



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN**

“ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA POR DESCARGAS  
ATMOSFÉRICAS: EL SUEÑO Y GRAN RETO PARA LA  
INGENIERÍA ANTE LA CRISIS ENERGÉTICA”

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“ÁREA: INGENIERÍA MECÁNICA”

**PRESENTA:**

**JUAN REYES AGUILAR MONTAÑO**

**ASESOR: ING. EVERARDO ESQUIVEL SANCHEZ**

**MEXICO MARZO 2013**



**FES Aragón**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## AGRADECIMIENTOS.

### CON CARIÑO:

*A todas esas personas que formaron y dieron vida a esta ilusión, desde aquel día bajo el puente hasta el día de hoy que esto pierde su valor y esfuerzo.*

#### **A ti gran Jah:**

*Creador de cielo y tierra, con quien mi vida está en deuda, a quien algún día volveré, y a quien con el corazón en la mano y el alma al revés pido perdón por haberme alejado de Ti, a ti gran Jah con agradecimiento y con perdón. “Digno Eres Tu, nuestro Dios mismo de recibir la gloria y la honra y el poder, porque a causa de voluntad existieron las cosas y fueron creadas...Antes de ti no hubo cosa alguna y después de ti continuo sin que lo hubiera, tu solo, eres el altísimo sobre toda la tierra” יהוה*

#### **A ti papá:**

*Por tu ausencia. Porque con tu adiós y tú partida, me obligaste a buscar la madurez por mis propios medios, por no contar con esa mano fuerte que me guiara a través del viaje por mi juventud. A ti, sin rencor ni resentimiento, solo con recuerdo.*

*Hola viejo dime como estas,  
los años pasan y no hemos vuelto a  
hablar y no quiero que tú pienses  
que me he olvidado de ti.*

*Hola viejo dime como estas,  
hay tantas cosas que te quiero  
explicar porque uno nunca sabe  
si mañana este aquí.*

*Yo por mi parte no me puedo quejar,  
trabajando como siempre igual  
aunque confieso que en mi vida  
hay mucha soledad*

*A veces hemos ido marcha atrás  
y la razón siempre querías llevar  
pero estoy cansado  
no quiero discutir.*

*En el fondo tu y yo somos casi igual  
y me vuelvo loco solo con pensar,  
quizás la vida nos separe cada día  
más, quizás la vida nos aleje de la  
realidad.*

*Hola viejo dime como estas,  
los años pasan y no hemos vuelto a  
hablar y no quiero que tu pienses  
que me he olvidado, de ti.*

*Quizás tú buscas un desierto y yo  
busco un mar ,quizás que gracias a  
la vida hoy te quiero más.*



## *AGRADECIMIENTOS.*

### **A ti mamá:**

*Por dar hasta el último aliento por mí, por todo ese cariño, esfuerzo y consejos, por todo lo que estuvo a tu alcance ante tus pocas posibilidades y que diste sin reserva para mí. Y también gracias por no tratar de comprender ni condolerme, porque gracias a ello, la vida me ha hecho más fuerte. Gracias.*

*Sé que te acuerdas “Chabe” de tu columpio, el que colgabas de las estrellas.*

*Se que te acuerdas de un amor limpio, de días soleados, de noches bellas.*

*Y te aplaudo que te olvides de tantas cosas, pues la vida a ti te dio más espinas que rosas, te celebro que de las penas vivas ausente, ¡bravo madre! déjame darte un beso en la frente.*

*Se que te acuerdas “Chabe” aun de tus hijos, cuando me miran tus ojos fijos.*

*Se que te acuerdas “Chabe”, de tu rebozo en que envolviste a este mocoso.*

*A la vida te agradezco y le haría un reclamo, si olvidaras un día madre, cuanto te amo.*

### **A ti Gilo:**

*Porque con tu ingenua pregunta me motivaste a iniciar este proyecto, a ti por ser mi espada de cada batalla, por ser un ejemplo para mí, por ser la imagen de un roble fuerte que no se dobla ante la tempestad. Te amo hermano. Gracias por estar a mi lado todos estos años y que Dios me preste muchos años para verte triunfar, y también que te de muchos años de vida para disfrutarte.*

*Gracias Gilo.*

### **A ti Abi hermosa:**

*Por ser la niña de mi vida, por ser el centro de mi casa, y por darme el privilegio temporal de ser papá, por ser la razón de que cuando salgo me den ganas de regresar pronto a casa, para poder ver de nuevo tu hermosa sonrisa. Te Amo hija mía, y pido al creador que me permita verte crecer plena y completa, y que nunca me permita ver el dolor de verte cometer los mismos errores que tu madre y yo hemos cometido. Te amo ABI, te amo hija mía.*



## AGRADECIMIENTOS.

### **A ti Law:**

*Por ser hasta este momento el más bello y hermoso de mis fracasos, por todos esos buenos tiempos vividos a tu lado, desde el día que bailamos juntos por primera vez hasta el día en que cerraste la puerta de tu corazón por siempre para mí. Por regalarme tu alma y por permitirme disfrutar de ella. Por hacerme crecer y ser un hombre completo, y por demostrarme que aun con experiencia en la vida, se pueden cometer novatadas, por mostrarme que soy uno de ellos, y hacerme ver que tengo que mejorar, para adquirir la experiencia que tú te mereces. A ti por toda la experiencia enseñada y porque con tu inteligencia me has enseñado mi lugar, por enseñarme que aun soy un niño para ti. A ti, por siempre creer que soy un hombre de palabra, pero también por mostrar mi vulnerabilidad, a ti por todos los proyectos de vida que tenia guardados para ti, y por deshacerlos con un simple no. A ti, por haber jugado conmigo y haberme permitido jugar contigo, a ti, por hacerme conocer uno de los sabores más amargos que hay en la vida y por permitirme disiparlo en el sabor de tus labios. A ti por enseñarme el error tan grande de dar algo con la esperanza de recibir algo a cambio. Por hacerme disfrutar los últimos años de mi carrera como algo que no he gozado nunca más. Gracias a ti, por todas las lagrimas que te he derramado. Y también gracias por hacerme saber que tu camino no es el mismo que el mío, que mis vuelos siempre son muy altos y que tú no contemplas acompañarme en ellos, por enseñarme que puedo dar más de lo que uno puede dar, y sacrificar más de lo que uno tiene y por enseñarme que no era todo lo tenía que dar y que no se acabó mi inspiración, que solo es una pequeña muestra de lo que puedo lograr. A ti mi querida Law.*

*¡¡¡¡ M á s!!!!!!! aspira a más , desea más, imagina más, disfruta más, ama más, obtén más, sube más, gana más, sé más, sueña más, piensa más, goza más, entretente más, complácete más, come mejor y más, ilusíonate más, ambiciona más, inspírate más, suspira más, alégrate más, aprovecha más, asómbtrate más, ríe más, conténtate más, aprende más, lucha más, decídete más, atrévete más, empuja más, admírate más, contribuye mas..... y por sobre todas la cosas amate más!!!*

*La luz de su mirar  
el tono de su piel  
el coral de sus labios.  
¡Dios mío, que mujer!*

*La luz de su mirar  
al mundo ilumino  
la luz del universo  
y ahora le canto yo.*

*Parece terrenal  
merece un obelisco  
ese ángel celestial  
que nació en mi aprisco*

*La luz de su mirar  
el tono de su piel  
sensualidad su boca  
Dios mío...! Que mujer!*



## AGRADECIMIENTOS.

### **A ti Jaz:**

*A ti Jaz, a quien este trabajo es para ti. Por hacerme creer todas mis locuras, por apoyarme en mis tonterías, se que nunca creíste en ellas pero aun así gracias, por tus tiernas mentiras que burlaron mi mente y me hicieron vivir, por tus tiernas mentiras que burlaron mi mente y me hicieron feliz. Por la ilusiones que llevaron tu nombre, por tu tierna niñez y por el cobijo de tu mirada. Por el consuelo que apagaba la sed de mi alma, por el bálsamo de tus palabras que aun sigo extrañando. Donde estés, que Dios te bendiga, por la esperanza que compartimos y que ambos hemos olvidado. Por el deseo que abrigo de verte algún día de nuevo bajo ese nombre y esa piel, y para poder compartir la vida juntos por toda una eternidad, sin morir jamás. Para ti Jaz, a quien prometí esta obra, para ti y por ti. Gracias Jaz...*

はすみん ありがとうございました

### **A ti Eder y Aldaco:**

*Por ser mis complementos, por ser mis hermanos, por compartir mis lagrimas, mis triunfos, mis risas y mis fracasos. Por ser los hermanos que nunca pedí, y que Dios me regalo sin condición. A ti Eder y Aldaco, los amo.*

### **A usted profe Everardo:**

*Por su apoyo, su confianza, por pasar de ser un profesor a ser un MAESTRO. A usted el mejor maestro que he tenido a lo largo de mi carrera escolar, a usted con el respeto y la admiración que se debe a los grandes. A usted con honor y por regalarme 3 semestres de su vida y experiencia exclusivamente para mí. Por tolerar mi pasividad y por hacerme ver que los sueños no son irrealizables. A usted eternamente agradecido. Gracias*

*Y gracias a todos los gigantes que me han permitido sus hombros para llegar hasta donde estoy.*

### **Con admiración y respeto a:**

*Sergio Moreno González, esposa hermosa Perla Cruz y a ese pequeño hermoso Iktan Moreno Cruz. Ejemplo de lucha y perseverancia, Gracias.*

### **Gracias a:**

*Armenta, Damián, Hely, Elvis, Bárcenas, Trevilla y Mario y a los que me faltaron, compañeros y hermanos de carrera, a todos Gracias.*



## *AGRADECIMIENTOS.*

**P.D.**

***Guardo un lugar muy especial para ti Adriana y para ti Reyna.***

*Lamento no haber sido nunca el gran ejemplo y el gran apoyo que ustedes necesitaron de mi, por cosas de la vida hoy tengo mil historias en la piel, es cierto que he vivido sin medida y es cierto como es cierto que fue ayer. Lamento no haber sido el hermano que ustedes merecían y sobre todo el que ustedes esperaban. Lamento haberles fallado una y otra vez.*

*Dios me puso en su camino, tanto como a ustedes las puso en mí. Deseo que encuentren la felicidad y la realización en su paso por la vida aunque sea lejos de aquí.*

*Las quiero mucho...aunque nunca lo escuchen de mí.*

*¡¡¡LAS AMO....Y SON HERMOSAS!!!*



## Introducción

---

*El presente trabajo, tiene por objetivo explicar de una manera sencilla y comprensible los motivos por los cuales un fenómeno que aparenta tener un gran potencial eléctrico no ha podido ser aprovechado en beneficio de la humanidad. Hasta la fecha no se ha podido aprovechar, pero se ha podido investigar y sigue siendo objeto de estudio. A lo largo de todo el contenido se dará respuesta a las interrogantes que se presentan para este tipo de fenómenos y también algunos datos que pueden ser de interés para quien consulte el presente.*

*Debido a los grandes términos técnicos que son utilizados al hablar de energía, es necesario elaborar una introducción que exponga a grandes rasgos los conceptos más elementales de la energía, la necesidad de recursos energéticos en el mundo ha llevado al ser humano a la investigación y a la innovación tecnológica en busca de obtener y/o explotar los recursos a los cuales es posible extraerles energía, además de eso, como la mayoría de la energía no está en la presentación que nosotros necesitamos, es necesario transformarla.*

*Se abordan también los intentos que ya ha habido en el pasado por lograr el objetivo planteado. Intentos que solo han quedado en la investigación. Sin embargo, existe un proyecto que se logró por única ocasión y que jamás se volvió a repetir por considerarse innecesario y peligroso para su época.*

*Como todo tipo de energía tiene sus limitantes para su total aprovechamiento, también se analizarán las limitantes propias de este fenómeno climatológico y que a la vista son por el momento las más relevantes. Entre ellas se exponen la frecuencia de aparición, las limitantes tecnológicas, e incluso el ámbito económico y rentable.*

*Se mencionará brevemente, aparte de algunos antecedentes, si es que hay algún proyecto similar o alguna línea de investigación alrededor del mundo que se parezca en lo más mínimo y/o que tenga una relación con este postulado.*

*Debido a las limitantes que, como todo recurso energético presenta para su aprovechamiento, este fenómeno también presenta las propias, es por eso que se tratará de encontrar una posible solución o idea, por más mínima que sea, para poder aprovechar tan potente manifestación de energía.*



## Índice

### Capítulo 1 Exposición de motivos para la elección del tema .....(5)

- ✚ 1.1 De la generación a la crisis.....(7)
- ✚ 1.2 ¿Qué son las energías alternativas?.....(7)
- ✚ 1.3 La opinión pública.....(8)
- ✚ 1.4 De la opinión de la comunidad científica.....(11)

### Capítulo 2 Energía: conceptos fundamentales..... (17)

- ✚ 2.1 Definición de Energía.....(17)
  - ✚ (A)Energía mecánica.....(18)
  - ✚ (B) Energía térmica.....(18)
  - ✚ (C) Trabajo (W) .....(18)
  - ✚ (D) Energía cinética.....(18)
  - ✚ (E) Energía potencial.....(19)
  - ✚ (F) Calor (Q).....(19)
  - ✚ (G) Energía interna (U) .....(19)
- ✚ 2.2 Ley de la conservación de la energía.....(19)
  - ✚ 2.2.1 Medición de la energía.....(22)
    - ✚ (A)Definición de Joule.....(22)
    - ✚ (B) Definición de Watt.....(25)
    - ✚ (C) Definición de Volt.....(25)
    - ✚ (D)Definición de Ampere.....(26)
    - ✚ (E) Definición de Coulomb.....(26)

### Capítulo 3 Energías utilizadas actualmente.....(27)

- ✚ 3.1 Tipos de energía.....(27)
  - ✚ 3.1.1 Energías renovables.....(27)
  - ✚ 3.1.2 La energía no renovable.....(28)
- ✚ 3.2 Formas de generación de la energía eléctrica.....(29)
  - ✚ 3.2.1 Energía de la biomasa.....(29)
  - ✚ 3.2.2 Energía solar térmica.....(30)
  - ✚ 3.2.3 Energía solar foto-voltaica.....(31)



- ✚ 3.2.4 Energía hidráulica.....(32)
- ✚ 3.2.5 Energía eólica.....(34)
- ✚ 3.2.6 Energía geotérmica.....(36)
- ✚ 3.2.7 Energía carboeléctrica.....(38)
- ✚ 3.2.8 Generación termoeléctrica.....(39)
  - ✚ 3.2.8.1 Centrales termoeléctricas tipo vapor.....(40)
  - ✚ 3.2.8.2 Generación de electricidad con unidades turbogas.....(42)
  - ✚ 3.2.8.3 Descripción del proceso en instalaciones de ciclo combinado.....(43)
- ✚ 3.2.9 Generación nuclear.....(44)
  - ✚ 3.2.9.1 La energía nuclear.....(44)
  - ✚ 3.2.9.2 El átomo.....(44)
  - ✚ 3.2.9.3 Reactores nucleares.....(46)
- ✚ 3.2.10 Energía undimotriz.....(47)

**Capítulo 4 Descargas atmosféricas: desarrollo y exposición de conceptos relacionados. (50)**

- ✚ 4.1 ¿Qué es una descarga atmosférica?.....(50)
- ✚ 4.2 Antecedentes de la inquietud por los rayos.....(51)
- ✚ 4.3 ¿Cómo se forma una descarga?.....(52)
- ✚ 4.4 Datos interesantes acerca de las descargas.....(54)
  - ✚ 4.4.1 Rigidez dieléctrica.....(56)
  - ✚ 4.4.2 ¿Qué tan peligrosos son los rayos?.....(57)
  - ✚ 4.4.3 Medidas de precaución ante una tormenta eléctrica.....(57)

**Capítulo 5 Obtención de energía eléctrica producida por descargas atmosféricas..... (59)**

- ✚ 5.1 Faraday : Precursor de la fantasmiosa idea.....(59)
- ✚ 5.2 ¿Energía eléctrica a través de descargas atmosféricas?.....(60)
- ✚ 5.3 Tesla : a punto de lograrlo.....(65)
- ✚ 5.4 El hombre de los rayos.....(69)
- ✚ 5.5 Conclusión y deducción.....(71)

**Capítulo 6 Parámetros de consideración para la utilización de las descargas atmosféricas.....(72)**

- ✚ 6.1 ¿Cuánta energía y cuanta potencia tiene un rayo?.....(72)
- ✚ 6.2 ¿Se puede calcular donde y cuando va a caer un rayo?.....(75)
- ✚ 6.3 ¿Son de corriente continua o alterna?.....(78)
- ✚ 6.4 ¿Por qué no se han podido acumular?.....(79)
- ✚ 6.5 El problema con los materiales.....(80)



✚ 6.6 Problemas con la temperatura.....	(80)
✚ 6.7 ¿Por qué no ayudan los pararrayos?.....	(82)
✚ 6.8 ¿Es necesario una tormenta eléctrica?.....	(83)
✚ 6.9 Problemas de conductividad eléctrica.....	(84)
✚ 6.10 Problemas con la acumulación.....	(85)
✚ 6.11 Nuevos materiales.....	(85)
✚ 6.11.1 Grafeno y sus propiedades.....	(85)
✚ 6.11.2 El grafeno continua sorprendiendo: propiedades térmicas.....	(86)
✚ 6.11.3 Grafeno: propiedades eléctricas.....	(88)
✚ 6.11.4 Grafeno: propiedades capacitivas.....	(89)
<b>Capítulo 7 Líneas de investigación al respecto.....</b>	<b>(90)</b>
✚ 7.1 Proyecto Franklin.....	(90)
✚ 7.1.1 Descripción del proyecto.....	(91)
✚ 7.1.2 Intercambio de información.....	(92)
✚ 7.2 Granjas de nubes.....	(95)
✚ 7.2.1 Granjas de rayos.....	(96)
✚ 7.2.1.1 Alarma contra rayos.....	(96)
✚ 7.3 Fuente de energía para el futuro.....	(97)
✚ 7.4 Energía renovable.....	(99)
✚ 7.5 Haversting lightning: Laboratorio de investigación de rayos.....	(101)
✚ 7.6 Conclusiones del capítulo.....	(101)
<b>Capítulo 8 Alternativas para el uso y aprovechamiento de estos fenómenos. ....</b>	<b>(103)</b>
✚ 8.1 La interrogante.....	(103)
✚ 8.2 Hydra: rascacielos colector.....	(104)
✚ 8.3 El hidrogeno como fuente de energía.....	(108)
✚ 8.3.1 Obtención.....	(109)
✚ 8.3.2 Almacenamiento.....	(109)
✚ 8.3.3 Usos actuales.....	(110)
✚ 8.4 Electrolisis: método relativamente viable.....	(113)
<b>Resumen y conclusiones.....</b>	<b>(114)</b>
<b>Glosario y terminología.....</b>	<b>(116)</b>
<b>Apéndice, bibliografía y fuentes de consulta.....</b>	<b>(117)</b>



## Capítulo 1 Exposición de motivos para la elección del tema

---

*A lo largo de este capítulo; como su tema lo dice, solamente se dará una breve explicación de los motivos que le dieron forma, idea y concepto. Además de desarrollar tales razones, como conclusión de este capítulo mencionara al punto cuales fueron ellas.*

*Como primer argumento explico que el desarrollo de esta tesis y su tema deben su razón a una interrogante hecha ya por muchas mentes curiosas e inquisitivas, ¿Por qué no podemos capturar los rayos? Es decir ¿por qué no podemos extraer energía de los rayos?*

*El solo hecho de plantear esta interrogante es la apertura a un portal de más preguntas; pues no solo es saber por qué no se puede capturarlos, sino ¿Para qué hacerlo? ¿Por qué preocuparse o perder el tiempo en algo tan complejo? ¿Solo por diversión? ¿O solo para probar que tengo una mente poderosa? ¿Qué se lograría si ello fuera posible? ¿Por qué es tan interesante la energía que este tipo de fenómenos posee?*

*¿De dónde sale esta idea o será a caso nueva? Se hará alusión a la literatura que menciona este tipo de fenómenos como una fuente de poder o energía*

*A lo largo de la historia humana y durante los registros históricos que se tienen del desarrollo de esta, se ha observado que la ingeniería ha jugado un papel importantísimo en el avance de las grandes civilizaciones y en general de la humanidad.*

*Con el avance del tiempo, se ha notado que el hombre por sus propios medios no puede llevar a cabo tareas que exceden a la fuerza humana; por ejemplo, en los principios de la humanidad desde actividades como transportar cargas tales como los alimentos de los animales domésticos, hasta el traslado de los materiales para la construcción de sus edificaciones.*

*Entonces para trabajos o labores que el ser humano debía realizar para su supervivencia, era necesario que invirtiera parte de su trabajo y su energía, mas sin embargo se puede notar que mientras más grandes se iban haciendo las civilizaciones y mas grandes sus necesidades, era más necesario poder contar con mecanismos que ayudaran a hacer menos costosas las labores diarias, no obstante, no solo bastaba con poder encontrar o diseñar esos mecanismos, puesto que en un principio podrían operarse manualmente, después , esta operación requeriría de la mano del hombre para poder llevarse a cabo, razón por la cual era necesario encontrar una fuerza que lo realizara por el ser humano,*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*Es ahí pues, donde el concepto de ENERGÍA hace su aparición, pues no solo se necesitaba la energía sino también una fuente que la produjera.*

*La humanidad siguió creciendo y fue desarrollando sistemas, métodos y mecanismos que hacían más cómoda su vida.*

*Cada época de la humanidad ha estado marcado por importantes avances en la ciencia, la tecnología y la creatividad del hombre. A lo largo de todo este desarrollo la energía ha estado presente en diversas manifestaciones, que aunque hasta ese entonces no era considerado como tal, facilitaba las actividades humanas.*

*Por ejemplo, con el descubrimiento del fuego el hombre empezó a conocer, a dominar y producir la energía en forma de calor. Se han encontrado restos de fogones y hogueras en las que probablemente se usaba madera, carbón de leña y grasas animales como combustible.*

*Después aunque sin saberlo y sin clasificarlas, el hombre aprendió a utilizar otras formas de energía, tales como la energía de los animales para el cultivo, y también la energía del viento para la navegación.*

*Los antiguos egipcios utilizaban la energía mecánica para la extracción del agua de río mediante un mecanismo de palanca, esto con la intención de reducir el esfuerzo humano. Hacia el año 1700 a.c se tiene registro de la primera máquina eólica, en Babilonia, utilizada para el bombeo de agua.*

*Cuenta también una leyenda que Arquímedes en alguna ocasión utilizó espejos solares para incendiar una flota enemiga que atacaba su ciudad.*

*A esos descubrimientos también siguieron otros siglos más adelante, por ejemplo en 1769 James Watt inventa la máquina de vapor en Inglaterra. Sin embargo, años antes en 1746 se descubre la botella de Leyden por Pieter van Musschenbroek, que es un dispositivo capaz de almacenar energía en forma de electricidad. Se veía entonces que la energía también era posible almacenarla. En 1750 Andrew Meikle idea una trilladora de vapor que funcionaba con varios tipos de energía como la del vapor, viento, agua y hasta la fuerza de un caballo.*

*Varios siglos pasaron y un invento tras otro fue abriendo el panorama para una gran revolución energética, llegaron las maquinas y motores de vapor para los barcos, la industria textil, mas tarde la industria automotriz y el nacimiento de la industria aérea.*

*Es así como se llega a los años 1900 donde el desarrollo es aun más, y donde la necesidad energética se hace presente.*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*Durante el siglo XX se presentan nuevas ideas y formas de generación de energía, pero con ello también se presentan más necesidades, ante un mundo de globalización constante, la demanda de energía se hace cada vez más y más presente, más cara su producción y cada día se agotan más los recursos de donde extraerse.*

*Es así como a mediados del siglo XX se presenta una crisis energética que plantea un reto hacia la forma de generarla, consumirla y administrarla.*

### **1.1 De la generación a la Crisis**

*En los años 80 casi la totalidad de la energía consumida en el mundo provenía de la quema de combustibles fósiles, considerando el mismo consumo per cápita de esos años y que la población mundial llegara a 8200 millones de personas, en el 2025 se quemarán 14.000 millones de toneladas de carbón. Es decir, habrá un incremento del 40%. Ello producirá una aceleración del calentamiento global de planeta y una elevación del nivel de los océanos.*

*Los combustibles fósiles se agotan y amenazan con provocar una catástrofe ecológica. La tecnología nuclear es muy costosa y peligrosa.*

*¿Qué alternativas nos quedan?*

*La crisis energética que impactó al mundo en 1973 y que dejó casi sin combustible a los principales países del mundo, obligó a los especialistas a formular un serio replanteo sobre los mecanismos de generación. La crisis tuvo su continuidad en todo el mundo entero, lo que llevo a profundizar los estudios sobre las llamadas **energías alternativas**.*

### **1.2 ¿Qué son las energías alternativas?**

*Son fuentes de obtención de energía sin destrucción del medio ambiente, renovables, que han sido investigadas y desarrolladas con algunas intensidades en las últimas décadas.*

*Algunas de ellas son:*

-  *Eólica: producida por el movimiento del viento.*
-  *Solar: utiliza la radiación solar.*
-  *Geotérmica: Uso del agua que surge bajo presión desde el subsuelo.*
-  *Biomasa: Utiliza la descomposición de residuos orgánicos*

*El actual modelo de desarrollo esta soportado por uso de energía convencional (hidráulica y combustibles fósiles no renovables). Estas son por el momento, las fuentes de energía que han estado siendo tanto estudiadas como explotadas, sin embargo, la crisis energética va en aumento. Es necesario, pues seguir en la búsqueda de mas fuentes de energía, de optimizar las existentes o de plantear y postular nuevas hipótesis para la obtención de esta.*



*¿Qué otra alternativa, mecanismo, fenómeno o fuente podría proporcionarnos una cantidad de energía considerable, que no dañe el medio ambiente y así también que no tenga que invertirse en la generación?*

*Definitivamente deber ser una energía que ya este producida, que este ahí y que solo baste con tomarla para su utilización. ¿Dónde podría haber una fuente de energía prometedora por ahí que no se hay podido utilizar?*

*El presente trabajo postula la posibilidad, o la hipótesis, de utilizar una energía que la naturaleza ya produzca y que sea posible consumirla. Al respecto de esta pregunta, cabe también aclarar que existen varias formas de energía que la naturaleza ya proporciona, mas sin embargo en el presente trabajo se hará hincapié en un tipo de energía en especial que es hoy por hoy la energía que mueve al mundo, la ENERGÍA ELECTRICA. Más adelante se mencionara lo más posible referente a la energía eléctrica para una mejor comprensión de este trabajo.*

*Por eso a continuación se expone la posibilidad y las interrogantes de un fenómeno en particular y que aparenta tener un gran potencial eléctrico para poder ser utilizado en beneficio de la sociedad: la utilización de las descargas atmosféricas, es decir los rayos, como una fuente alternativa de energía.*

*Para poder comenzar de manera interesante con la presente exposición, se redirige la atención a la interrogante que es el tema de atención: **¿Por qué no hemos podido utilizar la energía de los rayos?***

### **1.3 La opinión publica**

*Si se esta pregunta al aire, es seguro que se un caudal de respuestas, dudas , opiniones e ideas de la gente en general, y más aun, si esta fórmula esta pregunta a personas que se dedican a la ciencia y la investigación , es seguro que ellos también otorgarían una respuesta basada en su experiencia y en su conocimiento, es por eso y he aquí algunas de las respuestas de algunos usuarios en la red, que ellos han presentado respecto a esta pregunta.*

*Se advierte que las respuestas mostradas a continuación son solo las respuestas más curiosas y que presentan una idea muy diferente a la que la mayoría de las personas tienen, si se quieren leer las respuestas de forma total, se pueden observar en el apéndice mostrado al final.*

*La siguiente pregunta la formuló el usuario RAMIRO G. usuario del buscador Yahoo, se presenta su pregunta y a continuación las respuestas recibidas a su pregunta por otros usuarios del mismo servidor:*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

***¿Hay alguna manera de aprovechar la energía de los rayos eléctricos? Ramiro G.***

*Respuesta por el usuario "Jerico". (Mejor respuesta elegida por el usuario que pregunta)*

*"Hola. Algo interesante que me encontré: Hay dos razones para NO aprovechar la energía de los rayos:*

*Aunque parezca mentira, la energía de un rayo es bastante modesta. Es poca energía. Lo que tiene un rayo es POTENCIA, mucha POTENCIA, pero energía, poca.*

*¿Que tiene más energía? ¿Un rayo? ¿O el contenido del depósito de combustible de tu coche? Casi sin pensarlo, la mayoría dirá: ¡¡sin dudar, el rayo!! Pues no. Toda la energía de un rayo se desarrolla en fracciones de segundo. Toda la energía del depósito de combustible de tu coche se desarrolla (se gasta) durante HORAS. Ahora, imagínate que ese contenido energético del depósito de tu coche no se gaste en 10 horas, sino (como el rayo) en una fracción de segundo. ¿Te imaginas el zambombazo que haría falta para hacer el mismo trabajo, pero en solo una fracción de segundo? Y aquí es donde entra el concepto "POTENCIA". Un trabajo consiste en mover un objeto de un peso determinado una distancia determinada. No importa el tiempo. Pero si hablamos de potencia, entonces si importa el tiempo. Otro ejemplo: imagina que te doy 1000 palmaditas flojas en la espalda, repartidas a lo largo de dos horas. Eso, físicamente, representa un trabajo, una energía. Imagina ahora que esas 1000 palmaditas te las dan resumidas en UNA SOLA. El trabajo es el mismo, pero la potencia en este último caso es enorme (porque se hace el mismo trabajo en muy poco tiempo) En resumidas cuentas. La energía de un rayo da para poca cosa.*

*2. OTRO motivo por el que no se aprovecha la energía del rayo es que cualquier dispositivo captador tiende a ser destruido precisamente por la gran potencia del rayo.*

*Segunda respuesta por el usuario "Energrat"*

*"Hola..."*

*Claro que sí la hay y mucha gente lo está haciendo hoy, los rayos no son otra cosa que algo mucho mayor está detrás, el Sol es un generador eléctrico por excelencia, emite partículas cargadas sin parar, las cuales cargan la ionosfera la que a su vez por inducción electrostática carga la superficie terrestre con carga positiva, se ha medido que la Tierra mantiene un promedio de 96500 Coulombs en toda su superficie, como ya imaginarás si constantemente el Sol está cargando el planeta llegará un momento en que el exceso de energía debe descargarse y los rayos en parte cumplen esa función, de hecho hoy se han detectado descargas directas desde la ionosfera hasta la superficie terrestre, entonces no es necesario sacar energía de los rayos porque esos mismos ya tienen cargado el planeta completamente, es solo sacar energía del condensador esférico Tierra-Ionosfera.*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

“Saludos”

Respuesta por el usuario “Florenca c”.

“¡Aunque esa energía no es contaminadora y hay mucha todavía no se puede calcular donde y cuando un rayo va a caer!”

Respuesta por el usuario “io”

“Recuerdo algunos datos que pueden orientarte. Hace ya muchos años se pensó en acumular la energía de un rayo en una batería de condensadores. Se usó en el experimento uno de los últimos pisos del Empire State Building de Nueva York. Se colocaron grandes condensadores muy bien aislados. Se eligió el Empire State Building porque por su altura casi roza las nubes y por ende los rayos que caen en su pararrayos son más chicos.”

Bien, esperaron hasta que cayó un pequeño rayo desde una nube que pasó muy cerca y... destruyó todos los condensadores. Se lo pudo medir: alrededor de un millón de voltios y un millón de amperes. (Un chorro de electrones de unos 15 cm de diámetro). Realmente un monstruo. Por su gran energía, como te conté, no puede almacenarse. Ahora te paso los últimos datos que preguntas: Son de Corriente Continua. En cuanto a la energía puesta en juego calcula, que la electricidad necesita 1000 voltios para saltar 1 mm en el aire. Multiplica ése valor por el largo de un rayo, que puede ser de cientos de metros y tomarás una idea de su energía. Suerte.

