuerza hacia abajo aumente.

Otro de los dispositivos que se utiliza es el conocido como "strake". Estos dispositivos se usan comúnmente en los aviones de alto rendimiento. En un avión, el strake produce sustentación. En un auto de carreras, la mayoría de las veces el strake es utilizado en combinación con un ala montada en la parte de atrás para aumentar la fuerza hacia abajo en la parte posterior del carro, (Co., Eagle Tyre, 2013).

Los strakes también pueden estar instalados en la parte de enfrente del coche. Se utilizan en carros que no tienen alas delanteras. Estos strakes se pueden ajustar para balancear la fuerza hacia abajo entre el strake delantero y el strake trasero.

Otros dispositivos que se utilizaban para aumentar la fuerza hacia abajo eran las "faldillas", las cuales se montaban en los lados del coche y cerca del suelo. Entre más cerca del suelo estaba la faldilla, mayor era la fuerza hacia abajo que se producía. Pero si por alguna razón la faldilla se despegaba repentinamente, ocurría una enorme pérdida de fuerza hacia abajo. Esto podía fácilmente originar que el piloto perdiera el control del coche. Por tal motivo, se prohibió el uso de faldillas en la mayoría de las competencias, (Co., Eagle Tyre, 2013).

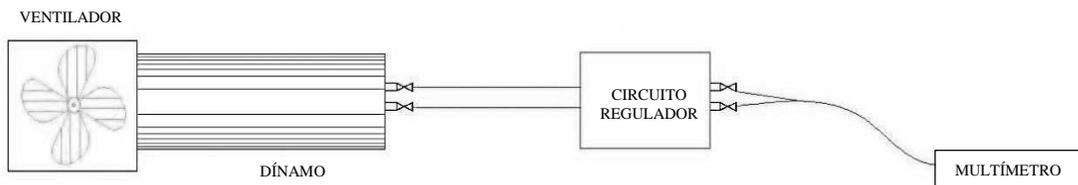
La prohibición de las faldillas condujo al desarrollo de canales en la parte de abajo del carro. Estos canales se extienden de la parte de enfrente a la parte de atrás. Conforme la velocidad del aire que corre a través de los canales aumenta, la presión disminuye. Si se permite que entre aire de los lados, se forma un vórtice muy fuerte. Este vórtice ayuda a estabilizar el flujo que corre por debajo de todo el vehículo. De

esta forma, estos canales aumentan la fuerza hacia abajo y disminuyen la resistencia del aire del vehículo.

En las carreras de Fórmula Uno y NASCAR, los canales en la parte de abajo de los autos no están permitidos. Por lo tanto, se agrega una pequeña inclinación detrás del eje trasero. Esta inclinación tiene el mismo efecto que los canales, sólo que en menor grado. Sin embargo, hay que recordar que en las carreras de autos cualquier ayuda cuenta, (Co., Eagle Tyre, 2013).

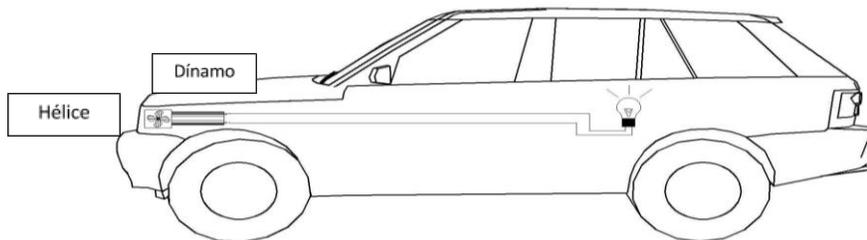
### 3.2.4. PROPUESTA GRÁFICA

**DIAGRAMA No. 3 PROPUESTA GRÁFICA DEL MODELO DE LA PROPUESTA 2**



Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

**DIAGRAMA No. 4 ACOPLAMIENTO DE MODELO DE LA PROPUESTA AL VEHÍCULO**



Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

### 3.2.5. EXPERIMENTACIÓN

A partir de la creación del prototipo armado y el circuito construido se dispuso a realizar las pruebas en un vehículo en movimiento. Se conectaron los componentes (generador eólico y circuito regulador) y estos a su vez a un multímetro para poder recopilar los datos de generación eléctrica.

En cuanto se puso en movimiento el automóvil las aspas empiezan a moverse iniciando la generación de corriente eléctrica, el voltaje de salida varió respecto a la velocidad del vehículo, alcanzando a generar hasta 19 voltios de corriente directa, una vez ingresa al circuito regulador, hubo capacidad de obtener un voltaje regulado de 5Vcc.

### 3.2.6. COSTOS

**TABLA No. 5**

**TABLA DE COSTOS DE LA PROPUESTA 2**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Kit	1	Q 160.00	Q 160.00
Circuito	1	Q 50.00	Q 50.00
Batería	1	Q 150.00	Q 150.00

Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

### 3.2.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados serán con base a lo que se lleva completado del proyecto hasta ahora. Como se explicó anteriormente el objetivo es desarrollar un modelo que genere energía eléctrica por medio de la fuerza automotriz a través del viento generado por el movimiento de un vehículo.

Mediante el uso de una hélice y un vehículo en movimiento se logró encender una bombilla pequeña. Esto demostraba que en efecto se logró transformar la fuerza del viento en energía eléctrica mediante la fuerza automotriz.

El carro se dirigía en línea recta a una velocidad de 35 km/h lo cual hizo que la pequeña bombilla encendiera y llegara casi a un punto de corto circuito debido al exceso de voltaje transmitido por el transformador que al ser movido cada vez más rápido por la hélice aceleraba su potencia.

**IMAGEN No. 26**

**VISTA 1 VENTILADOR, ENGRANAJE Y DÍNAMO**



Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

**IMAGEN No. 27**

**VISTA 2 VENTILADOR, ENGRANAJE Y DÍNAMO**



Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

Después de la construcción del primer modelo y comprobar su funcionamiento en donde se genera energía eléctrica utilizando el aire que se produce por la velocidad del automóvil, se mejoró la propuesta y se construyó un prototipo que se adapta de manera más adecuada, por su proporción y dimensiones, al anclaje de este al automotor.



generación de energía hechas de acuerdo a la variación de variables influyentes en el resultado.

**3.2.8.3.** Se logró determinar que de acuerdo a los costos efectuados sería factible implementar dicho modelo, con un monto de Q. 360.00 por simulador.

**3.2.8.4.** De acuerdo al análisis del modelo tanto observado como calculado se logró determinar que en efecto, la parte teórica y lo propuesto tuvo resultados satisfactorios ya que se logró generar energía eléctrica, lo cual valida el modelo propuesto y generado.

**3.2.8.5.** Se concluyó que el modelo propuesto, *generación de energía eléctrica a través del viento generado por el movimiento de un vehículo*, tiene una alta disponibilidad ya que los elementos y los costos incurridos para el desarrollo del mismo fueron bajos y se encuentran en el mercado guatemalteco. En relación a cambios climáticos concluimos que el mismo beneficiaría mucho en relación al impacto ambiental ya que si tenemos la energía generada por un solo automóvil y la multiplicamos por la carga vehicular que transita en la Ciudad de Guatemala se podrá determinar qué tipo de cargas eléctricas podrían echar a andar y durante cuánto tiempo, beneficiando esto económicamente y climáticamente.

### **3.2.9. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar un estudio con base a pruebas cambiando las variables involucradas en la generación (tamaño de la hélice, calibre de los cables, tamaño del dínamo, baterías de almacenamiento, ajustes en circuito rectificador, etc.), acoplado más dispositivos de generación.

Es recomendable conocer el tipo de energía que la bobina transforma (directa o indirecta) para su mejor aprovechamiento y captación de la misma. Se recomienda que se hagan pruebas en ambos casos, cuando la bobina transformadora de energía lo hace de manera directa y de manera indirecta.

### **3.3. PROPUESTA 3: APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA GENERADA A PARTIR DE LA FUERZA AUTOMOTRIZ A UNA BATERÍA SECUNDARIA POR MEDIO DEL MÓDULO DE ARDUINO.**

#### **3.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

**3.3.3.1** Diseño y evaluación de un modelo para determinar la generación a partir de la fuerza automotriz

**3.3.3.2** Recopilar y generar datos de temática digital del desplazamiento superficial automotriz.

**3.3.3.3** Analizar y generar datos de generación de energía eléctrica para el análisis de la distribución espacial

**3.3.3.4** Analizar los modelos con el diagrama observado y el calculado

**3.3.3.5** Determinar la disponibilidad del modelo y efectos por cambios climáticos y biofísica.

**3.3.3.6** Captar y acumular energía eléctrica a partir del excedente de energía generada por la fuerza automotriz.

#### **3.3.2. METODOLOGÍA**

La propuesta se desarrolló en la Universidad del Istmo en la 7<sup>a</sup>. Av. 3-67 zona 13 ciudad de Guatemala, ubicada en las coordenadas geográficas latitud norte 14° 35' 59" y longitud oeste 90° 31' 43"; con una altitud de 1,492 msnm. Con una precipitación pluvial promedio de 2,500 mm. Con temperatura máxima de 32° y temperatura mínima de 12°, con una temperatura promedio de 18° grados centígrados.

Inicialmente se procedió con la concepción de la idea, la cual se formuló como un sistema que aproveche la energía generada por el alternador del vehículo y que no se está utilizando en ese momento.

**Las variables que se han tomado en cuenta para la metodología de investigación son:**

- a. Por el grado de aplicabilidad
- b. Por el grado de factibilidad

**a. Por el grado de aplicabilidad:** Se establece que la presente investigación es de carácter documental y aplicada ya que los datos e información teórica que la respaldan serán utilizados para elaborar la propuesta de solución del nuevo modelo de captación de energía, considerando que pueda cumplir con las premisas de ser de fácil fabricación, modificación vehicular y de fácil montaje.

**b. Por el grado de factibilidad:** Se definió el grado de factibilidad tomando en cuenta la generación de energía eléctrica producida por el alternador de un vehículo estando el motor a cierto número de revoluciones por minuto, estado de la batería y la carga en cada momento de ambas baterías

### **Validación del proyecto**

- a. Investigación sobre principios de diseño en hardware Arduino.
- b. Diseño de propuesta de modelo simulando con fuentes de energía variables y baterías simuladas.
- c. Desarrollo del prototipo simulador de los componentes del vehículo como alternador, circuito conmutador y, baterías principal y secundaria.
- d. Simulación con base a la toma y análisis de resultados.

Se propone un modelo simulando: la batería "principal" del automóvil, la batería "secundaria" de almacenamiento, y el motor del automóvil.

La batería "principal", que se denominará a partir de ahora con el número "1", estará simulada por una batería recargable de 1.5 voltios, y la batería "secundaria", que se denominará a partir de ahora con el número "2", estará simulada por otra batería de 1.5 voltios. La fuerza automotriz estará simulada por un transformador de energía comercial 110 AC a energía DC 3.3 voltios. Para facilitar el control de la carga de la batería 2 se dispone de un Display que nos indicará cuando la batería 1 esté cargada.

Se utilizará la plataforma de prototipo electrónico de código abierto del Arduino que se encargará de trasladar la energía eléctrica excedente de una batería a otra.

**Se desarrolló en una serie de pasos consecutivos descritos a continuación:**

- a. Se diagramó tanto el programa microcontrolador (pseudocódigo analítico) y el circuito a utilizar en el arduino.
- b. Instalación de la plataforma del arduino.
- c. Descarga de programa manejador del arduino.

### **3.3.3. MATERIAL DE REFERENCIA**

#### **3.3.3.1. Arduino**

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios, (Co., Eagle Tyre, 2013).

El hardware consiste en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada / salida. Los microcontroladores más usados son el Atmega168, Atmega328, Atmega1280, Atmega8 por su sencillez y bajo coste que permiten el desarrollo de múltiples diseños. Por otro lado el software consiste en un entorno de

desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring y el cargador de arranque que es ejecutado en la placa, (Co., Eagle Tyre, 2013).

Desde octubre de 2012, Arduino se usa también con microcontroladoras CortexM3 de ARM de 32 bits, que coexistirán con las más limitadas, pero también económicas AVR de 8 bits. ARM y AVR no son plataformas compatibles a nivel binario, pero se pueden programar con el mismo IDE de Arduino y hacerse programas que compilen sin cambios en las dos plataformas. Eso sí, las microcontroladoras CortexM3 usan 3,3V, a diferencia de la mayoría de las placas con AVR que generalmente usan 5V. Sin embargo ya anteriormente se lanzaron placas Arduino con Atmel AVR a 3,3V como la Arduino Fio y existen compatibles de Arduino Nano y Pro como Meduino en que se puede conmutar el voltaje.

Arduino se puede utilizar para desarrollar objetos interactivos autónomos o puede ser conectado a software tal como Adobe Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data). Las placas se pueden montar a mano o adquirirse. El entorno de desarrollo integrado libre se puede descargar gratuitamente, (Co., Eagle Tyre, 2013).

Arduino puede tomar información del entorno a través de sus entradas analógicas y digitales, y controlar luces, motores y otros actuadores. El microcontrolador en la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing). Los proyectos hechos con Arduino pueden ejecutarse sin necesidad de conectar a un computador.

El proyecto Arduino recibió una mención honorífica en la categoría de Comunidades Digital en el Prix Ars Electrónica de 2006, (Co., Eagle Tyre, 2013).

### **3.3.3.2. Alternadores de Carro**

Un alternador del motor es una máquina eléctrica, capaz de generar energía eléctrica a partir de energía mecánica, generalmente obtenida por un mecanismo de

arrastré desde un motor de combustión interna, tanto alternativo, como turbina de gas o Wankel. La corriente eléctrica producida es corriente alterna, no necesita sistema de regulación de la intensidad o disyuntor como la dinamo. Sin embargo sí necesita un dispositivo de regulación del voltaje y de rectificación, ya que la corriente usada por los sistemas es normalmente continua y obtenida desde una batería o acumulador, (Co., Eagle Tyre, 2013).