Espero se entienda.

Respuesta por el usuario “ing\_lehm”

“Si es posible almacenar la energía de los rayos, el problema es el acumulador, puesto que se debe cargar en el mismo instante en que se libera la energía, por el momento aun no hay tecnología para hacer esto, pero en poco tiempo habrá una solución”.

Respuesta por el usuario “”arboreo”

“El gran problema en general de la energía eléctrica es que se almacena con dificultad, únicamente a través de energía química, o sea pilas, algo engorroso y caro. Si se descubriera la forma de almacenar la energía de un solo rayo una ciudad de 20.000 habitantes tendría energía durante un año. Una tormenta media puede tener más de 300.”

Un buen desafío para una mente inquieta.”



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

***¿Porque el rayo no es utilizado como fuente de energía puesto que es gratuita y no contamina?***

*A sabiendas de los problemas energéticos que envuelven a la comunidad humana siguen con promoción de exploraciones de yacimientos petrolíferos los cuales tienen acabado nuestro medio ambiente y no se aprovecha la electricidad que produce tan solo un rayo, tenemos pararrayos que dispersan la energía. ¿No sería más lógico utilizar esa grandiosa energía?*

*Respuesta por el usuario "Krasty"*

*"Las tormentas sólo se dan en ciertas épocas del año. Generalmente en primavera y verano. Suelen producirse en zonas muy localizadas y aunque haya pararrayos eso no garantiza que los rayos caigan en él y para colmo de males, es muy poco probable que dos rayos caigan en el mismo punto. Por lo demás, creo que en las otras dos respuestas ya te han respondido. Saludos"*

#### **1.4 De la opinión de la comunidad científica**

*Sin embargo aunque pueden existir muchas opiniones al respecto; a continuación se muestran unas en particular, que son las opiniones de las pende o se desarrolla este trabajo, la primera es la correspondencia con el M. en C. René Garduño López, jefe del departamento de Ciencias Atmosféricas de esta nuestra casa de estudios UNAM. (Se muestra la correspondencia sostenida con el Maestro vía correo electrónico)*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

**De:** J.REYES RAM [mailto:aguinamj@yahoo.com.mx]

**Enviado el:** Martes, 02 de Marzo de 2010 05:05 p.m.0

**Para:** rene@atmosfera.unam.mx

**Asunto:** Solicitud de apoyo para tesis.

Saludos Maestro:

Permítame presentarme.

Su servidor; Juan Reyes Aguilar Montaña, estoy actualmente cursando el Seminario de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la Facultad de Estudios Superiores Aragón de esta nuestra casa de estudios, UNAM, estoy por concluir mi formación académica.

Soy alumno regular con número de cuenta 405000337.

El motivo del presente correo es como lo decía el encabezado, solicitar su apoyo para poder elaborar mi trabajo escrito del examen profesional es decir mi Tesis.

Es un poco complejo; sin embargo es un tema que sigue causando interrogantes y un gran reto para la ciencia y la investigación.

El hilo principal de este trabajo es: ¿por qué no hemos podido utilizar la energía de los rayos? ¿Hay actualmente algún proyecto que lo esté intentado o por lo menos postulando?

Comprenderá usted que dada la magnitudes e interrogantes que este tema aborda en toda su plenitud, debo recurrir a muchísimas áreas, entre ellos la ingeniería y la meteorología, así como la tecnología de materiales.... en fin una gran gama de conocimientos conjuntados en un solo concepto.

Es por eso, que recurro a usted, pues con su amplia experiencia y como jefe del departamento de ciencias atmosféricas, creo poder contar con un punto de vista confiable y con mayor dominio del tema.

Existen muchas preguntas al respecto que creo que corresponden a la rama de la meteorología; por ejemplo; ¿Cual es el índice de incidencia de descargas aquí en México, como se miden? tal como hizo el gobierno Chino para provocar nevadas, ¿se pueden provocar tormentas eléctricas para su uso? etc. etc.

De verdad, creo que sin hacer tanto alarde de este trabajo, espero no estar aspirando a una investigación más profunda que las que ya se han hecho durante tanto tiempo, mas sin embargo, el propósito de este trabajo, poder cumplir con una manera digna de obtener mi titulación, y empaparme un poco más del conocimiento que día a día se va generando.



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*Espero de verdad, que pudiera apoyarme, con su punto de vista, o algún comentario que me pueda ser de utilidad, para poder cumplir con mis expectativas.*

*Muchísimas gracias, por la atención que de usted al presente correo. Y aunque no nos conocemos personalmente quedo de usted atentamente, y le envío un cordial saludo.*

*Juan Reyes Aguilar Montaña.*

*A continuación la respuesta obtenida de este correo:*

**RE: Solicitud de apoyo para tesis.**

*Viernes, 5 de marzo de 2010, 11:16*

**De:** "M en C René Garduño López" <rene@atmosfera.unam.mx>

**Para:** "'J.REYES RAM'" <aguinamj@yahoo.com.mx>

*Estimado Juan:*

*No me dedico a la electricidad atmosférica y nadie en este centro lo hace específicamente.*

*Sin embargo, entiendo que hay muchos más rayos de nube a nube que de nube a tierra. Los primeros son mucho más difíciles de capturar allá arriba y bajar su energía a la superficie para aprovecharla. Unos y otros son aleatorios y los segundos son aun más esporádicos, como esporádicas son las tormentas. Como además son puntuales, ¿Dónde ubicar los dispositivos de captura para lograrla? Estos pasarían larguísimo tiempo esperando al rayo y cuando llega los fundiría por su enorme potencia concentrada. Y aunque esto se lograra evitar, queda el gran problema general de la electricidad: su almacenamiento. Las baterías siguen siendo muy pesadas y de escasa capacidad.*

*Tal vez, Fernando García, ffgg@atmosfera.unam.mx también del CCA y dedicado a la física de nubes, pueda informarte más.*

*Saludos*

*René*

*Debido a la respuesta y a la nueva puerta que se abre al comunicarme con el profesor Fernando, se muestra a continuación la correspondencia sostenida con dicho profesor.*



Solicitud de apoyo para tesis

*Martes, 9 de marzo de 2010, 15:51*

**De:** "J.REYES RAM" <aguinamj@yahoo.com.mx>

**Para:** ffgg@atmosfera.unam.mx

*Saludos maestro:*

*Hace unos días envié el mismo correo al M. René, jefe del departamento de ciencias atmosféricas, y el por su parte me sugirió contactarlo a usted.*

*El motivo de este correo es solicitar su apoyo, tal vez con su opinión, o con alguna información que pueda serme de utilidad al respecto de lo siguiente que le voy a comentar.*

*Mi nombre es Juan Reyes Aguilar Montaña, estoy cursando actualmente el último semestre de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, aquí en la Facultad de Estudios Superiores Aragón UNAM.*

*Para poder obtener mi titulación, estoy elaborando mi trabajo escrito para el examen profesional. Es decir la tesis. El tema que quiero abordar es el siguiente ¿por qué no hemos podido utilizar la energía de los rayos?*

*Es un tema bastante amplio, y que da a luz muchas interrogantes, por lo cual he tenido que ponerme en contacto con personas de mayor experiencia en muchas ramas de la ciencia, tales como la ingeniería de los materiales, ingeniería eléctrica, y en este caso con personas preparadas en la meteorología, como es usted.*

*Sé que el tema tal vez este bastante burdo o irreverente, tal vez hasta ilógico, pero creo que es una pregunta que no pocas personas se han hecho; así que por mi parte, quisiera que me diera su punto de vista al respecto, o me pudiera facilitar alguna información que pudiese ser de utilidad para mi trabajo.*

*¿Hay algún proyecto parecido en algún otro lugar del mundo?*

*Si a usted le plantearan esa pregunta; o estuviera investigando al respecto, ¿por donde comenzaría a atacar o abordar esta cuestión?*

*Espero que pueda auxiliarme agradezco de antemano la atención que pueda dar a este correo. No nos conocemos personalmente; pero le envío un cordial saludo y quedo de usted.*

*Juan*



*A continuación se presenta la respuesta obtenida:*

**Re: Solicitud de apoyo para tesis**

Martes, 16 de marzo de 2010, 19:01

**De:** "ffgg@atmosfera.unam.mx" ffgg@atmosfera.unam.mx

**Para:** "J.REYES RAM" <aguinamj@yahoo.com.mx>

**Cc:** rene@atmosfera.unam.mx

*Estimado Juan:*

*Yo no soy un especialista en el área de electricidad atmosférica, pero la pregunta que te haces me parece interesante. "¿Por qué no hemos podido utilizar la energía de los rayos?" Al bote-pronto (para ponerlo en términos futboleros) se me ocurre lo siguiente:*

- 1. El fenómeno ocurre con gran variabilidad-tanto espacial como temporal-por lo que sería difícil de atrapar (que no es imposible): ¿Dónde colocaríamos (para usar la terminología de las "granjas eólicas") las granjas de rayos?"*
- 2. ¿Cuánta energía está involucrada en cada descarga y qué tan frecuentes son en un lugar dado? Esto es importante para estimar cuánta energía sería aprovechable y qué sistemas usar para "atraparla" y almacenarla para su uso posterior.*

*Como te dije al principio, no soy un especialista en el tema. Así que busqué información de un verdadero especialista en el tema: el Dr. Martin A. Uman, co-director del Lightning Research Laboratory de la Universidad de Florida. Al respecto, él opina que no hay suficiente energía en una descarga eléctrica atmosférica como para que valga la pena el esfuerzo.*

*Te recomiendo aquí dos lecturas MUY introductorias a partir de las cuales podrías elaborar más sobre el tema: el artículo de Wikipedia sobre "Harvesting lightning energy" y las referencias que allí dan (Wikipedia es una buena fuente de búsqueda, pero la información que presenta no siempre es confiable):*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Lightning#Harvesting\\_lightning\\_energy](http://en.wikipedia.org/wiki/Lightning#Harvesting_lightning_energy)

*La segunda es una breve entrevista del Dr. Uman que apareció en el New York Times criticando este tipo de sistemas:*

[http://www.nytimes.com/2007/12/09/magazine/09lightningfarm.html?\\_r=2](http://www.nytimes.com/2007/12/09/magazine/09lightningfarm.html?_r=2)

*También puedes consultar las siguientes páginas (una de la BBC en español y la correspondiente al llamado "Proyecto Franklin"):*

[http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid\\_4263000/4263506.stm](http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_4263000/4263506.stm)

<http://proyectofranklin.com/default.aspx>



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*Te advierto que estas dos páginas no tienen fundamentos científicos probados y debes tomarlas con cuidado (podrían ser charlatanerías). Quizás podrías explorar más el asunto que se menciona acerca de usar la energía de los rayos para producir hidrógeno...suena bien pero hay que ser críticos... Espero que esto te sirva para empezar a pensar y fantasear...Te deseo lo mejor en el desarrollo de tu tesis y te pido que me pongas al tanto más adelante para saber a qué conclusiones llegas.*

Saludos,

Dr. Fernando García G.

CCA-UNAM.

*Respecto a las referencias que el profesor da en esta contestación, se comentara más adelante pues serán parte fundamental de este trabajo. Si bien es cierto que hay una crisis, tampoco se puede esperar resolverla con la sola idea de poder acumular la energía contenida en una descarga y aunque pudiera considerarse una alternativa, el enfoque que este documento sigue es crear un panorama general de las interrogantes que presenta un tópico como este.*

*Aunado a ello, el motivo más importante fue precisamente la pregunta hecha en una tarde en que las descargas comenzaron a manifestarse, entonces recuerdo la cuestión: ¿Qué son los rayos? Energía eléctrica -respondí- Si es energía eléctrica, entonces ¿por qué no podemos usarla? Esa fue la cuestión a la que en ese momento no encontré respuesta y debido a ello, hoy expongo este trabajo, como compromiso a encontrar una respuesta razonable para aquella tan ingeniosa pregunta.*

*Gracias "GILO" y este trabajo es mi respuesta...Por el momento.*



## Capítulo 2 Energía: Conceptos fundamentales

### Capítulo 2.1 Definición de energía

*“La energía es la capacidad que tiene un sistema, mecanismo, objeto etc.; en relación directa con los valores de cada una de sus propiedades; para modificar su entorno o modificarse a sí mismo.”*



Figura 2.1 Un rayo es una forma de transmisión de energía

También se hace necesario presentar una definición de lo que es un sistema. Propiamente si se habla de un sistema que posee energía, la definición es la siguiente: **SISTEMA** todo espacio o cantidad de materia que se sujeta a un estudio de intercambio de energía a través de sus límites. Siguiendo con la línea de definiciones también se aclara que los límites de un sistema están definidos como la superficie real o ficticia que ayuda a delimitar un sistema, cabe mencionar que los límites además de ser reales o ficticios también pueden ser fijos o móviles.

*Hablando de la capacidad que tiene un sistema, puede clasificarse como energía propiedad del sistema o energía en transferencia; por consiguiente la ENERGÍA llamada DEL SISTEMA es aquella que posee un sistema debido a los valores que tienen algunas de sus propiedades. Por ejemplo, se tiene la Energía Cinética, la Energía Potencial y la Energía Interna, que posteriormente se profundizara más en cada uno de estos conceptos de energía.*

*De la misma manera la ENERGIA EN TRANSFERENCIA es aquella energía que se transfiere de un sistema a otro. Como ejemplo de este tipo de energía se tiene al Calor (Q) y el trabajo (W).*

*Termodinámicamente hablando el calor se puede expresar como energía térmica, y el trabajo se puede clasificar como energía mecánica. Y aprovechando la introducción de tales conceptos terminaremos por definir algunos otros significados.*

**(A) Energía Mecánica:** *es aquella que se encuentra relacionada con el movimiento a nivel Macroscópico como en el caso de la energía cinética, potencial y el trabajo.*

**(B) Energía Térmica:** *es aquella energía que se encuentra relacionada con el movimiento a nivel microscópico como es el caso de la energía interna y el calor.*

**(C) Trabajo (W):** *es la energía en transferencia a través de los límites de un sistema, de tipo mecánico motivado por un cambio en sus propiedades, con excepción de la temperatura.*

*El modelo matemático que nos define este tipo de energía es la siguiente:*

$$W = fd \quad (2.1)$$

*Donde:*

 *W= es el trabajo, es decir la energía que se transmite o se obtiene de un sistema cuando al aplicarse una fuerza, este sistema se desplaza una distancia cualquiera. El trabajo W se expresa en Joule.*

 *f= es la fuerza que se aplica al sistema. La de medida en el SI es el Newton, a su vez  $f=ma$  donde m es la masa en kilogramos (kg) y a es la aceleración de la gravedad (g) respectivamente en  $m/s^2$ .*

**(D) Energía cinética:** *La energía cinética es del tipo mecánico, es propia de un sistema es generada por el movimiento de este. El modelo matemático aplicable a esta energía es:*

$$EC = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.2)$$



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

Donde:

- ✚  $EC =$  energía cinética del sistema expresada en J.
- ✚  $m =$  masa del sistema expresada en kilogramos (kg)
- ✚  $v =$  velocidad del sistema dada en m/seg.

**(E) Energía Potencial:** La energía potencial es del tipo mecánico, propiedad de un sistema, debido a la posición que tiene este con respecto a un nivel de referencia. Es decir, si un sistema tiene mayor altura con respecto un nivel de referencia, tendrá mayor energía potencial, o se mayor capacidad para modificar su entorno debido a su posición. El modelo matemático que nos define este concepto es:

$$EP = mgh \quad (2.3)$$

Donde:

- ✚  $EP:$  energía potencial expresada en Joule.
- ✚  $m =$  masa expresada en kilogramos (kg)
- ✚  $g =$  aceleración de la gravedad. Dada en  $m/s^2$
- ✚  $h =$  altura del sistema con respecto a un nivel de referencia dado en metros (m)

**(F) Calor (Q):** es la energía en transferencia del tipo térmico, debido a la modificación de la temperatura o por el cambio de fase de un sistema.

Dentro de la definición de Calor, encontramos también los conceptos de Calor sensible ( $Q_s$ ) Calor Especifico ( $Q_e$ ) Calor latente ( $QL$ ) y calor latente de cambio de fase ( $QL$ )\*

**(G) Energía interna (U):** es energía del tipo térmico, propiedad de un sistema y es debida a la energía cinética molecular, atómica y electrónica del mismo.

## 2.2 Ley de conservación de la energía

**“La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma”**

Para poder hablar de la energía, es importantísimo e imprescindible conocer algunas características de ella, así como su naturaleza y sobre los principios físicos a los que está sujeta o que la rigen.

\*Se encontrara una explicación más detallada acerca del calor en el apéndice al final del trabajo.





Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*En el experimento de Joule se determina un equivalente mecánico del calor, es decir, la relación entre la unidad de energía y la unidad de calor.*

*Mediante esta experiencia simulada, se pretende poner de manifiesto la gran cantidad de energía que es necesario transformar en calor para elevar apreciablemente la temperatura de un volumen pequeño de agua.*

#### *Descripción*

*Un recipiente aislado térmicamente contiene una cierta cantidad de agua, con un termómetro para medir su temperatura, un eje con unas paletas que se ponen en movimiento por la acción de una pesa, tal como se muestra en la figura.*

*La versión original del experimento, consta de dos pesas iguales que cuelgan simétricamente del eje. La pesa, que se mueve con velocidad prácticamente constante, pierde energía potencial. Como consecuencia, el agua agitada por las paletas se calienta debido a la fricción.*

*Si el bloque de masa  $M$  desciende una altura  $h$ , la energía potencial disminuye en  $Mgh$ , y ésta es la energía que se utiliza para calentar el agua (se desprecian otras pérdidas).*

*Joule encontró que la disminución de energía potencial es proporcional al incremento de temperatura del agua. La constante de proporcionalidad (el calor específico de agua) es igual a  $4.186 \text{ J}/(\text{g } ^\circ\text{C})$ . Por tanto,  $4.186 \text{ J}$  de energía mecánica aumentan la temperatura de  $1 \text{ g}$  de agua en  $1^\circ \text{C}$ . Se define la caloría como  $4.186 \text{ J}$  sin referencia a la sustancia que se está calentando.*

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J} \quad (2.4)$$

*En la simulación de la experiencia de Joule, se desprecia el equivalente en agua del calorímetro, del termómetro, del eje y de las paletas, la pérdida de energía por las paredes aislantes del recipiente del calorímetro y otras pérdidas debidas al rozamiento en las poleas, etc.*

*Aunque este experimento, no explica con detalle muchos aspectos que es necesario conocer para la comprensión del término Energía, si nos es suficiente para comprender que la energía, tiene diferentes, manifestaciones, y que es posible obtenerla, y aprovecharla de cualquier sistema, claro, tomando en cuenta las limitantes que el sistema en cuestión presente.*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

Como es posible observar, en el ejemplo anterior, se habla de la equivalencia de energía en diferentes unidades, por ejemplo en la equivalencia mostrada anteriormente nos dice lo siguiente:

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

### 2.2.1 Medición de la energía

De ahí que tal vez surja la pregunta: ¿qué es Cal y que es Joule? Es necesario hacer notar entonces que la energía es una magnitud cuantificable, es decir que se puede medir.

¿Cómo pues; entonces se mide la energía? Como toda magnitud cuantificable, esta debe tener un parámetro o unidad de medida, en este caso, la unidad de medida básica para la energía que es utilizada internacionalmente es el JOULE.

#### (A) Definición de Joule

**“El julio o joule (símbolo J) es la unidad derivada del Sistema Internacional utilizada para medir energía, trabajo y calor”.**

Un solo joule puede ser precisamente definido según el tipo de energía del que estemos hablando:

✚ La energía cinética (movimiento) de un cuerpo con una masa de un kilogramo, a razón de un metro por segundo (m/s) en el vacío.

✚ El trabajo necesario para mover una carga eléctrica de un solo Coulomb a través de una tensión (diferencia de potencial) de un solo voltio. Es decir, un Voltio por Coulomb ( $C \cdot V$ ). Esta relación puede ser utilizada, a su vez, para definir un solo voltio.

✚ El trabajo necesario para continuamente producir un watt de potencia durante un segundo. Es decir, un Watt por segundo ( $W \cdot s$ ) (no debe ser confundido con kilowatt por hora). Esta relación puede además ser utilizada para definir el Watt.

Es necesario poner atención en el término COULOMB, VOLT, Y WATT, pues para la comprensión de esta tesis es necesario tomarlo en cuenta, pues esta unidad precisamente es necesaria para cuantificar la energía eléctrica, que es tema de consideración de este trabajo.

El joule es una unidad de energía muy pequeña para la vida corriente. Aproximadamente, un joule es la cantidad de energía necesaria para levantar 1 kg una altura de 10 cm en la superficie terrestre. Una patada de un deportista puede tener una energía de unos 200 J; una



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*bombilla de bajo consumo de 20 W durante 8 horas gasta unos 500.000 J; y el consumo eléctrico de una familia media durante un mes puede ser de unos 1.000.000.000 J (unos 278 Kw). Por eso es más frecuente utilizar la unidad Kwh (kilowatt hora), en lugar del MJ (mega joule) o el GJ (giga joule), como debería hacerse.*

*Esta unidad del Sistema Internacional es nombrada así en honor a James Prescott Joule. En las unidades del SI cuyo nombre proviene del nombre propio de una persona, la primera letra del símbolo se escribe con mayúscula (J), en tanto que su nombre siempre empieza con una letra minúscula (joule), salvo en el caso de que inicie una frase o un título.*

*Es necesario tomar también en cuenta que en el SI de unidades existen unidades básicas y unidades derivadas:*

*Las **unidades derivadas** son parte del Sistema Internacional de Unidades y se derivan de las unidades básicas que son:*



*metro (m), unidad de longitud*



*kilogramo (kg), unidad de masa*



*Segundo (s), unidad de tiempo*



*amperio (A), unidad de intensidad de corriente eléctrica*



*kelvin (K), unidad de temperatura*

*La siguiente tabla muestra las unidades y las equivalencias en la medición de la energía.*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

Energía, Trabajo, Calor.	Btu	erg	ft· lb	hp· h	JOULE	cal	KW· h	eV	MeV	Kg	u
<b>1 unidad térmica británica =</b>	1	1.055 x 10 <sup>10</sup>	777.9	3.929 x 10 <sup>-4</sup>	1055	252.0	2. 10 <sup>-4</sup>	6.585 x 10 <sup>21</sup>	6.585 x 10 <sup>15</sup>	1.174 x 10 <sup>-14</sup>	7.070 x 10 <sup>12</sup>
<b>1 erg =</b>	9.481 x 10 <sup>-11</sup>	1	7.376 x 10 <sup>-8</sup>	3.725 x 10 <sup>-14</sup>	10 <sup>-7</sup>	2.389 x 10 <sup>-6</sup>	2.778 x 10 <sup>-14</sup>	6.242 x 10 <sup>11</sup>	6.242x 10 <sup>5</sup>	1.113 x 10 <sup>-24</sup>	670.2
<b>1 libra· pie =</b>	1.285 x 10 <sup>-3</sup>	1.356 x 10 <sup>7</sup>	1	5.051 x 10 <sup>-7</sup>	1.356	0.3238	3.766 x 10 <sup>-7</sup>	8.464 x 10 <sup>18</sup>	8.464 x 10 <sup>12</sup>	1.509 x 10 <sup>-17</sup>	9.037 x 10 <sup>9</sup>
<b>1 caballo de fuerza · hora =</b>	2545	2.685 x 10 <sup>13</sup>	1.980 x 10 <sup>6</sup>	1	2.685 x 10 <sup>6</sup>	6.413 x 10 <sup>5</sup>	0.7457	1.676 x 10 <sup>25</sup>	1.676 x 10 <sup>19</sup>	2.988 x 10 <sup>-11</sup>	1.799 x 10 <sup>16</sup>
<b>1 JOULE =</b>	9.481 x 10 <sup>-4</sup>	10 <sup>7</sup>	0.7376	3.725 x 10 <sup>-7</sup>	1	0.2389	2.778 x 10 <sup>-7</sup>	6.242 x 10 <sup>18</sup>	6.242 x 10 <sup>12</sup>	1.113 x 10 <sup>-17</sup>	6.702 x 10 <sup>9</sup>
<b>1 caloría =</b>	3.969 x 10 <sup>-3</sup>	4.186 x 10 <sup>7</sup>	3.088	1.560 x 10 <sup>-6</sup>	4.186	1	1.163 x 10 <sup>-6</sup>	2.613 x 10 <sup>18</sup>	2.613 x 10 <sup>12</sup>	4.660 x 10 <sup>-17</sup>	2.806 x 10 <sup>10</sup>
<b>1 kilowatt ·hora =</b>	3413	3.6 x 10 <sup>13</sup>	2.655 x 10 <sup>6</sup>	1.341	3.6 x 10 <sup>6</sup>	8.600 x 10 <sup>5</sup>	1	2.247 x 10 <sup>25</sup>	2.247 x 10 <sup>19</sup>	4.007 x 10 <sup>-11</sup>	2.413 x 10 <sup>16</sup>
<b>1 electronvoltio =</b>	1.519 x 10 <sup>-22</sup>	1.602 x 10 <sup>-12</sup>	1.182 x 10 <sup>-19</sup>	5.967 x 10 <sup>-26</sup>	1.602 x 10 <sup>-19</sup>	3.827 x 10 <sup>-20</sup>	4.450 x 10 <sup>-26</sup>	1	10 <sup>-6</sup>	1.783 x 10 <sup>-36</sup>	1.074 x 10 <sup>-9</sup>
<b>1 millón de electronvoltios =</b>	1.519 x 10 <sup>-16</sup>	1.602 x 10 <sup>-6</sup>	1.182 x 10 <sup>-13</sup>	5.967 x 10 <sup>-20</sup>	1.602 x 10 <sup>-13</sup>	3.827 x 10 <sup>-14</sup>	4.450 x 10 <sup>-20</sup>	10 <sup>6</sup>	1	1.783 x 10 <sup>-30</sup>	1.704 x 10 <sup>-3</sup>
<b>1 kilogramo =</b>	8.521 x 10 <sup>13</sup>	8.987 x 10 <sup>23</sup>	6.629 x 10 <sup>16</sup>	3.348 x 10 <sup>10</sup>	8.987 x 10 <sup>16</sup>	2.146 x 10 <sup>16</sup>	2.497 x 10 <sup>10</sup>	5.610 x 10 <sup>35</sup>	5.610 x 10 <sup>29</sup>	1	6.022 x 10 <sup>26</sup>
<b>1 unidad unificada de masa atómica =</b>	1.415 x 10 <sup>-13</sup>	1.492 x 10 <sup>-3</sup>	1.101 x 10 <sup>-10</sup>	5.559 x 10 <sup>-17</sup>	1.492 x 10 <sup>-10</sup>	3.564 x 10 <sup>-11</sup>	4.146 x 10 <sup>-17</sup>	9.32 x 10 <sup>8</sup>	932	1.661 x 10 <sup>-27</sup>	1



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*Las cantidades en las zonas sombreadas no son unidades de energía propiamente, pero se incluyen por conveniencia. Proviene de la fórmula de equivalencia de masa-energía relativista  $E=mc^2$  y representan la energía equivalente de una masa de un kilogramo. (u)*

*Es necesario poner especial atención en la unidad kilowatts, y por consiguiente se explica brevemente este concepto.*

### **(B) Definición de Watt**

*El vatio o watt (símbolo W), que debe su nombre a James Watt por sus contribuciones al desarrollo de la máquina de vapor, es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades. Es el equivalente a 1 julio sobre segundo (1 J/s) y es una de las unidades derivadas. Expresado en unidades utilizadas en electricidad, el watt es la potencia eléctrica producida por una diferencia de potencial de 1 voltio y una corriente eléctrica de 1 amperio (1 VA).*

*La potencia eléctrica de los aparatos eléctricos se expresa en watts, si son de poca potencia, pero si son de mediana o gran potencia se expresa en kilovatios (KW) que equivale a 1000 vatios. Un KW equivale a 1.35984 CV (caballos de vapor).*

*Las siguientes ecuaciones relacionan dimensionalmente el watt con las Unidades básicas del Sistema Internacional:*

*Unidades básicas del Sistema Internacional*

$$1W = VA = \left(\frac{J}{s}\right) = [N \cdot m \cdot s^{-1} = kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}]^*$$

*De igual manera se puede ver que aparecen dos unidades más: el volt y el amper, así que rápidamente se menciona el papel que juega en esta interpretación, pues también ayudan para poder entender un poquito más este fenómeno de las descargas electro-atmosféricas.*

### **(C) Definición de Volt**

**“El voltio también puede ser definido como la diferencia de potencial existente entre dos puntos tales que hay que realizar un trabajo de 1 julio para trasladar del uno al otro la carga de 1 culombio”**

$$V = \frac{W}{A} = \frac{C}{F} = \frac{J}{C} = \left[\frac{N \cdot m}{A \cdot s} = \frac{kg \cdot m^2}{A \cdot s^3} = \frac{N \cdot m}{C} = \frac{kg \cdot m^2}{C \cdot s^2}\right]^*$$

\* Estas ecuaciones solo son análisis dimensionales por lo que no se les asigna orden dentro de la numeración.



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*El voltio se define como la diferencia de potencial a lo largo de un conductor cuando una corriente con una intensidad de un amperio utiliza un watt de potencia.*

*Dicho de una manera más fácil, el voltio es la unidad de medida que se utiliza para medir el voltaje, esta es la magnitud física que impulsa a los electrones a lo largo de un conductor. Esta unidad debe su nombre a Alessandro Volta, quien en 1800 inventó la pila voltaica, la primera batería química.*

#### **(D) Definición de Ampere**

*Por otra, parte el amperio es la unidad de medida de la corriente o intensidad eléctrica, que es el flujo de electrones por unidad de tiempo que recorren un material o conductor. En el Sistema internacional de unidades se expresa en  $C \cdot s^{-1}$ . Forma parte de las unidades básicas en el Sistema Internacional de Unidades y fue nombrado en honor de André-Marie Ampere.*

#### **(E) Definición de Coulomb**

*El culombio o coulomb (símbolo C) es la unidad derivada del sistema internacional para la medida de la magnitud física conocida como cantidad de electricidad (carga eléctrica). Nombrada en honor del físico francés Charles-Agustín de Coulomb.*

*El Culombio, es equivalente a 6 trillones 288000 electrones o para ser más preciso, el culombio sería definido en términos de carga como un electrón o carga elemental. Un coulomb equivale a  $6.241\ 509\ 629\ 152\ 65 \times 10^{18}$  electrones.*



## Capítulo 3 Energías Utilizadas Actualmente

*Ya se ha comentado brevemente algunos aspectos relevantes de la energía, entre ellos su significado más válido, los conceptos relacionados y las teorías que dan forma a su definición. En este capítulo ahora se mostrarán las formas de energía más utilizadas actualmente, dejando en claro que solo se mencionan de manera superficial, pero no omitiendo los conceptos básicos para su comprensión.*

*Se recuerda también que el objeto de este trabajo va enfocado hacia la obtención de energía en forma de electricidad que es hoy por hoy la energía que mueve al mundo. Se da comienzo pues con la explicación de este capítulo, y se hace con la pregunta. ¿Cómo se obtiene la energía eléctrica en la actualidad?*

*Como parte complementaria de la información de este capítulo, además de explicar el tipo de energía también se muestran sus ventajas e inconvenientes, de manera que quede claro que la obtención de energía siempre ha sido un gran reto.*

### 3.1 Tipos de energía

*Para obtener Energía se tendrá que partir de algún elemento que la tenga y pueda experimentar una transformación. A estos elementos se les llama FUENTES DE ENERGÍA. De una forma más amplia se llama fuente de energía a todo fenómeno natural, artificial o yacimiento que puede suministrar energía. Las cantidades disponibles de energía de estas fuentes, es lo que se conoce como RECURSO ENERGÉTICO.*

*La Tierra posee cantidades enormes de estos recursos. Sin embargo uno de los problemas que tiene planteada la humanidad es la obtención y transformación de los mismos. Es así, que en el orden siguiente, se explican brevemente los tipos y métodos de obtención de la energía hasta tenerla en la forma que nosotros la necesitamos: ENERGIA ELECTRICA.*

*Antes de continuar es necesario hacer una sub-clasificación intermedia de los recursos energéticos y se agruparan en dos tipos RENOVABLES Y NO RENOVABLES.*

#### 3.1.1 Energías renovables

*El término, energía renovable, engloba una serie de fuentes de energía que en teoría no se agotarían con el paso del tiempo. Estas fuentes serían una alternativa a las otras llamadas convencionales (no renovables) y producirían un impacto ambiental mínimo. Se denomina **energías renovables** a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Las fuentes renovables de energía son:*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

-  *El Sol: energía solar*
-  *El viento: energía eólica*
-  *Los ríos y corrientes de agua dulce: energía hidráulica*
-  *Los mares y océanos: energía mareomotriz*
-  *El calor de la Tierra: energía geotérmica*
-  *Las olas: energía undimotriz*

*Las energías renovables presentan una serie de ventajas como son:*

-  *La energía consumida es compensada por la regeneración natural, por tanto, son consideradas inagotables, siempre y cuando el consumo, claro está, no supere la capacidad de regeneración.*
-  *Su utilización no genera problemas medio ambientales ya que se tratan de energías limpias.*
-  *Es energía autóctona que hace disminuir la dependencia exterior en el abastecimiento energético.*

### **3.1.2 La energía no renovable\***

*También llamada energía convencional es un término genérico referido a aquellas fuentes de energía que se encuentran en la naturaleza en una cantidad limitada y que, una vez consumidas en su totalidad, no pueden sustituirse, ya que no existe sistema de producción o extracción viable, o la producción desde otras fuentes es demasiado pequeña como para resultar útil a corto plazo.*

*Suponen en torno al 80% de la energía mundial y sobre las mismas se ha construido el inseguro modelo energético actual.*

*Sus características principales son:*

-  *Generan emisiones y residuos que degradaran el medioambiente.*
-  *Son limitadas*
-  *Provocan dependencia exterior encontrándose exclusivamente en determinadas zonas del planeta*
-  *Crean menos puestos de trabajo en relación al volumen de negocio que generan*
-  *Conseguir su control provoca conflictos por su interés estratégico militar*

*Las fuentes de energía no renovables se pueden dividir en dos grupos son:*

-  *Los combustibles fósiles*
-  *Los combustibles nucleares*

*\*Se hará una subclasificación del tipo de energías en el apéndice al final del trabajo, ya que algunos autores incluyen en esta clasificación el término energías primarias y secundarias*



### 3.2 Formas de generación de la energía eléctrica

Una vez mencionada la clasificación de los recursos energéticos se pasa ahora a las formas de generación de energía eléctrica.

#### 3.2.1 Energía de la Biomasa

La biomasa está formada por un conjunto de organismos vivos que existen sobre los continentes y en los océanos, ya se trate de microorganismos, de plantas o de animales. Sin embargo, el uso de la energía de biomasa se basa, principalmente, en las plantas y en los árboles. La energía de biomasa pertenece al grupo de la energía renovable. Esta fuente energética tiene como principio fundamental el aprovechar todo tipo de materia, sea de origen orgánico o inorgánico, para la obtención de energía, siendo lógicamente utilizada aquella proveniente de los residuos de distintos procesos. Por el momento la generación de energía eléctrica por medio de la biomasa no está muy extendida, sin embargo ya se cuentan con prototipos y maquinas generadoras como la Biomax50 creada por estadounidenses y utilizada para abastecer de electricidad un regimiento de caballería en el Municipio de San Juan de Opico en El Salvador durante 7.5 horas al día, o también se está logrando impulsar vehículos por medio de electricidad a partir de energía de la biomasa.

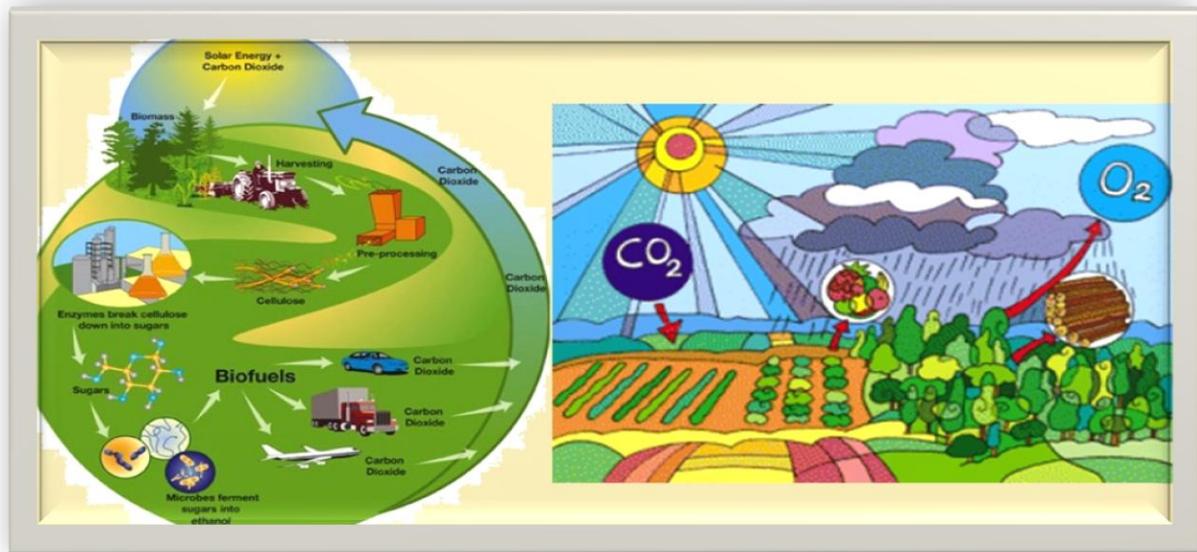


Figura 3.1 Obtención de energía de la biomasa\*

\* Se encuentra una información más amplia acerca de la energía de la biomasa en el apéndice al final de esta tesis

Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

### **3.2.2. Energía solar térmica**

*La energía solar térmica aprovecha la radiación del Sol para calentar un fluido que, por lo general, suele ser agua o aire.*

*La capacidad de transformar los rayos solares en calor es, precisamente, el principio elemental en el que se basa esta fuente de energía renovable. La conversión de la energía luminosa del Sol en energía calorífica se produce directamente de forma cotidiana, sin que sea necesaria la intervención del hombre en este proceso. Todos hemos realizado, en alguna ocasión, el experimento de quemar un papel con la ayuda de una lupa. Este ejemplo tan sencillo de llevar a la práctica, a la vez que tan vistoso por sus resultados, nos permite comprobar cómo la radiación solar se transforma en energía calorífica de manera inmediata.*

#### *Funcionamiento de una instalación solar*

*El principio elemental en el que se fundamenta cualquier instalación solar térmica es el de aprovechar la energía del Sol mediante un conjunto de captadores y transferirla a un sistema de almacenamiento, que abastece el consumo cuando sea necesario.*

#### *Tecnologías de alta temperatura*

*En las tecnologías de alta temperatura, la radiación solar puede servir para la generación de electricidad a gran escala. Mediante un proceso que convierte el calor en energía mecánica y posteriormente en energía eléctrica, se consiguen altas capacidades en la producción de electricidad.*

*Las instalaciones solares de alta temperatura, también conocidas como termoeléctricas, se basan en procesos tecnológicos parecidos a los utilizados en instalaciones de media temperatura, pero eso sí, con una mayor capacidad para concentrar los rayos del Sol, así como para alcanzar temperaturas más elevadas.*

*En este tipo de centrales se llegan a superar los 2.000 °C de temperatura por medio de un gran número de espejos enfocados hacia un mismo punto (la cúpula de una torre o un tubo de vidrio dispuesto a lo largo del tramo central del espejo concentrador), con el fin de calentar un fluido hasta convertirlo en vapor. Gracias a la elevada presión alcanzada es posible accionar una turbina, que a su vez impulsará un generador eléctrico.*





Figura 3.2 Paneles solares cóncavos (no confundir con celdas solares)

### 3.2.3 Energía Solar foto-voltaica

*Se llama Energía Solar Fotovoltaica a la Energía Eléctrica generada a partir de la radiación solar que incide sobre una célula fotovoltaica.*

*La célula fotovoltaica es un dispositivo electrónico, que permite convertir la radiación solar que incide sobre ella directamente en energía eléctrica gracias al efecto fotovoltaico. Cuando la luz, que es un flujo de fotones con determinada energía, incide en el material semiconductor con el que se fabrica la célula, cada fotón puede ceder su energía a los electrones del material de forma que pueden moverse libremente (se genera una corriente eléctrica)*

*El potencial solar de México es el tercero más grande del mundo. Se estima que el potencial solar bruto del país es de 5 Kwh/m<sup>2</sup> diarios, que corresponde a 50 veces la generación eléctrica nacional. En 2005 había 328.000 m<sup>2</sup> de paneles de energía solar térmica y 115.000 m<sup>2</sup> de módulos de energía solar PV (fotovoltaico) instalados en México. Se espera que la capacidad instalada en 2013 sea de 25 MW, con una generación de 14 Gwh al año.*

*Un porcentaje muy pequeño hasta ahora, 0.05%. Sin embargo, los científicos y el público está mirando para tener más energía del mundo proviene de plantas de energía solar. La energía solar representaría la producción anual de 150 plantas eléctricas de carbón*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*El informe dijo que los sistemas fotovoltaicos, que convierten la luz solar en energía, generan en la actualidad un 0.05 por ciento de la electricidad mundial, y podría aumentar a un 2.5 por ciento en el año 2025, el horizonte principal de este informe, y luego saltar a un 16 por ciento en 2040.*

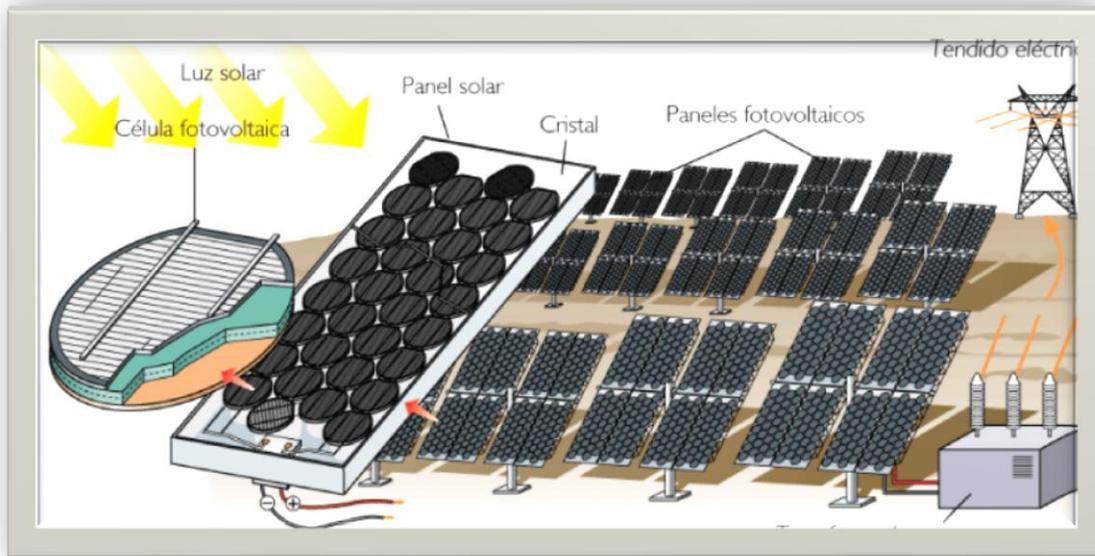


Figura 3.3 Efecto fotovoltaico

### 3.2.4 Energía hidráulica:

*Generación hidroeléctrica: El objeto principal de una instalación hidroeléctrica es transformar la energía hidráulica de un río en eléctrica; para ello, se utilizan turbinas y generadores de corriente alterna. La turbina es una máquina que transforma la energía de un fluido en movimiento giratorio directamente y sin necesidad de órganos intermedios. La velocidad que desarrolla una turbina hidráulica depende de la cantidad de agua y de desnivel entre la superficie del agua y el plano de salida.*

*Las turbinas de acción modernas son del tipo Pelton y tienen la particularidad de que el chorro que desemboca al aire libre llega al rodete tangencialmente, por lo que son perdurables al eje de la turbina. Se utilizan en caídas hasta de 1 000 metros. Las turbinas en hélice y Kaplan se utilizan en las centrales de salto pequeño (hasta unos 70 metros), mientras que en los medianos, comprendidos entre 50 y 500 metros, se emplean las turbinas Francis, cuyos alabes modifican la velocidad de las capas líquidas, tanto en dirección como en magnitud.*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*Para la utilización de la energía hidráulica de una corriente de agua es preciso disponer de un salto de agua. Este salto puede ser natural o artificial. La altura del salto dependerá esencialmente de las condiciones locales y constituye el parámetro principal del proyecto de una central hidráulica. La altura en la unidad de volumen de agua y por consiguiente, es interesante utilizar saltos del mayor desnivel posible.*

*El segundo parámetro es el caudal de agua que también depende de las condiciones locales pero, además, es esencialmente variable en función de la época del año, debido a las precipitaciones atmosféricas de la cuenca hidrográfica que alimenta la corriente de agua considerada. El caudal medio puede oscilar entre algunos metros cúbicos por segundo (torrentes de montaña) y algunos centenares o incluso millares de metros cúbicos por segundo en los grandes ríos.*

*Las centrales hidroeléctricas utilizan la energía potencial del agua como fuente primaria para generar electricidad. Estas plantas se localizan en sitios en donde existe una diferencia de altura entre la central eléctrica y el suministro de agua. De esta forma, la energía potencial del agua se convierte en energía cinética que es utilizada para impulsar el rodete de la turbina y hacerla girar para producir energía mecánica. Acoplado a la flecha de la turbina se encuentra el generador, que finalmente convierte la energía mecánica en eléctrica.*

*Una característica importante es la imposibilidad de su estandarización, debido a la heterogeneidad de los lugares en donde se dispone de aprovechamiento hidráulico, dando lugar a una gran variedad de diseños, métodos constructivos, tamaños y costos de inversión. Las centrales hidroeléctricas se pueden clasificar de acuerdo con dos diferentes criterios fundamentales.*



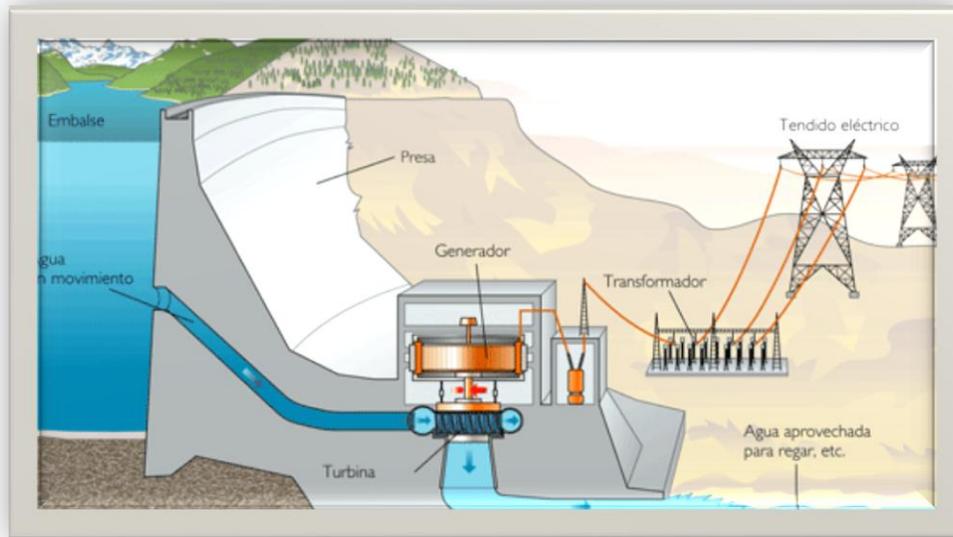


Figura 3.4 Funcionamiento de una central hidroeléctrica

### 3.2.5 Energía eólica

Desde el punto de vista operacional, la mayoría de las turbinas comienzan a generar electricidad con vientos de intensidades entre 3 y 4 m/s, la capacidad nominal se alcanza a 15 m/s y son detenidos, por seguridad, cuando el viento alcanza 25 m/s. El esquema de funcionamiento de una planta eólica es el siguiente: el viento pasa sobre las aspas ejerciendo una fuerza sobre ellas. Esto produce un movimiento de rotación el cual es amplificado mediante una caja de cambios o engranaje multiplicador que aumenta la velocidad de rotación del eje del generador. El generador utiliza campos magnéticos para convertir la energía cinética (energía mecánica) en energía eléctrica. La energía producida pasa a través de un transformador eléctrico, que eleva la tensión desde nivel de generación (cercana a 700 V) a la tensión de transmisión o de distribución (en este último caso es típicamente de 23.000 Volts). La red de transmisión o de distribución transmite la energía generada a los consumidores.

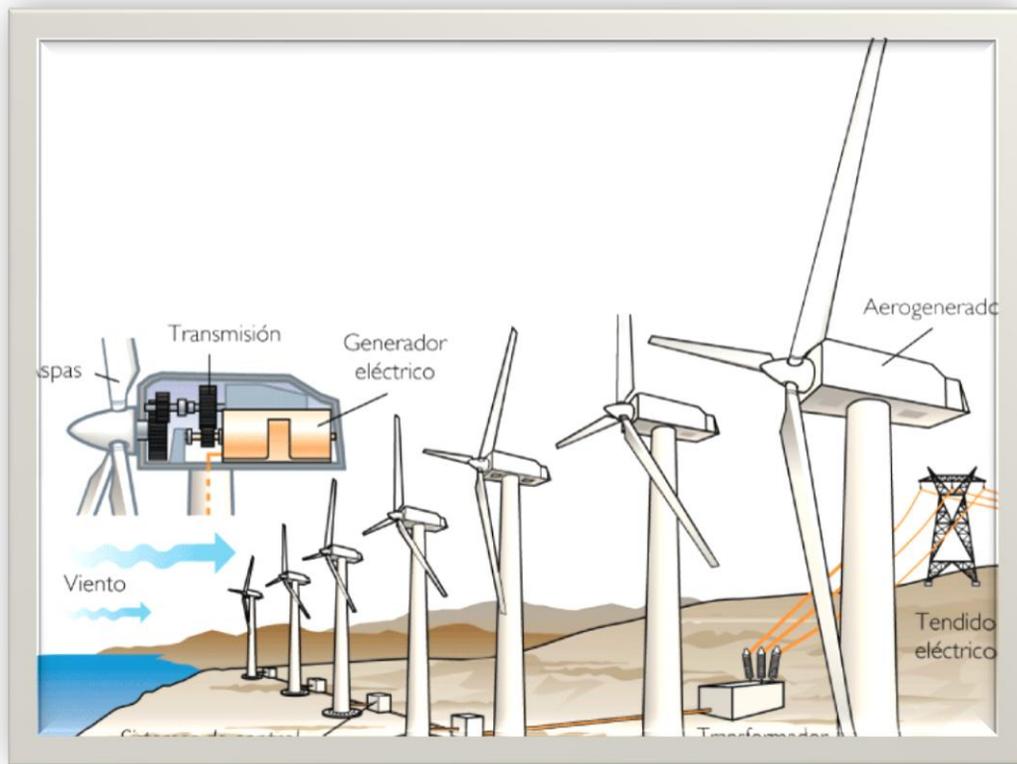


Figura 3.5 Esquema de una central eólica

Además de la geotermia, la única fuente de energía alterna susceptible de desarrollarse en zonas de corrientes de viento a precios competitivos en gran escala, es la energía eólica.

Por ejemplo en México, la Central de La Venta se localiza en el sitio del mismo nombre, a unos 30 kilómetros al noreste de Juchitán, Oaxaca. Fue la primera planta eólica integrada a la red en América Latina. Con una capacidad instalada de 84.875 megavatios, consta de 105 aerogeneradores, ya que a partir de enero de 2007 entraron en operación comercial 98 nuevas unidades generadoras.

Otro ejemplo lo tenemos en la central que se ubica en las afueras de Guerrero Negro, Baja California Sur, dentro de la Zona de Reserva de la Biósfera de El Vizcaíno. Tiene una capacidad de 0.600 megavatios y se integra por un solo aerogenerador.

### **3.2.6 Energía geotérmica**

*En México, CFE se ha preocupado en el desarrollo de fuentes de energía para generar electricidad, además de los combustibles fósiles, grandes centrales hidroeléctricas y centrales nucleares.*

*Teniendo en cuenta la ubicación geográfica y geológica de México, los otros más accesibles de las fuentes de energía son la energía geotérmica y eólica impulsada por poder. Energía geotérmica es la energía almacenada en las rocas del subsuelo de la tierra. Utiliza el vapor natural de la tierra para la producción de calor o de electricidad.*

*Hay dos formas de utilizar el recurso geotérmico:*

- 1. Utilización directa del calor para, para procesos industriales o procesos agrícolas.*
- 2. Generación de electricidad a partir del uso del vapor. Las instalaciones son similares a las de las centrales térmicas, la diferencia es que el vapor no se genera quemando derivados del carbón, petróleo o gas sino que se obtiene directamente de la naturaleza. Antes de ser derivado a las turbinas se realiza un proceso de separación de las sales disueltas que contiene el vapor de agua.*

*México tiene un gran historial en el uso de la energía geotérmica, con el fin de generar electricidad, que se inicia en los años 50 cuando la primera planta eléctrica geotérmica se instaló en el continente americano. La capacidad de energía eléctrica geotérmica es de 964.50 megawatts (MW), la generación de 3.03% de los 177.795 GWh producidos al 30 de septiembre de 2008. El campo geotérmico de Cerro Prieto, es el segundo más grande del mundo, produce 46,37% de la electricidad distribuida en Baja California, este sistema es, aparte de la Dirección Nacional del Sistema Eléctrico.*



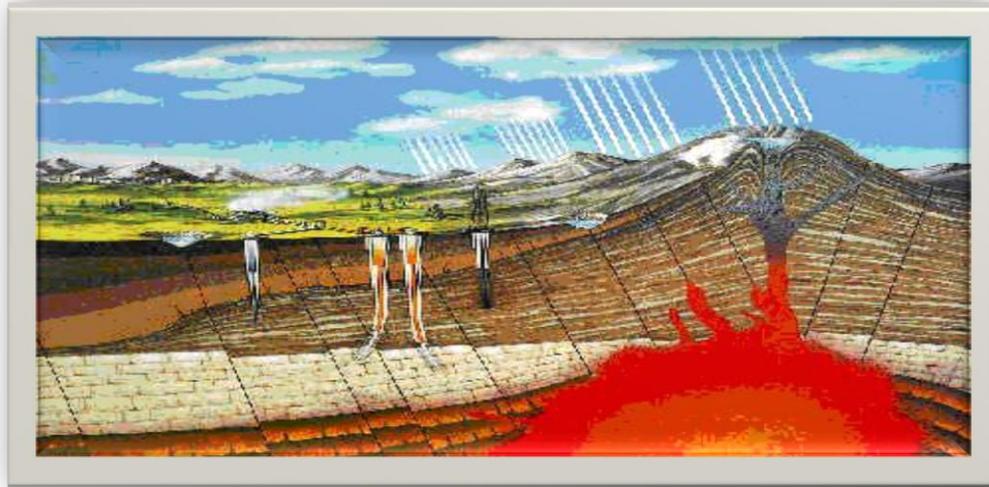


Figura 3.6 Energía térmica proveniente del núcleo terrestre

Por medio de pozos específicamente perforados, las aguas subterráneas, que poseen una gran cantidad de energía térmica almacenada, se extraen a la superficie transformándose en vapor, que se utiliza para generar energía eléctrica. Este tipo de planta opera con los mismos principios que los de una termoeléctrica como vapor, con excepción de la producción de

vapor, que en este caso se extrae del subsuelo. El vapor de agua obtenido de la mezcla se envía a un separador; el secado de vapor va a la turbina de energía cinética que se transforma en energía mecánica y esta a su vez, en electricidad en el generador.

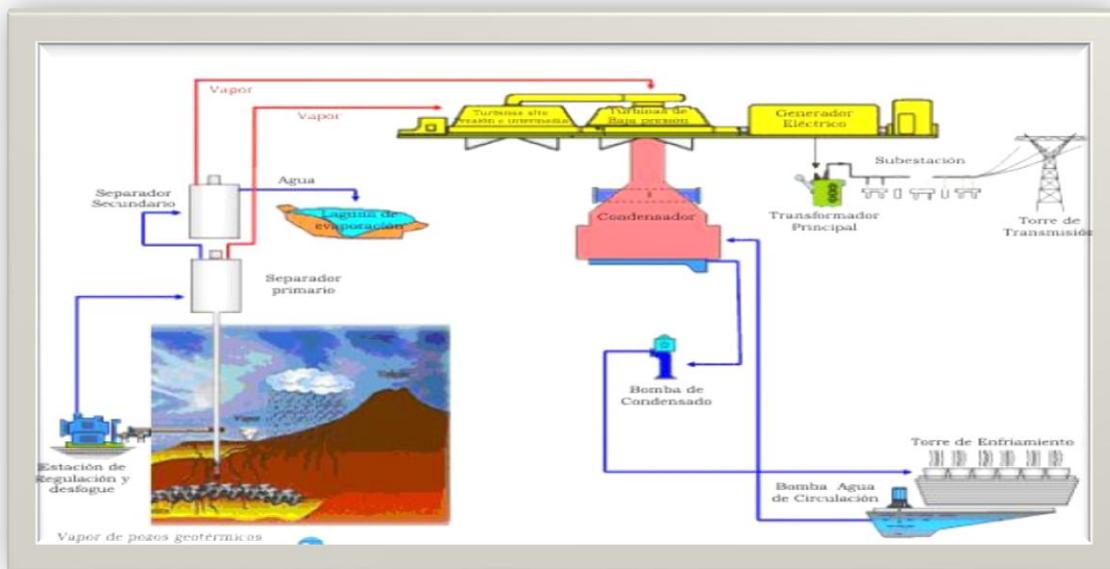


Figura 3.7 Esquema de una planta geotérmica

## Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

Existen unidades de 5 MW en la que el vapor, una vez que trabajó en la turbina, se libera directamente a la atmósfera. En unidades de 20, 37,5 y 110MW, el vapor es enviado a un sistema de condensación; agua condensada, junto con la proveniente del separador, se reinyecta en el metro o descargadas a través de un tubo de evaporación

**3.2.7 Energía carboeléctrica** ¿Cómo se convierte el carbón en electricidad? En cuanto a su concepción básica, las carboeléctricas son básicamente las mismas que las plantas termoeléctricas de vapor, el único cambio importante es que son alimentadas por carbón, y las cenizas residuales requieren maniobras especiales y amplios espacios para el manejo y confinamiento.

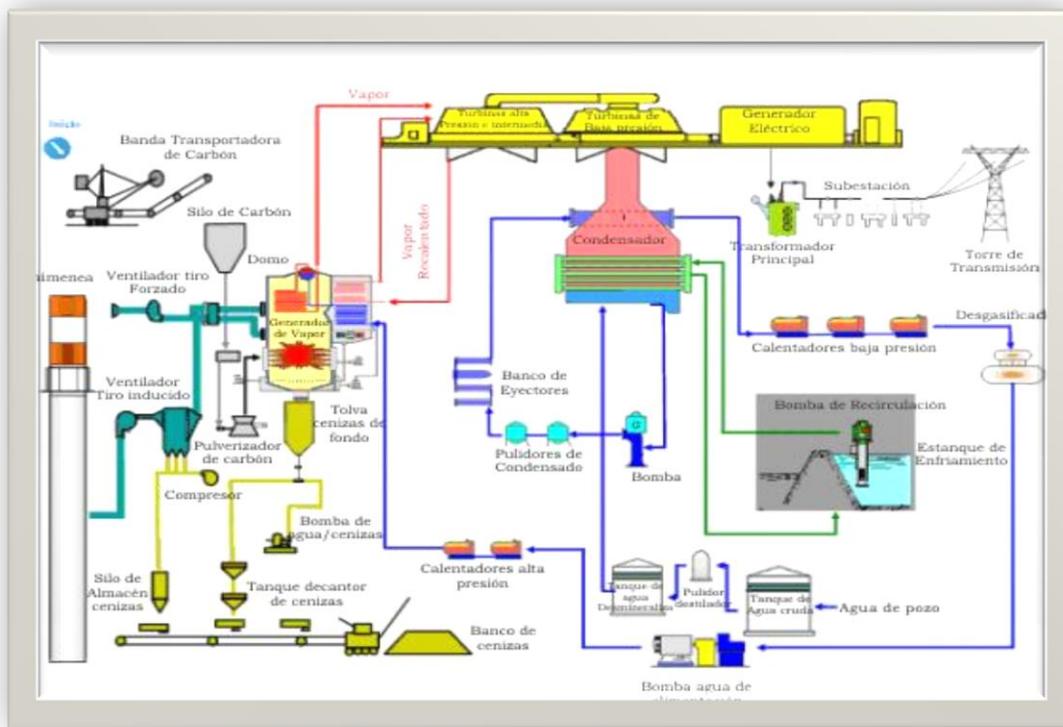


Figura 3.8 Esquema de una planta carboeléctrica

El carbón se muele primero para conseguir un polvo fino, lo que aumenta el área de superficie, haciendo que se queme más rápidamente. En estos sistemas de combustión de carbón pulverizado (PCC), el carbón en polvo se insufla a la cámara de combustión de una caldera en donde se quema a una alta temperatura.

Los gases calientes y la energía calórica producida convierten el agua, que pasa por unos tubos que rodean la caldera, en vapor.

Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*El vapor de alta presión es conducido hasta la turbina, que contiene miles de aspas tipo propulsor. El vapor presiona estas aspas, haciendo que el eje de la turbina gire a gran velocidad.*

*Hay un generador montado en un extremo del eje de la turbina y consta de varias bobinas de cable. La electricidad se genera cuando estas bobinas giran rápidamente en un campo magnético fuerte. Después de pasar por la turbina, el vapor se condensa y regresa a la caldera para volver a ser calentado (véase el diagrama de la página 21).*

*La electricidad generada se transforma en tensión alta, hasta 400.000 voltios, y se utiliza para una transmisión económica y eficaz a través de las líneas de alta tensión. Cuando está cerca de llegar al punto de consumo, como nuestros hogares, la electricidad se transforma en sistemas de tensión de entre 100 y 250 voltios, más seguros, que se utilizan en el mercado doméstico.*

*La moderna tecnología PCC está muy desarrollada y supone más del 90% de la capacidad de combustión de carbón en todo el mundo. Siguen realizándose mejoras en el diseño de centrales eléctricas PCC convencionales y se están desarrollando nuevas técnicas de combustión. Estos desarrollos permiten producir más electricidad a partir de menos cantidad de carbón; a esto se le conoce como mejora de la eficacia térmica del las centrales de polvo de carbón.*

### **3.2.8 Generación termoeléctrica:**

*En el proceso termoeléctrico existe una clasificación de tipos de generación, según la tecnología utilizada para hacer girar los generadores eléctricos:*

-  *Vapor: Con vapor de agua se produce el movimiento de una turbina acoplada al generador eléctrico.*
-  *Turbogas: Con los gases de combustión se produce el movimiento de una turbina acoplada al generador eléctrico.*
-  *Combustión interna: Con un motor de combustión interna se produce el movimiento del generador eléctrico.*
-  *Ciclo combinado: Combinación de las tecnologías de turbogas y vapor. Constan de una o más unidades turbogas y una de vapor, cada turbina acoplada a su respectivo generador eléctrico.*

*Otra clasificación de las centrales termoeléctricas corresponde al combustible primario para la producción de vapor: Vapor (combustóleo, gas natural y diesel), Carbo-eléctrica (carbón), Dual (combustóleo y carbón o combustóleo y gas), Geo-termoeléctrica (vapor extraído del subsuelo), Nucleoeléctrica (uranio enriquecido).*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

Descripción del proceso de las centrales termoeléctricas tipo vapor

Una central termoeléctrica de tipo vapor es una instalación industrial en la que la energía química del combustible se transforma en energía calorífica para producir vapor, éste se conduce a la turbina, donde su energía cinética se convierte en energía mecánica, la que se transmite al generador para producir energía eléctrica.