**Función.** Recarga y mantenimiento del voltaje de la batería, normalmente de 6 Voltios (pequeños motores y vehículos de 2 ruedas), 12 voltios (automóviles, motocicletas, marina, transporte ligero y aviación deportiva), 12 voltios (transporte por carretera y aviación comercial). El sistema de generación de corriente alterna, previo a la rectificación, es normalmente trifásico, aunque en aplicaciones de pequeños motores de 2T han existido y existen sistemas monofásicos, llamados volantes magnéticos, (Co., Eagle Tyre, 2013).

**Aplicaciones.** Cualquier tipo de motor de combustión interna, móvil o estacionario, ya sea alternativo, turbina de gas (motor de reacción) o Wankel, diesel o ciclo Otto, con dos o cuatro tiempos (2T y 4T).

**Historia.** El alternador sucedió a la dinamo de modo paulatino a partir de los años 1970, cuando los costes de fabricación y el desarrollo de los componentes electrónicos de rectificación y regulación permitieron sustituir a los componentes electromagnéticos. Además el rendimiento eléctrico es muy superior al dinamo y se obtiene un nivel de continua casi perfecto, (Co., Eagle Tyre, 2013).

### 3.3.3.3. Baterías

Se denomina batería, batería eléctrica, acumulador eléctrico o simplemente acumulador, al dispositivo que consiste en una o más celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada en electricidad. Cada celda consta de un electrodo positivo, o cátodo, un electrodo negativo, o ánodo y electrolitos que

permiten que los iones se muevan entre los electrodos, facilitando que la corriente fluya fuera de la batería para llevar a cabo su función.

Las baterías vienen en muchas formas y tamaños, desde las celdas en miniatura que se utilizan en audífonos y relojes de pulsera, a los bancos de baterías del tamaño de las habitaciones que proporcionan energía de reserva a las centrales telefónicas y ordenadores de centros de datos.

Según una estimación de 2005, la industria de baterías en todo el mundo genera EE.UU. \$ 48 mil millones en ventas cada año, con un crecimiento anual del 6%, (Co., Eagle Tyre, 2013).

**Pila, batería y acumulador.** Tanto pila como batería son términos provenientes de los primeros tiempos de la electricidad, en los que se juntaban varios elementos o celdas. La pila (por ejemplo, la estándar de 1,5 voltios o la recargable de 1,2) es una celda galvánica simple, mientras una batería consta de varias celdas conectadas en serie o paralelo

El término acumulador se aplica indistintamente a uno u otro tipo, así como a los condensadores eléctricos o a otros métodos de acumulación, siendo de este modo un término neutro capaz de englobar y describir a todos ellos, (Co., Eagle Tyre, 2013).

### **Primarias y secundarias.**

#### **Las baterías se clasifican en dos grandes categorías:**

- Las celdas primarias transforman la energía química en energía eléctrica, de manera irreversible (dentro de los límites de la práctica). Cuando se agota la cantidad inicial de reactivos presentes en la pila, la energía no puede ser fácilmente restaurada o devuelta a la celda electroquímica por medios eléctricos.

- Las celdas secundarias pueden ser recargadas, es decir, que pueden revertir sus reacciones químicas mediante el suministro de energía eléctrica a la celda, hasta el restablecimiento de su composición original.

Las celdas primarias (de un solo uso o de "usar y tirar") se usan una vez y se desechan; los materiales de los electrodos se cambian irreversiblemente durante la descarga. Los ejemplos más comunes son la pila alcalina no recargable utilizada para linternas y una multitud de dispositivos portátiles. Las secundarias (recargables) se pueden descargar y recargar varias veces, debido a que la composición original de los electrodos puede ser restaurado por la corriente inversa. Los ejemplos incluyen las baterías de ácido-plomousadas en los vehículos, las baterías de iones de litio utilizadas en dispositivos electrónicos portátiles, como móviles, tabletas y ordenadores y las pilas recargables de Ni-HM, utilizadas como alternativa o reemplazo de las pilas alcalinas en dispositivos electrónicos portátiles que las emplean, (Co., Eagle Tyre, 2013).

**Funcionamiento.** El principio de funcionamiento de un acumulador está basado esencialmente en un proceso químico 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, (Co., Eagle Tyre, 2013).

Resulta que procesos de este tipo son bastante comunes 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, en general, de dos electrodos, del mismo o de distinto material, sumergidos en un electrolito, (Co., Eagle Tyre, 2013).

**Historia.** El 20 de marzo de 1800, Alessandro Volta comunica su invento de la pila, que actualmente lleva su nombre, a la Royal Society. Tres años después, en 1803, Johann Wilhelm Ritter construyó su acumulador eléctrico. Como muchos otros que le siguieron, era un prototipo teórico y experimental, sin posible aplicación práctica. Ya en 1836 John Frederic Daniell inventa la pila Daniell, a partir de la pila de Volta, pero que evita la acumulación de hidrógeno. Poco después, en 1844, evolucionada y aumentada de potencia por William Robert Grove que inventa la pila homónima. Fue muy empleada en las redes telegráficas de Estados Unidos hasta 1860, (Co., Eagle Tyre, 2013).

En 1860, Gaston Planté construyó el primer modelo de batería de plomo y ácido con pretensiones de ser un dispositivo utilizable, lo que no era más que muy relativamente, por lo que no tuvo éxito. A finales del siglo XIX, sin embargo, la electricidad se iba convirtiendo rápidamente en artículo cotidiano, y cuando Planté volvió a explicar públicamente las características de su acumulador, en 1879, tuvo una acogida mucho mejor, de modo que comenzó a fabricarse y ser utilizado casi inmediatamente, iniciándose un intenso y continuado proceso de desarrollo para perfeccionarlo y evitar sus deficiencias, proceso que dura, todavía, en las primeras décadas del siglo XXI.

Acabando el siglo XIX, en 1899, el científico sueco Waldemar Jungner inventó el acumulador de níquel-cadmio (Ni-Cd), una batería recargable que tenía electrodos de níquel y cadmio en una disolución de hidróxido de potasio (potasa cáustica, KOH). Se comercializó en Suecia en 1910 y llegó a Estados Unidos en

1946. El propio Jungner experimentó para sustituir el cadmio por hierro en diferentes proporciones, trabajo que fue recogido posteriormente por Thomas Alva Edison, quien, basándose en el trabajo del primero, patentó en 1903 otro tipo de acumulador con electrodos de hierro y níquel, cuyo electrolito era, también, el hidróxido de potasio. Empezaron a comercializarse en 1908 y aún se producen, tanto los modelos originales como modelos evolucionados de otros fabricantes. En 1887, Carl Gassner patentó la denominada pila seca, ya que no tiene un electrólito líquido libre, sino una pasta de yeso de París. Paralelamente, en 1887 Federico Guillermo Luis Hellesen desarrolló su propio diseño de pila seca. Se ha afirmado que el diseño de Hellesen precedió al de Gassner. La primera pila fabricada industrialmente para el público en general surgió del modelo de Gassner, sustituyendo el yeso de París por cartón en espiral y con los electrodos de cinc y carbono, (Co., Eagle Tyre, 2013).

A mediados del siguiente siglo, en 1955, el ingeniero Lewis Urry, intentando encontrar una manera de aumentar la vida útil de las pilas de cinc-carbono, modificó los electrodos llegando al desarrollo de las conocidas como pilas alcalinas, aunque con una fabricación de mayor coste. La batería de Urry se componía de un cátodo de dióxido de manganeso y un ánodo de cinc en polvo con un electrolito alcalino. Estas pilas salieron al mercado en 1959.

La experimentación con baterías de litio comenzó en 1912 con G. N. Lewis, pero hasta la década de 1970 no se comercializaron las primeras. Se emplean actualmente diversas pilas con litio en el ánodo y diferentes sustancias en el cátodo: sulfuro de hierro, dióxido de manganeso, dióxido de azufre, cloruro de tionilo, monofluoruro de carbono, etc.

Pese a desarrollarse la tecnología de níquel-hidrógeno en los años 1970, para satélites de comunicaciones comerciales, las primeras baterías de níquel metal hidruro (NiMH) no aparecieron en el mercado, para usos corrientes, hasta 1989.

En la década de 1980, el químico estadounidense John B. Goodenough dirigió un equipo de investigación de Sony que produciría finalmente la batería de iones de litio, recargable y más estable que la batería de litio puro. En 1996, se lanzó al mercado la batería de polímero de ion de litio, en la que su electrolito se aloja en un polímero sólido compuesto y los electrodos y los separadores se laminan entre sí, lo que permite envolturas flexibles, (Co., Eagle Tyre, 2013).

#### **3.3.3.4. Micro Controladores**

Un microcontrolador (abreviado  $\mu\text{C}$ , UC o MCU) es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Un microcontrolador incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida, (Co., Eagle Tyre, 2013).

Algunos microcontroladores pueden utilizar palabras de cuatro bits y funcionan a velocidad de reloj con frecuencias tan bajas como 4 kHz, con un consumo de baja potencia (mW o microvatios). Por lo general, tendrá la capacidad para mantener la funcionalidad a la espera de un evento como pulsar un botón o de otra interrupción, el consumo de energía durante el estado de reposo (reloj de la CPU y los periféricos de la mayoría) puede ser sólo nanovatios, lo que hace que muchos de ellos muy adecuados para aplicaciones con batería de larga duración. Otros microcontroladores pueden servir para roles de rendimiento crítico, donde sea necesario actuar más como un procesador digital de señal (DSP), con velocidades de reloj y consumo de energía más altos, (Co., Eagle Tyre, 2013).

Cuando es fabricado el microcontrolador, no contiene datos en la memoria ROM. Para que pueda controlar algún proceso es necesario generar o crear y luego grabar en la EEPROM o equivalente del microcontrolador algún programa, el cual puede ser escrito en lenguaje ensamblador u otro lenguaje para microcontroladores; sin embargo, para que el programa pueda ser grabado en la memoria del

microcontrolador, debe ser codificado en sistema numérico hexadecimal que es finalmente el sistema que hace trabajar al microcontrolador cuando éste es alimentado con el voltaje adecuado y asociado a dispositivos analógicos y discretos para su funcionamiento, (Co., Eagle Tyre, 2013).

**Historia.** El primer microprocesador fue el Intel 4004 de 4 bits, lanzado en 1971, seguido por el Intel 8008 y otros más capaces. Sin embargo, ambos procesadores requieren circuitos adicionales para implementar un sistema de trabajo, elevando el costo del sistema total, (Co., Eagle Tyre, 2013).

El Instituto Smithsonian dice que los ingenieros de Texas Instruments Gary Boone y Michael Cochran lograron crear el primer microcontrolador, TMS 1000, en 1971; fue comercializado en 1974. Combina memoria ROM, memoria RAM, microprocesador y reloj en un chip y estaba destinada a los sistemas embebidos.

Debido en parte a la existencia del TMS 1000, Intel desarrolló un sistema de ordenador en un chip optimizado para aplicaciones de control, el Intel 8048, que comenzó a comercializarse en 1977. Combina memoria RAM y ROM en el mismo chip y puede encontrarse en más de mil millones de teclados de compatible IBM PC, y otras numerosas aplicaciones. El en ese momento presidente de Intel, Luke J. Valenter, declaró que el microcontrolador es uno de los productos más exitosos en la historia de la compañía, y amplió el presupuesto de la división en más del 25 %.

La mayoría de los microcontroladores en este momento tienen dos variantes. Unos tenía una memoria EPROM reprogramable, significativamente más caros que la variante PROM que era sólo una vez programable. Para borrar la EPROM necesita exponer a la luz ultravioleta la tapa de cuarzo transparente. Los chips con todo opaco representaban un coste menor, (Co., Eagle Tyre, 2013).

En 1993, el lanzamiento de la EEPROM en los microcontroladores (comenzando con el Microchip PIC16x84) permite borrarla eléctrica y rápidamente

sin necesidad de un paquete costoso como se requiere en EPROM, lo que permite tanto la creación rápida de prototipos y la programación en el sistema. El mismo año, Atmel lanza el primer microcontrolador que utiliza memoria flash. Otras compañías rápidamente siguieron el ejemplo, con los dos tipos de memoria.

El costo se ha desplomado en el tiempo, con el más barato microcontrolador de 8 bits disponible por menos de 0,25 dólares para miles de unidades en 2009, y algunos microcontroladores de 32 bits a 1 dólar por cantidades similares. En la actualidad los microcontroladores son baratos y fácilmente disponibles para los aficionados, con grandes comunidades en línea para ciertos procesadores, (Co., Eagle Tyre, 2013).

En el futuro, la MRAM podría ser utilizada en microcontroladores, ya que tiene resistencia infinita y el coste de su oblea semiconductor es relativamente bajo.

**Características.** Los microcontroladores están diseñados para reducir el costo económico y el consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño de la unidad central de procesamiento, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación. El control de un electrodoméstico sencillo como una batidora utilizará un procesador muy pequeño (4 u 8 bits) porque sustituirá a un autómata finito. En cambio, un reproductor de música y/o vídeo digital (MP3 o MP4) requerirá de un procesador de 32 bits o de 64 bits y de uno o más códecs de señal digital (audio y/o vídeo). El control de un sistema de frenos ABS (Antilock Brake System) se basa normalmente en un microcontrolador de 16 bits, al igual que el sistema de control electrónico del motor en un automóvil, (Co., Eagle Tyre, 2013).

Los microcontroladores representan la inmensa mayoría de los chips de computadoras vendidos, sobre un 50% son controladores "simples" y el restante corresponde a DSP más especializados. Mientras se pueden tener uno o dos

microprocesadores de propósito general en casa (Ud. está usando uno para esto), usted tiene distribuidos seguramente entre los electrodomésticos de su hogar una o dos docenas de microcontroladores. Pueden encontrarse en casi cualquier dispositivo electrónico como automóviles, lavadoras, hornos microondas, teléfonos, etc, (Co., Eagle Tyre, 2013).