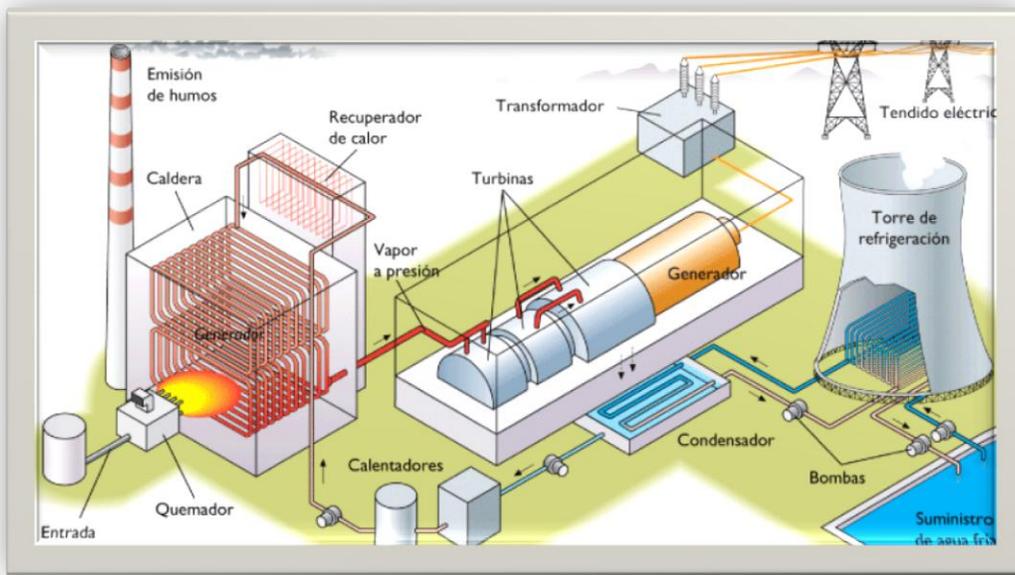


Figura 3.9 Secuencia de transformaciones de energía en generación termoeléctrica

**3.2.8.1 Centrales termoeléctricas tipo vapor**

Estas centrales utilizan el poder calorífico de combustibles derivados del petróleo (combustóleo, diesel y gas natural), para calentar agua y producir vapor con temperaturas del orden de los 520°C y presiones entre 120 y 170 kg/cm<sup>2</sup>, para impulsar las turbinas que giran a 3600 r.p.m. (revoluciones por minuto).



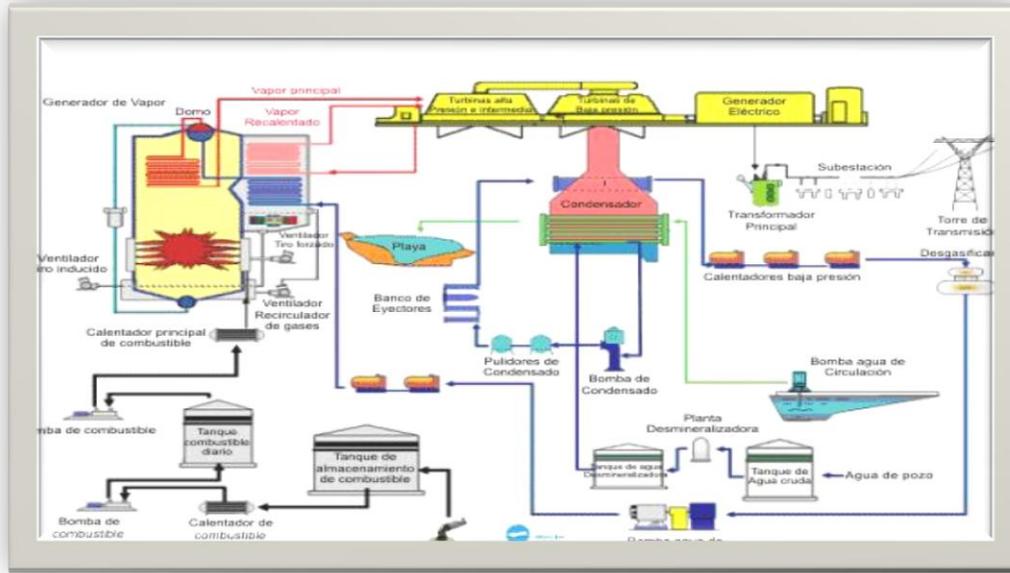


Figura 3.10 Esquema de una central termoeléctrica tipo vapor

*El suministro de energía eléctrica tiene características específicas que los diferencian del suministro de otras energías secundarias como son, por ejemplo, los productos petrolíferos o el gas. La energía eléctrica no puede almacenarse económicamente en cantidades significativas, por lo que la potencia eléctrica generada debe ser igual en cada instante a la potencia demandada por los consumidores, más las pérdidas del sistema. Esa demanda está modulada por las actividades humanas en el lugar de servicio y presenta variaciones muy amplias, siguiendo los ritmos de trabajos diarios, semanales y anuales, además de la influencia de los cambios estacionales.*

*Para mantener la continuidad del servicio se ha recurrido a la interconexión de las plantas generadoras de electricidad mediante la extensión del sistema de transmisión de alta tensión. La tecnología más empleada en México es la generación termoeléctrica. El generador de vapor transforma la energía térmica, la cual es aprovechada para llevar el agua a la fase de vapor. Este vapor, ya sobrecalentado, se conduce a la turbina, donde su energía cinética se convierte en mecánica, misma que se transmite al generador para producir energía eléctrica.*

*Este tipo de centrales puede utilizar como fuente de energía primaria combustóleo o gas natural. En la actualidad en el país se utiliza básicamente combustóleo. Otra tecnología para la generación de energía eléctrica son las unidades de turbogas; el aire se comprime antes de llegar a la cámara de combustión, donde se mezcla el combustible con el aire. De ello resultan gases de combustión calientes que, al expandirse, hacen girar la turbina.*

Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*El generador acoplado a la turbina de gas transforma esta energía mecánica en energía eléctrica. Los gases desechados poseen un importante contenido energético, que se utiliza para calentar agua llevándola a la fase de vapor, que se aprovecha para generar energía eléctrica, siguiendo un proceso semejante al descrito para las plantas convencionales. Por su parte, la tecnología de las centrales diesel sigue el principio de los motores de combustión interna, en donde se aprovecha la expansión de los gases de combustión para obtener la energía mecánica, la cual a su vez es transformada en energía eléctrica en el generador. Actualmente, este tipo de motores consume una mezcla de combustóleo y diesel. Finalmente, las centrales carboeléctricas no difieren en cuanto a su concepción básica de las termoeléctricas convencionales; el único cambio importante es el uso del carbón como energético primario. En la práctica, el carbón y sus residuos de la combustión requieren de un manejo más complejo que los combustibles líquidos o gaseosos utilizados en termoeléctricas convencionales.*

### **3.2.8.2 Generación de electricidad con unidades turbogas.**

*La generación de energía eléctrica en las unidades de turbo-gas, se realiza directamente la energía cinética resultante de la expansión de aire comprimido y los gases de combustión. La turbina está unida al generador de rotor, dando lugar a la producción de energía eléctrica.*

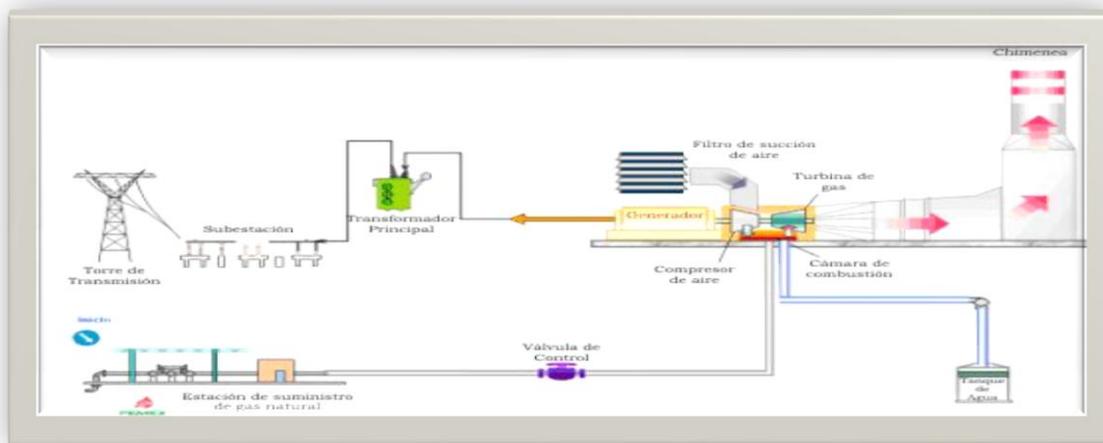


Figura 3.11 Esquema de una planta geotérmica

*Estas unidades utilizan el gas natural o diesel como combustible. Desde el punto de vista operativo, el breve tiempo de arranque y la variación a la inconsistencia de la demanda, la turbina de gas satisface cargas de suministro y capacidad del sistema eléctrico.*

### 3.2.7.3 Descripción del proceso en instalaciones de ciclo combinado

Plantas de ciclo combinado constará de dos tipos diferentes de unidades generadoras: turbo-gas y vapor. Una vez que la generación de energía eléctrica de ciclo se termina en las unidades turbo-gas, la alta temperatura de gases de escape se utiliza para calentar agua para producir vapor, que se utiliza para generar energía eléctrica adicional. Esta combinación de dos tipos de generación nos permite aprovechar al máximo los combustibles utilizados, mejorando así la eficiencia térmica en todos los tipos de generación termoeléctrica.

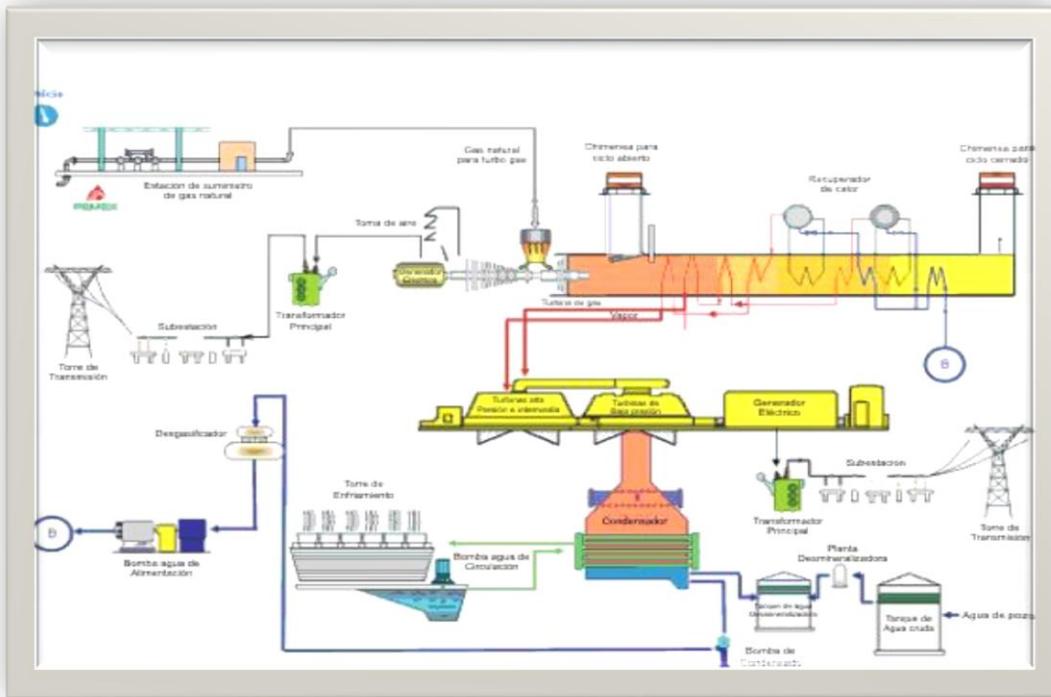


Figura 3.12 Esquema de una planta de ciclo combinado

El plan general de una planta de ciclo combinado se puede organizar de acuerdo a las diferentes posibilidades. El número de unidades turbo-gas por unidad de vapor varía de 1-1 a 4-1.

Una de las ventajas de este tipo de plantas es la posibilidad de construirlas en dos etapas. La primera etapa, turbo-gas, puede ser terminada en un corto período de tiempo y la planta inicia operaciones de inmediato y posteriormente, la construcción de la unidad de vapor puede ser terminada, y completar así el ciclo combinado.

### **3.2.9 Generación nuclear**

*La única central nucleoelectrónica del país*

*Dispone de 370 hectáreas localizadas sobre la costa del Golfo de México, en el km 42.5 de la carretera federal Cd. Cardel- Nautla, municipio de Alto Lucero; a 60 km al noreste de la ciudad de Xalapa, a 70 km del puerto de Veracruz y a 290 km al noreste del Distrito Federal.*

*La central consta de dos unidades, cada una con capacidad de 682.44 megavatios, equipadas con reactores del tipo agua hirviente y contenciones de ciclo directo. El sistema nuclear de suministro de vapor fue adquirido a General Electric y el Turbogenerador a Mitsubishi Heavy Industries.*

#### **3.2.9.1 La energía nuclear**

*Toda la materia del universo está formada por moléculas que a su vez están constituidas por átomos, los cuales están formados por partículas aún más pequeñas.*

*Un átomo contiene protones, neutrones y electrones, los átomos se pueden imaginar como sistemas solares en miniatura, en su centro se encuentran los protones y los neutrones firmemente unidos formando el núcleo atómico. Alrededor de este núcleo, como si fuesen pequeños planetas girando alrededor del sol, se encuentran los electrones.*

#### **3.2.9.2 El Átomo**

*El protón y el neutrón tienen prácticamente la misma masa, se diferencian porque el primero posee una carga eléctrica positiva (+) mientras que el segundo carece de carga. La masa del núcleo del átomo es la suma de las masas de sus componentes, es decir, es la suma de las masas de sus protones y neutrones, la carga eléctrica total del núcleo es positiva. El electrón es 1 840 veces más ligero que el protón y posee una carga eléctrica negativa. El núcleo del átomo contiene un número atómico, es un número entero conformado por el número de protones y es igual al número de electrones, razón por la cual sus cargas eléctricas se encuentran balanceadas.*

*Los átomos son diferentes, cuando se agrupan forman sustancias distintas conocidas como elementos. Cada elemento está formado por átomos con el mismo número atómico, sin embargo pueden tener diferente número de masa. Los átomos de un mismo elemento se llaman isótopos y se diferencian entre sí por el número de masa.*



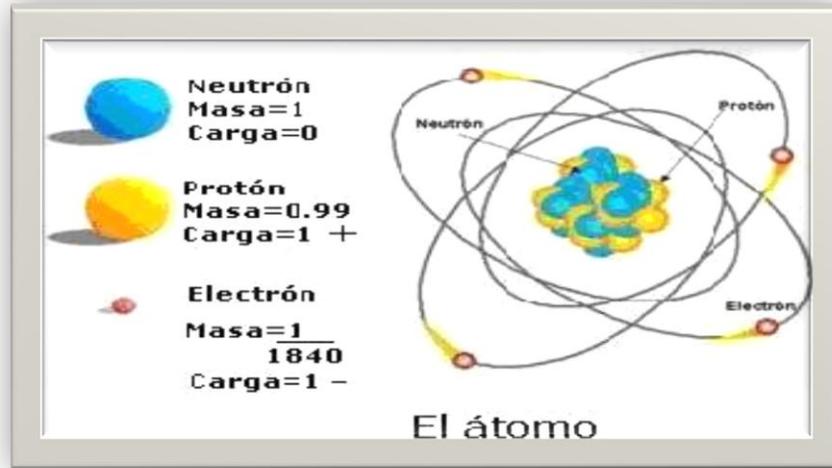


Figura 3.13 Partículas atómicas

El elemento uranio, cuyo número atómico es 92, tiene fundamentalmente dos isótopos con número de masa 235 y 238 respectivamente. El uranio puede ser manipulado, es posible bombardear el núcleo de un átomo con neutrones, lo cual altera su estructura y puede dividirlo en dos núcleos pequeños. La división del núcleo emite radiación, genera energía térmica y libera dos o tres neutrones, es el proceso llamado fisión. Los neutrones producidos por la fisión, impactan otros núcleos del mismo isótopo generando una reacción en cadena, lo cual libera grandes cantidades de energía. El control de la reacción en cadena se realiza utilizando otros elementos como boro y cadmio para capturar los neutrones libres.

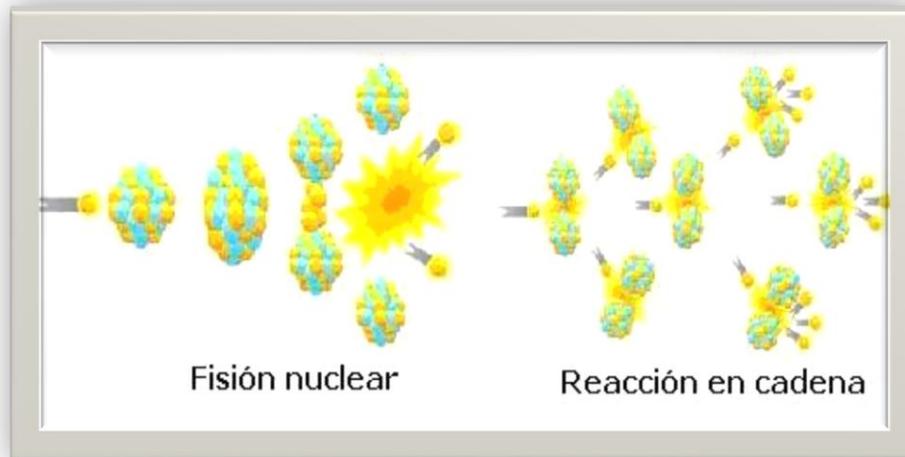


Figura 3.14 Reacción en cadena

La energía nuclear utiliza la energía en forma de calor obtenida por la reacción en cadena de la fisión, para generar electricidad. El combustible utilizado es Uranio



Figura 3.15 Pastillas de Uranio

La fabricación del combustible, consiste en la conversión del gas de uranio en dióxido de uranio en polvo que es prensado en forma de pastillas. Las pastillas son encapsuladas en varillas o tubos de zircaloy, que son ensamblados y transportados a la central nuclear donde serán cargados al núcleo del reactor. El poder energético de una pastilla de combustible cuyo peso es aproximado de 10 gramos equivale a 3.9 barriles de combustóleo. La siguiente etapa, conocida como irradiación del combustible se realiza dentro del núcleo del reactor, el cual opera en forma continua durante un lapso de 12 a 18 meses a plena potencia. Al término de los cuales la reactividad del núcleo disminuye y los ensambles de combustible deben ser reemplazados. La última etapa en el ciclo de combustible es el tratamiento de los ensambles gastados extraídos del núcleo del reactor, los cuales son almacenados aproximadamente 10 años en albercas dentro del reactor para su enfriamiento, posteriormente son encapsulados en contenedores herméticamente sellados y depositarlos en almacenes bajo tierra donde no representan riesgo para el medio ambiente. Parte del combustible gastado puede ser reciclado para ser utilizado nuevamente en una planta nuclear.

### 3.2.9.3 Reactores Nucleares

Un reactor nuclear es un enorme recipiente dentro del cual se está efectuando una reacción de fisión en cadena de manera controlada. Está colocado en el centro de un gran edificio de gruesas paredes de concreto, que protegen al personal que lo opera y al público en general de la radiactividad que produce. Básicamente un reactor consta de tres elementos esenciales: combustible, moderador y refrigerante.

Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

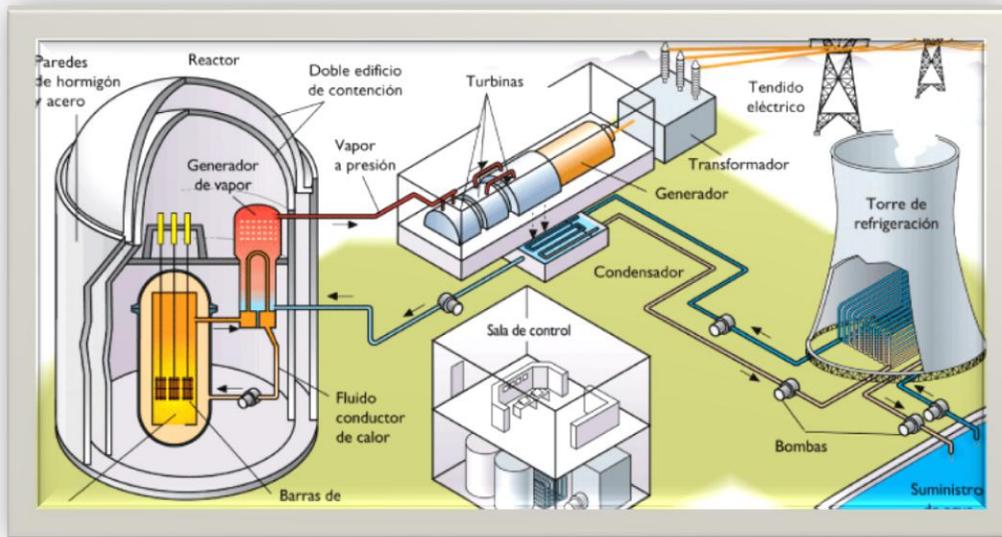


Figura 3.16 Funcionamiento de una planta de generación nuclear

### 3.2.10 Energía undimotriz

Energía producida por la energía de las olas. El proyecto piloto se localiza en Rosarito, Baja California. Si el proyecto tiene éxito se procederá a la creación de una planta comercial. La siguiente imagen ilustra la tecnología de Oceanlinx Ltd (compañía australiana) que se usará. Lo interesante de esta tecnología es que las olas impulsan el aire a través de una turbina que genera electricidad.

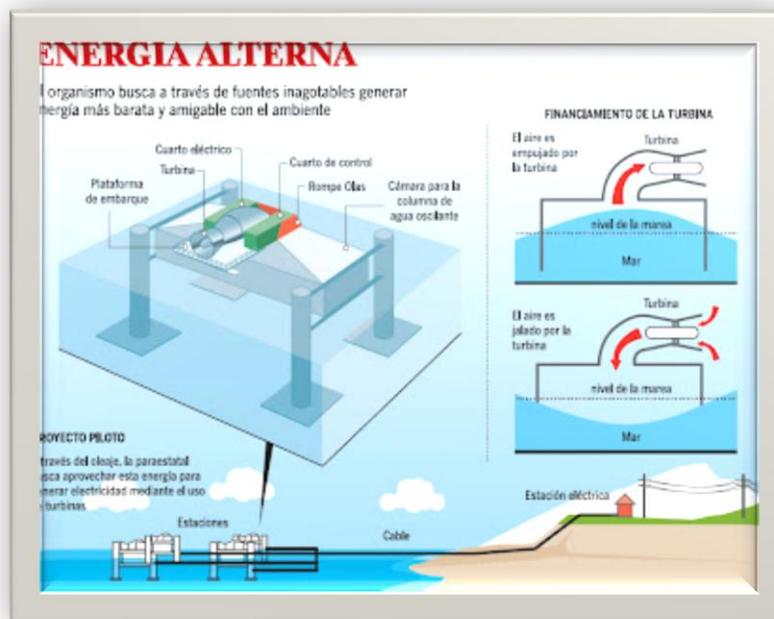


Figura 3.17 Proyecto piloto para la generación de energía undimotriz



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

Por otra parte, esta no es la única opción tecnológica que existe para aprovechar la energía undimotriz. También he escuchado de una granja de olas (Okeanos) que se sitúa en Portugal, en la ciudad de Póvoa de Varzim. Esta granja de olas usa una tecnología escocesa llamada Sistema Pelamis, de la firma Ocean Power Delivey. Aquí esta tecnología si aprovecha directamente el movimiento de las olas y está diseñado para soportar condiciones meteorológicas marinas extremas como ciclones

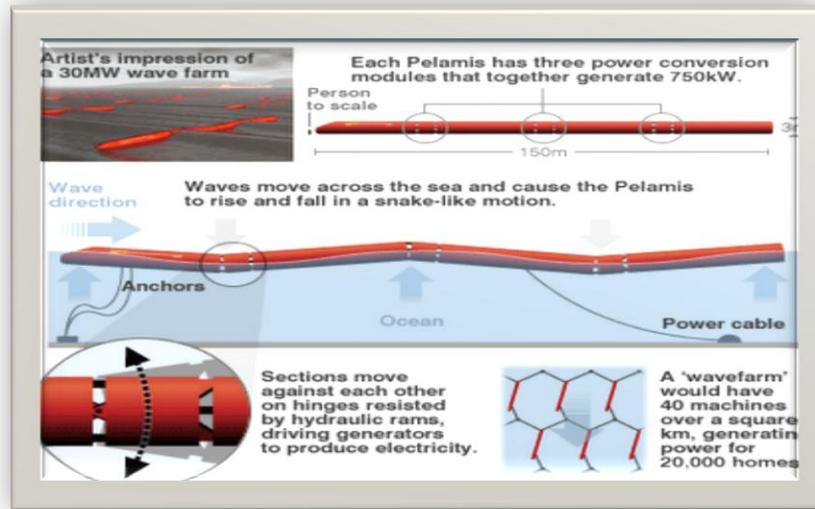


Figura 3.18 Esquema de funcionamiento de una maquina Pelamis.



Figura 3.19 Funcionamiento de una maquina Pelamis instalada.

*Finalmente, este proyecto de la CFE una magnífica alternativa al uso de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, pues no genera contaminación. Además, ayudaría a reducir nuestra dependencia del petróleo y reducir los problemas que causa. Si se combinara con el uso de energía eólica y otras energías renovables, estaríamos tomando el camino correcto para un mejor país. Cabe mencionar que no basta con adquirir la tecnología, ya que convertiría al país en dependiente de la tecnología de otras naciones; también es necesario que se invierta en su creación a nivel nacional.*

*Tabla 3.1 FUENTE: Departamento de Energía del Reino Unido, a través de su página electrónica cuya dirección es <http://www.energyinfo.co.uk>*

	<b>Porcentaje 2000</b>	<b>Porcentaje 2010</b>
<b>Combustibles sólidos</b>	30.3	30
<b>Petróleo</b>	41.2	40.1
<b>Gas</b>	23	24.7
<b>Energía Nuclear</b>	2.52	2.13
<b>Hidroelectricidad</b>	2.86	2.85
<b>Solar, Geotérmica</b>		
<b>Biomasa, etc.</b>	0.081	0.13

*A través de este capítulo, se ha explicado brevemente las formas de generación de energía eléctrica en el mundo, y también en nuestro país. No se ha profundizado en ellas, debido a que esto restaría tiempo y espacio para el desarrollo del tema que realmente apremia y que es el motivo de esta tesis, por lo tanto, se han omitido tanto términos técnicos como teóricos y los principios sobre los cuales se basan formas de generación de energía y su transformación.*

*En el siguiente capítulo se trata ahora sí, el tópico que realmente es el que se ha estado esperando... Descargas atmosféricas: desarrollo y exposición de temas relacionados.*



## Capítulo 4 Descargas atmosféricas: Desarrollo y exposición de conceptos relacionados.

### 4.1 ¿Qué es una descarga atmosférica?

La descarga atmosférica (rayo) es un destello luminoso en el cielo que proviene de una nube tipo cumulonimbus durante una tormenta. El fenómeno se debe a la cantidad de carga eléctrica de diferente polaridad almacenada en diferentes partes de dicha nube.

¿Qué es una nube cumulonimbus?

Es un cúmulo extremadamente denso que se desarrolla de forma vertical y con un extremo superior en forma de glaciar. Se extiende por más de 40 km y forma tormentas

Tipos de descargas atmosféricas:

- ⚡ Nube a tierra:
- ⚡ Nube a tierra con tornado:
- ⚡ Intra-nube:



Figura 4.1 Descarga atmosférica

*Existen también nombres que se les han dado a las descargas dependiendo de sus características. Entre ellas podemos mencionar los blue jets, red sprites o los elves. Mas sin embargo no se tomaran en cuenta en el presente.*

#### **4.2 Antecedentes de la inquietud por los rayos**

*En la antigüedad el rayo representaba un evento mitológico que estaba asociado con poderes supernaturales y con deidades a las cuales se les rendía tributo.*

*En 1831 la escritora Mary Shelley también hace famosa su novela Frankenstein, en la que a través de la energía de los rayos, el protagonista Víctor Frankenstein logra revivir a un monstruo creado por él. Para este propósito, Víctor, espera una noche de tormenta eléctrica donde logra canalizar la energía de los rayos para lograr su objetivo.*

*El 3 de julio de 1985 la cinematografía da un realce a este tipo de fenómenos en la cinta "Volver al futuro" en la que el protagonista Marty Mc Fly, es enviado hacia el pasado en una máquina del tiempo creada por el doctor Emeth Brown, ya en el pasado Marty Mc Fly se ve atrapado y necesita regresar a su época, sin embargo la única fuente de energía necesaria para que la maquina funcione, es la energía producida por un rayo.*

*Hoy día el hombre trata de explicar este fenómeno con técnicas de experimentación en lugar de solo explicaciones intuitivas. El afán de explicarlo se debe a los efectos que la descarga causa tanto en el ambiente como en los seres humanos. Sin embargo muchos de sus efectos permanecen sin una explicación convincente.*

*Con el avance de la tecnología, el conocimiento de la descarga atmosférica es aún mayor, ya que sus efectos inciden en dispositivos, hoy en día de uso común tales como:*

-  Satélites
-  Sistemas de comunicación
-  Radares
-  Instalaciones con equipo electrónico sensible
-  Transporte de todo tipo

*Por esta razón existen alrededor del mundo instituciones cuyo fin específico es la observación y estudio de las descargas atmosféricas con herramientas tecnológicas de punta, tales como: NASA, NOAA, ESA y laboratorios específicos.*

**Benjamín Franklin** fue el primero en realizar un estudio sistemático y científico de la descarga atmosférica, en la segunda mitad del siglo XVIII.

*Previo a esto, el avance al respecto consistía en la separación de cargas positivas y negativas mediante la fricción de dos materiales y almacenándolas en un dispositivo llamado jarra de Leyden en donde se generaban y observaban las descargas por chispa.*

*Aunque se observo una similitud entre las chispas y rayo, Franklin fue el primero en realizar un experimento para demostrar la naturaleza eléctrica del rayo asumiendo que las nubes poseían carga eléctrica.*



*Dicho experimento consistió en pararse en una plataforma metálica, sosteniendo una varilla con una mano para obtener una descarga entre la otra mano y tierra, si las nubes estaban cargadas entonces también se deberían verse chispas entre la varilla y un cable aterrizado (sostenido por una vela).*

*Dicho experimento resulto cierto para un científico francés llamado Francois D'Alibard en Mayo de 1752 durante una tormenta. Georg Wilhelm Richmann un físico Sueco, trabajando en Rusia probó que las nubes de tormenta contienen carga eléctrica en 1753, pero fue muerto cuando un rayo cayó sobre él.*

*Franklin logro mejorar su experimento original remplazando la varilla por un cometa, el cual proveía un mayor potencial con respecto a tierra. Su experimento tuvo lugar durante una tormenta en Pennsylvania 1752, en donde hizo volar la que probablemente es la cometa más famosa del mundo, las chispas comenzaron a saltar de la cuerda del cometa a la mano aislada de Franklin el cual se encontraba por supuesto a un potencial menor. Además de demostrar que las nubes eran cargadas eléctricamente, Franklin pudo inferir la polaridad de la misma, asumiendo que la parte inferior de las nubes tenían carga negativa.*

*Poco se hizo hasta el siglo XIX cuando se pudo fotografiar la descarga y usar espectrografía para investigación.*

*Friedrich Carl Alwin Pockels de Alemania (1897-1900 fecha de experimentos) pudo estimar la corriente del rayo mediante la medición de su campo magnético, también en esa época se pudieron identificar descargas individuales que forman el canal principal.*

*Charles Thomson Rees Wilson fue el primero en estudiar mediante mediciones de campo eléctrico la estructura de las cargas de tormenta que intervienen en la formación del rayo, Wilson es conocido por sus aportaciones a el conocimiento fundamental de la descarga atmosférica.*

*En 1960 el estudio de la descarga toma un nuevo impulso debido a los vehículos aeroespaciales y la electrónica de estado sólido usada en equipo sensible. El estudio continúa hoy día con el estudio de problemas de compatibilidad electromagnética.*

### **4.3 ¿Cómo se forma una descarga?**

*Cuando las partículas de agua empiezan a interactuar por los efectos del viento en una cumulonimbus estas empiezan a colisionar se fracturan y separan bajo la influencia de corrientes ascendentes y la fuerza de la gravedad. Se acumulan en la parte inferior de la nube granizo y copos de nieve cargados eléctricamente. Partículas más ligeras de cristales de hielo y gotas de agua súper congeladas cargadas positivamente se acumulan en la parte superior de la nube. Esta separación de carga produce un campo eléctrico dentro de la nube y en las regiones de la nube con cargas de polaridad opuesta.*



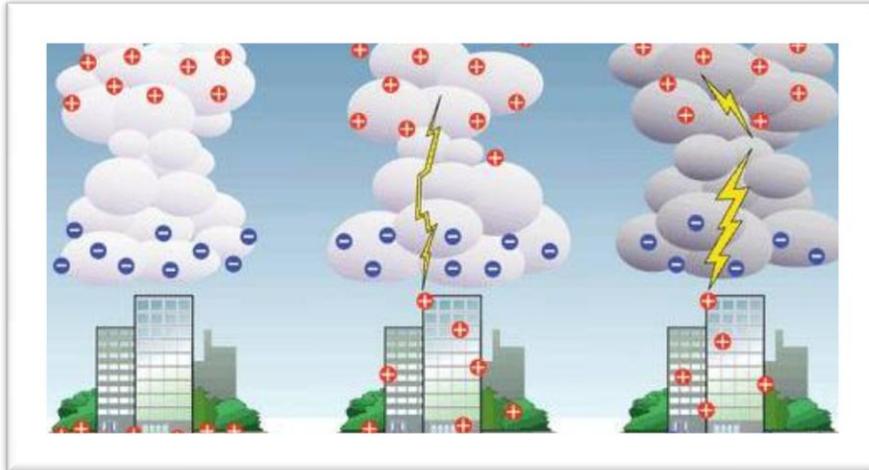


Figura 4.3 Formación de un canal de descarga

Una vez que el campo eléctrico alcanza una rigidez dieléctrica crítica ocurre una descarga. Un canal líder es un canal súper caliente por el cual viajan electrones de la nube a tierra, el canal líder comienza en la base de la nube, Se propaga hacia abajo en intervalos de 50 – 100 mts. Cambia su dirección en intervalos.

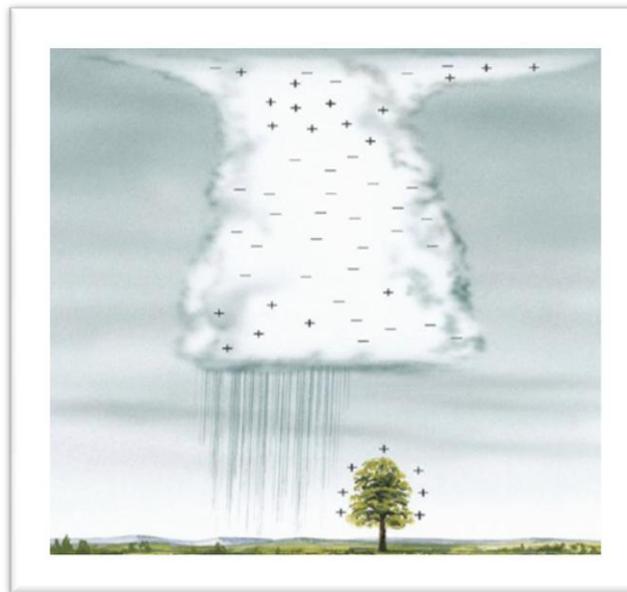


Figura 4.4 Separación de las cargas dentro de una nube

Conforme el canal líder se acerca a tierra se empieza a formar un canal líder positivo este líder es originado desde tierra a la nube y viaja hasta encontrarse con él con el canal líder negativo. El líder negativo y el líder positivo se conectan y electrones de carga negativa fluyen de la nube a tierra (carga positiva). Esta descarga es conocida como descarga o rayo de retorno, una o más descargas pueden ocurrir de manera inmediata sobre el canal previamente ionizado y son llamadas descargas dardo.

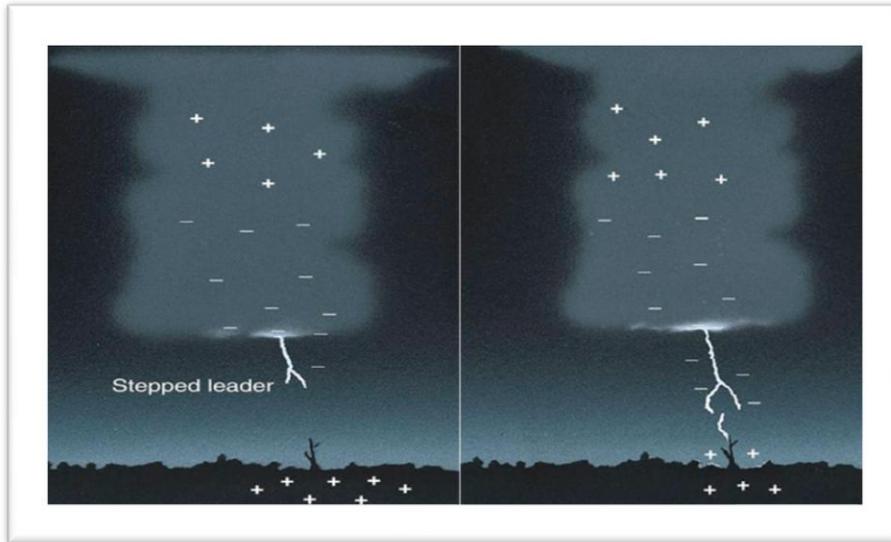


Figura 4.5 Formación del canal y desplazamiento de las cargas

El efecto luminoso se percibe en ese instante ya que se propaga a la velocidad de la luz ( $V_{Luz} = 300 \times 10^6 \text{ m/s}$ ). El efecto sonoro es percibido posteriormente, después del tiempo de propagación de la onda sonora hasta el observador, que se procesa a una velocidad mucho menor ( $V_{Sonido} = 343 \text{ m/s}$ ) y se puede escuchar a distancias usualmente limitadas, del orden de 10 Km.

#### 4.4 Datos interesantes de las descargas:

Viajan a velocidades superiores a los 60000 metros por segundo y distancias de más de 100 Km. La columna de la descarga en su parte más caliente puede alcanzar temperaturas de más de  $30000^\circ\text{C}$  (¡5 veces más caliente que en la superficie del sol!)

La longitud de la descarga puede alcanzar 190 Km con cerca de 5 cm de diámetro. Una descarga negativa puede alcanzar  $30 \times 10^6$  Volts y 100 kA la energía suficiente para encender un foco de 100 W por 3 meses. Una descarga positiva puede disipar energía suficiente para encender un foco de 100 W por ¡95 años! Una tormenta eléctrica tiene más energía que una bomba atómica.

Es sabido que la capacidad de transporte de energía de un rayo es sumamente elevada, podemos encontrar más datos interesantes en: <http://www.pararrayos-cts.com/fenomeno/estudio.htm>.

**El rayo transporta una carga de electrones en menos de un segundo equivalente a 100 millones de lámparas incandescentes ordinarias, la media que se valora por rayo es de 20GW de potencia.**

## Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*El sentido de la descarga del rayo es, generalmente, un 80% de nube a tierra (rayos negativos), el 10 % son descargas ascendentes de tierra a nube (rayos positivos). Las descargas de los rayos positivos suelen ser de más intensidad que los negativos.*

*Las células tormentosas pueden tener bases de 50 km. La trayectoria del rayo puede ser caótica, siempre predominarán los ambientes eléctricos cargados, aunque los estudios del campo eléctrico atmosférico en tierra determinan que la distribución de cargas en tierra no es estática, sino que es dinámica al formarse y generarse aleatoriamente chispas en diferentes puntos geográficos al mismo tiempo, la intensidad y situación del campo de alta tensión en tierra cambia radicalmente y es proporcional a la carga de la célula tormentosa.*

*La sombra electrónica generada de alta tensión puede tener una superficie de actuación superior a los 300 m y una altura de 1 km, estos valores dependerán de los parámetros de la base de las tormentas referente a tierra.*

*No se puede garantizar la zona de impacto de un rayo una vez formado este, puede llegar a tener trayectorias además de 17 km.*

*La intensidad de la descarga del rayo es variable y dependerá del momento crítico de la ruptura de la resistencia del aire entre los dos puntos de transferencia. También está influenciada por la resistencia de los materiales expuestos en serie, como por ejemplo: La tierra, las rocas, la madera, el hierro, las instalaciones de pararrayos, las puestas a tierra, etc.*

*Se tiene que tener en consideración que todos los materiales o puntos de contacto a tierra tienen diferentes valores de comportamiento eléctrico durante el año, su propia resistencia eléctrica puede variar considerablemente en función de las condiciones medioambientales y su composición mineral (valores  $> 3000 \text{ohm}$ ).*

*Los valores mínimos de una descarga de rayo, es de 3 kA a valores máximos registrados de 500 kA en un solo impacto, con un tiempo de 100 a 200 microsegundos, la chispa de energía que se genera en el punto de impacto, produce un pulso continuo de forma radial que se distribuye en el espacio tiempo a la velocidad de la luz superando los 1500 metros , paralelamente su frecuencia viaja a la velocidad del sonido, llegando a ser detectado a distancias superiores a los 300 km.*

*Durante la descarga del rayo se generan inducciones y acoplamientos en líneas de transporte eléctrico y de comunicaciones además de otros efectos térmicos, acústico etc. Todos los equipos electrónicos sensibles que se encuentren dentro de un radio de acción de 1500 metros pueden estar afectados por una sobre tensión inducida. Para una descarga de 50 kA se generaran tensiones de paso de 7,2 kV a 10 metros y 800 V a 300 metros con posible vitrificación del suelo, vaporización del agua y perforaciones de los materiales.*

*La diferencia de potencial generada durante el impacto de rayo puede generar arcos entre masas metálicas superiores a los 400 kV. Paralelamente y al mismo tiempo se genera un campo magnético que induce una carga a los cables o metales, es proporcional a la descarga y resistencia de la tierra los efectos electromagnéticos pueden superar los 15 kV.*



Como podemos observar, la energía que transportan los rayos es sumamente importante, y la posibilidad de acumulación energética sería un paso de gran importancia para las energías limpias; es importante aclarar que en principio solo se trata de una expresión de deseo ya que nos queda bastante camino por recorrer en cuanto a la posibilidad de control de tanta cantidad de energía.

#### 4.4.1 Rigidez dieléctrica

Entendemos por rigidez dieléctrica o **rigidez electrostática** el valor límite de la intensidad del campo eléctrico en el cual un material pierde su propiedad aislante y pasa a ser conductor. Se mide en voltios por metro V/m (en el SI). También podemos definirla como la máxima tensión que puede soportar un aislante sin perforarse. A esta tensión se la denomina **tensión de rotura** de un dieléctrico.

Tabla 4.1 Rigidez dieléctrica de algunos materiales

Sustancia	Rotura dieléctrica (MV/m)
Helio	0.15
Aire	0.4 - 3.0 (depende de la presión)
Alumina	13.4
Vidrio de ventana	9.8 - 13.8
Aceite de silicio, Aceite mineral	10 - 15
Benceno	16
Poliestireno	19.7
Polietileno	18.9 - 21.7
Goma de Neopreno	15.7 - 27.6
Agua pura	30
Vacío	20 - 40 (depende de la forma del electrodo)
Vaso de cuarzo	25 - 40
Papel de cera	40 - 60
Teflón	60
Mica	20 - 70
Película delgada de SiO <sub>2</sub>	> 1000
Parafina	13.9
Papel parafinado	32 - 40 (depende del grosor de cada material)

Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*¿Pero por que interesa el término de rigidez dieléctrica? Es un concepto necesario, debido al enorme potencial que presenta un rayo, este logra romper la rigidez dieléctrica del aire, la descarga ocurre y logra atravesar una capa de aire de cientos de metros de altura.*

#### **4.4.2 ¿Qué tan peligrosos son los rayos?**

*Otra información y no menos importante, ya que ha causado muchas preguntas es: ¿Cómo podemos protegernos ante una tormenta con descargas atmosféricas o eléctricas? ¿Qué riesgos presenta un rayo para la salud o la vida?*

*Para responder esto se saber también que mientras no haya riesgo de estar en medio de una tormenta eléctrica no hay de qué preocuparse, pero si se está en riesgo o propensos a ser alcanzados por un rayo, es bueno tener en cuenta algunas recomendaciones:*

*Cuando alcanzan límites importantes, las tormentas eléctricas pueden producir fuertes vientos o granizo, que se desarrollan debido a la alta inestabilidad. Estas tormentas también son conocidas como pulsos.*

*Las tormentas eléctricas pueden suceder en cualquier lugar del mundo y a cualquier hora del día, aunque son más comunes en primavera y verano.*

*Todas las tormentas eléctricas producen truenos y relámpagos, sin embargo, no todas se convierten en tormentas eléctricas severas. Algunas tienen potencial de producir fuertes vientos, granizo, lluvia torrencial, inundaciones y tornados.*

*Según el sistema de detección mundial de meteorología, diariamente, se producen en el mundo unas 44.000 tormentas y se generan más de 8.000.000 de rayos.*

*Poco a poco, los detectores de relámpagos ubicados en el espacio revelan lo que sucede dentro de las tormentas más potentes que tienen lugar en nuestro planeta. Los científicos esperan poder utilizar estas técnicas para predecir peligros climáticos.*

*Una forma sencilla de determinar lo que son sería simplemente decir que los relámpagos son descargas eléctricas entre las regiones positivas y las negativas de las nubes.*

#### **4.4.3 Medidas de precaución ante una tormenta eléctrica**

*Algunos efectos de un rayo:*

*Un rayo puede matar o herir una persona de forma directa o indirecta. Se puede romper la rama de un árbol y golpear a una persona o la persona puede ser alcanzada directamente por un rayo. También los objetos pueden sufrir daños cuando son alcanzados por el impacto de un rayo, puede tener lugar una explosión, un incendio, etc.*

*Además, el rayo puede entrar en las casas a través del cableado y de las tuberías causando daños añadidos.*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*¿Qué hacer en caso de encontrarse en el exterior durante una tormenta eléctrica?*

*No existe un lugar en el exterior donde se pueda estar totalmente a salvo de los rayos de una tormenta eléctrica.*

*Si existe un aviso de tormenta, procure organizar sus actividades en el interior y evite estar en la calle. Si después de escucharse el trueno pasan menos de 30 segundos y se observa el relámpago, busque refugio CON URGENCIA. Acuda al interior de un edificio estable o un coche y manténgase alejado de cables y tuberías de agua.*

*Si no tiene donde resguardarse y se queda en el exterior, bajo ningún concepto se refugie bajo los árboles para no mojarse ni en automóviles descapotables.*

*Evite zonas cercanas a cursos de agua, áreas abiertas desprotegidas y paradas de autobús. Quédese en cuclillas con las manos sobre las rodillas. Si se encuentra en el campo y siente que el cabello se levanta (lo que indica que un rayo está a punto de caer), póngase en cuclillas. Inclínese hacia delante y ponga las manos sobre las rodillas. Ponga los pies juntos y quítese todos los objetos de metal que pueda. No se tumbe en el suelo. No se siente sobre nada mojado.*

*Si se encuentra en un barco, salga y aléjese del agua. Los campos de golf, pistas de tenis, estacionamientos, piscinas y vías de tren son lugares extremadamente peligrosos: evítelos.*

*Las tuberías y las líneas telefónicas son conductoras de electricidad. Apague la entrada de suministro eléctrico y evite el uso de teléfonos. (Excepto en caso de emergencia). Cuide su equipo informático. Antes de la llegada de la tormenta, apague el ordenador, desenchufe los cables y desconecte la toma al teléfono. No se duche ni se bañe durante una tormenta. En general, es recomendable alejarse a más de 13 kilómetros de donde tenga lugar una tormenta.*

*\* Existe una tecnología que esta introduciéndose rápidamente a los sistemas de protección contra rayos (SPCR) llamada pararrayos des-ionizante de carga electrostática (PDCE) se explica con mayor detenimiento en el apéndice al final de este trabajo.*



## Capítulo 5 Obtención de energía eléctrica producida por descargas atmosféricas

*Antes de comenzar a desarrollar este capítulo, se anticipa que aunque el tema menciona la obtención de energía a través de las descargas atmosféricas, el capítulo no expone la solución encontrada, ni tampoco promueve una manera eficaz de lograrlo, dada la magnitud del proyecto o de la idea, más bien este capítulo pretende hacer alusión a una investigación en particular que a un punto de vista particular del autor de esta tesis, es el proyecto que ha antecedido en mayor extensión y magnitud a la idea planteada en el tema de esta tesis.*

### 5.1 Faraday: Precursor de la fantástica idea.

*¿Nadie ha intentado obtener energía a través de una tormenta eléctrica?*

*Uno de los primeros en hacerlo fue Michael Faraday y casi hace desaparecer un pueblo completo, o sea, no tuvo resultados útiles, pero unos años después, Nikola Tesla sí pudo hacerlo y de una forma mucho más simple gracias en parte a las investigaciones de Faraday, ambos se dieron cuenta nuestro planeta está constantemente cargado de electricidad, primero se pudo medir que el campo electrostático sobre la superficie terrestre tiene un valor promedio de unos 150 Volt/ metro, como la conocida fórmula de campo electrostático de una esfera es:*

$$E = \frac{KQ}{r^2} \quad (5.1)$$

*Donde K es la constante de Coulomb, puedes deducir la carga Q que contiene nuestro planeta, en donde r es el radio promedio terrestre, Q sale del orden de los 96500 Coulombs que es casualmente la constante de Faraday, por alguna razón Faraday quiso poner como constante física esta carga positiva contiene nuestro planeta.*



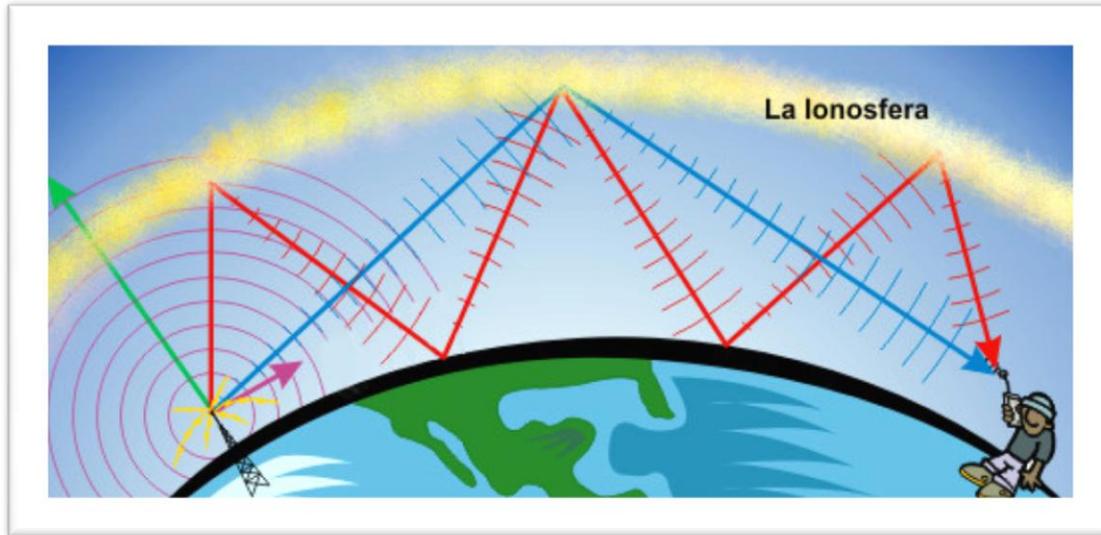
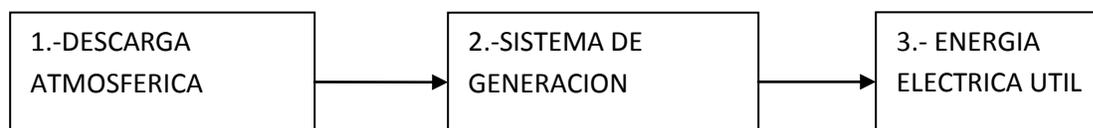


Figura 5.1 Representación de la ionosfera

Este hecho permitió concluir que no es necesario sacar energía de los rayos porque estos mismos ya tienen cargado al planeta de electricidad, en realidad los rayos son un mecanismo de descarga pues para mantener ese nivel máximo de 96500 Coulombs generados por el generador máximo; nuestro Sol; al emitir partículas cargadas a nuestro planeta por medio del viento solar, tales partículas ionizan la parte alta de la atmósfera cargándola y en consecuencia por inducción electrostática cargando la superficie terrestre, los rayos no son un fenómeno aislado son constantes en todo el planeta y se puede ver eso desde el espacio, y detrás de cada rayo no solo hay una descarga entre la nube y la superficie terrestre sino otras descargas van entre la nube y la capa más baja de la ionosfera a unos 80 Km de altura, a los rayos muy largos se los llama Sprites, es decir sobra energía y se necesita un mecanismo de descarga de la misma para que el capacitor esférico Tierra-Ionosfera mantenga un nivel estable de electricidad, los rayos, tormentas y otros fenómenos forman parte de ese mecanismo de descarga de exceso de energía transferida desde el Sol al planeta.

## 5.2 ¿Energía eléctrica a través de descargas atmosféricas?

¿Es eso posible? ¿Mediante que método o sistema? Hasta el momento, sin embargo de todas las investigaciones, ideas y proyectos que han propuesto esta posibilidad, este proyecto no ha sido realizable. Tomando como punto de razonamiento estas preguntas se idealiza un pequeño esquema:



*Al desglosar este pequeño esquema, se pretende abrir un poco más nuestro panorama.*

*Del primer bloque se desprende la siguiente información: ya se mencionó que una descarga atmosférica se produce bajo ciertas condiciones climatológicas, mas sin embargo, como se menciona en algún capítulo de esta tesis, una descarga también puede ser generada, provocada, producida y conducida. Los rayos son en sí una descarga eléctrica, es decir un flujo de corriente o electrones a través de un conductor, en este caso el aire que actúa como tal, (nótese que según Nikola Tesla, sería posible transmitir energía eléctrica sin ningún conductor de por medio, en este caso, alambre alguno) por lo tanto, si fuera posible, ya no sería necesario más que pasar al tercer bloque de nuestro esquema, ya que la energía estaría en forma de electricidad, pero como eso no es posible, es obligatorio pasar por el segundo bloque.*

*¿Qué problemas representa esta figura del segundo bloque?*

*Primeramente el gran potencial que está implícito en una descarga, pero que a pesar de ser enorme, este puede ser soportado, puesto que los sistemas de pararrayos lo han logrado, ya que están diseñados para conducirlos y descargarlos.*

*Otro de los problemas presentados en este segundo bloque es la gran intensidad de corriente, y aunque los sistemas de pararrayos también están diseñados para soportarlos, sin embargo la gran intensidad de corriente presenta un factor importante como lo es el calentamiento (razón por la cual un rayo produce su sonido, conocido como trueno).*

*Al producirse la enorme cantidad de temperatura, es necesario pensar en un método para disminuirla, mediante un sistema de enfriamiento o algo parecido, sin embargo al intentar disminuirla también presentaría la oportunidad o la desventaja de una liberación de energía en forma de calor que podría aprovecharse o desperdiciarse. Lo que conlleva a caer en otra interesante cuestión ¿Qué tipo de sistema?*

*Se habla de temperatura, sin embargo algo en algo que se debe pensar es en el tiempo que duran las descargas atmosféricas, ya que estas solo duran unas milésimas de segundo. Esto en si representa una interesante analogía.*

*Tratando de explicarlo, es como si se vaciara desde lo alto en un pequeño instante un contenedor con una enorme cantidad de líquido sobre un pequeño cubo. Si la energía eléctrica se comporta como un fluido, se pueden hacer las aseveraciones siguientes:*



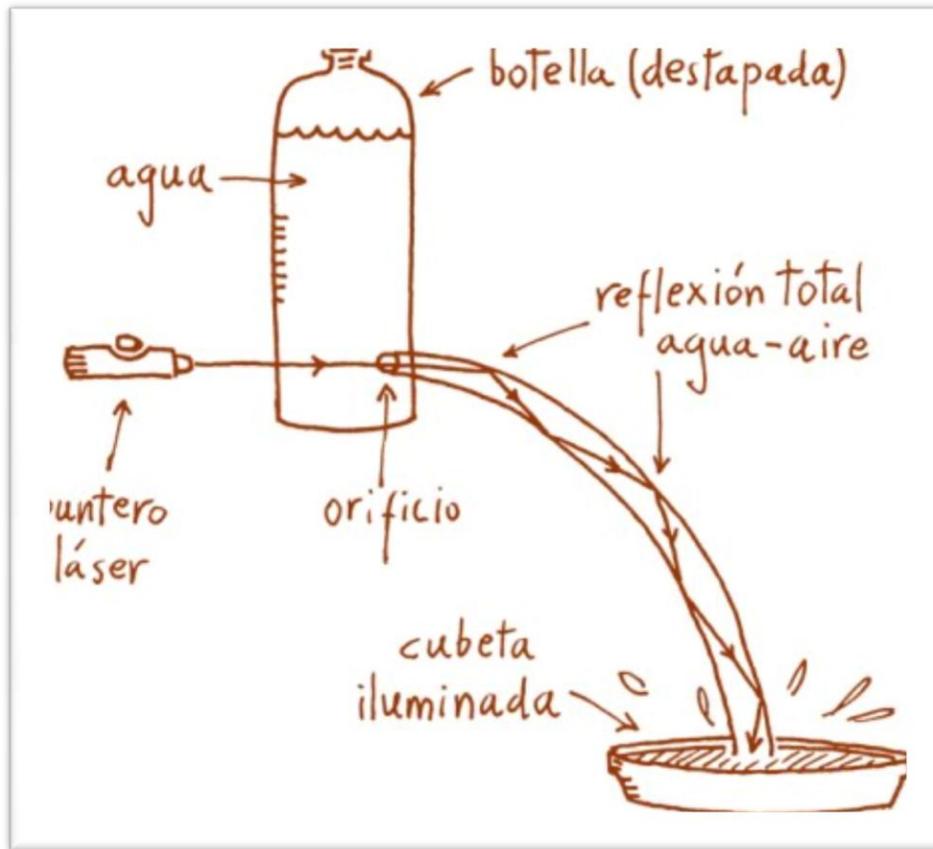


Figura 5.2 Analogía de una descarga eléctrica con un fluido

1.- En primer lugar se debe dar por sentado que a menos que el depósito receptor o cubo tenga la misma capacidad o sea de la misma dimensión, JAMAS se podrá contener toda esa cantidad de energía descargada. Esto indica que solo una parte de ella será aprovechable.

2.- Debido a la gran rapidez con la que se efectúa la descarga, parece ser también evidente que el cubo o contenedor que se diseñara tampoco podría saturarse a su máxima capacidad, haciendo analogía nuevamente con un fluido, habría fracciones de líquido o energía que saldrían por así decirlo, salpicados en una dirección "x" y que no se podrían atrapar.

3.- Al descargarse todo el contenido del contenedor superior, la mayor parte de energía eléctrica se desperdiciara, hablando específicamente de energía eléctrica, también sería necesario el diseño de un sistema que pudiese conducir y descargar la energía que no sería aprovechable.

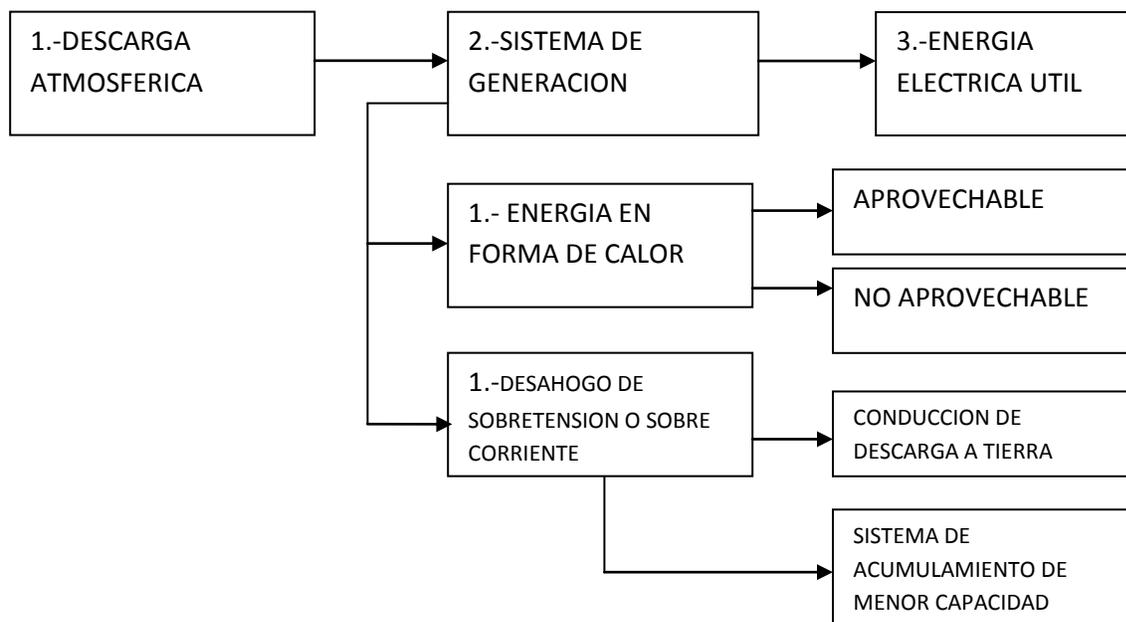
4.- En el caso extraordinario de que el cubo o recipiente lograra saturarse a su máxima capacidad, es decir, llegara a su límite, entonces es menester crear un sistema de desahogo

## Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*para no dañar el sistema de contención y captura, en el caso de que la descarga excediera la capacidad de almacenamiento del contenedor.*

*5.- Un buen análisis estadístico o simulado con la ayuda de una herramienta computacional podría proporcionar información útil de cuanta energía es la que se pretende obtener de una descarga en base a los valores promedio obtenidos de las magnitudes de una descarga que ya ha sido posible medir.*

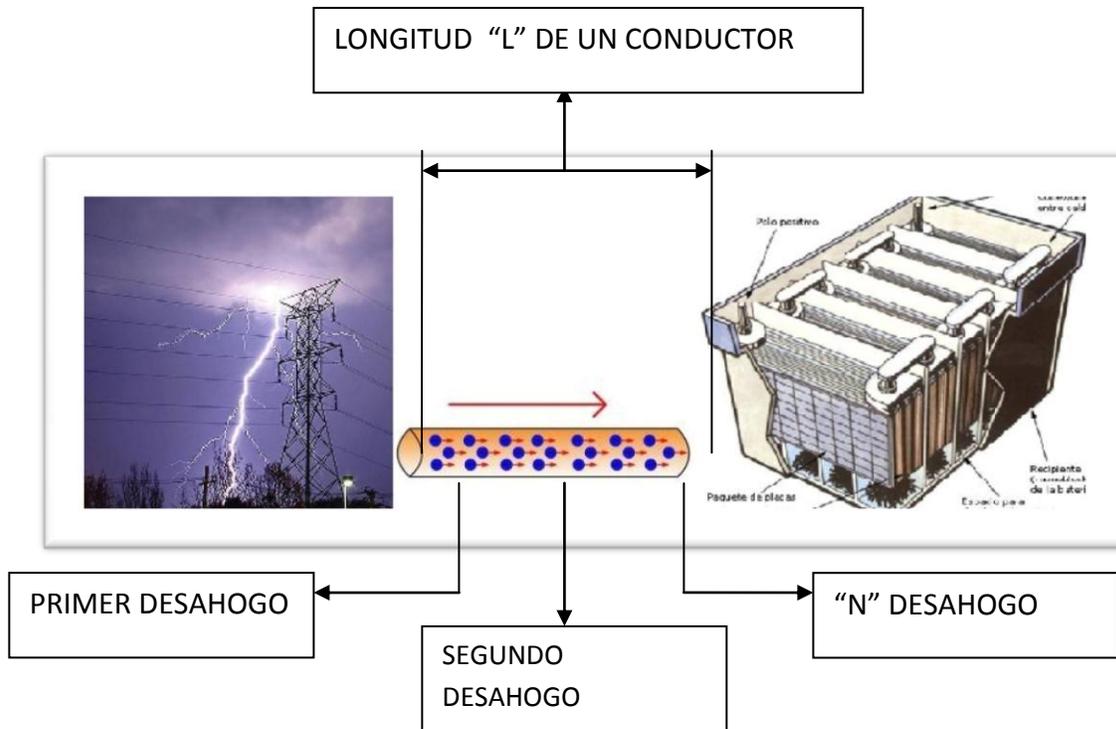
*Tomando como base estas deducciones, es posible generar un pequeño boceto que ilustra lo antes mencionado. Se recalca que solo es una proposición ya que así como nadie ha demostrado que no se es posible obtener la energía de un rayo, tampoco así se ha demostrado que es imposible.*



*Es necesario también la posibilidad de que al canalizar el flujo de corriente que se genera de una descarga, miles de amperes y por lo tanto infinidad de electrones pueden ceder su energía a su paso por diversos dispositivos, es decir, pretender que no se capturará la energía al final de su recorrido, sino que esta se intentará aprovechar a lo largo de este a través de un conductor, una vez que ya se haya canalizado.*

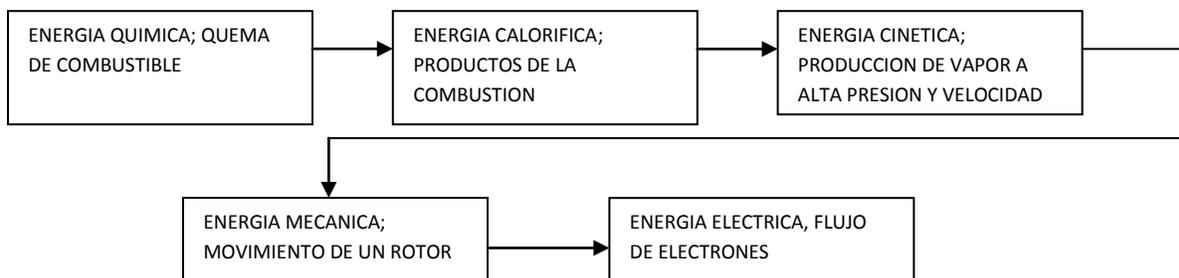


Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.