Un microcontrolador difiere de una unidad central de procesamiento normal, debido a que es más fácil convertirla en una computadora en funcionamiento, con un mínimo de circuitos integrados externos de apoyo. La idea es que el circuito integrado se coloque en el dispositivo, enganchado a la fuente de energía y de información que necesite, y eso es todo. Un microprocesador tradicional no le permitirá hacer esto, ya que espera que todas estas tareas sean manejadas por otros chips. Hay que agregarle los módulos de entrada y salida (puertos) y la memoria para almacenamiento de información.

Un microcontrolador típico tendrá un generador de reloj integrado y una pequeña cantidad de memoria de acceso aleatorio y/o ROM / EPROM / EEPROM / flash, con lo que para hacerlo funcionar todo lo que se necesita son unos pocos programas de control y un cristal de sincronización. Los microcontroladores disponen generalmente también de una gran variedad de dispositivos de entrada/salida, como convertidor analógico digital, temporizadores, UARTs y buses de interfaz serie especializados, como I<sup>2</sup>C y CAN. Frecuentemente, estos dispositivos integrados pueden ser controlados por instrucciones de procesadores especializados. Los modernos microcontroladores frecuentemente incluyen un lenguaje de programación integrado, como el lenguaje de programación BASIC que se utiliza bastante con este propósito.

Los microcontroladores negocian la velocidad y la flexibilidad para facilitar su uso. Debido a que se utiliza bastante sitio en el chip para incluir funcionalidad, como los dispositivos de entrada/salida o la memoria que incluye el

microcontrolador, se ha de prescindir de cualquier otra circuitería, (Co., Eagle Tyre, 2013).

**Arquitecturas de computadora.** Básicamente existen dos arquitecturas de computadoras, y por supuesto, están presentes en el mundo de los microcontroladores: Von Neumann y Harvard. Ambas se diferencian en la forma de conexión de la memoria al procesador y en los buses que cada una necesita.

La arquitectura Von Neumann utiliza el mismo dispositivo de almacenamiento tanto para las instrucciones como para los datos, siendo la que se utiliza en un ordenador personal porque permite ahorrar una buena cantidad de líneas de E/S, que son bastante costosas, sobre todo para aquellos sistemas donde el procesador se monta en algún tipo de zócalo alojado en una placa madre. También esta organización les ahorra a los diseñadores de placas madre una buena cantidad de problemas y reduce el costo de este tipo de sistemas, (Co., Eagle Tyre, 2013).

En un ordenador personal, cuando se carga un programa en memoria, a éste se le asigna un espacio de direcciones de la memoria que se divide en segmentos, de los cuales típicamente se tienen los siguientes: código (programa), datos y pila. Es por ello que se puede hablar de la memoria como un todo, aunque existan distintos dispositivos físicos en el sistema (disco duro, memoria RAM, memoria flash, unidad de disco óptico).

En el caso de los microcontroladores, existen dos tipos de memoria bien definidas: memoria de datos (típicamente algún tipo de SRAM) y memoria de programas (ROM, PROM, EEPROM, flash u de otro tipo no volátil). En este caso la organización es distinta a las del ordenador personal, porque hay circuitos distintos para cada memoria y normalmente no se utilizan los registros de segmentos, sino que la memoria está segregada y el acceso a cada tipo de memoria depende de las instrucciones del procesador.

A pesar de que en los sistemas integrados con arquitectura Von Neumann la memoria esté segregada, y existan diferencias con respecto a la definición tradicional de esta arquitectura; los buses para acceder a ambos tipos de memoria son los mismos, del procesador solamente salen el bus de datos, el de direcciones, y el de control. Como conclusión, la arquitectura no ha sido alterada, porque la forma en que se conecta la memoria al procesador sigue el mismo principio definido en la arquitectura básica, (Co., Eagle Tyre, 2013).

Algunas familias de microcontroladores como la Intel 8051 y la Z80 implementan este tipo de arquitectura, fundamentalmente porque era la utilizada cuando aparecieron los primeros microcontroladores.

La otra variante es la arquitectura Harvard, y por excelencia la utilizada en supercomputadoras, en los microcontroladores, y sistemas integrados en general. En este caso, además de la memoria, el procesador tiene los buses segregados, de modo que cada tipo de memoria tiene un bus de datos, uno de direcciones y uno de control.

La ventaja fundamental de esta arquitectura es que permite adecuar el tamaño de los buses a las características de cada tipo de memoria; además, el procesador puede acceder a cada una de ellas de forma simultánea, lo que se traduce en un aumento significativo de la velocidad de procesamiento. Típicamente los sistemas con esta arquitectura pueden ser dos veces más rápidos que sistemas similares con arquitectura Von Neumann.

La desventaja está en que consume muchas líneas de E/S del procesador; por lo que en sistemas donde el procesador está ubicado en su propio encapsulado, solo se utiliza en supercomputadoras. Sin embargo, en los microcontroladores y otros sistemas integrados, donde usualmente la memoria de datos y programas comparten el mismo encapsulado que el procesador, este inconveniente deja de ser un

problema serio y es por ello que se encuentra la arquitectura Harvard en la mayoría de los microcontroladores.

Por eso es importante recordar que un microcontrolador se puede configurar de diferentes maneras, siempre y cuando se respete el tamaño de memoria que este requiera para su correcto funcionamiento, (Co., Eagle Tyre, 2013).

**Procesador en detalle.** En los años 1970, la electrónica digital no estaba suficientemente desarrollada, pero dentro de la electrónica ya era una especialidad consagrada. En aquel entonces las computadoras se diseñaban para que realizaran algunas operaciones muy simples, y si se quería que estas máquinas pudiesen hacer cosas diferentes, era necesario realizar cambios bastante significativos al hardware.

A principios de la década de 1970, una empresa japonesa le encargó a una joven compañía norteamericana que desarrollara un conjunto de circuitos para producir una calculadora de bajo costo. Intel se dedicó de lleno a la tarea y entre los circuitos encargados desarrolló uno muy especial, algo no creado hasta la fecha: el primer microprocesador integrado.

El Intel 4004 salió al mercado en 1971, es una máquina digital sincrónica compleja, como cualquier otro circuito lógico secuencial sincrónico. Sin embargo, la ventaja de este componente está en que aloja internamente un conjunto de circuitos digitales que pueden hacer operaciones corrientes para el cálculo y procesamiento de datos, pero desde una óptica diferente: sus entradas son una serie de códigos bien definidos, que permiten hacer operaciones de carácter específico cuyo resultado está determinado por el tipo de operación y los operandos involucrados, (Co., Eagle Tyre, 2013).

Visto así, no hay nada de especial en un microprocesador; la maravilla está en que la combinación adecuada de los códigos de entrada, su ejecución secuencial, el poder saltar hacia atrás o adelante en la secuencia de códigos en base a decisiones

lógicas u órdenes específicas, permite que la máquina realice un montón de operaciones complejas, no contempladas en los simples códigos básicos.

Hoy estamos acostumbrados a los sistemas con microprocesadores, pero en el lejano 1971 esta era una forma de pensar un poco diferente y hasta escandalosa, a tal punto que Busicom, la empresa que encargó los chips a Intel, no se mostró interesada en el invento, por lo que Intel lo comercializó para otros que mostraron interés; el resto es historia: una revolución sin precedentes en el avance tecnológico de la humanidad, (Co., Eagle Tyre, 2013).

Es lógico pensar que el invento del microprocesador integrado no fue una revelación divina para sus creadores, sino que se sustentó en los avances, existentes hasta el momento, en el campo de la electrónica digital y las teorías sobre computación. Pero sin lugar a dudas fue la gota que colmó la copa de la revolución científico-técnica, porque permitió desarrollar aplicaciones impensadas o acelerar algunas ya encaminadas, (Co., Eagle Tyre, 2013).

**Registros.** Son un espacio de memoria muy reducido pero necesario para cualquier microprocesador, de aquí se toman los datos para varias operaciones que debe realizar el resto de los circuitos del procesador. Los registros sirven para almacenar los resultados de la ejecución de instrucciones, cargar datos desde la memoria externa o almacenarlos en ella.

Aunque la importancia de los registros parezca trivial, no lo es en absoluto. De hecho una parte de los registros, la destinada a los datos, es la que determina uno de los parámetros más importantes de cualquier microprocesador. Cuando escuchamos que un procesador es de 4, 8, 16, 32 o 64 bits, nos estamos refiriendo a procesadores que realizan sus operaciones con registros de datos de ese tamaño, y por supuesto, esto determina muchas de las potencialidades de estas máquinas, (Co., Eagle Tyre, 2013).

Mientras mayor sea el número de bits de los registros de datos del procesador, mayores serán sus prestaciones, en cuanto a poder de cómputo y velocidad de ejecución, ya que este parámetro determina la potencia que se puede incorporar al resto de los componentes del sistema, por ejemplo, no tiene sentido tener una ALU de 16 bits en un procesador de 8 bits.

Por otro lado un procesador de 16 bits, puede que haga una suma de 16 bits en un solo ciclo de máquina, mientras que uno de 8 bits deberá ejecutar varias instrucciones antes de tener el resultado, aun cuando ambos procesadores tengan la misma velocidad de ejecución para sus instrucciones. El procesador de 16 bits será más rápido porque puede hacer el mismo tipo de tareas que uno de 8 bits, en menos tiempo, (Co., Eagle Tyre, 2013).

**Unidad de control.** Esta unidad es de las más importantes en el procesador, en ella recae la lógica necesaria para la decodificación y ejecución de las instrucciones, el control de los registros, la ALU, los buses y cuanta cosa más se quiera meter en el procesador.

La unidad de control es uno de los elementos fundamentales que determinan las prestaciones del procesador, ya que su tipo y estructura, determina parámetros tales como el tipo de conjunto de instrucciones, velocidad de ejecución, tiempo del ciclo de máquina, tipo de buses que puede tener el sistema, manejo de interrupciones y un buen número de cosas más que en cualquier procesador van a parar a este bloque, (Co., Eagle Tyre, 2013).

Por supuesto, las unidades de control, son el elemento más complejo de un procesador y normalmente están divididas en unidades más pequeñas trabajando de conjunto. La unidad de control agrupa componentes tales como la unidad de decodificación, unidad de ejecución, controladores de memoria cache, controladores de buses, controlador de interrupciones, pipelines, entre otros elementos, dependiendo siempre del tipo de procesador, (Co., Eagle Tyre, 2013).

**Unidad aritmético-lógica.** Como los procesadores son circuitos que hacen básicamente operaciones lógicas y matemáticas, se le dedica a este proceso una unidad completa, con cierta independencia. Aquí es donde se realizan las sumas, restas, y operaciones lógicas típicas del álgebra de Boole.

Actualmente este tipo de unidades ha evolucionado mucho y los procesadores más modernos tienen varias ALU, especializadas en la realización de operaciones complejas como las operaciones en coma flotante. De hecho en muchos casos le han cambiado su nombre por el de “coprocesador matemático”, aunque este es un término que surgió para dar nombre a un tipo especial de procesador que se conecta directamente al procesador más tradicional, (Co., Eagle Tyre, 2013).

Su impacto en las prestaciones del procesador es también importante porque, dependiendo de su potencia, tareas más o menos complejas, pueden hacerse en tiempos muy cortos, como por ejemplo, los cálculos en coma flotante.

**Buses.** Son el medio de comunicación que utilizan los diferentes componentes del procesador para intercambiar información entre sí, eventualmente los buses o una parte de ellos estarán reflejados en los pines del encapsulado del procesador, (Co., Eagle Tyre, 2013).

En el caso de los microcontroladores, no es común que los buses estén reflejados en el encapsulado del circuito, ya que estos se destinan básicamente a las E/S de propósito general y periféricos del sistema.

Existen tres tipos de buses:

- **Dirección:** Se utiliza para seleccionar al dispositivo con el cual se quiere trabajar o en el caso de las memorias, seleccionar el dato que se desea leer o escribir.
- **Datos.**

- **Control:** Se utiliza para gestionar los distintos procesos de escritura lectura y controlar la operación de los dispositivos del sistema.

### 3.3.3.5. Electrónica Automotriz

Es la ciencia que se encarga del diagnóstico y reparar problemas en los sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo, aplicando los procedimientos técnicos establecidos por los fabricantes y las normas de seguridad; satisfaciendo con calidad, las necesidades del cliente.

La electrónica es la rama de la física y especialización de la ingeniería, que estudia y emplea sistemas cuyo funcionamiento se basa en la conducción y el control del flujo de los electrones u otras partículas cargadas eléctricamente, (Co., Eagle Tyre, 2013).

Utiliza una gran variedad de conocimientos, materiales y dispositivos, desde los semiconductores hasta las válvulas termoiónicas. El diseño y la gran construcción de circuitos electrónicos para resolver problemas prácticos forma parte de la electrónica y de los campos de la ingeniería electrónica, electromecánica y la informática en el diseño de software para su control. El estudio de nuevos dispositivos semiconductores y su tecnología se suele considerar una rama de la física, más concretamente en la rama de ingeniería de materiales, (Co., Eagle Tyre, 2013).

**Historia.** El funcionamiento del siguiente dispositivo está basado en el efecto Edison. Edison fue el primero que observó en 1883 la emisión termoiónica, al colocar una lámina dentro de una bombilla para evitar el ennegrecimiento que producía en la ampolla de vidrio el filamento de carbón. Cuando se polarizaba positivamente la lámina metálica respecto al filamento, se producía una pequeña corriente entre el filamento y la lámina. Este hecho se producía porque los electrones de los átomos del filamento, al recibir una gran cantidad de energía en forma de calor, escapaban de la atracción del núcleo (emisión termoiónica) y,

atravesando el espacio vacío dentro de la bombilla, eran atraídos por la polaridad positiva de la lámina, (Co., Eagle Tyre, 2013).

El otro gran paso lo dio Lee De Forest cuando inventó el tríodo en 1906. Este dispositivo es básicamente como el diodo de vacío, pero se le añadió una rejilla de control situada entre el cátodo y la placa, con el objeto de modificar la nube electrónica del cátodo, variando así la corriente de placa. Este fue un paso muy importante para la fabricación de los primeros amplificadores de sonido, receptores de radio, televisores, etc.