Existe otra pregunta que debe considerarse. ¿Cuánta energía cinética está implicada, es decir a qué velocidad viajan los electrones, a través de un conductor? ¿Qué cantidad de energía se disipa a lo largo del punto de descarga hasta su acumulador final? Hasta este momento, cuando se habla de obtener energía eléctrica de los rayos, la impresión que se tiene de primera instancia es obtener la energía directamente en el punto de descarga, pero cabe preguntarse si esa es la única posibilidad. El tema dice: “Obtención de energía eléctrica a través de descargas atmosféricas” por lo tanto un requisito primordial es QUE LA ENERGÍA PROVENGA DE LA DESCARGA, NO QUE SE CAPTURE DIRECTAMENTE, que sería en pocas palabras intentar capturar todas las gotas de agua que caen en una tarde de lluvia.

¿De qué otras maneras es posible obtener energía eléctrica? A lo largo del capítulo 3 se vio cuales son las maneras en que se obtiene la energía eléctrica, tomando como idea los tipos de transformación.



*En este esquema es posible notar que la energía eléctrica antes de manifestarse de tal manera, se encuentra en presentaciones diferentes, como la mecánica, la calorífica, cinética etc., y si se hace una pausa en este momento, es posible darse cuenta que un rayo, además de contener energía eléctrica también proporciona energía calorífica, aunque no precisamente como un producto de la combustión, si debido a la gran temperatura generada por el paso de la corriente, a través de un conductor, por lo que una opción que se podría plantear sería poder utilizar la energía eléctrica contenida en un rayo y utilizar la energía calorífica para poder transformarla mediante algunos procesos hasta poder extraer nuevamente energía eléctrica.*

*Ante esta situación se pueden plantear algunas preguntas ¿cuánta energía eléctrica “entra” por decirlo así mediante una descarga? ¿Cuánta de esta energía se puede utilizar en forma de calor? ¿Qué formas hay de producirla? Un buen dato que se tiene es que la temperatura o el calor se pueden generar mediante una descarga eléctrica a través de un embobinado, lo que provoca el efecto de una resistencia en algo conocido como Efecto Joule.*

*En cuanto a la energía cinética que podría utilizarse, el paso de corriente para impulsar o hacer girar un motor, alternador o generador que aunque no produzca electricidad, si la aproveche.*

### **5.3 Tesla: A punto de lograrlo**

*Muchos científicos, inspirados en el genio de Nikola Tesla y sus estudios e inventos en el área del campo radioeléctrico, del magnetismo, la electricidad y de la mecánica han intentado capturar la energía eléctrica que se genera en las tormentas a partir de la fricción de grandes masas nubosas (cumulonimbus) y que se descarga a la tierra en forma de rayos.*

*Para que un rayo se origine, esta carga eléctrica tiene que ser mayor a 10000 voltios por centímetro cuadrado. La descarga luminosa que conocemos, seguida del estruendoso trueno (rayo) fue objeto del estudio de Tesla cuando indagaba sobre maneras alternativas al petróleo para obtener grandes cantidades de energía eléctrica de manera limpia y ecológica. Según Tesla, la misma podía tomarse de la atmósfera y re-transmitirse a todo el mundo por medio de antenas terrestres (Torres de Wardenclyffe) y una frecuencia radioeléctrica. Este fenómeno se denomina actualmente “efecto Tesla”.*

*Así como existe el viento, las lluvias o el oxígeno, así también existe la electricidad natural, llamada estática, prueba de ello son los rayos.*



## Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*En Grecia durante el siglo VIII a.C Thales de Mileto (610-548 a.C) se fijó en que sus sirvientas cuando se estaban peinando la cabellera con un peine de hueso, estas chisporroteaban y buscó una explicación racional. Conocía el rayo como todos los demás, y los egipcios sabían que la punta de cobre de sus obeliscos ayudaba a proteger sus templos de estos demonios. Pero a él le interesaba saber por qué los rayos cruzaban zigzagueando. Descubrió la electricidad estática al tratar un trozo de ámbar con un paño.*

*El ámbar atraía hilachos, plumas y pequeñas astillas de madera. Como Thales creyó que esto era debido a un espíritu que se encontraba dentro del ámbar lo llamó elektron. De esta palabra se deriva el término electricidad.*

*Benjamín Franklin (Boston 17 de enero 1706- Filadelfia 17 de abril 1790) en 1752 lleva a cabo en Filadelfia su famoso experimento. Ató una cometa con esqueleto de metal a un hilo de seda en cuyo extremo llevaba una llave también metálica. Haciéndola volar un día de tormenta, confirmó que la llave se cargaba de electricidad y los rayos son descargas eléctricas. Gracias a este fenómeno creó su invento más famoso, inventó el pararrayos, cuyo objetivo es atraer un rayo ionizando al aire para llamar y conducir la descarga hacia tierra, de tal modo que no cause daños a construcciones o personas.*

*Tesla podía visualizar una invención en su cerebro con precisión extrema incluyendo todas las dimensiones antes de iniciar la etapa de construcción, una técnica a veces conocida como pensamiento visual. No solía dibujar esquemas, en lugar de eso concebía las ideas solo con la mente. Cegadores haces de luz aparecían ante sus ojos, las visiones estaban asociadas a una idea que le rondaba la cabeza.*

*Otras veces, estas le daban solución a sus problemas que se le habían planteado y uno de esos flashes mentales fue crear el sistema mundial para la transmisión de energía eléctrica sin cables.*

*Este principio de transmisión de energía es posible, mediante el uso de un rayo ultravioleta de alta potencia que produjera un canal ionizado en el aire entre las estaciones de emisión y repetición. El mismo principio es usado en los pararrayos.*

*Fue así que comienza la construcción de Wanderclyffe en Long Island, el 3 de julio de 1901. La obra fue dirigida por Stamford White. La torre de Wanderclyffe también conocida como la torre Tesla fue una antena torre de telecomunicaciones inalámbricas pionera diseñada para la telefonía comercial transatlántica, retransmisiones de radio y para demostrar la transmisión de energía sin cables entre los años 1901 y 1917.*

*El proyecto no se completó debido a que los banqueros de la época no quisieron fomentar una energía libre y gratuita ya que por aquel entonces, los grandes banqueros aparte de ser los propietarios de las compañías petroleras, habían comprado las minas de cobre para cablear el territorio.*



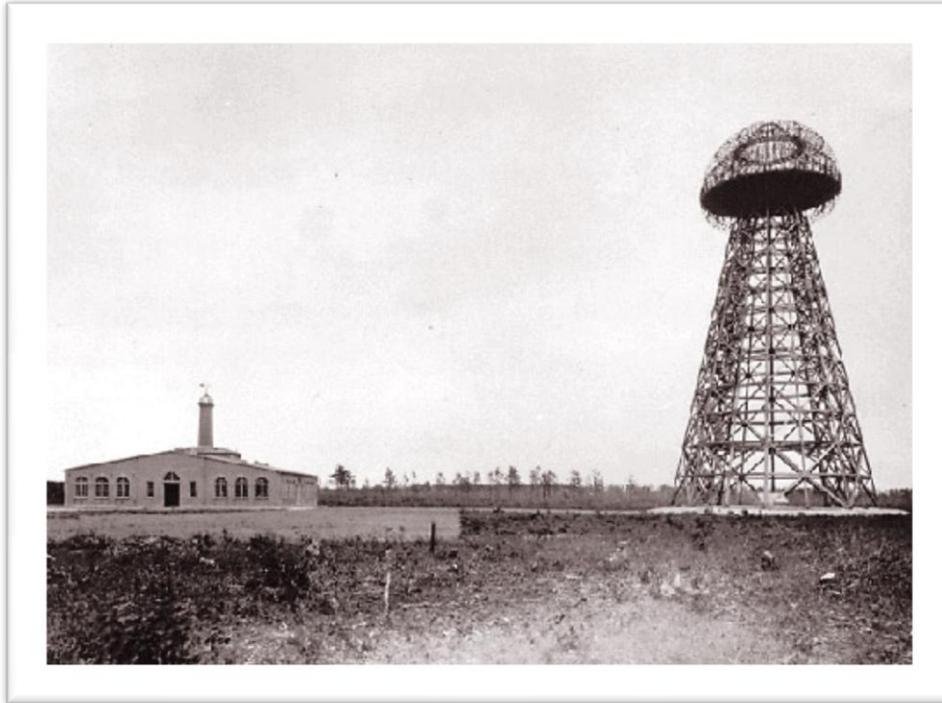


Figura 5.3 Torre de Wanderclyfe

*Estaba prevista una torre de 65 ms. Con una terminal esférica de 20 mts de diámetro encima pero los altos costos llevaron a no poder continuar la obra. Usando sus generadores y transformadores logró producir energía de 4, 000,000 de voltios. Enviando alto voltaje al mástil creó el equivalente de docenas de rayos con un ruido ensordecedor, pero logró encender lámparas ubicadas a 40 km de su laboratorio.*

*Este experimento supuestamente hizo volar un recinto industrial cuya producción era principalmente energía para la minería, siderurgia y refinerías de Colorado, lo que lo alejó de la comunidad y lo empezó a mirar como a un ser peligroso para la banca y trabajadores de estos complejos industriales. Durante la primera guerra mundial fue destruida ya que molestaba el despegue de los globos.*

*Nikola Tesla murió en soledad y pobreza pero interiormente satisfecho consigo mismo. Sus obras dieron al hombre una libertad tecnológica que nadie pensaba se podía lograr. Lamentablemente la avaricia ajena y los prejuicios de su época entorpecieron su gran proyecto, su meta altruista que hubiera permitido a toda la humanidad contar con energía gratuita permanente en todos los rincones del planeta.*

*“El científico no tiene por objeto un resultado inmediato. El no espera que sus ideas avanzadas sean fácilmente aceptadas. Su deber es sentar las bases para aquellos que están por venir y señalar el camino. El futuro mostrará los resultados y juzgará a cada uno de acuerdo a sus logros”*

*En 1901 Marconi envió su famosa radioseñal diciendo haber inventado el radio, pero utilizó 17 patentes de Tesla, y la corte suprema corrigió el error en 1943 después de la muerte de Tesla.*

*Edison propicio la invención de la silla eléctrica que implica corriente alterna (desarrollada por Tesla) en lugar de corriente continua de la cual él era impulsor, para así dar mala fama al invento del europeo.*

*Tesla patentó más de 700 inventos. Cuando murió, el gobierno de los Estados Unidos intervino todos los documentos de su despacho en los que constaban sus estudios e investigaciones.*

*Años más tarde la familia Tesla y la embajada Yugoslava lograron recuperar algunos documentos del material incautado que hoy día se encuentra en el museo de Nikola Tesla. Su doble condición de extranjero y utópico del futuro lo relegó a un lugar de olvido.*

*Con escasos recursos, Nikola Tesla enfermó y falleció solo y abandonado en una habitación de hotel. Fue encontrado por una limpiadora al día siguiente. Físico, matemático, inventor e ingeniero eléctrico croata una de las mentes más brillantes de la humanidad.*

*Desde 1893, año en que Tesla probó el funcionamiento de su teoría a pequeña escala a la actualidad, sin número de científicos han tomado esta referencia y han intentado almacenar la energía que se produce en las tormentas y en la atmósfera terrestre con el fin de darle uso.*

***Lo que hizo Nikola Tesla fue algo muy simple, para obtener muchos megawatts de este capacitor Tierra-Ionosfera, solo cambiaba la densidad superficial de carga en una zona definida de la superficie terrestre, con su torre de unos 30 metros de alto generaba un alto voltaje, cargaba una estructura grande que al alcanzar un cierto potencial descargaba su contenido a tierra logrando el cambio de densidad deseado, eso generaba de inmediato el mismo cambio de densidad en el cenit correspondiente a la ionosfera, es como si te pararas dentro de un capacitor gigante de placas paralelas, al momento de alterar la densidad de carga en el punto, te encuentras de inmediato en la columna vertical, pasa sobre ese punto y en la otra placa que está arriba se genera una perturbación, esto se traduce en la generación de ondas y de corrientes de desplazamiento.***

*De esa forma, cuando la torre lograba descargar esos grandes potenciales a tierra a una frecuencia específica (frecuencia de resonancia Schumann), o mejor escrito, los pulsos con un retardo mínimo de 1/12 de segundo, se lograban la generación de ondas de choque que viajaban entre la torre y la ionosfera al punto de generar descargas directas desde la ionosfera a la torre y bajar potencias enormes y controlables de acuerdo al grado de resonancia se deseaba, esto Tesla lo hizo realidad por el año 1912 y a pesar del éxito no se usó en forma práctica pues una electricidad inalámbrica y gratuita que todos tuvieran no beneficiaba a la riqueza de ningún empresario de la época, en especial con ese nuevo y emergente negocio de la energía eléctrica.*



*Con el pasar de los años Tesla se dio cuenta habían otras formas de electricidad atmosférica que permitían diseñar antenas más portátiles incluso para mover un automóvil eléctrico con motor de 80 HP, hecho consiguió realizarlo 20 años después por 1931. (Lo que hoy sería un cochecito conocido como “chocón” de feria.*

*Una vez que ya se han mencionado y expuesto las razones que provocaron este documento, explicados los conceptos fundamentales tanto de energía como de una tormenta y las descargas atmosféricas, se pasara a desarrollar este capítulo, que tiene por objeto mencionar las posibilidades de que una descarga atmosférica sea aprovechada y se pueda obtener energía eléctrica mediante ellas.*

#### **5.4 El Hombre de los rayos**

*Continuando con la leyenda relatemos brevemente, la historia del hombre que aun a pesar de estar en el olvido, es quien hoy por hoy y por reconocimiento de la historia, es quien estuvo a punto de conseguir tremenda hazaña, presentando muchos adelantos a su tiempo logro que la electricidad atmosférica y por qué no la de los rayos, fuera energía libre y gratuita para las personas del mundo.*

*El plan de Tesla era transmitir noticias y energía sin usar cables (alambres). Aquel primer caso hoy día se conoce como la radio. El plan fue suficientemente radical y Wall Street no quiso aceptarlo. Los monopolistas de energía tenían mucho dinero y nadie quería cambios. Los magnates como el banquero J. Pierpont Morgan ya habían comprado las minas de cobre. Se podía concluir que los conductos de energía iban a cubrir gran parte del país con las redes de cables de cobre. No interesándose para los planes de monopolistas, Tesla continuó desarrollando una nueva idea, la transmisión de energía gratuita por todo el mundo.*

*En 1893, el mismo año cuando sucedió la exposición en Chicago, Tesla habló de la resonancia de la Tierra en el "Instituto Franklin" en Filadelfia. La resonancia de la Tierra fue una parte de su visión de la transmisión de energía sin cables.*

*Se trataba de lo que los impulsos eléctricos al ser emitidos con frecuencia adecuada, es decir, con velocidad de vibración a través de la tierra para que se produjeran ondas energéticas, tal como un alambre de piano comienza a vibrar cuando se produce el mismo tono en el cual el alambre está atado otro instrumento en el mismo espacio. Algunos investigadores creen que Tesla podía lograr que el rayo entre la atmósfera de arriba y la tierra, resonara tal como lo hizo el alambre del violín. Eso emitirías ondas de energía. Entonces era necesario coger la energía con una antena. La resonancia así significaría el cumplimiento de sueños de Tesla de los cuales habló en su clase durante el año de 1897, cuando habló de la transmisión de energía de lugar en lugar sin usar cables (alambres).*



## Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*En su visión vio como se acercaba el día cuando aquel sistema iba a transmitir noticias, controlar el tiempo y transmitir energía sin límites. Un hombre común no habría pensado sobre aquellas cosas, sino pensado en su propia gloria, pero Tesla no era un hombre común. Sus ideas e inventos eran su pasión, y en los años siguientes el pidió y obtuvo las patentes para el sistema de energía, a primera vista, lo utópico de Tesla fue la transmisión sin cables de energía y noticias, lo hizo con la intención de proteger del peligro que posiblemente sus inventos anteriores llegaran a ser inútiles.*

*En el año 1899 Tesla se retiró a las montañas de Colorado Springs para encontrar nuevas ideas. Allí construyó el laboratorio de alta tensión. Era un edificio simple que fue construido alrededor de la mayor bobina en todo el mundo que tenía un mástil extraordinario encima. Al pie de la montaña trabajaba en su nuevo proyecto: emitir las vibraciones electromagnéticas a través de la tierra. No se sabe exactamente que consiguió Tesla durante su estancia en la montaña.*

*A veces escribía pocas notas pero las informaciones más importantes las tenía sólo en su cabeza. Sus planes hoy día deben ser traducidos en términos de electrotécnica moderna. Pero las leyendas de Tesla brotan de los hechos de sus experimentos en Colorado Springs. Como Dios que reina sobre los relámpagos, Tesla puso su fuerte bobina con diámetro de 16 metros logrando así una plataforma de doce millones de voltios donde la misma echara los relámpagos largos a más de 30 metros de la bola de cobre en la que cumbre su mástil. La población local tenía miedo de acercarse a ese lugar porque había rumores que el inventor celebre podía crear relámpagos de los cuales sólo uno podía matar a cien personas. Durante el experimento el trueno de la base eléctrica se podía oír a 25 kilómetros de distancia. Contento por tener éxito en la realización de su deseo de transmisión sin cables, Tesla regresó a Nueva York en el año de 1900. Contrató a un arquitecto que le hizo el proyecto de una torre de madera de 47 metros de altura encima de un edificio hecho de ladrillos en Long Island. Con un electrodo de cobre en la forma de hongo en su cumbre, la torre debería tomar el papel de un emisor gigante.*

*Tesla llamó ese proyecto "Wardenclyffe" e imaginó la estación que tuviera que emitir energía y noticias a través de varios canales en todas las longitudes de ondas. En 1902 la torre y el edificio cuadrado de longitud de 30 metros en el cual tendría que haber el cuarto los aparatos y el laboratorio, casi fueron terminados. Pero "Wardenclyffe" nunca ha sido completamente terminado.*



### **5.5 Conclusión y deducción**

*Aunque más adelante, se hará alusión de nuevo al proyecto de Tesla, esto sirve para poder concluir lo siguiente, el tema de esta tesis dice "Obtención de energía eléctrica a través de descargas atmosféricas"; en un principio cuando se habla de una descarga atmosférica como un rayo, y es así como en un principio como se planteo esta idea, pero tomando a colación el proyecto de Tesla, es posible encontrar una deducción tanto curiosa como interesante, Nikola Tesla, obtuvo energía a través de una bobina en una torre y logro un gran potencial, pero el dato interesante de esta cuestión es el siguiente: Nikola Tesla no esperó la caída de una descarga eléctrica en forma de un rayo, no, sino que el mismo creó una descarga igualando la frecuencias de la corteza terrestre y la ionosfera a través de un gran potencial, lo que se tradujo en una DESCARGA ATMOSFERICA, es decir estaba extrayendo carga, electrones, en pocas palabras energía de la ionosfera y la estaba retransmitiendo mediante su torre.*

*Dicho proyecto nunca se llevo a la conclusión, tanto por temor de intereses monetarios de su tiempo, como del temor del que para entonces Tesla ya generaba en la sociedad. Sin embargo, podemos preguntarnos ¿Y por qué no se continuó con el proyecto?*

*Tesla, casi nunca ponía por escrito sus visiones y sus inventos, siempre conceptualizaba y lo llevaba a la realidad, por lo que hay muy pocos documentos que avalen sus investigaciones, a su muerte los documentos había en existencia fueron recogidos por el gobierno de los EE.UU y solo algunos cuantos fueron rescatados por el gobierno Croata.*

*La conclusión del capítulo lleva a plantear de nuevo la pregunta ¿Es posible obtener energía eléctrica de las descargas atmosféricas? O mejor aun ¿De los rayos? La respuesta sigue aun quedando en la incógnita, nadie jamás lo ha hecho, sin embargo nadie ha demostrado nunca que sea imposible. Por lo que queda la premura de que el proyecto ha sido objeto de investigación, objeción, gastos, inversión, sueño y fantasía de muchos precursores e imposibilidad de otros tantos objetores. Lejos en algún tiempo cuando se planteo por primera vez, imposible en su momento, cerca ahora en el tiempo, y sin forma de saber a qué distancia debido al avance tecnológico, la ENERGIA ELECTRICA PRODUCIDA POR DESCARGAS ATMOSFERICAS sigue siendo, EL SUEÑO y GRAN RETO PARA LA INGENIERIA ANTE LA CRISIS ENERGETICA*



## Capítulo 6 Parámetros de consideración para la utilización de descargas atmosféricas

Bastante se ha comentado ya sobre conceptos acerca de la energía y la manera de obtenerla en forma de electricidad para poder aprovecharla.

Como es lógico, a partir de la investigación de estas manifestaciones, se han presentado dudas y objeciones, partiendo de la pregunta ¿Por qué no hemos podido aprovechar la energía de los rayos?, es necesario retomar las respuestas dadas por los usuarios en el primer capítulo e intentar dar respuesta a las interrogantes que se presentaron. Es posible pasar a continuación a la CONSIDERACION DE PARAMETROS PARA EL APROVECHAMIENTO DE ESTOS FENOMENOS y a base de preguntas se analizaran estos.

### 6.1 ¿Cuánta energía y cuanta potencia tiene un rayo?

Como ya se ha visto en capítulos anteriores y de acuerdo al estudio que se tiene de estos fenómenos, tanto la intensidad de corriente, como el voltaje o potencial es muy variable, por lo que para responder estas preguntas, se utilizan los valores los valores medios que se han utilizado.

Cabe notar también que se habla de energía eléctrica, y en base a los conceptos previamente explicados se pretende deducir cuanta energía es la que contiene un rayo. Retomando, la energía se mide en Joules, esta unidad se utiliza para medir todo el tipo de energía.

Partiendo de este punto, en el siguiente enlace se encuentra un dato interesante: <http://es.scribd.com/doc/2085051/La-energia-del-rayo>. Según este artículo, un rayo puede tener los siguientes parámetros:

Voltaje = 100000000 voltios Es decir la tensión de un solo rayo es 787401.5 veces mayor que el potencial de uso domestico que es de 127 volts.

Corriente = 500000 amperes Es decir  $3.120754815 \times 10^{24}$  electrones por segundo es decir 3.120 septillones de electrones por segundo.

Con estos valores podemos cuantificar primero cuanta potencia tiene un rayo, de acuerdo con la expresión:

$$W = VI \quad (6.1)$$



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

Donde  $W$  es la potencia medida en Watts.

$V$ ; potencial en volts

$I$ ; es la intensidad de corriente medida en amperes

Sustituyendo la expresión

$$W = 1000000 \times 500000 = 500000000000000 \text{ o } 5 \times 10^{11} \text{ Watts o bien } 500,000 \text{ MW}$$

Obtenida la potencia media generada por un rayo, recordemos que  $W = J/\text{segundo}$ , pero como la descarga se efectúa en milésimas de segundo entonces hagamos el cálculo correspondiente:

$$W = VI \text{ y } W = \frac{J}{\text{Seg}}$$

Despejando de la ecuación  $J$ , nos queda la siguiente:

$$J = \frac{5 \times 10^{11} \text{ W}}{0.2 \text{ Seg}} = 2.5 \times 10^{12} \text{ joules o lo que es decir } 2.5 \times 10^9 \text{ KJ de energia}$$

Si nosotros quisiéramos saber cuánto tiempo alimentaríamos un hogar con esa cantidad de energía podemos realizar el siguiente cálculo aproximado:

$$1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ joules, entonces kWh} = 2.5 \times 10^{12} \text{ J} * 2.778 \times 10^{-7} = 694500 \text{ kWh}$$

Aquí en México, el CPD (consumo promedio diario) se estima en 5 kWh por día, que ya se considera excedente. Con el resultado obtenido podemos estimar que una potencia de tal magnitud serviría para alimentar una casa con consumo excedente por 138900 días o lo que es aproximado ¡más de 380 años!

Puede darse cuenta que la energía concentrada que posee un rayo es inmensa, sin embargo bien cabría preguntar, si esos Joules fueran gotas de agua, y cada una de ellas, es decir cada joule fuera un mililitro de agua y ocupara un milímetro cubico de volumen en el espacio, necesitaríamos un contenedor de 13.57 m de longitud x 13.57 m de ancho x 13.57 m de altura, ¿sería posible construir un contenedor de tales dimensiones? y usted podrá decir, es un contenedor bastante pequeño, pero si usted intentara llenar un contenedor de esas dimensiones a razón de una gota de un mililitro por segundo, tardaría 79214.19518 años en llenar ese contenedor. ¡Menuda comparación!

He aquí otra interesante analogía, que resulta un tanto paradójica; Yakov Perelman, un conocido autor de libros de ciencia recreativa, en su libro de Física Recreativa II tiene un apartado que se titula ¿Cuánto cuesta un rayo?



## Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*Perelman dice al respecto: Hagamos este cálculo. Según los datos más modernos el potencial de una descarga atmosférica es igual a 50 millones de voltios. La intensidad máxima de la corriente se calcula en 200 mil amperios (se determina por el grado de imanación que produce en una barra de acero la corriente que pasa por su devanado cuando el rayo cae en el pararrayos).*

*La potencia en vatios se puede hallar multiplicando el número de voltios por el de amperios, pero al hacer esto hay que tener en cuenta que mientras se produce la descarga el potencial baja hasta cero; por lo tanto, al hacer el cálculo de la potencia de la descarga hay que tomar el potencial medio, es decir, la mitad de la tensión inicial.*

*Según esto tenemos:*

*La potencia de la descarga =  $50.000.000 \times 200.000 / 2$ , es decir, 5 000 000 000 000 de vatios ó 5 mil millones de kilovatios. Parece una barbaridad: 5 mil millones de kilovatios. Claro que Perelman lo dice muy claro se trata de la potencia y a nosotros lo que nos interesa es la energía.*

*Por ejemplo, la empresa productora de electricidad nos cobra algo por la potencia disponible (más potencia en el contador, más caro), pero lo que fundamentalmente nos cobra es por la energía consumida. Si consumimos un kilovatio durante una hora, hemos gastado una energía de 1 kilovatio-hora. Y un kilovatio hora, más o menos, nos cuesta 10 cents (centavos de Euro). (Aquí en México, el precio del kilowatt hora esta subsidiado y tiene un precio por escalones, a mayor consumo, mas costo, comenzando con \$0.70 pesos el precio del kilowatt-h).*

*Aquí es posible ver una de las claves. No sólo interesa la potencia, también interesa durante cuánto tiempo se está consumiendo esa potencia. En un rayo nos dice Perelman hay que tener en cuenta el tiempo. La enorme potencia que acabamos de calcular actúa durante cerca de una milésima.*

*Así que: En una hora hay 3 600 segundos y 3 600 000 milésimas de segundo. Por tanto, la energía del rayo medio es de:  $5 \times 10^9 / 36 \times 10^5 = 1400$  kilovatios-hora. Al precio indicado, 10 cent, resulta que un rayo cuesta: 140 Euros. No parece que sea mucho, ¿o sí?*

*Aunque este cálculo parece un tanto razonable, se debe ser más minucioso al momento de evaluar estas situaciones, y como se menciona en un principio, esto es tan solo tomado a partir de un valor promedio ya que las descargas no siempre tienen una estabilidad en cuanto a sus magnitudes.*



## 6.2 ¿Se puede calcular donde y cuando va a caer un rayo?

La respuesta es no. Esto es en términos puntuales, es decir el punto exacto de incidencia.

No se puede calcular exactamente cuándo y en qué momento va a caer un rayo, sin embargo se puede estimar, diversos estudios del fenómeno han dado a luz un parámetro que se llama índice cerámico. El Índice Cerámico (keraunic level) es la cantidad de días tormentosos por año en un determinado punto geográfico.

Por días tormentosos se entienden aquellos días en que se escuchan truenos en el punto considerado. Un día tormentoso se registra como uno sólo, en forma independiente de la cantidad de truenos que se escuchen en ese día. Los días en que se producen relámpagos pero no se escucha truenos, no son registrados como días tormentosos.

Si en el mapa de una región o un país se unen con líneas los puntos con igual Índice Cerámico, se obtiene lo que se denomina un Mapa Isocerámico (Isokeraunic Map).

La densidad de descargas se representa por el índice Ng y establece una medida del **número medio de descargas que inciden en el suelo por año**, estando expresado en descargas/Km<sup>2</sup>/año, el índice se refiere al número de descargas atmosféricas plenas.

Muchos parámetros influyen el valor de este parámetro, sobre todo la distribución de las lluvias en la región, la latitud, y el relieve del sitio. Las regiones montañosas y altas tienden a presentar índices más elevados de densidades de descargas atmosféricas con relación a las regiones bajas adyacentes, lo mismo ocurre con las áreas de alto índice de precipitación pluvial, condición que está muy influenciada por la distribución de las corrientes de aire en el globo terrestre.