Lee De Forest es considerado el Padre de la electrónica, ya que antes del Tríodo, solo se convertía la corriente alterna en corriente directa o continua, o sea, solo se construían las fuentes de Alimentación, pero con la creación del Tríodo de Vacío, vino la Amplificación de todo tipo de señales, sobre todo la de Audio, la Radio, la TV y todo lo demás, esto hizo que la industria de estos equipos tuvieran un repunte tan grande que ya para las décadas superiores al 1930 se acuñara la palabra por primera vez de "Electrónica" para referirse a la tecnología de estos equipos emergentes, (Co., Eagle Tyre, 2013).

Conforme pasaba el tiempo, las válvulas de vacío se fueron perfeccionando y mejorando, apareciendo otros tipos, como los tetrodos (válvulas de cuatro electrodos), los pentodos (cinco electrodos), otras válvulas para aplicaciones de alta potencia, etc. Dentro de los perfeccionamientos de las válvulas se encontraba su miniaturización.

Pero fue definitivamente con el transistor, aparecido de la mano de Bardeen y Brattain, de la Bell Telephone Company, en 1948, cuando se permitió aún una mayor miniaturización de aparatos tales como las radios. El transistor de unión apareció algo más tarde, en 1949. Este es el dispositivo utilizado actualmente para la mayoría de las aplicaciones de la electrónica. Sus ventajas respecto a las válvulas son entre otras: menor tamaño y fragilidad, mayor rendimiento energético, menores

tensiones de alimentación, etc. El transistor no funciona en vacío como las válvulas, sino en un estado sólido semiconductor (silicio), razón por la que no necesita centenares de voltios de tensión para funcionar.

A pesar de la expansión de los semiconductores, todavía se siguen utilizando las válvulas en pequeños círculos indiófilos, porque constituyen uno de sus mitos más extendidos.

El transistor tiene tres terminales (el emisor, la base y el colector) y se asemeja a un triodo: la base sería la rejilla de control, el emisor el cátodo, y el colector la placa. Polarizando adecuadamente estos tres terminales se consigue controlar una gran corriente de colector a partir de una pequeña corriente de base.

En 1958 se desarrolló el primer circuito integrado, que alojaba seis transistores en un único chip. En 1970 se desarrolló el primer microprocesador, Intel 4004. En la actualidad, los campos de desarrollo de la electrónica son tan vastos que se ha dividido en varias disciplinas especializadas. La mayor división es la que distingue la electrónica analógica de la electrónica digital, (Co., Eagle Tyre, 2013).

La electrónica es, por tanto, una de las ramas de la ingeniería con mayor proyección en el futuro, junto con la informática.

**Sistemas electrónicos.** Un sistema electrónico es un conjunto de circuitos que interactúan entre sí para obtener un resultado. Una forma de entender los sistemas electrónicos consiste en dividirlos en las siguientes partes:

- Entradas o Inputs – Sensores (o transductores) electrónicos o mecánicos que toman las señales (en forma de temperatura, presión, etc.) del mundo físico y las convierten en señales de corriente o voltaje. Ejemplo: El termopar, la foto resistencia para medir la intensidad de la luz, etc.

- Circuitos de procesamiento de señales – Consisten en artefactos electrónicos conectados juntos para manipular, interpretar y transformar las señales de voltaje y corriente provenientes de los transductores.
- Salidas u Outputs – Actuadores u otros dispositivos (también transductores) que convierten las señales de corriente o voltaje en señales físicamente útiles. Por ejemplo: un display que nos registre la temperatura, un foco o sistema de luces que se encienda automáticamente cuando esté oscureciendo.

Básicamente son tres etapas: la primera (transductor), la segunda (circuito procesador) y la tercera (circuito actuador).

*Como ejemplo se supone un televisor.* Su entrada es una señal de difusión recibida por una antena o por un cable. Los circuitos de procesado de señales del interior del televisor extraen la información sobre el brillo, el color y el sonido de esta señal. Los dispositivos de salida son un tubo de rayos catódicos o monitor LCD que convierte las señales electrónicas en imágenes visibles en una pantalla y unos altavoces. Otro ejemplo puede ser el de un circuito que ponga de manifiesto la temperatura de un proceso, el transductor puede ser un termocouple, el circuito de procesamiento se encarga de convertir la señal de entrada en un nivel de voltaje (comparador de voltaje o de ventana) en un nivel apropiado y mandar la información decodificándola a un display donde dé la temperatura real y si esta excede un límite pre programado activar un sistema de alarma (circuito actuador) para tomar las medida pertinentes, (Co., Eagle Tyre, 2013).

**Señales Electrónicas.** Es la representación de un fenómeno físico o estado material a través de una relación establecida; las entradas y salidas de un sistema electrónico serán señales variables.

En electrónica se trabaja con variables que toman la forma de corriente, estas se pueden denominar comúnmente señales. Las señales primordialmente pueden ser de dos tipos:

- **Variable analógica.** Son aquellas que pueden tomar un número infinito de valores comprendidos entre dos límites. La mayoría de los fenómenos de la vida real dan señales de este tipo. (presión, temperatura, etc.)
- **Variable digital.** También llamadas variables discretas, entendiéndose por estas, las variables que pueden tomar un número finito de valores. Por ser de fácil realización los componentes físicos con dos estados diferenciados, es este el número de valores utilizado para dichas variables, que por lo tanto son binarias. Siendo estas variables más fáciles de tratar (en lógica serían los valores V y F) son los que generalmente se utilizan para relacionar varias variables entre sí y con sus estados anteriores.

**Tensión.** Es la diferencia de potencial generada entre los extremos de un componente o dispositivo eléctrico. También se puede decir que es la energía capaz de poner en movimiento los electrones libres de un conductor o semiconductor. La unidad de este parámetro es el voltio (V). Existen dos tipos de tensión: la continua y la alterna.

- **Voltaje continuo.** (VDC) – Es aquel que tiene una polaridad definida, como la que proporcionan las pilas, baterías y fuentes de alimentación.
- **Voltaje alterno.** (VAC) – Es aquel cuya polaridad va cambiando o alternando con el transcurso del tiempo. Las fuentes de voltaje alterno más comunes son los generadores y las redes de energía doméstica.

**Corriente Eléctrica.** También denominada intensidad, es el flujo de electrones libres a través de un conductor o semiconductor en un sentido. La unidad de medida de este parámetro es el amperio (A). Al igual que existen tensiones continuas o alternas, las intensidades también pueden ser continuas o alternas, dependiendo del tipo de tensión que se utiliza para generar estos flujos de corriente.

**Resistencia.** Es la propiedad física mediante la cual todos los materiales tienden a oponerse al flujo de la corriente. La unidad de este parámetro es el Ohmio ( $\Omega$ ). No debe confundirse con el componente resistor. La propiedad inversa es la conductancia eléctrica.

**Circuitos.** Se denomina circuito electrónico a una serie de elementos o componentes eléctricos (tales como resistencias, inductancias, condensadores y fuentes) o electrónicos, conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales electrónicas.

### 3.3.3.6. Casos Análogos

**Vehículo híbrido eléctrico.** Un vehículo híbrido eléctrico es un vehículo de propulsión alternativa combinando un motor eléctrico y un motor de combustión.

Los modelos más recientes y usados se fundan en patentes del ingeniero Víctor Wouk, llamado el "Padre del coche híbrido".

A nivel mundial en 2009 ya circulaban más de 2,5 millones de vehículos híbridos eléctricos livianos, liderados por Estados Unidos con 1,6 millones, seguido por Japón (más de 640 mil) y Europa (más de 235 mil). A nivel mundial los modelos híbridos fabricados por Toyota Motor Corporation sobrepasaron la marca histórica de 2 millones de vehículos vendidos en agosto de 2009, que es seguida por Honda Motor Co., Ltd. con más de 300 mil híbridos vendidos hasta enero de 2009, y Ford Motor Corporation, con más de 122 mil híbridos vendidos hasta finales de 2009, (Enriquez, 2013).

**Ventajas.** Muchos sistemas híbridos eléctricos permiten recoger y reutilizar la energía cinética, que se escapa en forma de calor al frenar, gracias al uso de frenos regenerativos. Aunque actualmente este sistema también se utiliza en algunos vehículos no híbridos de alta gama.

La combinación de un motor de combustión operando siempre a su máxima eficiencia, y la recuperación de energía del frenado (útil especialmente en los tramos cortos), hace que estos vehículos alcancen un mejor rendimiento que algunos vehículos convencionales o de determinada época, especialmente en carreteras muy transitadas, donde se concentra la mayor parte del tráfico, de forma que se reducen significativamente tanto el consumo de combustible como las emisiones contaminantes. Los vehículos eléctricos tradicionales se recargan desde una fuente externa, lo que les ocasiona problemas de autonomía de funcionamiento sin recargarlas. Sin embargo, los vehículos híbridos eléctricos obtienen la energía del motor de combustión y con la recuperación de energía durante el frenado.

**Desventajas.** Sus grandes desventajas son el peso y el coste de construcción. El uso de dos sistemas de propulsión junto con las baterías auxiliares reduce el espacio habitable y su peso hace que las prestaciones empeoren respecto de otro de combustión de potencia equivalente. Por otra parte el usar el motor de combustión para mover un generador, que recarga las baterías, que alimentan un motor eléctrico hace que el rendimiento total del sistema no sea tan eficiente como predicen sus constructores. De hecho nunca dan las cifras de coste de combustible por Km en forma de valor moneda comparativo y se limitan a referenciar al uso del combustible fósil sin contar el consumo eléctrico. Otras Desventajas:

- Toxicidad de las baterías que requieren los motores eléctricos.
- Utilización importante de materias escasas (neodimio y lantano en el caso del Prius).
- Mayor peso que un coche convencional (hay que sumar el motor eléctrico y, sobre todo, las baterías), y por ello un incremento en la energía necesaria para desplazarlo.
- Más complejidad, lo que dificulta las revisiones y reparaciones del mismo.
- Su elevado precio.
- Cuando usan el motor de combustión contaminan igual que cualquier otro.
- Las baterías (extremadamente caras) tienen una vida útil muy inferior a la del vehículo

- Se han presentado problemas con las baterías.

**Constitución Básica.** Motor híbrido 1NZ de Toyota: a la izquierda el motor térmico, a la derecha de la cadena el motor eléctrico de propulsión, a la izquierda de la misma el generador:

- Un motor térmico MT, en un extremo del grupo motopropulsor
- Un motor eléctrico MG1 situado a continuación de MT
- Un motor eléctrico MG2 en el extremo opuesto a MT
- Un mecanismo de tracción basado en un tren epicicloidal y una cadena de arrastre situado entre MG1 y MG2

#### **Funcionamiento.**

- MG1 carga la batería de alto voltaje y pone en marcha al motor térmico MT
- MG2 es el que arrastra el vehículo en todas las circunstancias, bien solo o bien cooperando con MT, y hace la función de generador durante la frenada. Su alimentación es alterna trifásica. Transmite su par a la corona del tren epicicloidal, la cual es solidaria con el piñón de arrastre de la cadena.

**Tipos de trenes de propulsión.** El Toyota Prius es un vehículo híbrido eléctrico paralelo, que tiene tanto una versión regular, como una enchufable.

Existen numerosos tipos de sistemas de propulsión híbridos eléctricos, entre los que destacan tres: el sistema paralelo, el sistema combinado y el sistema de secuencia o en serie.

- **Sistema paralelo:** el motor térmico es la principal fuente de energía y el motor eléctrico actúa aportando más potencia al sistema. El motor eléctrico ofrece su potencia en la salida y en la aceleración, cuando el motor térmico consume más. Este sistema destaca por su simplicidad, lo que abre la puerta a la posibilidad de implementarlo en modelos de vehículos ya existentes, sin necesidad de diseños específicos, y facilita la equiparación de su coste al de un vehículo convencional. Este es el sistema que utiliza el Honda Insight.

- **Sistema combinado:** el motor eléctrico funciona en solitario a baja velocidad, mientras que a alta velocidad, el motor térmico y el eléctrico trabajan a la vez. El motor térmico combina las funciones de propulsión del vehículo y de alimentación del generador, que provee de energía al motor eléctrico, lo que suele aumentar la eficiencia del sistema, ya que se puede aprovechar la energía generada por el motor térmico, que en ciertas circunstancias puede ser en exceso, y en lugar de desperdiciarla, la utiliza para recargar las baterías del sistema eléctrico. El Toyota Prius utiliza este sistema.
- **Sistema en serie:** el vehículo se impulsa sólo con el motor eléctrico, que obtiene la energía de un generador alimentado por el motor térmico. El Opel Ampera que se espera que llegue a su producción en serie en 2011, basado en el Chevrolet Volt, es un híbrido eléctrico en serie.

Asimismo pueden clasificarse en:

- **Regulares:** que utilizan el motor eléctrico como apoyo, pero que no se pueden recargar conectándolo a la red eléctrica.
- **Enchufables:** (también conocidos por sus siglas en inglés PHEVs), que emplean principalmente el motor eléctrico y que se pueden recargar enchufándolos a la red eléctrica. Un generador de combustión interna recarga las baterías cuando el ordenador de a bordo detecta que estas se han agotado. Ni siquiera se necesita que dicho generador mueva las ruedas, el altísimo par de los motores eléctricos moviendo las ruedas evita incluso el uso de una transmisión y un embrague.

Cada uno de estos sistemas tiene sus pros y sus contras, pero todos ellos tienen un importante componente positivo, ya que indican un esfuerzo serio en investigación y desarrollo de sistemas de propulsión más eficientes y limpios por parte de algunas marcas del sector de la automoción, (Enriquez, 2013).

Una desventaja de los híbridos eléctricos es su peso ligeramente más alto que el convencional, debido al sistema eléctrico adicional, y que la tracción del mismo es mecánica (caja de cambios y palieres a las ruedas) conectada al motor térmico del mismo, (Enriquez, 2013).

**Cadena Energética.** Panel de información del vehículo híbrido Toyota Prius.

El panel digital del Ford Fusion Hybrid mantiene registros de las mejoras alcanzadas en el estilo "eco-driving" (arriba) y del tipo de propulsión que está utilizando el vehículo.

Un vehículo necesita realizar trabajo para desplazarse; para ello debe adquirir energía de alguna fuente y transformarla, con algún tipo de motor (térmico convencional, eléctrico, etc.), en energía cinética para que las ruedas giren y se produzca el desplazamiento.

Un vehículo clásico toma energía que se encuentra almacenada en un combustible fósil (p.e. gasolina) y que es liberada mediante la combustión en el interior de un motor térmico convencional. El par de salida de ese motor térmico se transmite a las ruedas.

El motor eléctrico, combinado con el motor de gasolina, es una alternativa al empleo de vehículos únicamente propulsados por energía fósil procedente de fuentes no renovables. Tradicionalmente, los motores que han propulsado a los automóviles han sido sobredimensionados con respecto a lo estrictamente necesario para un uso habitual, (Enriquez, 2013).

**La potencia.** Los automóviles normalmente tienen motores de combustión interna que rondan entre los 45 y 240 CV de potencia máxima. Esta potencia se requiere en situaciones particulares, tales como aceleraciones a fondo, subida de

grandes pendientes con gran carga del vehículo y a gran velocidad. El hecho de que la mayoría del tiempo dicha potencia no sea requerida supone un despilfarro de energía, puesto que sobredimensionar el motor para posteriormente emplearlo a un porcentaje muy pequeño de su capacidad sitúa el punto de funcionamiento en un lugar donde el rendimiento es bastante malo. Un vehículo medio convencional, si se emplea mayoritariamente en ciudad o en recorridos largos y estacionarios a velocidad moderada, ni siquiera necesitará desarrollar 20 caballos.

El hecho de desarrollar una potencia muy inferior a la que el motor puede dar supone un despilfarro por dos motivos: por una parte se incurre en gastos de fabricación del motor superiores a lo que requeriría realmente, y por otra, el rendimiento de un motor que pueda dar 100 caballos cuando da sólo 20 es muy inferior al de otro motor de menor potencia máxima funcionando a plena potencia y dando esos mismos 20 caballos. Este segundo factor es el principal responsable de que el consumo urbano de un mismo vehículo equipado con un motor de gran potencia consuma, en recorridos urbanos, muchísimo más que uno del mismo peso equipado con un motor más pequeño. En conclusión, el motor ha de ser el idóneo para el uso al que se destina, (Enriquez, 2013).

**La eficiencia.** Dado que el mayor consumo de los vehículos se da en ciudad debido a las paradas continuas, los motores eléctricos constituyen un ahorro energético notable; mientras que un motor térmico necesita incrementar sus revoluciones para aumentar su par, el motor eléctrico en cambio tiene un par (fuerza del motor) constante, es decir produce la misma aceleración al comenzar la marcha que con el vehículo en movimiento.

Otro factor que reduce la eficacia del rendimiento en recorridos muy transitados es la forma de detener el vehículo. Ésta detención se realiza mediante un proceso tan ineficiente cómo es disipar y desaprovechar la energía en forma de movimiento, energía cinética, que lleva el vehículo para transformarla en calor liberado inútilmente al ambiente junto con materiales de desgaste de las

componentes de frenado. Estos componentes están formados por metales pesados y aglomerantes que pueden ser tóxicos, tanto en la manipulación para la fabricación de esos componentes, durante el uso (en forma de polvo desprendido en las frenadas) y durante su disposición final o reciclado. Lamentablemente los híbridos también llevan frenos que usan este sistema.

La eficacia del híbrido eléctrico se nota sobre todo en el uso en ciudad; la energía es más limpia y el motor eléctrico que es más simple mecánicamente, tiene menor consumo de aceite lubricante, y dado que trabaja a bajas temperaturas por no haber combustión puede ser mucho más duradero que un motor de combustión interna, y con pocas piezas de desgaste como pueden ser los rodamientos.

Por una parte dispone del suplemento extra de potencia necesario que aporta el motor de combustión en situaciones como las anteriormente citadas. Por otra, no supone en absoluto ningún consumo extra de combustible. Al contrario, supone un ahorro, puesto que parte de la energía eléctrica es obtenida a base de recargar las baterías en frenadas o retenciones del vehículo o al descender pendientes, momentos en los que la energía cinética del vehículo se disiparía (transformaría en calor irrecuperable para ser más exactos) con frenos tradicionales. Además posibilita emplear solo la propulsión eléctrica en arrancadas tras detenciones prolongadas (semáforos por ejemplo) o aparcamientos y mantener el motor térmico parado en estas situaciones en las que no es empleado, o se requiere de él una potencia mínima, sin comprometer la capacidad para retomar la marcha instantáneamente. Esto es posible porque tiene la capacidad de arrancar en pocas décimas de segundo el motor térmico en caso de necesidad.

Además de la eficiencia, la posibilidad de emplear los motores eléctricos, exclusivamente, durante un tiempo permite evitar la producción de humos en situaciones molestas, como por ejemplo en garajes.

El principal problema al que se enfrenta la industria del automóvil para fabricar vehículos eficientes son las propias exigencias del consumidor. Debido al bajísimo precio (en relación a otras fuentes de energía) de los combustibles fósiles, gracias a que el petróleo es una fuente que la humanidad ha encontrado fácilmente disponible, no contribuye a concienciar a la población para un ahorro energético.

También hay que tener en cuenta el material de las baterías que si son de plomo, son de gran impacto ambiental tanto la obtención de plomo metálico, la manipulación para la fabricación de las baterías, y la recuperación de los metales luego de agotado su ciclo de vida. En caso de ser de litio, posee un alto costo ya que la disponibilidad del metal es limitada, y también tiene cuestiones ligadas al cuidado del medio ambiente, (Enriquez, 2013).

**El almacenamiento en las baterías.** La energía eléctrica es un recurso energético puente (no primario) que almacenado en baterías también se agota. El motor eléctrico, para sustituir al térmico, se considera actualmente un gran avance de economía sostenible. La contaminación en funcionamiento de este es muy baja en comparación con la de funcionamiento del motor de combustible fósil (si bien los cálculos publicados no tienen en cuenta el escaso aprovechamiento energético del recurso agotable primario que generó la electricidad). Actualmente el almacenamiento de la electricidad en baterías supone una barrera tecnológica importante para el uso de un motor eléctrico en automoción.

Los motores eléctricos han demostrado capacidades de sobra para impulsar otros tipos de máquinas, como trenes, máquinas estáticas y robots de fábricas, puesto que pueden conectarse sin problemas a líneas de corriente de alta potencia. Sin embargo, las capacidades de almacenamiento energético en un vehículo móvil, obligan a los diseñadores a usar una complicada cadena energética multidisciplinar, e híbrida, para sustituir a una sencilla y barata cadena energética clásica depósito-motor-ruedas. La electricidad, como moneda de cambio energética, facilita el uso de tecnologías muy diversas, ya que el motor eléctrico consume electricidad,

independientemente de la fuente primaria empleada para generarla. Y esta fuente primaria es precisamente la que suele ser el mayor factor contaminante en la cadena energética de los vehículos híbridos y eléctricos.

Si bien el sobreprecio de un vehículo híbrido es teóricamente amortizable durante la vida de un automóvil, el consumidor raramente opta por realizar una fuerte inversión inicial en un vehículo de este tipo. Además de que ningún gobierno ve conveniente el cambio de los combustibles fósiles (gas, petróleo y sus derivados) por el "golpe" que éste daría a la economía, debido a la carga impositiva fiscal actual sobre los combustibles... En cambio, en un futuro a medio plazo, en el que el precio del petróleo se dispare por su escasez y la única forma de suplir esta carencia sea aumentar la eficiencia y emplear biocombustibles (de mayor coste de producción que el petróleo en la actualidad), el vehículo híbrido seguramente pase de considerarse un lujo solo para ecologistas convencidos y pudientes, a una forma aceptable de transporte por carretera, pero si el precio del petróleo o los biocombustibles bajan, los consumidores continuarán usando estos combustibles.

Gracias al empleo de tecnología híbrida se pregonan reducciones de consumo de hasta el 80% en ciudad y 40% en carretera, en comparación entre vehículos convencionales de similares prestaciones (nótese que se habla únicamente del consumo de combustible fósil y el consumo eléctrico se considera cero ¿?). Respecto del consumo comparativo en papel moneda no existen publicaciones (y no se olvide que la electricidad tiene un coste en euros muy superior a otras energías). Las emisiones de dióxido de carbono tendrán un comportamiento paralelo salvo el uso de energía nuclear, solar o eólica como fuente primaria, (Enriquez, 2013).

**La sonoridad.** Diversas asociaciones han alertado sobre el peligro que encierran los vehículos híbridos para los peatones, indica un informe del Ministerio de Transporte de Estados Unidos. “Les preocupa el hecho de que estos vehículos sean más silenciosos que los regulares, situación que dificulta a peatones y ciclistas escuchar los sonidos que normalmente les advierten sobre la presencia de un

vehículo en una calle o una intersección.” Dicho informe revela que en ciertas maniobras estos vehículos “tienen el doble de posibilidades que los convencionales de verse involucrados en accidentes con transeúntes”. La Administración Nacional para la Seguridad Vial de Estados Unidos ha propuesto instalar en los vehículos híbridos y en los eléctricos emisores de sonido que funcionen cuando se desplacen a poca velocidad.

**Elementos.** Que pueden ser utilizados en la configuración de la cadena energética de un vehículo híbrido eléctrico, y deben estar coordinados mediante un sistema electrónico-informático:

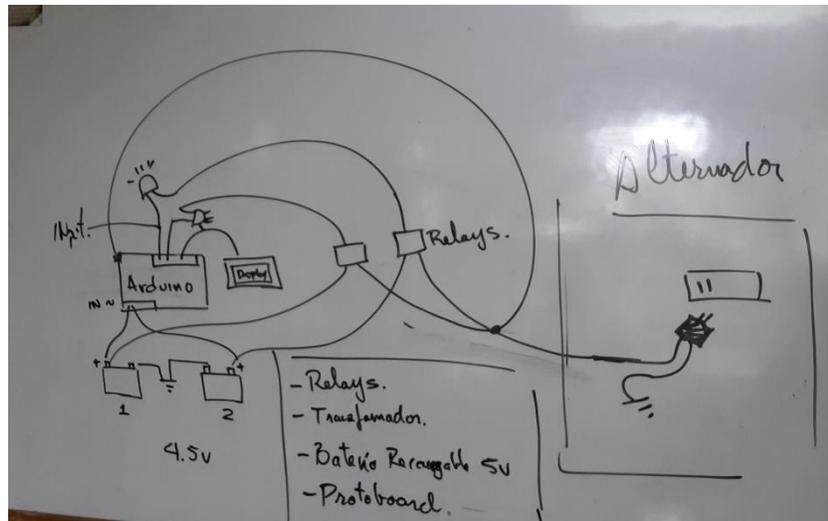
- Baterías de alta capacidad para almacenar energía eléctrica como para mover el vehículo.
- Pila de combustible, para conseguir almacenar energía eléctrica en forma de combustible y transformarla en el momento de su utilización. De esa forma se consiguen capacidades de almacenamiento energético similares o superiores a las del depósito de combustible fósil.
- Paneles fotovoltaicos como ayuda a la recarga de las baterías.
- Batería inercial que permite recuperar la energía desprendida en la frenada. Las baterías no se cargan bajo picos de energía cortos y muy altos, así que acelerar un volante de inercia y luego utilizar esa energía cinética para ir cargando lentamente dichas baterías se perfila como una buena opción.
- Supercondensadores para poder realizar la misma función que los volantes de inercia usando sólo tecnología eléctrica.
- Grupos electrógenos para, en caso de niveles muy bajos de batería, consumir combustible fósil en motores de pistones para generar electricidad.
- Grupos turbogen para, en caso de niveles muy bajos de batería, consumir combustible fósil en motores de turbina rotante para generar electricidad.

De esta forma utilizando una mezcla de tecnologías que apoyen al motor eléctrico se consigue un vehículo que pueda competir en prestaciones con la versión clásica, (Enriquez, 2013).

### 3.3.4. PROPUESTA GRÁFICA

#### DIAGRAMA No. 5

#### DISEÑO DE LA PROPUESTA 3

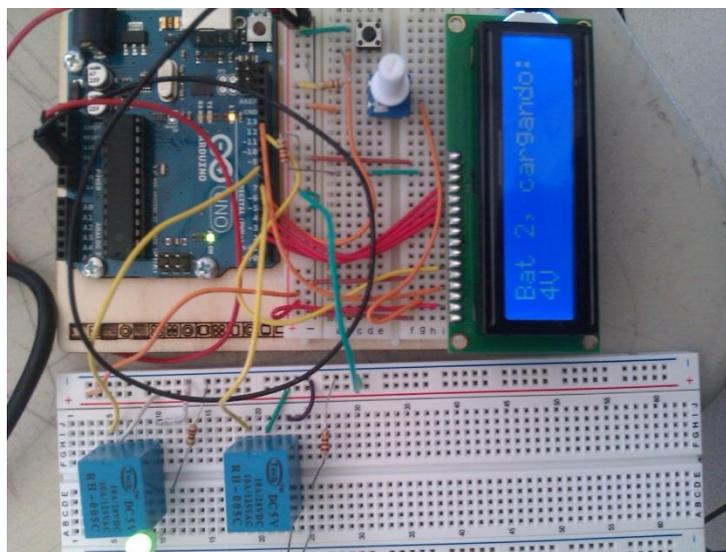


Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

### 3.3.5. EXPERIMENTACIÓN

- a) Se tuvo una etapa de experimentación con el arduino para conocer y aprender el funcionamiento de todos los componentes a utilizar del mismo, desarrollando varios proyectos preliminares con el fin de dominar el funcionamiento en su totalidad.
- b) Dentro de los proyectos preliminares realizados están:
  - Programación sencilla del arduino.
  - Contador cíclico medido por LEDS.
  - Utilización de pantalla *display* (*liquid crystal display*).
  - Utilización de LEDS y mediciones análogas y digitales.
  - Utilización de *relays*.
  - Proyecto de lectura de *pushbuttons*.
- c) Programación del código controlador real para la medición de la carga de las baterías.