Por consiguiente, el índice de densidad varía de una región a otra. En la tabla siguiente se muestran algunos valores de densidad de descargas en algunas regiones del planeta

Sitio	Valor típico de Ng rango desc./Km <sup>2</sup> /año
Alemania	1 – 1.5
Austria	~1.5(1 – 6)
Francia	~1.7 (0.5 – 5)
Italia	~1.5( 1 –5)
Australia	0.2 –4
África del sur	~4.0 (0.5 – 14)
Estados unidos	~2.0(0.1 – 14)
México	1 – 10
Brasil	1 - 12

Imagen 6.1 Índices típicos de la densidad de las descargas en algunas regiones (datos estimados a partir del sistema de detección y localización de descargas).



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

Otra forma de expresar la intensidad de la actividad atmosférica, es por medio de los **mapas ceraúnicos** que representan las zonas geográficas con un número promedio de días con tormenta anual, se han desarrollado algunas relaciones empíricas que relacionan la densidad de rayos a tierra con el nivel ceraúnico como la siguiente que es la más usada.

$$Ng = 0.04 DT^{1.25} \quad (6.2)$$

Donde:

$DT$  = Nivel ceraúnico

$Ng$  = Densidad de rayos a tierra

La información de la densidad de rayos a tierra o del nivel ceraúnico se presenta por lo general en MAPAS del país o la región del país como referencia.

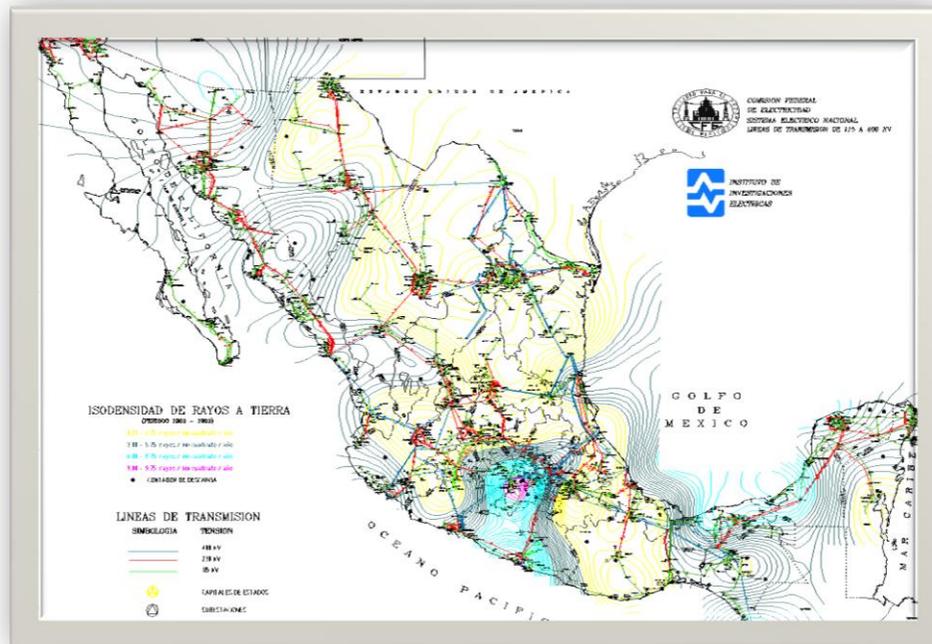


Figura 6.1 Mapa isoceraúnico de México elaborado por la CFE en 1993



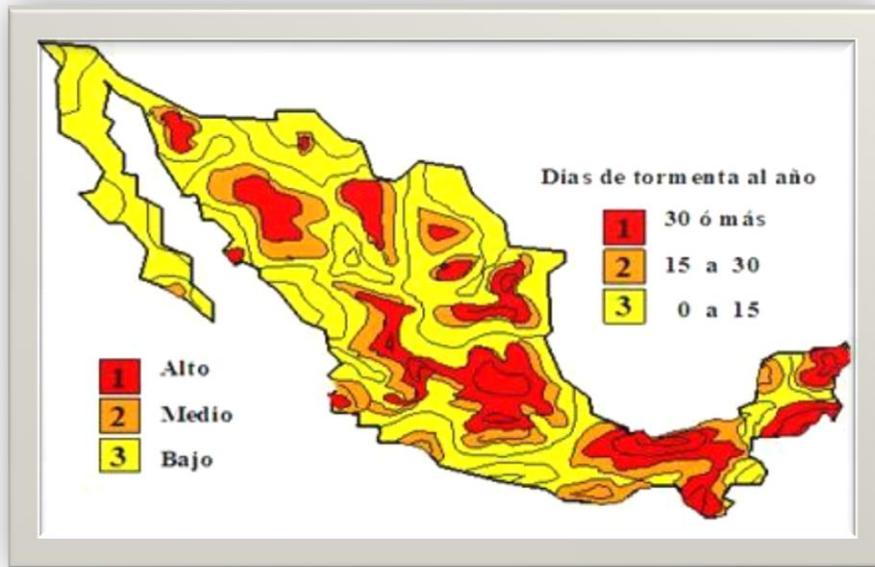


Figura 6.2 Mapa representativo de tormentas al año

Los mapas anteriores son los índices en México, pero así como en México hay países que tienen índices muy altos por sus características geográficas, como ejemplo, tenemos en Venezuela un fenómeno llamado el Relámpago del Catatumbo: singular fenómeno meteorológico que aparece en la cuenca del lago de Maracaibo en Venezuela pero principalmente en la zona sur y central del mencionado lago. Su nombre proviene del río Catatumbo.

Este fenómeno se caracteriza por la aparición de una serie de relámpagos de manera casi continua y silente (especialmente por las grandes distancias), que se produce en nubes de gran desarrollo vertical formando arcos eléctricos entre los 2 y los 10 kilómetros de altura (o más), a medida que los vientos alisios penetran en la superficie del lago en horas de la tarde (cuando la evaporación es mayor) y se ven obligados a ascender por el sistema montañoso de Perijá (de 3.750 msnm) y la Cordillera de Mérida, el ramal venezolano de los Andes (de hasta 5.000 msnm, aproximadamente).

El origen de este fenómeno está en el efecto orográfico de estas cordilleras que encierran y frenan a los vientos del noreste produciéndose nubes de gran desarrollo vertical, concentradas principalmente en la cuenca del río Catatumbo. Este fenómeno es muy fácil de ver desde cientos de kilómetros de distancia, es decir, desde el propio lago (donde no suelen presentarse nubes durante la noche) por lo que también se conoce como el Faro de Maracaibo, ya que las embarcaciones que surcaban la zona podían navegar durante la noche sin problemas en la época de la navegación a vela. Tiene una ocurrencia anual de hasta 260

Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*noches, durando hasta 10 horas por noche y pueden evidenciarse producir en ciertos momentos una tasa de hasta 60 descargas por minuto.*

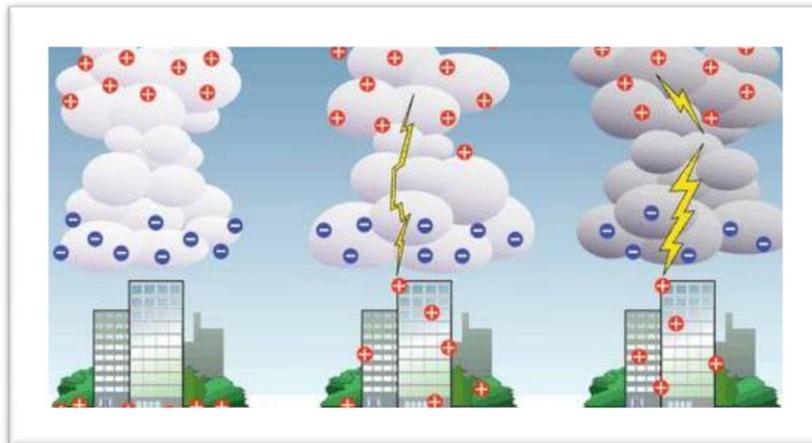
*Si bien es cierto que en las tormentas eléctricas se genera una elevada cantidad de ozono y de que este fenómeno zuliano registra la mayor densidad de descargas eléctricas en todo el mundo con 181 descargas/km<sup>2</sup>/año, no está claro el comportamiento posterior de este ozono (tanto su traslado a capas superiores de la atmósfera como su disociación) por lo que no se puede reclamar que sea el mayor regenerador de la capa de ozono planetaria sobre todo si tomamos en cuenta que existen otras zonas con mayor número de descargas (aunque no con la densidad antes mencionada).*

*Este punto se toma en cuenta para un capítulo posterior en donde, se mencionan algunas de las alternativas que podrían presentarse para el aprovechamiento de las descargas atmosféricas.*

### **6.3 ¿Son una corriente continua o alterna?**

*Mucho se ha estudiado también al respecto, sin embargo analizando ciertas diferencias entre las características de ambos tipos de corriente es posible concluir a que tipo pertenece esta:*

*En la corriente que hay en una batería, esta siempre tiene un flujo de electrones del polo negativo al polo positivo, y en el proceso de una descarga podemos observar en la siguiente imagen como es el proceso:*



*Imagen 6.3 Representación de la teoría de la descarga y formación de un canal líder*

*Es un fenómeno físico que asemeja a la corriente continua. La corriente continua, de una pila produce el flujo continuo de electrones a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial, como lo hace una nube, que está cargada positivamente y el suelo está cargado negativamente, lo que produce la diferencia de potencial y el flujo constante de electrones.*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*Así que es posible concluir que son de corriente continua, sin embargo la meteorología pone ciertas trabas a este respecto ya que al no pasar por puntos de control electromagnético la meteorología no los reconoce como c.c.*

*¿Pero por que es importante saber si son de corriente continua o de corriente alterna?*

*Sencillo, porque la corriente alterna no se puede almacenar, esa es la razón por la cual hoy en día se utilizan circuitos rectificadores, como en los automóviles que necesitan de estos dispositivos para convertir la C.A en C.D, o la razón de por qué en la electrónica se usan los condensadores para almacenar la energía.*

#### **6.4 ¿Por qué no se ha podido acumular?**

*Los dispositivos utilizados actualmente para la acumulación de energía eléctrica son precisamente los acumuladores o baterías como comúnmente se les conoce. En la electrónica los dispositivos utilizados para hacer esto son los capacitores.*

*Puede definirse a partir de la siguiente ecuación diferencial:*

$$i(t) = C \frac{du(t)}{dt} \quad (6.3)$$

*Donde C es la capacidad, u (t) es la función diferencia de potencial aplicada a sus terminales e i (t) la corriente resultante que circula.*

*Como se puede ver, en esta ecuación, existen las tres variables que se han estado mencionando desde un principio, que son, Voltaje o diferencia de potencial, la intensidad de corriente, la capacidad que tiene un condensador, pero además el factor nuevo que aquí aparece es el TIEMPO, y como puede verse tanto la intensidad de corriente como la diferencia de potencial son una función de (t).*

*¿Cuánto tiempo dura una descarga? Según los datos estimados y mencionados ya, el tiempo de duración de una descarga en promedio es de 200 milisegundos. Para darnos la idea de cuán difícil es la misión, supongamos que una maquina nos lanza cientos de miles de millones de pelotitas y que solo tenemos la diezmilésima parte de un segundo para atraparlas, más aun, cabria también preguntarnos cuál será el recipiente que pudiera contener esa cantidad de pelotitas.*



*Por ahora, uno de los factores que más se ha encontrado y mas reto ha proporcionado es el tiempo que dura la descarga. Sin embargo, es bueno pensar si hay materiales que puedan utilizarse en dicho proceso, ya que también se recuerda que otro de los factores implicado al momento de las descarga es la TEMPERATURA, que alcanza los 5000°C y que es casi la temperatura de la superficie del sol.*

*Este punto intentara responderse en la siguiente cuestión*

### **6.5 El problema con los materiales**

*Al abordar esta cuestión, se enfrentan algunas variantes, la conductividad eléctrica y la resistencia térmica de los materiales y sobre todo a su capacidad de retener una carga o mejor dicho la capacitancia que pudiese presentar un dado material.*

*La temperatura promedio de un rayo es de los 5000°C, que es casi el equivalente a la temperatura de la superficie del sol. ¿Cuál es la temperatura más alta registrada en un proceso o en un laboratorio y que material es el que la ha resistido? ¿Es posible alcanzar esa temperatura y que haya material que la resista?*

*El voltaje producido durante una descarga es alrededor del millón de voltios y su intensidad de corriente cerca de los 500000 amperes, tomados como valor medio, ya que la variabilidad en sus valores es muy fluctuante. ¿Cuál es el mejor material, el de mayor conductividad eléctrica?*

*El gran problema de la energía eléctrica y uno de los mayores retos para obtenerla de una descarga es como poder acumularla y sobre todo la duración de la descarga es de unas mili fracciones de segundo ¿Que material es el mejor acumulador? ¿Qué material es capaz de condensar una cantidad de energía en tan poco tiempo?*

*En base a estas cuestiones que de primera instancia son las más relevantes se menciona a continuación algunos datos interesantes.*

### **6.6 Problemas con temperatura**

*Hablando de temperatura: ¿cuál es el material que más temperatura soporta?*

*Por ejemplo esta el wolframio, un metal supremamente resistente a los cambios químicos. No hay otro metal que se conozca que requiera una temperatura mayor para pasar de estado sólido a líquido (punto de fusión: 3.410 °C), y ningún material en el mundo necesita una temperatura más alta para hervir (punto de ebullición: 5.930 °C).*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*Por estas características se usa para la fabricación de filamentos de potentes lámparas o para equipos de soldadura. También se utiliza para blindar vehículos pesados de guerra y misiles, y más recientemente en joyería.*

*Sin embargo hablando de conductividad eléctrica, este material solo posee un 28% de capacidad para conducir energía eléctrica de lo que posee la plata que es de  $63 \times 10^6$  S/m, entonces la capacidad de conducción del wolframio es de  $17.64 \times 10^6$  S/m, por lo que este material, en el caso de que fuera conductor, soportaría las altas temperaturas de una descarga, sin embargo no conduciría la energía de manera eficiente.*

*Para poder conducir la corriente eléctrica, es indispensable el uso de un metal, sin embargo los metales comunes presentan muchas deficiencias, ya que si soportan la temperatura de una descarga, es difícil que su conductividad sea la más eficiente.*

*Otra pregunta que bien cabe tomar en cuenta es si acaso es posible alcanzar esa temperatura de manera artificial. Parece ser que sí, el siguiente reportaje extraído de la revista "MUY INTERESANTE" nos da una idea de las temperaturas alcanzadas aquí en la tierra de manera artificial.*

***250.000 veces más caliente que el centro del sol: hallan la temperatura más alta jamás alcanzada desde el big bang.***

*Científicos del Laboratorio Nacional de Energía de Brookhaven en Nueva York han recreado la temperatura más caliente jamás alcanzada desde el Big Bang, 250.000 veces más caliente que la registrada en el centro del Sol y cercana a los cuatro trillones de grados Celsius.*

*Para hallarla, los expertos han empleado el acelerador de partículas súper potente Relativistic Heavy Ion Collider o RHIC, un 'hermano' del europeo 'LHC' o Gran Colisionador de Hadrones. "El RHIC fue diseñado para crear materia en las temperaturas presentes en las primeras etapas de formación del Universo", apuntaron.*

*Así, en él han chocado iones de oro de forma que se han recreado explosiones ultra calientes de tan sólo milisegundos, lo que supondría un paso más en la investigación científica para poder entender cómo se formó el Universo.*

*"Esta temperatura es lo suficientemente caliente como para fundir protones y neutrones", afirmó el investigador del centro, Steven Vigdor en una conferencia impartida en la Sociedad Americana de Física, en Washington, a la vez que explicó que estas partículas crean átomos, pero que estos a su vez están compuestos por componentes todavía más pequeños llamados 'gluones' y 'quarks'.*



*En concreto, los científicos buscan pequeñas irregularidades que podrían explicar por qué la materia se formó en sus primeros estadios. Igualmente, esperan encontrar más aplicaciones prácticas, como los 'spintronics', que tienen el objetivo de hacer más pequeños, más rápidos y más poderosos los dispositivos informáticos.*

*Los investigadores sospechan que algo sucedió en los momentos previos al Big Bang donde supuestamente se concentraron temperaturas muy altas y actualmente impensables. De hecho, los expertos concluyeron en esta conferencia que el LHC logrará alcanzar este año temperaturas todavía más calientes y más tempranas que las alcanzadas por el RHIC, que podrían recrear la primera fase de creación del Universo.*

*De esto se deduce, que si bien la temperatura siempre ha sido un problema, aunque es difícil, es posible controlarla. Como lo dice la nota, es posible alcanzarla, lo que da una muestra de que la temperatura alcanzada por un rayo puede ser controlada de alguna manera. La forma en que se controla tal temperatura en este tipo de colisionadores se alcanza por confinamiento magnético, y tan solo es alcanzado en una milifraccciones de segundo, lo mismo que dura una descarga. Así que dejemos una pregunta en pie, se han logrado contener temperaturas muy elevadas ¿Cómo podría ser aplicable esto a la idea de poder extraer la energía de un rayo?*

### **6.7 ¿Por qué no ayudan los pararrayos?**

*¿Un pararrayos es siempre y totalmente efectivo?*

*No. A continuación se explican las razones. Esta pregunta fue formulada por el investigador Irvins Shariff Mejia Alam, cuando se le pidió solicitud de apoyo para este trabajo, la respuesta que dio fue la siguiente:*

*“... ¿Por qué si hay estructuras metálicas elevadas los rayos caen en tierra? (en la galería de mi pagina, imagen XVI columna izquierda) ¿Por qué no siempre funcionan los pararrayos? ya que se han dado impactos en las paredes o el suelo del mismo edificio protegido ¿Por qué el mayor ángulo del vértice de cobertura de un pararrayos es de 60°? ¿Por qué no se ha logrado el pararrayos de 180°? ¿Qué cuerpo conductor solido cargado eléctricamente puede descargar mediante chispa externa sobre sí mismo? y ¿Porqué?*

*Bueno, creo que ya te puse en un predicamento, pero creo que para empezar eso es suficiente, por lo tanto, me despido de ti esperando tu respuesta y quedando como tu atento y seguro servidor”*

*Atentamente: Irvins Shariff Mejía Alam*



*De estas cuestiones, se deduce que un pararrayos no es siempre efectivo, y que la investigación acerca de estos mecanismos aun sigue en proceso, se han diseñado estos mecanismos todos con características diferentes y con propiedades diferentes, tales como su área de protección y el material con el que se fabrican. Pero ¿Por qué es importante saber si un pararrayos es siempre efectivo? Bueno, por que como lo explica aquí nuestro investigador, un rayo no siempre caerá en un pararrayos. Pero ¿si en vez de esperar a que un rayo caiga por si solo en un pararrayos, se tuviera la posibilidad de obligarlo a caer en el, es decir de poder dirigirlo? Bueno, pues esta pequeña aseveración se comenta a continuación.*

### **6.8 ¿Es necesaria una tormenta eléctrica?**

*No. Se ha hecho una investigación y se ha demostrado que teniendo condiciones atmosféricas favorables, se pueden provocar las descargas. ¿Pero cómo? Eso es precisamente lo que el Lightning Research Laboratory de la Universidad De Florida ha logrado. Efectivamente, ahora las descargas se pueden generar y también se puede dirigir. Como se muestra a continuación; alumnos e investigadores el laboratorio de relámpagos de la Universidad de Florida, trabajan día y noche durante el verano para poder capturar una descarga de las que ocurren durante esta temporada, atando un cable delgado a un conjunto de cohetes en forma de fusible, que al ser disparados generan un canal de plasma logrando así atraer una descarga al lanzador que se encuentra en tierra. El director del laboratorio Vladimir Rakov menciona que tienen suerte si en una buena temporada consiguen unas 40 descargas. Gracias a esos intentos, hace 5 años los estudiantes lograron un descubrimiento considerado como los mejores de la década, y es que los relámpagos emiten rayos X. Este párrafo es solo para responder a esta cuestión y encontramos que no son necesarias las tormentas, sin embargo, las condiciones meteorológicas si son indispensables, pues es en ellas donde se lleva a cabo la concentración de cargas. En un capítulo posterior comentaremos mas del tema.*





Figura 6. Demostración de atracción de una descarga hacia tierra

### 6.9 Problemas de conductividad eléctrica

Ahora es necesario hablar del material que mejor conductividad eléctrica tiene, y que es precisamente la plata cuya conductividad eléctrica es de  $63 \times 10^6$  S/m, sin embargo su conductividad térmica es 429 W/(K.m). De esto se puede demostrar que los materiales o bien pueden tener una alta conductividad eléctrica, pero eso afecta su conductividad térmica ya que la disminuye, o bien a la inversa, a mayor conductividad térmica menor conductividad eléctrica. Dicho en otras palabras, los materiales con mayor conductividad eléctrica no son capaces de disipar la cantidad de calor generada por una descarga debido a la temperatura, y los materiales con mayor capacidad de disipación de calor no son muy buenos conductores eléctricos.

¿Cómo se puede entender más fácilmente la conductividad eléctrica? Pues está definida como la capacidad que tiene un cuerpo o conductor de permitir la libre circulación de electrones a través de él. Esta varía con la temperatura. El patrón que utilizó la Comisión Electrotécnica Internacional es: 1 hilo de cobre de 1 metro de longitud y 1 gramo de masa que da una resistencia de  $0.15388 \Omega$  a una temperatura de  $20^\circ\text{C}$  se le asignó un 100%. A toda aleación que contenga cobre y que tenga un porcentaje mayor de 100% se le asigna el título de alta conductividad HC (High Conductivity).

### **6.10 Problemas con la acumulación**

*En la actualidad se utilizan los condensadores en muchos dispositivos eléctricos y electrónicos, eso representa un bonus en el uso de dispositivos portátiles que son indispensables para la vida de hoy en día, tales como las baterías de los teléfonos, dispositivos de entretenimientos, computadoras portátiles, acumuladores de automóvil, etc.*

*El material más utilizado en la fabricación de condensadores es el silicio que presenta una Conductividad eléctrica  $4.35 \cdot 10^{-4}$  S/m y una conductividad térmica de 148 W/ (K·m), sin embargo los condensadores de silicio necesitan un tiempo determinado para poder acumular a energía que les proporcione una fuente, y un problema de las descargas es precisamente el tiempo tan ínfimo que tienen de duración.*

*Esto solo es para obtener una idea, sin embargo la ciencia de los materiales ha avanzado y tiene preparada una gran sorpresa. Así que rápidamente se menciona un material que desde su descubrimiento en el año 2004 ha sido la sensación y ha causado furor por las propiedades tan prometedoras que presenta: EL GRAFENO*

### **6.11 Nuevos materiales**

*En la búsqueda por el mejoramiento de las comunicaciones, la conducción de energía, y los avances armamentistas, la carrera por encontrar, crear y mejorar los materiales ya existentes, se han ido sacando a la luz nuevos materiales con diferentes aplicaciones, sin entrometerse en este tema en los siguientes subtítulos se mencionará uno en especial que desde su aparición ha creado revuelo y que como conductor y acumulador eléctrico es un descubrimiento bastante prometedor.*

#### **6.11.1 El grafeno y sus propiedades**

*Grafeno, el material de ciencia ficción es uno de los materiales más finos, flexibles, fuertes y con mayor conductividad que existen, está llamado a revolucionar el futuro, desde importantes cambios en la industria de la telefonía móvil, las telecomunicaciones o la fabricación de chips hasta la forma de elaborar fármacos contra el cáncer.*



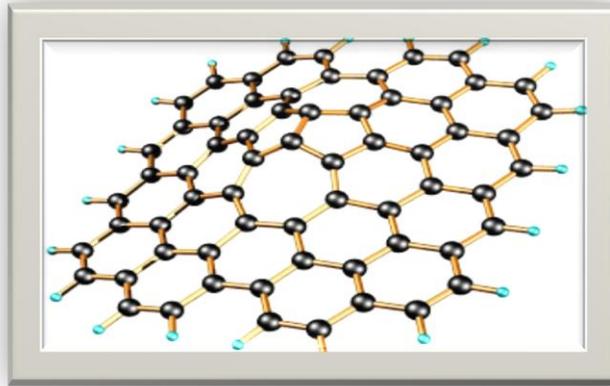


Figura 6.4 Estructura de grafeno

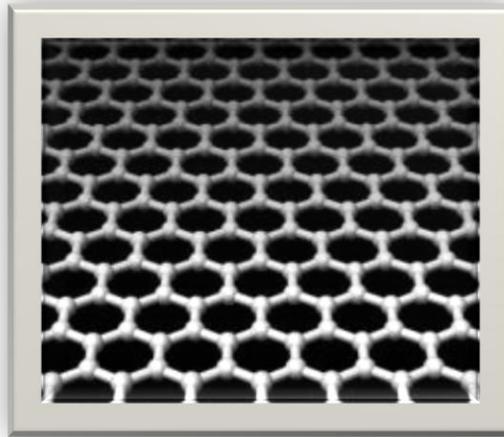
En 2004, el físico Andre Geim, de la Universidad de Manchester, buscaba una nueva línea de investigación para un estudiante de doctorado que acababa de llegar. No siempre es fácil tener a mano un tema nuevo. Konstantin Kostya Novoselov, que así se llamaba el recién llegado, iba a aparecer en su despacho en cualquier momento y no sabía qué ofrecerle. Entonces tuvo una idea. Otro de sus estudiantes estaba investigando el grafito. Para el estudio de este material, es necesario que su superficie esté lo más pulida y limpia posible.

Para ello, en estos laboratorios de alta tecnología se usa un método bastante rudimentario. Simplemente se pega un trozo de cinta adhesiva sobre la muestra y se tira con garbo. De esta forma se arrancan las capas más superficiales, que suelen estar dañadas y contaminadas, y se analiza el grafito restante. Las cintas de celo usadas para el pulido se tiran sin más. Sin embargo, en un giro genial, a Andre se le ocurrió mirar en esa otra dirección, la de los restos pegados al celo, y proponerle a Kostya el estudio de las capas de grafito que normalmente se desechan. Lo que ninguno de los dos se imaginaba es que, entre los cientos de laminillas pegadas a la cinta, algunas serían monocapas cristalinas de grafito, o sea, grafeno, cuyas propiedades revolucionarían la física de los materiales.

Las propiedades del grafeno obtenido son: alta conductividad, una superficie ultra suave y química y térmicamente estable.

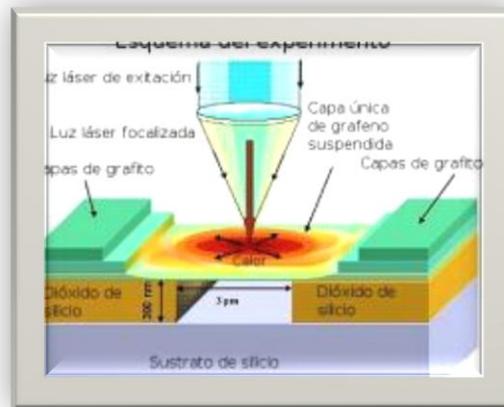
### 6.11.2 El grafeno continúa sorprendiendo: propiedades térmicas

Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos (CONICET-UNLP-CIC) ¿Hay algo que el grafeno -láminas de carbono de solo un átomo de espesor- no pueda hacer? Desde que este material fuera descubierto en 2004, ha mostrado ser un conductor eléctrico extremadamente bueno; un semiconductor que puede ser utilizado para crear transistores; un material muy resistente que puede utilizarse para hacer membranas ultra delgadas. Ahora, investigadores en Estados Unidos han confirmado que el grafeno puede ser también un muy buen conductor del calor.



**Figura 6.5 Grafeno:** Lámina de carbono de un átomo de espesor.

El equipo, que tuvo que inventar una nueva manera de medir la conductividad térmica para poder estudiar el material, está ahora investigando cómo pueden utilizarse las propiedades térmicas del grafeno para enfriar chips de silicio ultra rápidos. Los físicos sospechaban que el grafeno puede conducir muy bien el calor debido a que nanotubos de carbono, conformados por grafeno enrollado en tubos muy delgados, son muy buenos conductores térmicos. Sin embargo, el grafeno puede ser muy difícil de trabajar, y los investigadores han pugnado por determinar sus propiedades térmicas utilizando las técnicas tradicionales que involucran adherirle calentadores y otros dispositivos al material. Alexander Balandin y colegas de la Universidad de California-Riverside han diseñado una nueva técnica de medición que usa un láser para calentar el grafeno y medir su temperatura. El equipo suspendió láminas de grafeno sobre zanjas de micrómetros de ancho excavadas en una superficie de óxido de silicio. Las láminas tenían varios micrómetros de longitud y fueron fijadas en ambos extremos por capas de grafito, que actuaron como sumideros de calor.