**IMAGEN No. 28 CIRCUITO FINAL DEL MODELO DE LA PROPUESTA 3**



Fuente: Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

**3.3.6. COSTOS**

**TABLA No. 7 TABLA DE COSTOS DE LA PROPUESTA 3**

#	CONCEPTO	P. UNIDAD	TOTAL
1	ARDUINO STARTER KIT	Q 1,600.00	Q 1,600.00
1	PROTOBAR SIMPLE (ER)	Q60.00	Q60.00
1	PINZA LARGA 5" PINZA LARGA TOOLCRAFT TC-1597	Q25.00	Q25.00
1	ALICATE 5" AMARILLO ALICATE BK BHY-038	Q25.00	Q25.00
2	BATERÍA RECARGABLE 2AA PAR (ER)	Q65.00	Q130.00
1	ADAPTATOR UNIVERSAL 500 MA ER	Q65.00	Q65.00
3	RELAY DE 5 VOLTIOS 5 PINES	Q10.00	Q30.00
	TOTAL		Q 1,935.00

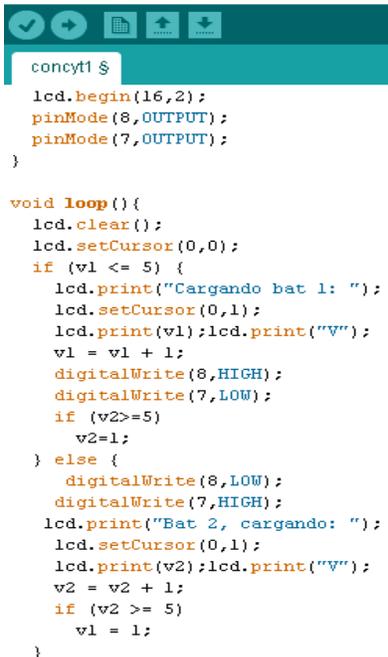
Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

### 3.3.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestran varias imágenes como parte del análisis y los resultados:

IMAGEN No. 29

#### CÓDIGO MICROCONTROLADOR



```
concyt1 $
lcd.begin(16,2);
pinMode(8,OUTPUT);
pinMode(7,OUTPUT);
}

void loop(){
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  if (v1 <= 5) {
    lcd.print("Cargando bat 1: ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(v1);lcd.print("V");
    v1 = v1 + 1;
    digitalWrite(8,HIGH);
    digitalWrite(7,LOW);
    if (v2>=5)
      v2=1;
  } else {
    digitalWrite(8,LOW);
    digitalWrite(7,HIGH);
    lcd.print("Bat 2, cargando: ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(v2);lcd.print("V");
    v2 = v2 + 1;
    if (v2 >= 5)
      v1 = 1;
  }
}
```

Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

Como se puede visualizar en el código se puede ver que el arduino es capaz de medir el voltaje de una de las baterías, desde el punto de vista de control lógico se compara el valor del voltaje contra 5 voltios, en el instante que disminuye de dicho voltaje el arduino manda la señal para “switchear” el circuito de carga de la batería 2 a la batería 1. Contrario a lo antes descrito, si la batería 1 se encuentra totalmente cargada el arduino indicará al circuito cargador que deberá cargar la batería 2.

**IMAGEN No. 30**

**PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO INDICANDO BANCO DE CARGA**

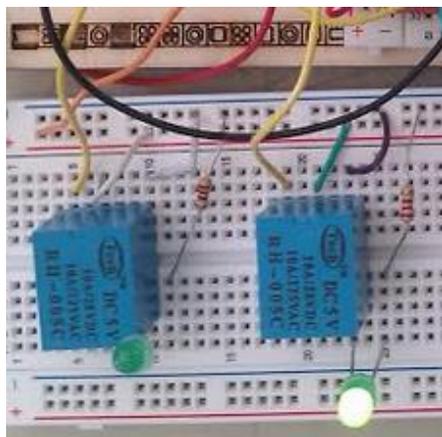


Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

Lo descrito con anterioridad se refleja en la pantalla de cristal líquido acoplada al circuito, ya que ésta indica el valor de los voltios de la batería al cargarla.

**IMAGEN No. 31**

**INDICADOR DE SITUACIÓN DE CARGA CON LUZ LED**



Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

En el circuito se indica el cambio de carga entre las baterías por medio de unas luces LED, esto muestra cuál de las dos se encuentra cargando.

Las Baterías utilizadas son de 2,100mAh y el transformador posee una corriente máxima de 500 mA. De acuerdo a esto se puede ingerir que las baterías se cargarán en aproximadamente 5 horas.

Según la experimentación es factible realizar el circuito. Se modeló el funcionamiento de la solución a nivel electrónico de un voltaje y baterías prototipo.

### **3.3.8. CONCLUSIONES**

**3.3.8.1.** Se realizó exitosamente el diseño y el modelaje de un dispositivo o circuito que sea capaz de captar la energía generada por el alternador de un vehículo hacia una batería secundaria, la cual podría ser utilizada para otros propósitos.

**3.3.8.2.** Se considera que absolutamente todo el parque automotriz sería capaz de producir una fuente alternativa de energía ya que todos los vehículos disponen de un alternador y de una batería principal.

**3.3.8.3.** Se analizó y generó datos de para el análisis de distribución espacial, para establecer que la capacidad de almacenamiento de la misma depende completamente del diseño para cada vehículo y de la capacidad de la batería alterna que se instale.

**3.3.8.4.** Se analizó el modelo con el diagrama calculado en la del inciso 3.3.6 con el diseño observado mostrado en la imagen 2 del mismo inciso. Concluyendo que los cambios realizados al modelo práctico respecto al modelo teórico son mínimos, limitándose al desarrollo de electrónica, permaneciendo la lógica del circuito.

**3.3.8.5.** Se determinó la disponibilidad del modelo y efectos por cambios climáticos y biofísicos con base a la elaboración y desarrollo de circuito dentro de un

automóvil, siempre y cuando los componentes utilizados se adecúen al tipo de carga eléctrica designada para ese vehículo en específico.

**3.3.8.6.** De acuerdo al circuito simulado se puede concluir que con las baterías utilizadas de 2,100mAh y el transformador con una corriente máxima de 500 mA se pueden cargar ambas baterías en aproximadamente 5 horas. Asumiendo esto dentro de un automóvil con un alternador 100 amperios hora, una batería principal de 50 amperios hora y una batería secundaria similar, se puede concluir que la secundaria se cargaría en aproximadamente 0.5 horas.

### **3.3.9. RECOMENDACIONES**

Como se comentó en las conclusiones, lo complicado de llevar este prototipo y hacerlo viable de forma masiva, es la electrónica específica de cada vehículo debido a esto se presentan dos recomendaciones:

- Continuar con el estudio y elaborar un prototipo que permita ser adaptado de manera estándar a la mayoría de vehículos en el mercado
- Realizar un estudio que permita evaluar cuál es el modelo de vehículo más común en el parque vehicular para poder adaptarlo a ese modelo en específico.

## **PARTE IV**

# **CONCLUSIONES RECOMENDACIONES**

## PARTE IV

### 4.1. CONCLUSIONES

De acuerdo a la discusión de resultados y observaciones realizadas durante la fase de experimentación de las siguientes tres propuestas evaluadas.

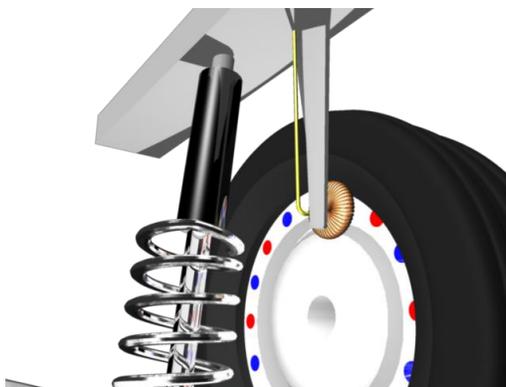
- a) Propuesta 1: generación de energía eléctrica a partir de la propuesta de imanes dispuestos y la rotación de los neumáticos del vehículo
- b) Propuesta 3: generación de energía eléctrica a través del viento generado por el movimiento de un vehículo
- c) Propuesta 3: aprovechamiento de energía eléctrica generada a partir de la fuerza automotriz a una batería secundaria por medio del módulo de arduino.

#### SE CONCLUYE QUE:

**4.1.1.** Se diseñó y evaluó un modelo prototipo para determinar la generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz, en la cual la propuesta basada en la generación de energía eléctrica a partir de la propuesta de imanes dispuestos y la rotación de los neumáticos del vehículo, se estableció que es la más efectiva cumpliendo con el objetivo propuesto.

IMAGEN No. 32

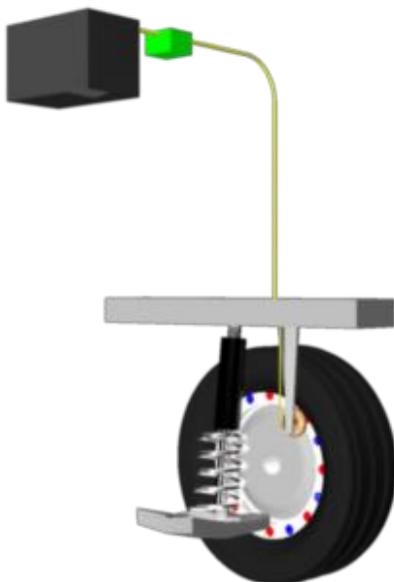
VISTA FRONTAL DE LA PROPUESTA



Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

**IMAGEN No. 33**

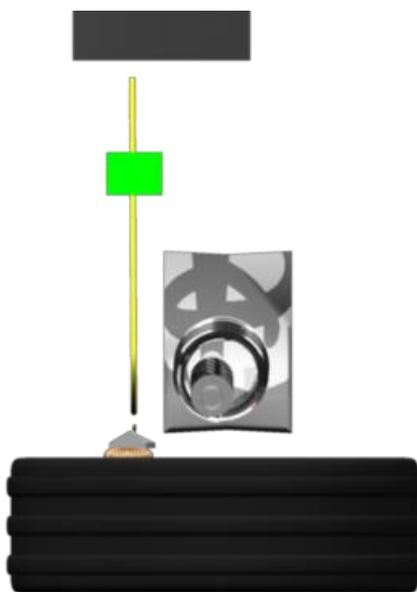
**VISTA LATERAL DE LA PROPUESTA**



Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

**IMAGEN No. 34**

**VISTA LATERAL B DE LA PROPUESTA**



Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

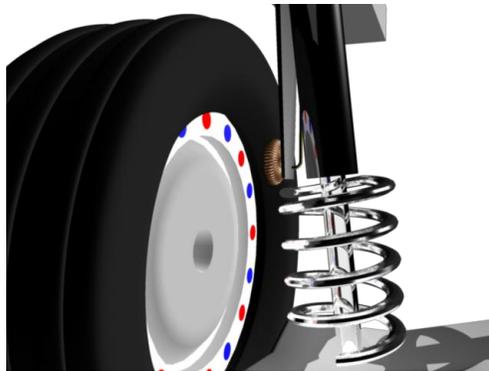
**4.1.2.** Se recopilaron y generaron datos de temática digital del desplazamiento superficial automotriz, aplicando los principios físicos de inducción electromagnética, para llevar a cabo a cabalidad las propuestas desarrolladas llegando a la conclusión que la más efectiva es la propuesta de generación de energía eléctrica a partir de la propuesta de imanes dispuestos y la rotación de los neumáticos del vehículo

**4.1.3.** Se analizaron y generaron datos de generación de energía eléctrica para el análisis de la distribución espacial, con base en principios físicos de inducción electromagnética, para el desarrollo de las tres propuesta, concluyendo que la propuesta de generación de energía eléctrica a partir de la propuesta de imanes dispuestos y la rotación de los neumáticos del vehículo, es la más efectiva en la generación de dichos datos.

**4.1.4.** Por lo anterior se determinó que respecto al balance de generación de energía eléctrica superficial con dos modelos disponibles, la propuesta de generación de energía eléctrica a partir de la propuesta de imanes dispuestos y la rotación de los neumáticos del vehículo es mayormente factible para su elaboración ya que su costo versus su aplicación, cumple con los objetivos aplicables del proyecto para desarrollar el simulador propuesto.

**IMAGEN No. 35**

**DETALLE DE LA PROPUESTA**



Fuente: Proyecto FODECYT 030-2012

**4.1.5.** Se analizaron los modelos con el diagrama observado y el calculado y los principios físicos de inducción electromagnética, de las tres propuestas, concluyendo que la que mayor energía crea por simulador con base a una bobina de 150 vueltas con un alambre de cobre de calibre 24, de diámetro de 1 pulgada, se determinó que a una velocidad de 50 km/h se genera 2.5 Voltios de energía electromagnética, la propuesta de generación de energía eléctrica a partir de la propuesta de imanes dispuestos y la rotación de los neumáticos del vehículo.

**4.1.6.** Se validó el modelo de generación de energía eléctrica superficial a partir de la fuerza automotriz, únicamente para dos propuestas ya que para la propuesta de generación de energía eléctrica a partir de la propuesta de imanes dispuestos y la rotación de los neumáticos del vehículo, para dicha propuesta se llevó a cabo la cotización de la integración del simulador al vehículo, pero por limitaciones económicas no se vio viable dicha propuesta.

**4.1.7.** Se determinó la disponibilidad de los modelos de simulación y efectos por cambios climáticos y biofísicos, cumpliendo en su 100% para la propuesta de generación de energía eléctrica a partir de la propuesta de imanes dispuestos y la rotación de los neumáticos del vehículo.

Se realizó un análisis espacial y distribución de los datos para luego determinar el balance de los modelos evaluando los parámetros más importantes en el almacenamiento y distribución en un Sistema de Generación de energía eléctrica.

La generación de energía eléctrica superficial, producto del análisis del balance de las propuestas seleccionadas, se representó en un diagrama calculado y se comparó a través de un diagrama observado, producto del monitoreo de las estaciones experimentales establecidas en un período determinado. De esta forma se validó la propuesta No. 1 Generación de energía eléctrica a partir de la propuesta de imanes dispuestos y la rotación de los neumáticos del vehículo.

Aunque en el proyecto inicial se habían planteado dos propuestas, conforme la investigación fue avanzando se sugirió una tercera, que por su complicación y falta de recursos económicos por parte de CONCYT no continuó el curso deseado; pero se incluye en este trabajo de investigación ya que podría ser, en un futuro, un nuevo proyecto de investigación muy promisorio.

## 4.2. RECOMENDACIONES

En el proyecto se desarrollaron tres propuestas que evaluaron la generación de energía eléctrica, los costos de producción y el potencial de cada uno de ellos, así como el apoyo de un sistema integrado de generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz.

Las propuestas que fueron desarrolladas y evaluadas son de la siguiente manera: **1)** Generación de energía eléctrica a partir de la propuesta de imanes dispuestos y la rotación de los neumáticos del vehículo; **2)** Generación de energía eléctrica a través del viento generado por el movimiento de un vehículo y **3)** Aprovechamiento de energía eléctrica generada a partir de la fuerza automotriz a una batería secundaria por medio del módulo de arduino.

A partir de la experimentación de la propuesta anteriormente mencionada se obtuvo una tabla de resultados donde se tomaron en cuenta los distintos calibres de alambre, el grosor y diámetro de las bobinas, así como las distintas velocidades a las que se sometió el modelo. Con los resultados óptimos se diseñó y evaluó un modelo simulador para determinar la generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz, por medio de una serie de imanes dispuestos de forma concéntrica en los neumáticos de un vehículo utilizado.

Se recomienda la utilización del modelo generación de energía eléctrica a partir de la propuesta de imanes dispuestos y la rotación de los neumáticos del vehículo por su aplicación en función de sus diagramas (observado y el calculado) y los principios físicos de inducción electromagnética, con base a una bobina de 150 vueltas con un alambre de cobre de calibre 24, de diámetro de 1 pulgada, concluyendo que a una velocidad de 50 km/h se genera 2.5V de energía electromagnética. Vale la pena recalcar que dicha propuesta cubre los objetivos de un modelo apto a efectos por cambios climáticos y biofísicos.

Se recomienda utilizar el modelo que se presentó, para determinar la generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz, que vendría a proponer un nuevo desafío en la dinámica nacional ante el incremento de tránsito vehicular que anualmente afecta a nuestro país y contribuiría al desarrollo energético para el país que la naturaleza múltiple de la crisis actual demanda a los estadistas y dirigentes del mundo, explorar soluciones no tradicionales, que apunten a cambios radicales. En este contexto, también para Guatemala, la seguridad energética es estratégica para que sobrellevar estas crisis globales.

Se recomienda a través del monitoreo continuo de los parámetros de generación de energía eléctrica poder generar un modelo para determinar la disponibilidad del parque vehicular con el desplazamiento superficial, el modelo podrá simular los cambios biofísicos y climáticos que afecten el ciclo de generación de energía.

Utilizar métodos y técnicas que brinden los lineamientos para monitorear el recurso parque vehicular en las principales carreteras del país. Utilizar la información generada para estudios sobre la potencialidad del desplazamiento vehicular, para la generación de energía hidroeléctrica.

Se recomienda que los resultados de la investigación puedan utilizarse para la planificación sostenible del recurso en la región metropolitana.

Por lo que de acuerdo a la discusión de resultados, observaciones realizadas durante la fase de experimentación y conclusiones se recomienda llevar a cabo el simulador de la propuesta tres: **generación de energía eléctrica a partir de la propuesta de imanes dispuestos y la rotación de los neumáticos del vehículo.**

Se recomienda que después de haber sido evaluado y analizado el simulador diseñar de manera de prototipo el mismo y así determinar con mayor exactitud la generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz, por medio de una serie de imanes dispuestos de forma concéntrica en los neumáticos de un vehículo aplicando los principios físicos de inducción electromagnética.

### 4.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Balance hídrico ( Electrónica Básica) de Costa Rica. 2007. Programa hidrológico Internacional. Costa Rica.
2. Balance hídrico integrado y dinámico en el Salvador. 2005. Servicios Nacionales de Estudios Territoriales. Salvador.
3. (Burrough, 1991)Burrough P. A. 1991. Principles of Geographical Information Systems for Lan Resources Assessment. Edit Claredon Press, Oxford. Gran Bretaña. 194 p.
4. Cañamero, A. 2004. El Rincon de la Ciencia. *Imanes*. [En línea] IES Victoria Kent (Torrejón de Ardoz, Madrid), febrero de 2004. [Citado el: 23 de septiembre de 2013.] [http://cent \(Eagle Tyre Co., 2011\)ros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Curiosid/rc-66/rc-66.htm](http://cent(Eagle Tyre Co., 2011)ros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Curiosid/rc-66/rc-66.htm).
5. Co., Eagle Tyre. Información técnica de los neumáticos. [En línea] [Citado el: 19 de Septiembre de 2013.] <http://www.eagletyre.com/informes-tecnicos-de-neumaticos-llantas-para-autos.htm>.
6. (Carmona Alzate, 2003) (De Miguel, 2006)CATIE, GT. 2004. Plan de ma (UNESCO, 2007) (UNESCO, 2005)nejo del parque nacional Montecristo. Guatemala. 122p.
7. Cooperación Española Guatemala. 2001. Estudio sobre la situación actual de la microcuenca del río Atulapa. Proyecto de fortalecimiento municipal y del poder local para la zona oriental de Guatemala. Guatemala.
8. Dirección Nacional de Hidrografía. Uruguay.
9. De la Cruz S, JR. 1982. Clasificación de reconocimiento de las zonas de vida de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
10. Enriquez, Delio. Universidad Cooperativa de Colombia: Herramiento multimedia para las ciencias básicas. *Potencia Eléctrica*. [En línea] [Citado el: 3 de octubre de 2013.] <http://pis.unicauca.edu.co/moodle/file.php/61/capitulo%205/html/potencia%20electrica.htm>.

11. Espinal Gómez, F.M., Novillo Camacho, C. y Martínez de Anguita, P. El uso de los SIG en los sistemas de pago por servicios ambientales. Móstoles, Madrid, España.
12. ESRI, Environmental Systems Research Institute, Inc. Using Avenue, Customization and Application for ArcView. United States of America, 1996.
13. Estudio hidrológico, cuenca del río Itzapa. 1998. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
14. Física, Proyecto de. Circuito Eléctrico. [En línea] [Citado el: 19 de septiembre de 2013.] <http://proyectodefisica4.blogspot.com/2012/11/receptores-electricos.html>.
15. Gómez, M. A. 2004. Rincon de la Ciencia. *Construye un imán*. [En línea] febrero de 2004. [Citado el: 23 de septiembre de 2013.] <http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Practica/pr-36/PR-36d.htm>.
16. Gerardo Bocco. La cartografía y los sistemas de información geográfica en el manejo integrado de cuencas. México.
17. Herrar Ibáñez I. R. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 223 p.
18. IGN (INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. GT). Hojas cartográficas, Escala 1:50,000. Guatemala.
19. IGN (INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. GT). Imágenes SID. Escala 1:50,000. Guatemala.
20. IGN (INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. GT). Ortofotos. 2,006. Escala 1:8,000. Guatemala.
21. INE (Instituto Nacional de Estadística). 2008. Información estadística del Departamento de Chiquimula Actualizada 2006. Esquipulas Chiquimula. 1 CD 8 mm.
22. INE. (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GT). Sección de estadística ambiental, 2008. Anuario estadístico ambiental 2007. Guatemala. 234 p.
23. INE. (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GT). 2002. XI Censo Población, VI de Habitación. Guatemala. Disco compacto.

24. INE (Instituto Nacional de Estadística). 2008. Información estadística del Departamento de Chiquimula Actualizada 2006. Esquipulas Chiquimula. 1 CD 8 mm.
25. INSIVUMEH (INSTITUTO DE SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA E HIDROLOGÍA GT). Registro de datos hidrológicos y climáticos. Guatemala, 1972 – 2009.
26. J. Samper, B. Pisani, D. Alvares, y M.A. García. 2007, GIS-BALAN modelo hidrológico semi- distribuido acoplado a un sistema de información geográfica para la estimación de los recursos hídricos. Coruña, España.
27. Jorge Molina Carpio. Balance Hídrico superficial de la cuenca del río Pilcomayo. 2006. La Paz. Bolivia. 137p.
28. Jorge Henry Carmona Alzate. 2003. Balance hídrico y clasificación climática para el departamento de caldas modelo desarrollado en el lenguaje de programación avenue de ArcView.
29. Linsley Ray y Franzini Joseph B. 1967. Ingeniería de los Recursos Hidráulicos. Primera Edición en Español, Compañía Editorial Continental S.A.
30. MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación). 2001. Mapas Temáticos Digitales de la República de Guatemala. Escala 1:50,000. Guatemala. Un Disco Compacto.
31. MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación). 2006. Ortofotos de La República de Guatemala, Escala 1:8,000. Guatemala.
32. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, G). 2008. (Proyección De La Producción Agropecuaria 2007, Chiquimula).(Correo Electrónico). Chiquimula, Guatemala.
33. Municipalidad de Esquipulas. 2005. Diagnóstico Municipal de Esquipulas,
34. Mapas temáticos digitales y memoria técnica. 2000. Información sobre los mapas temáticos y sus memorias técnicas. Estudios para la Reducción de Desastres del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. ESPREDE-MAGA.
35. Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Dirección Nacional de Hidrografía. 2001. Balance Hídrico en el Uruguay. 48p.

36. Mario Alberto Salomón, Carlos Mario Sánchez y Luis Santos Pereira. 2000. Estimación del balance hídrico mediante aplicación del modelo ISAREG en el canal segundo Vistalba, Lujan de Cuyo, Mendoza, Argentina.
37. Mario Fabián Marini y María Cintia Piccolo. 1999. El balance hídrico en la cuenca del río Quequén Salado, Argentina.
38. Madrid, Universidad Autónoma de. Universidad Autónoma de Madrid. *Circuitos DC*. [En línea] [Citado el: 19 de septiembre de 2013.] [http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/jdemigue/fisica1/cap8/circuitos.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/jdemigue/fisica1/cap8/circuitos.pdf).
39. Místicas, Ciencias. 2008. WikiCiencias. [En línea] 2008. [Citado el: 2013 de octubre de 5.] <http://www.inele.ufro.cl/bmonteci/semic/apuntes/capacitores/capacitores.htm>.
40. Pérez, A.; et. al. Caracterización Climática de la Cuenca Hidrográfica del Río Sinú, Parte Media y Baja. Sistemas de Información Geográfica - Plan de Acción Forestal para Colombia -. En revista: Sig - Pafc, año 3, número 9, marzo de 1996, Santa Fé de Bogotá D. C.
41. Programa hidrológico Internacional. 2003. Balance hídrico de Costa Rica. 55p.
42. Remeiras G. 1971. Tratado de Hidrología Aplicada Primera edición en español, editores asociados S.A. Barcelona.
43. Salomón Mario Alberto, Sánchez Carlos Mario y Santos Pereira Luis. Estimación del balance hídrico mediante aplicación del modelo Isareg en el canal segundo Vistalba, Lujan de Cuyo, Mendoza, Argentina. 25p.
44. Samper Calvete y A. Paz González, 2005. Modelos hidrológicos y sistemas de información geográfica para la estimación de los recursos hídricos: Aplicación de GIS- Balan a varias cuencas españolas. 6p.
45. Savenije, H. H. G. 1995. Hidrología para ingenieros. En curso Nacional de Drenaje Agrícola y Control de Inundación a Nivel de Postgrado. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 72 p.
46. Sistema Nacional de Estudios Territoriales. Balance Hídrico cuenca lago Ilopango. 2005. Servicio Hidrológico Nacional. Salvador. 9 p.
47. Serway. Beicher-Tomo II. Física para ciencias e ingeniería 5 edición, editorial mc Graw Hill

48. Tardivo, Raquel y Graciani Silvio. 2006. Modelo cartográfico en SIG raster y generación de un MDT aplicado al estudio de cuencas hidrográficas. 13p.
49. Universidad de Girona. 2004. Hidrosig, sistema de información geográfica para la gestión de los recursos naturales y modelación del medio ambiente. 12p.
50. V.G, Borísov. *ABC del Joven radiotécnico*. Editorial Mir.

#### 4.4. ANEXOS

##### *ANA MARÍA CRUZ DE GARCÍA, ARQUITECTA M.SC.*

<b>Curso de Doctorado</b>	
Universidad de Navarra, España	2007 a la fecha
Tesis en proceso.	
<b>Maestría en Docencia Universitaria de la Arquitectura</b>	
Cum Laude	
Universidad del Istmo.	2005
<b>Licenciatura de Arquitectura</b>	
Universidad del San Carlos de Guatemala.	1976
<b>Técnico Universitario en Diseño de interiores</b>	
Instituto Femenino de Estudios Superiores (IFES)	1991
<b>Traductor Jurado Español-Francés</b>	1971
<b>Diplomado en Historia</b>	1967
Universidad de la Sorbona de París, Campus Central.	
<b>Estudios de lengua Francesa</b>	1967
Vrij Universiteit de Ámsterdam, Holanda.	
<b>Bachillerato Universitario</b>	1966
Universidad de Valladolid, España.	

**Proyectos de Diseño y Construcción con Empresa Constructora Propia INARCO**, desde 1974, con énfasis en Arquitectura Industrial y Vivienda.

**Directora** de la Escuela de Diseño en IFES de 1992 a 1998.

Ex miembro del **Tribunal de honor** del Colegio de Arquitectos, 2000.

**Decana** de la Facultad de Arquitectura y Diseño desde 1998 a la fecha.

**Jurado** en el evento “Premio a la Excelencia” de Cementos Progreso en categoría edificaciones 2008.

Parte de la mesa de discusión de políticas culturales para Guatemala 2000-2010 en la mesa “Sitios Sagrados”.

Participación del Foro “Una ventana para ver Guatemala” ¡GUATEAMALA!, 2007.

Participación en tres reuniones de “Deans of the Americas”. En Panamá, San Salvador, El Salvador, Houston, USA.)

Conferencista invitada en las Universidades Tecnológico de Monterrey, México y San Carlos de Guatemala.

Oradora en el Encuentro Latinoamericano de Estudios de Arquitectura. Guatemala.

#### **CONFERENCIAS DICTADAS**

VII Jornada Técnica de Arquitectura Vernácula. Habana, Cuba Antigua. Señera ciudad regional 2011.

Proyecto y Creatividad para el Desarrollo, UDEFADAC Managua, Nicaragua. 2010

Coactemalan, lugar de encuentro de dos gigantes. 2007  
Ciudades coloniales. 2007  
Santiago de Guatemala. 2007  
La Federación Centroamericana. 2006  
Culturas prehispánicas. 2006  
La mujer en el arte y arquitectura. Día Internacional de la mujer. 2006  
La ética del arquitecto y el diseñador. 2002

### ***EDUARDO FRANCISCO ESCOBAR MONZÓN. ARQUITECTO***

Bachiller en Ciencias y Letras.  
Colegio Liceo Guatemala. 1967 - 1977  
Licenciatura en Arquitectura  
Universidad Rafael Landívar. 1978 - 1984  
Posgrado en Representación Digital de Arquitectura  
Universidad del Istmo. 2007  
Curso de Doctorado en Historia de la Arquitectura Española  
Universidad de Navarra, España. 2007 a la fecha.

Universidad del Istmo  
Coordinador de PTI (Práctica de Trabajo de Investigación ). 2000 a 2004.  
Vice Decano de la Facultad de Arquitectura y Diseño. 2004 a la fecha.  
Asesor de Especialidad en el Programa de Maestría en Diseño Gráfico. 2011  
Catedrático en el Programa de Licenciatura en Arquitectura. 1999 a la fecha.  
Catedrático en el Programa de Licenciatura en Diseño Gráfico. 2008 a la fecha.  
Catedrático en el Programa de Licenciatura en Ingeniería. 2009 a la fecha.  
Catedrático en el Programa de B.S. en Decoración de Ambientes. 2011 a la fecha.

Universidad Rafael Landívar  
Catedrático en la Carrera de Arquitectura. 2000 a 2004.  
Catedrático en la Carrera de Diseño Industrial. 2002 a 2004.  
Catedrático en Programa de Extensión. 2002 a 2004.

### ***DAVID ENRIQUE RAMÍREZ CANCINOS. ARQUITECTO, MSC***

#### **Grados académicos**

- Maestría en Arquitectura con especialidad en Espacios Comerciales por Universidad del Istmo, 2008.
- Licenciatura en Arquitectura por Universidad del Istmo, 2004
- Bachiller en Ciencias y Letras por el Colegio Lehnsen Central, 1988.

#### **Experiencia Laboral**

- Asistente de Decanatura de la Facultad de Arquitectura y Diseño.
- Coordinador del programa B.A. en Decoración de Ambientes.

- Asistente Departamento de Investigación de la Facultad de Arquitectura y Diseño.
- Director Protocolo Institucional.
- Director de Departamento de Promoción del año 2000 al 2008, en la Facultad de Arquitectura y Diseño.
- Coordinador del Departamento de Promoción Institucional en Universidad del Istmo.
- Auxiliar de varios cursos académicos en la Universidad.

### **Investigaciones**

- Propuesta de Diseño de Escuela y Diseño Urbano del Municipio de San Raymundo.
- Cinco estrategias para la elaboración de un espacio comercial.
- Identificación, caracterización y evaluación de las principales zonas de interés del corredor ecológico de los municipios de Fraijanes, Santa Catarina Pinula, San José Pinula, y Ciudad de Guatemala y propuesta de modelo vial y de paisaje.
- Determinación, caracterización y evaluación de los principales lugares para la ubicación de parques industriales en la república de Guatemala.
- Determinación y evaluación de un modelo de vivienda prefabricada armable para ser utilizada en situaciones de emergencia o vulnerabilidad.

### **Diplomados en:**

- Protocolo Institucional.
- Jardinerización a Escala Urbana.

## ***INGENIERO MARCO ANTONIO MONZÓN CAMAS***

### ***Estudios Académicos***

2008	Diplomado en Gestión de la Calidad NORMAS SERIE ISO 9000:2008
2000 – 2005	Título de Ingeniero de Sistemas, Informática y Ciencias de la Computación Baccalaureus Scientiae <i>Cum Laude</i> Universidad Galileo

1998 – 1999 Título de Bachiller en Ciencias y Letras  
Liceo Guatemala  
*Medalla “Excelencia Académica”*  
*Medalla “Alumno Integral”*

1995 – 1997 Estudios de Nivel Básico  
Liceo Guatemala

1989 – 1994 Estudios de Nivel Primario  
Liceo Guatemala

2004 Toefl  
Universidad del Valle de Guatemala

### ***Experiencia Laboral***

2013 – actualmente Universidad del Istmo  
Investigador Asociado

2012 – actualmente Universidad del Istmo  
Catedrático Titular  
Matemática I, II y PTI (Taller de Física Fundamental)

2007 – actualmente Bluewise Solutions, S. A.  
Gerente General y Co-fundador  
Analista y Desarrollador de Sistemas

2003 – 2007 Tecnología de Expertos, S. A.  
Analista y Desarrollador de Sistemas

2002 – 2003 Catedrático Auxiliar en las áreas de:

- Matemática VI (cuarto año)
- Física III, IV y V (segundo año)
- Programación VIII (tercer año)
- Ciencias de la Computación III y IV (segundo año)

### ***INGENIERO MANUEL ANTONIO MERINO RODAS***

**MBA – Máster en Administración de Empresas Tecnológicas** (2008 - 2009)  
Universidad Antonio de Nebrija, Madrid, España  
Estudios cursados por medio de una beca completa otorgada por **Fundación Carolina**.

**Ingeniería en Electrónica** (2000 - 2007)  
Universidad Francisco Marroquín, Guatemala, Guatemala

**Catedrático Universitario** (Enero 2014 - Actualidad)

Facultad de Arquitectura Universidad del Istmo

Catedrático titular en las materias de Matemáticas 1 y Administración para las carreras de Arquitectura y Diseño.

**Gerente General** (Enero 2013 – Actualidad)

Publimatec S.A.

Toma de decisiones estratégicas en orden de generar mayor volumen de ingresos, manteniendo la calidad y el servicio. Lograr ventajas competitivas para la empresa que se vean reflejadas en mayor remuneración e incremento de contratos para establecerse como líder del mercado. Encargado de estudiar el mercado para desarrollar ideas y propuestas que se adapten a las necesidades de los clientes y usuarios.

**Jefe de Centro de Control de Red Centroamérica Core, SVAs y Aplicaciones** (2010 –2012)

Telefónica Móviles de Guatemala S.A

Coordinación y supervisión de 20 técnicos en telecomunicaciones para la gestión y control de las redes móviles y fijas de Telefónica para Centroamérica en orden de brindar solución inmediata a las incidencias de clientes internos y externos.

Experiencia en equipos Ericsson (MSC-S, HLR, Blade Cluster, BSC, MW, STP, SCP, SDP), Huawei (NGN y VPN), ZTE (Voice Mail), Acision (SMSC y MMSC), Movitalk (PTT), Telefonica I+D (Altamira), Icon-Ericsson (ADM)

**Analista Técnico de Soporte Planta Interna** (2007 - 2010)

Telefónica Móviles de Guatemala S.A

Gestión e implementación en redes de transmisión, transporte, accesos e IP en la red móvil y fija de Telefónica Guatemala.

Experiencia en equipos Ericsson (SDH, PDH y Diamux), Alcatel, Huawei (OSN).

**Analista de Implantación de Normativas Regionales** (2009)

Telefónica Internacional Grandes Clientes, Madrid, España

Soporte en las actividades tácticas marcadas en la Agenda Estratégica para asegurar la implantación del Libro Blanco de Ingeniería y Atención a Grandes Clientes para Latinoamérica.

**Analista Técnico de CCR** (2004 - 2007)

Telefónica Móviles de Guatemala S.A

Gestión de centrales y plataformas en la red móvil y fija de Telefónica Centroamérica.

**Specialization in Project Management** (2008)

ADEN Business School – San Francisco University

**Diplomado en Administración de Empresas (2007)**

Loyola Escuela Empresarial para las Américas

**Semana del “Emprendizaje”, Jóvenes Profesionales de Telefónica (2007)**

BLC Consultoría, Bogotá, Colombia

***PEDRO JOSÉ BRAN REDONDO***

**EXPERIENCIA LABORAL**

- 2008 Durante los meses de octubre a diciembre.  
CEMACO, Guatemala. Desempeñé el puesto de asistente administrativo, revisión de pedidos a proveedores y asuntos de contabilidad interna.
- 2009 Durante los meses de octubre a diciembre.  
ACS, Guatemala. Desempeñé el puesto como agente de teléfonos en servicio al cliente para la empresa Logística UPS.
- 2011 Durante el mes de Noviembre.  
QUALICONS S.A . Por parte de la Universidad realicé prácticas en la empresa Qualicons S.A, en la construcción del edificio DOMANI en zona 15. En este período se supervisó la obra y se trabajaron planos constructivos.
- 2012 Durante el mes de Mayo.

**UNIVERSIDAD DEL ISTMO.**

Por parte de la Universidad realicé prácticas en la Universidad de Navarra, Pamplona donde se estudió y analizo la arquitectura del siglo XX en España.

- 2013 Durante el mes de Noviembre  
OFICIO COLECTIVO. Por parte de la Universidad realicé prácticas en la empresa Oficio Colectivo. Se trabajó en un proyecto urbano INVERSCAPES donde se realizó levantamientos topográficos y presentaciones gráficas de las diferentes intervenciones urbanas.
- 2014 Durante el mes de Enero, febrero y Marzo.  
MINISTERIO DE GOBERNACIÓN. Se realizaron servicios técnicos profesionales en la realización de planos y supervisión de obras de infraestructura para la Dirección de Planificación. Durante este período se realizaron las siguientes actividades:
- a. Realización de planos de arquitectura de las diferentes planificaciones que se realizaron en la Coordinación de infraestructura de la Dirección de Planificación.
  - b. Levantamiento de medidas y cotas de campo de los terrenos y edificios para proyectos de infraestructura.
  - c. Cuantificación de los diferentes proyectos.

- d. Realización de presentaciones gráficas y digitales de los proyectos.

2014 Durante el mes de Mayo  
PRECON. Por parte de la Universidad realicé prácticas en la empresa PRECON. Se trabajó en la construcción del edificio de ARCADIA. .  
En este período se supervisó la obra y se trabajaron planos constructivos.

### **Noviembre 2012 hasta julio 2014**

#### **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CONCYT - “DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN MODELO PARA DETERMINAR LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE LA FUERZA AUTOMOTRIZ”**

En este proyecto se realizan las siguientes actividades:

- Diseño y evaluación de un modelo para determinar la generación de energía eléctrica a partir de la fuerza automotriz
- Recopilar y generar datos de temática digital del desplazamiento superficial automotriz.
- Analizar y generar datos de generación de energía eléctrica para el análisis de la distribución espacial.
- Determinar el Balance de generación de energía eléctrica superficial con dos modelos posibles.
- Analizar los modelos con el diagrama observado y calculado.
- Validar el modelo de generación de energía eléctrica superficial a partir de la fuerza automotriz.

### **EDUCACIÓN**

Universidad del Istmo

Décimo semestre en Licenciatura en Arquitectura con especialidad en Urbanismo.

2010 – 2014

Colegio Discovery School International

2007 - 2008 4to y 5to. Bachillerato en Ciencias y Letras.

Colegio Austriaco Guatemalteco

1994 - 2006 Desde Preparatoria hasta 3ro. Básico.

### **OTROS ESTUDIOS**

Universidad de Navarra, España

2012 Curso internacional: “Arquitectura del Siglo XX”.

2012 Recorrido histórico y explicación arquitectónica guiada de las ciudades españolas: San Sebastian, Bilbao, Laguardia, Elciego, La Rioja, Zaragoza y Pamplona.

Savannah College of Art and Design – SCAD

Se realizó un proyecto colaborativo con un grupo de estudiantes de la universidad de SCAD donde se trabajó un conjunto turístico en la Antigua Guatemala.

### ***IVONNE MARÍA HERNÁNDEZ VELÁSQUEZ***

#### **FORMACIÓN ACADÉMICA Y ESTUDIOS RELEVANTES (2010-2014)**

Graduada con Excelencia Académica del Colegio Decroly Americano (Honors: promedio de 87 puntos).

High School Diploma y certificación del examen SAT por idioma inglés.

Cuarto año de Ingeniería Industrial.

#### **ÁREAS DE EXPERIENCIA LABORAL (2012-2014)**

Año 2012 “Nestle Purina” (Área de Trade Marketing en las subdivisiones de grocery y non-grocery )

Año 2013 “ANFORA” (Área de Producción)

Año 2014 “Colgate-Palmolive” (Área de Customer Service and Logistics”

#### **EXPERIENCIA EJECUTIVA (2009-2014)**

En el año 2011 realicé visitas dirigidas a las plantas de Cementos Progreso, Samboro y Pepsi donde se observó el desarrollo de procesos, manejo de maquinaria y optimización de recursos por parte de la Universidad.

#### **4.4.1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

## **PARTE V**

# **INFORME FINANCIERO**