**Figura 6.6** Muestra de experimento de conductividad térmica del grafeno

Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*Esquema del experimento: Diagrama de la técnica utilizada para medir la conductividad térmica.*

*El centro de la lámina es entonces expuesta al haz de luz láser, que calienta el grafeno y cambia las frecuencias a las cuales vibran los átomos de carbono. Parte de la luz láser cambia su frecuencia debido a que sufre una dispersión Ramán, y la magnitud del cambio en la frecuencia es proporcional a la temperatura de la región iluminada.*

### Cambio en la frecuencia

*Midiendo el cambio en la frecuencia -y por lo tanto la temperatura del grafeno- como función de la potencia del láser, los investigadores pudieron calcular la conductividad térmica del grafeno, cuyo valor resultó ser de  $5300 \text{ W}/(\text{m}|\text{°K})$  a temperatura ambiente. Este es el valor más alto conocido para un sólido: 50% más alto que el de los nanotubos de carbono y más de 10 veces mayor que el de los metales como cobre y aluminio.*

*Balandin dijo a physicsworld.com que el equipo se sorprendió de encontrar que el grafeno es mucho mejor conductor del calor que los nanotubos de carbono, aún cuando algún trabajo teórico había sugerido que esto era posible.*

*La gran conductividad térmica del grafeno es probablemente resultado de la relativa facilidad que tienen los átomos de carbono para moverse en el grafeno, comparada con otros materiales. Balandin y sus colegas están ahora trabajando en una teoría que explique por qué esto es así.*

*Balandin cree que la alta conductividad térmica del grafeno, su forma plana y su capacidad para integrarse con el silicio podrían jugar un papel importante en la disipación de calor de dispositivos electrónicos. El equipo está trabajando actualmente en el diseño de transistores ultra rápidos enfriados por grafeno.*

*Como podemos asimilar, en este hilo de investigación no es necesario evaluar las propiedades de los materiales, también el área química contribuye al incremento de la información. Sin embargo, ahora ya sabemos que contamos con materiales que tienen capacidades que a nosotros nos podrían interesar si lo que buscamos es precisamente encontrar una solución a los impedimentos que tenemos por parte de la tecnología de materiales.*

### **6.11.3 Grafeno: Propiedades eléctricas**

*Siendo el grafeno una forma alotrópica del carbono (el carbono por ser un elemento no metálico, es mal conductor de la electricidad) presenta, sin embargo, propiedades que corresponden a los metales, si se eliminan las impurezas que generan dispersión, se*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*convierte es un excelente conductor; el grafeno es metálico, pudiéndose inducir electrones, teniendo movilidades electrónicas extraordinariamente altas en comparación con los conductores convencionales. Además independientemente de la temperatura, la movilidad electrónica se mantiene. Se ha alcanzado una movilidad de electrones de  $10^8$  electrones por  $\text{cm}^2$ .*

#### **6.11.4 Grafeno: Propiedades capacitivas**

*En este punto tendremos que hacer una pausa, en cuanto a las propiedades capacitivas del grafeno aun no hay mucha información al respecto, exponemos por tal motivo la opinión encontrada en un blog de ingeniería que se halla en la red.*

*Los capacitores son pequeños dispositivos que reemplazarán a las baterías tradicionales y su gran ventaja es que el tiempo que requieren para cargarse es muy breve comparado con las baterías actuales. Para darnos una idea de lo que los capacitores implican la empresa de periféricos para computadora Genius ha diseñado y construido un mouse inalámbrico que con solo tres minutos de carga puede funcionar toda una semana, ¿nada mal verdad?*

*Sin embargo, el problema de estos capacitores es que solamente pueden alimentar dispositivos pequeños por lo que no constituyen una opción probable para ser utilizada en dispositivos mayores, tales como cámaras fotográficas y computadoras portátiles. Sin embargo, una nueva investigación podría convertirlos en la solución ideal que todos hemos estado esperando.*

*Investigadores de la Universidad de California (Estados Unidos) se encuentran trabajando con supercapacitores de grafeno, los cuales podrían almacenar prácticamente la misma energía que una batería actual. El grafeno es un material que tiene unas excelentes propiedades electroquímicas, razón por lo cual es el material indicado para ser usado en los capacitores.*

*De momento no es factible hablar del grafeno a grandes escalas puesto que no es viable su fabricación masiva, existen algunos datos teoricos pero nada factible, actualmente varias empresas trabajan en la producción de grafeno de manera masiva, por lo solo es cuestión de tiempo para que la información requerida empiece a surgir.*



## Capítulo 7

### Líneas de investigación al respecto

---

*Se ha comentado ya hasta este momento, algunos aspectos y datos interesantes acerca de estos fenómenos, se han visto sus características y particularidades, también se ha comentado que han sido objeto de estudio y de mitos a lo largo de los años, pero también se nota que su estudio es importante ya que tienen efecto sobre el ambiente, sobre los bienes e incluso sobre la vida del ser humano.*

*Sin embargo resta pensar si acaso se le ha tomado en cuenta el estudio de estos fenómenos con el propósito principal que se plantea esta tesis.*

*¿Se ha investigado al respecto sobre como extraer la energía que estos contienen o por lo menos aprovecharlos eléctricamente?*

*Si bien, el objetivo que se plantea en esta tesis no se ha logrado directamente, sí ha habido líneas de investigación al respecto.*

*Es por eso, que en este capítulo se han concentrado proyectos que tienen alguna relación con el objetivo perseguido. Se da paso pues a mencionar de manera rápida los proyectos que para esta tesis parece relevante y que son dignos de mencionar.*

#### 7.1 “Proyecto Franklin”

*El día 09 de Marzo del año 2010 se envió un correo al Maestro Fernando García, especialista en física de nubes, del centro de ciencias atmosféricas de la Universidad Nacional Autónoma de México. En el solicitaba su apoyo para la elaboración de esta tesis. En la respuesta obtenida el hacía mención a dos proyectos y la opinión de un renombrado investigador al respecto. Dando seguimiento a este correo nos dirigimos a la dirección electrónica mencionada: <http://proyectofranklin.com/default.aspx>. Actualmente el enlace se encuentra deshabilitado, pero en él se hacía mención acerca de la posibilidad de obtener energía directa de los rayos.*

*Se rastrea el proyecto y se obtiene lo siguiente en la página:*

*<http://www.tupatrocinio.com/patrocinio.cfm/proyecto/22240010111255565467574866694570.html>*



### 7.1.1 Descripción del proyecto

*“Este proyecto está enfocado a obtener energía eléctrica de forma directa de las descargas atmosféricas; rayos, mediante un sistema colector que almacenará esta energía en un contenedor transportable; este contenedor podrá liberar la energía almacenada de forma gradual según las necesidades del usuario. La capacidad de almacenamiento que se pretende obtener por cada contenedor es del orden promedio de 1 giga watt, que es el promedio de energía liberada por un solo rayo y es equivalente a la energía que produce un generador de una central nucleoelectrónica, solo que de forma completamente limpia y sin mayores riesgos, solo que en este caso en una sola tormenta eléctrica típica de la sierra oriental mexicana, la densidad de descargas atmosféricas supera los 10 rayos por minuto con una duración de más de 3 horas, dando una posibilidad de captura extremadamente alta, pudiendo generarse en solo 5 años el equivalente a la energía utilizada en todo México en los últimos 50 años.*



*Este proyecto de investigación se inicia modestamente con fondos propios aportados por el investigador desde hace más de 10 años, lográndose muchos descubrimientos importantes, entre los cuales se pueden citar : El porqué fallan los pararrayos, o la importancia del almacenamiento de carga eléctrica en los árboles como factor determinante de las descargas atmosféricas, los principios del pararrayos perfecto, nuevas teorías de electrogenesis y el confinamiento de cargas eléctricas intranube, entre otros, algunos de estos descubrimientos fueron expuestos en el*

*XVII congreso nacional de meteorología de 2008 en la ciudad de Monterrey N.L. Mex.*

*“Se han diseñado y construido múltiples prototipos de monitoreo y pruebas mediante improvisación y reciclaje. El problema que tenemos en la actualidad, es que los prototipos necesarios para iniciar la fase de captura de los rayos, así como los requerimientos técnicos son muy costosos en relación a mi sueldo y los aportes económicos de mi madre; porque ya requieren para su elaboración, equipos de precisión y materiales de alta calidad.” Comenta el investigador.*

*Ante la duda de que si realmente este proyecto es real, era necesario comprobar su credibilidad, razón por la cual se logra establecer contacto con el anunciante y se muestra a continuación una sucesión de correos intercambiados entre ambas partes.*

### 7.1.2 Intercambio de información

Primer correo:

Date:

Tue, 30 Mar 2010 16:33:29 -0700

From:

aguinamj@yahoo.com.mx

Subject: Solicitud de apoyo para elaboración de tesis (me interesa tu proyecto)

To: simbabuku1090@hotmail.com

Saludos Shariff:

Permíteme presentarme.

Tu servidor; Juan Reyes Aguilar Montaña, estoy actualmente cursando la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, en la UNAM. El motivo de este correo es como lo dice el encabezado; buscar o bien dicho solicitar tu apoyo para poder elaborar mi tesis, para obtener mi titulación.

Me interesa mucho tu proyecto, hace tiempo que tengo una interrogante, que por un momento pensé que era un poco absurda, pero bueno, decidí plantearlo como tema de tesis, y parece que no estaba tan extremo. ¿Por qué no hemos podido utilizar la energía de los rayos? Como tú sabes, este tema ha causado muchas interrogantes, y es un reto para la ciencia y la tecnología, la ingeniería, las ciencias atmosféricas, y ramas afines...

¿Te imaginas lo que sería posible hacer con tan tremendo potencial contenido en una descarga tan poderosa; si lográramos capturarlo?

Me dirijo a ti, por que como puedo ver en tu pagina, eres un perseguidor de cosas no tan comunes para la ciencia y la física, y pues tu curriculum vitae es bastante completo, confío en que realmente estoy dirigiéndome a alguien que ya ha recorrido más que yo. Sin embargo, como en todo proyecto, siempre hay personas que ponen objeciones y trabas para las nuevas ideas. Y es de esperarse y también de agradecerse, pues de lo contrario como se podría demostrar la validez de una idea.

Quiero pedirte, muy respetuosamente que me apoyes en algunas cuestiones acerca de esto, ya sea con tu punto de vista, tu opinión, ¿y por que no? hasta compartas un poquito de tu investigación conmigo, aclaro, no intento robarme tu información ni hacerme de créditos con información que otros han luchado por alcanzar, solo pretendo auxiliarme en la elaboración de mi trabajo para mi examen profesional y poder hacerlo, con unas bases bastantes solidas. Razón por la cual, ruego puedas auxiliarme.

¿Se Podrá? de antemano agradezco la atención que puedas prestar al correo, pues con esto estaré bastante agradecido, mas sin embargo si pudieses dar respuesta a este, sería mucho mejor.

Aunque no nos conocemos, te envío un cordial saludo, y quedo atentamente de ti.

Saludos



Juan

Respuesta:

**De:**

IRVINS SHARIFF MEJIA ALAM  
<simbabuku1090@hotmail.com>

**Para:**

aguinamj@yahoo.com.mx

**Enviado:** martes, 6 de abril, 2010 14:25:09

**Asunto:** RE: Solicitud de apoyo para elaboración de tesis (me interesa tu proyecto)

Hola Juan: (perdona que te tutee pero es así como me gusta hablar, odio las caravanas sociales)

Bueno, antes que nada permíteme agradecerte el haber visitado mi espacio así como el que estés tan interesado en mi investigación y disculparme por el retraso en la respuesta pero como ya tuvimos las primeras tormentas eléctricas del año así que andaba fuera de línea.

Ahora, dando respuesta a tu pregunta ¿Por qué no hemos podido utilizar la energía de los rayos?, es fácil imaginar miles de causas o motivos para estos fracasos, por ejemplo: la energía liberada sobrepasa los límites de los equipos que hemos desarrollado hasta ahora, la descarga dura solo unas fracciones de segundo, y la mayor de estas causas es que: ¡NO CREEN QUE SEA POSIBLE!, el motivo es simple, se ha intentado, construyendo mega capacitores, bobinas toroidales inmersas en helio o nitrógeno líquidos, etc., pero como ya sabrás todas estas investigaciones han resultado en fracaso, y pues... el ser humano es tan... crédulo que con el pensar que si las superpotencias mundiales no lo han logrado hasta ahora, ¿Por qué intentarlo? si es imposible.

Pero bueno, me da gusto que te interesen las descargas atmosféricas a grado de querer enfocar tu tesis a este tema, me gustaría ayudarte, pero para poder demostrar los postulados, se necesita construir y probar una multitud de prototipos (sensores, distribuidores de carga etc. etc.), y para esto es necesario financiamiento que no he conseguido aun, todos los recorridos y demás investigaciones las he pagado con los donativos que mi madre me ha hecho, pero el capital se agota muy rápido, imagina que tan solo en los últimos 3 años he invertido más de medio millón en recorridos, equipo, y sobre todo en viáticos y combustible, ahora imagina lo que se ha derrochado en los 18 años que tengo investigando los rayos.... Pero si tú pudieras conseguir apoyo de la UNAM para realizar esta investigación, con gusto la compartiría contigo. En caso de que estés interesado en promover esta investigación, te doy algunas armas (preguntas) para que abordes a tus opositores. Estoy seguro que no sabrán que responderte y/o inventaran alguna respuesta que en apariencia es lógica, pero no es una respuesta.

¿Por qué si hay estructuras metálicas elevadas los rayos caen en tierra? (en la galería de mi pagina, imagen XVI columna izquierda) ¿Por qué no siempre funcionan los pararrayos? ya que se han dado impactos en las paredes o el suelo del mismo edificio protegido.



*¿Por qué el mayor ángulo del vértice de cobertura de un pararrayos es de 60°? ¿Por qué no se ha logrado el pararrayos de 180°? ¿Qué cuerpo conductor sólido cargado eléctricamente puede descargar mediante chispa externa sobre sí mismo? Y ¿Por qué? Bueno, creo que ya te puse en un predicamento, pero creo que para empezar eso es suficiente, por lo tanto, me despido de ti esperando tu respuesta y quedando como tu atento y seguro servidor.*

*Atentamente: irvins shariff mejía alam*

**Co-respuesta:**

*Re: Solicitud de apoyo para elaboración de tesis (me interesa tu proyecto)*

*DE:*

*J.REYES RAM*

*PARA:*

*IRVINS SHARIFF MEJIA ALAM*

*Viernes, 10 de diciembre, 2010 22:00:16*

*Que tal Irvin:*

*Ha pasado un buen de tiempo desde que te solicite alguna ayuda para mi tesis, no lo he olvidado, es solo que deje de lado un poco mi proyecto de tesis, ¿qué ha pasado? la última vez que tuve contacto contigo fue precisamente cuando recibí tu correo de respuesta, el 6 de abril, para el día 14, yo empecé mis prácticas profesionales en la CFE, y acabo de concluir estas el 20 de octubre de este año, razón por la cual, nuevamente retomo mi proyecto.*

*Déjame comentarte, que durante mi estancia en la CFE, estuve investigando si es que dentro del IEE (Instituto de investigaciones eléctricas) hay algún proyecto parecido, y la verdad es que ni siquiera ellos están llevando una línea de investigación.*

*Algunas personas me han tomado de loco, parece ilógico estar persiguiendo un sueño. Sin embargo, yo me he dado a la tarea de investigar algo, pues algunos han tomado de ilógica mi tesis. Así que te envío la siguiente información, espero que te pueda ser útil, o por lo menos de tu interés.*

*Por favor, espero que me puedas responder este correo, me gustaría contar nuevamente con tu orientación, por cierto, he tratado de visitar nuevamente tu pagina, pero esta no aparece, ¿Qué ha pasado con ella? ojala pudieras ponerla de nuevo en línea.*

*Espero que las nuevas investigaciones que estás llevando a cabo, estén progresando, y que seguramente me puedas decir que has tenido grandes adelantos. Eso estaría más que bien.*

*Saludos.*



*Amigo y servidor, Juan Reyes.*

*A este correo ya no se obtuvo respuesta, debe comprenderse que el investigador no comparta tan fácilmente su información, sin embargo para efectos de muestra, se incluye la información como una demostración de que existen personas interesadas en el proyecto, más adelante se adicionara otro detalle de gran valor a este trabajo.*

## **7.2 “Granjas de nubes”**

*Este proyecto también se menciona por cortesía y orientación del Prof. Fernando García, ya mencionado anteriormente en el capítulo de introducción.*

*A la respuesta recibida por el profesor, se investiga también de tal proyecto la veracidad y se procede con la compilación de información y el rastreo de los creadores de este proyecto.*

*[http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid\\_4263000/4263506.stm](http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_4263000/4263506.stm)*

### *Nueva fuente de energía: las nubes*

*Investigadores colombianos lograron crear un método capaz de captar la energía de las descargas eléctricas de las nubes de tormenta.*

*"Encontramos un mecanismo que nos permite extraer la energía de los rayos y llevarla, por ejemplo a baterías", dijo a BBC Mundo, Francisco José Román, a cargo del proyecto del Grupo de Compatibilidad Electromagnética de la Universidad Nacional de Colombia.*



*Los investigadores lograron captar la energía de los rayos para llevarla a baterías.*

*Uno de los fenómenos de la naturaleza que durante siglos ha intrigado a los científicos es la descarga eléctrica de las tormentas y la posibilidad de aprovecharla como fuente de energía. Tal como explica Francisco José Román, en la parte inferior de la nube de tormenta se forman descargas eléctricas negativas y en el suelo aparecen cargas positivas. Eso ocasiona que establezcan enormes fuerzas de atracción entre las descargas y allí se forma el campo eléctrico. En ese campo eléctrico entre la superficie de la Tierra y las nubes los investigadores lograron captar en un "generador" la energía que puede utilizarse en condensadores eléctricos, o en un sistema de carga de baterías.*

### 7.2.1 "Granja" de rayos

*Cuando cae un rayo, toda la energía que produce se pierde con los ruidos y truenos que genera. Lo que los investigadores colombianos intentan es captar esa energía de la nube antes de que caiga el rayo.*



*El investigador trabaja ahora en una alarma para predecir rayos.*

*"Es como tener una pequeña granja donde van pasando las nubes y a medida que pasan vamos extrayendo pequeñas cantidades de energía", explicó Francisco José Román. El objetivo de los científicos es almacenar esa energía del campo eléctrico durante largo tiempo para aprovecharla en la vida cotidiana.*

*Entre los usos posibles, dice el investigador, estaría el estudio del envejecimiento de materiales, dispositivos de protección contra rayos y energía para sistemas de emergencia o sitios remotos. Un problema es que aún en los lugares de más alta actividad eléctrica sólo caen unos 4 ó 5 rayos al año.*

*Aunque por el momento los investigadores están obteniendo sólo pequeñas cantidades de energía, su objetivo es lograr captar magnitudes más grandes. "En Colombia tenemos muchos sitios de actividad eléctrica importante", dijo Román, "y creemos que podemos obtener cantidades de energía similares a una celda solar, que hoy en día son muy comunes".*

*"Pero además este dispositivo funciona de día y de noche, siempre que haya nubes en el cielo, lo cual nos da muchas ventajas sobre otros mecanismos como las celdas solares", agregó.*

*"Estamos "arañando" la superficie de este fenómeno", dijo Román, "y además aspiramos a que esta tecnología sea más barata que las celdas solares".*

#### 7.2.1.1 Alarma contra rayos

*Pero la energía de los rayos también puede tener otros usos, como un sensor que detecte un rayo.*

*"Hemos podido construir un generador extraordinariamente rápido de dimensiones muy pequeñas con el que estamos probando una protección contra rayos", dijo el investigador.*

*"Predecir un rayo es sumamente difícil", indicó Román.*

*Agregó que "hoy en día no existe un indicador puntual, que nos diga que estamos en peligro de un rayo".*

*"Así que estamos trabajando en un sistema de protección barato, para que los muchachos que juegan fútbol cuando cae una tormenta tengan una alarma que les indique cuando deben parar y protegerse de las descargas eléctricas", concluye el investigador.*

*A este respecto, también se debe comentar que se intenta establecer contacto con el investigador, en dos ocasiones, la primera no tuvo resultado, en la segunda ocasión, el investigador accede a auxiliar con alguna opinión acerca del proyecto, e interesado, solicita una copia de la presente tesis, por lo cual se le otorga vía correo electrónico, como muestra del agradecimiento a la consideración tenida al correo.*

### **7.3 "Fuente de energía para el futuro"**

*Este otro proyecto del cual no se tiene mucha información también es digno de mencionar. Los científicos que trabajan en el proyecto aseguran que el avance es pequeño pero significativo, así que sin más preámbulos leamos dicha información:*

*Investigadores brasileños afirman que están un paso más cerca de explotar el poder de la energía ambiental generadora de los relámpagos y que ésta tiene el potencial de convertirse en una fuente de energía limpia.*

*Investigaciones previas han indicado que sería posible desarrollar dispositivos capaces de capturar la energía ambiental, en forma semejante a como los paneles solares capturan la luz solar, y al mismo tiempo eliminar la descarga eléctrica de los rayos, dijeron ayer investigadores en la Reunión Anual de la Sociedad Química Estadounidense en Boston, Estados Unidos.*

*Anteriormente los científicos pensaban que las gotas de agua en el aire no tenían carga, pero un equipo liderado por Fernando Galembeck, del Instituto de Química de la Universidad Estatal de Campinas (Unicamp), en Brasil, halló en experimentos de laboratorio que la humedad del aire y el polvo pueden acumular cargas eléctricas. La carga eléctrica se puede transferir a otros materiales, convirtiéndose de hecho en una fuente de energía llamada higroneutralidad: electricidad que proviene de la humedad del aire.*

*Los resultados "no tienen precedentes y fueron más bien inesperados", dijo Galembeck. Sin embargo, las aplicaciones prácticas estarían a años de producirse. "Estamos ciertamente lejos de ello", dijo Galembeck, agregando que se necesita más trabajo para crear dispositivos a mayor escala. Ildo Sauer, uno de los directores del Instituto de Electrotécnica y Energía (IEE) de la Universidad de Sao Paulo, Brasil, dijo que el proceso básico de conversión de energía usando electricidad ambiental se conoce hace siglos.*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*La posibilidad de utilizar estos flujos de energía podría tener dos beneficios: evitar la formación de relámpagos, los que pueden ser peligrosos, y cosechar electricidad de una nueva fuente. Pero Alexandre Piantini, investigador del IEE dijo que incluso si estos dispositivos pudieran recoger energía del aire es improbable que prevengan la formación natural de rayos y protejan de sus impactos.*

*Piantini dijo que el desafío es convertir estos hallazgos en una tecnología segura a precios que sean competitivos en comparación con otras fuentes alternativas de energía. "Bastantes científicos en el pasado han soñado con este enorme potencial eléctrico de la atmósfera", afirmó Teodoro Sánchez, especialista en energías renovables y electrificación rural y consejero de la fundación para el desarrollo Practical Action, en Reino Unido. Pero ahora esto podría volverse factible debido a nuevos conocimientos e instrumentos sofisticados.*

*Dado que las condiciones atmosféricas que producen relámpagos existen en todo el mundo, la higronelectricidad estaría universalmente disponible, dijo. Si pudiera desarrollarse para usos prácticos, "podría beneficiar a familias que no tienen acceso a la electricidad, especialmente aquellas que viven en zonas muy aisladas", agregó.*

*Dicha información se encontró en el enlace siguiente:*

*<http://www.scidev.net/es/news/rel-mpagos-podr-an-alg-n-d-a-ser-fuente-de-energ-a-.html>*

*El contenido en si es breve, mas sin embargo, si lo leemos con detenimiento podemos encontrar más datos y un enfoque diferente al objetivo que se plantea esta tesis.*

*Primero, se hace mención a que los científicos están más cerca de "explotar el poder de la energía de [...] los relámpagos" pero sin embargo, los investigadores, comentan que no es necesaria la descarga, es más que puede ser muy peligrosa, la idea planteada por este grupo de investigación, es que se tome la energía producida por los relámpagos antes de que esta caiga a tierra,, el concepto es el mismo, y aunque no pretende o no concuerda con el tema acerca de las descargas, si propone aprovechar la energía de los rayos.*

*De esta deducción también se puede comentar un proyecto más que parece interesante.*

*Muchos científicos, inspirados en el genio de Nikola Tesla y sus estudios e inventos en el área del campo radioeléctrico, del magnetismo, la electricidad y de la mecánica han intentado capturar la energía eléctrica que se genera en las tormentas a partir de la fricción de grandes masas nubosas (cumulonimbus) y que se descarga a la tierra en forma de rayos.*

*Para que un rayo se origine, esta carga eléctrica tiene que ser mayor a 10000 voltios por centímetro cuadrado. La descarga luminosa que conocemos, seguida del estruendoso trueno (rayo) fue objeto del estudio de Tesla cuando indagaba sobre maneras alternativas al*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*petróleo para obtener grandes cantidades de energía eléctrica de manera limpia y ecológica. Según Tesla, la misma podía tomarse de la atmósfera y re-transmitirse a todo el mundo por medio de antenas terrestres (Torres de Wardenclyffe) y una frecuencia radioeléctrica. Este fenómeno se denomina actualmente “efecto Tesla”.*

*Así como existe el viento, las lluvias o el oxígeno, así también existe la electricidad natural, llamada estática, prueba de ello son los rayos.*

*En Grecia durante el siglo VIII a.C Thales de Mileto (610-548 a.C) se fijó en que sus sirvientas cuando se estaban peinando la cabellera con un peine de hueso, estas chisporroteaban y buscó una explicación racional.*

*Conocía el rayo como todos los demás, y los egipcios sabían que la punta de cobre de sus obeliscos ayudaba a proteger sus templos de estos demonios. Pero a él le interesaba saber por qué los rayos cruzaban zigzagueando.*

*Descubrió la electricidad estática al tratar un trozo de ámbar con un paño. El ámbar atraía hilachos, plumas y pequeñas astillas de madera. Como Thales creyó que esto era debido a un espíritu que se encontraba dentro del ámbar lo llamó elektron. De esta palabra se deriva el término electricidad.*

*Benjamín Franklin (Boston 17 de enero 1706- Filadelfia 17 de abril 1790) en 1752 lleva a cabo en Filadelfia su famoso experimento. Ató una cometa con esqueleto de metal a un hilo de seda en cuyo extremo llevaba una llave también metálica.*

*Haciéndola volar un día de tormenta, confirmo que la llave se cargaba de electricidad y los rayos son descargas eléctricas. Gracias a este fenómeno creo su invento más famoso, invento el pararrayos, cuyo objetivo es atraer un rayo ionizando al aire para llamar y conducir la descarga hacia tierra, de tal modo que no cause daños a construcciones o personas.*

#### **7.4 “Energía renovable”**

*El interés por energías alternativas va adquiriendo interés en todo el mundo. Desde la energía eólica hasta la solar está siendo objeto de investigaciones que dan cada vez más frutos.*

*Otra de las energías que todavía está por explorar es la que proviene de los rayos. Con la enorme cantidad de energía eléctrica que se descarga encima de tu ciudad cuando hay tormentas se podría abastecer de energía gratis a todas las viviendas, negocios, farolas, semáforos, iluminación navideña... ¿malo para las compañías eléctricas? posiblemente por eso es algo que nadie ha estudiado fondo.*





Figura 7.2 Imagen de una descarga

*El problema está en cómo captar y posteriormente almacenar la energía obtenida y parece ser que Steve Le Roy ha conseguido con éxito un sistema capaz de lograrlo. Su sistema se basa en un generador que es capaz de generar rayos de varios metros de altura que descargan energía suficiente como para iluminar una bombilla de 60 vatios durante 20 minutos.*

*Una versión mejorada de su sistema podría utilizarse para plantar grandes superficies que suelen estar afectadas por tormentas a lo largo del año y recolectar energía suficiente para abastecer ciudades enteras.*

*Una tecnología capaz de recolección de energía de rayo tendría que ser capaz de captar rápidamente el alto poder presente en un rayo. Varios esquemas han sido propuestos, pero la energía siempre cambiante involucrada en cada rayo relámpago poder hacer la cosecha de la tierra a base de varillas poco práctico - demasiado alto, se puede dañar el almacenamiento, demasiado bajo y puede que no funcione. Además, un rayo es esporádico, y por lo tanto la energía tendría que ser recogido y almacenado, es difícil convertir el alto voltaje de la energía eléctrica a la potencia de baja tensión que puede ser almacenada.*

*En el verano de 2007, una empresa de energía alternativa llamada Inversiones Alternate Energy, Inc. (AEHI) puso a prueba un método para capturar la energía de los rayos. El diseño para el sistema había sido comprado a Steve LeRoy, quien ha sido capaz de encender una bombilla de 60 vatios durante 20 minutos usando la energía captada desde un pequeño destello de luz artificial. El método consiste en una torre, un medio de derivación de una gran porción de la energía entrante, y un condensador para almacenar el resto. Según Donald Gillispie, CEO de AEHI, que "no podían hacer que funcionara", aunque "dado suficiente tiempo y dinero, usted probablemente podría escalar esta cosa, no es magia negro, es realmente de matemáticas y ciencia, y podría suceder".*

### **7.5 Haversting lightning. Laboratorio de investigación de rayos**

*Este proyecto ya se había comentado hace unas páginas atrás sin embargo se agregan algunos detalles que son de interés.*

*Desde finales de 1980, ha habido varios intentos para investigar la posibilidad de capturar la energía de los rayos. Mientras que un solo relámpago lleva una cantidad relativamente grande de energía (aproximadamente 5 mil millones de joules) esta energía está concentrada en un pequeño lugar y se hace pasar durante un período muy corto de tiempo (milisegundos). Por lo tanto, energía eléctrica extremadamente alta está involucrada.*

*En menor escala, la recolección de rayos en realidad ha sido estudiada, pero no resulta viable. En un artículo en el New York Times el co-director del Laboratorio de Investigación de Rayos de la Universidad de florida, Dr. Martin A. Uman dice:*

*“Los rayos son muy rápidos y brillantes, pero en realidad no llevan la energía por tanto tiempo hacia la tierra. Se estima que decenas de torres captadoras de rayos serían necesarias sólo para operar cinco bombillas de 100 vatios de luz durante un año. “La energía está en la tormenta”, dice. “Una tormenta eléctrica típica es como poco digno de una bomba atómica de energía. Pero tratar de obtener la energía de la parte inferior del rayo no es muy esperanzador.*

### **7.6 Conclusiones del capítulo**

*De la información mencionada en este capítulo se denota que las cargas atmosféricas han sido objeto tanto de estudio como de curiosidad ya que la idea siempre ha estado presente y el objetivo no se ha cumplido. En pocas palabras la información que se tiene y las investigaciones para dar un panorama mucho más completo es la siguiente:*

- ✚ Los egipcios creían que los rayos eran demonios cargados de energía, por lo que se daban a la tarea de proteger sus obeliscos con barras de cobre.*
- ✚ Los rayos como fuente de energía han inspirado tanto a escritores como a productores cinematográficos, ejemplo de ello tenemos en la literatura a “Frankenstein” de Mary Shelley y la cinta cinematográfica volver al futuro.*
- ✚ Benjamín Franklin a través de su famoso experimento de la famosa cometa, demostró que los rayos pueden ser conducidos y que poseen un gran potencial.*
- ✚ El investigador y meteorólogo mexicano Irvinss Shariff Mejia Alam propone y dirige de manera autónoma su “Proyecto Franklin” en el que afirma que obtener energía de las*



## Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*descargas atmosféricas es posible, aunque no cuenta con gran apoyo económico por lo que no ve grandes avances.*

- ✚ Francisco José Román, del grupo de compatibilidad electromagnética de la Universidad Nacional de Colombia, quien tiene tres patentes a nivel mundial, también plantea la posibilidad de poder extraer energía de la atmósfera, ha logrado extraer pequeñas cantidades de energía, considera que para un proyecto de esas magnitudes falta aun mucho tiempo de estudio e investigación.*
- ✚ Steve Le Roy, investigador norteamericano del estado de Illinois, asegura haber construido un prototipo confiable a pequeña escala para demostrar que las descargas son fuente de energía confiable.*
- ✚ Investigadores brasileños en la Reunión anual de la Sociedad Química Estadounidense en Boston, Estados Unidos, bajo la dirección de Fernando Galembeck, del Instituto de Química de la Universidad Estatal de Campinas (Unicamp) en Brasil, hallaron en experimentos de laboratorio que la humedad del aire y el polvo, pueden acumular cargas eléctricas. La carga eléctrica se puede transferir a otros materiales, convirtiéndose de hecho en una fuente de energía eléctrica llamada higronelectricidad.*
- ✚ Arquitectos Croatas proponen la creación de la torre Hydra. Sin embargo por ser un proyecto un tanto curioso, se mencionara más a fondo en capítulos posteriores. Se contemplara pues dentro del tema de generación de descargas de manera artificial.*



## Capítulo 8 Alternativas para el uso y aprovechamiento de estos fenómenos

### 8.1 La interrogante

*A lo largo de toda esta exposición, sin conseguir el objetivo que por tantos años se ha estado persiguiendo que es precisamente capturar la energía de los rayos en el momento de la descarga, nos queda preguntar: como todo proceso de la naturaleza que tiene una función, la pregunta es ¿El rayo tiene una función? Ya que no es posible, hasta ahora, contener toda la energía de un rayo y tampoco nadie ha sido capaz de comprobar si realmente es una enorme fuente de energía o si es un solo una investigación infructuosa, cabría inquirir ¿Para qué sirve un rayo?*

*Se ha propuesto que la energía contenida en un rayo se puede utilizar para generar hidrógeno a partir de agua, o para aprovechar la energía de calentamiento rápido del agua debido a los rayos.*

*Una tecnología capaz de recolección de energía de rayo tendría que ser capaz de captar rápidamente el alto poder participar en un rayo. Varios esquemas han sido propuestos, pero la energía siempre cambiante involucrado en cada rayo puede hacer la cosecha de la tierra a base de varillas poco práctico si es demasiado alto se puede dañar el almacenamiento, si es demasiado bajo, puede que no funcione. Además, un rayo es esporádico, y por lo tanto la energía tendría que ser recogida y almacenada, es difícil convertir el alto voltaje de la energía eléctrica a la potencia de baja tensión que puede ser almacenada.*

*En el verano de 2007, una empresa de energía alternativa llamada Inversiones Alternate Energy, Inc. (AEHI) puso a prueba un método para capturar la energía de los rayos. El diseño para el sistema había sido comprado a un inventor Illinois llamado Steve LeRoy, quien habría sido capaz de encender una bombilla de 60 vatios durante 20 minutos usando la energía captada desde un pequeño destello de luz artificial.*

*El método consiste en una torre, un medio de derivación de una gran porción de la energía entrante, y un condensador para almacenar el resto. Según Donald Gillispie, CEO de AEHI, que "no podían hacer que funcione", aunque "con suficiente tiempo y dinero, probablemente se podría escalar esta cosa, no es magia negra, es cuestión realmente matemáticas y ciencia, y podría suceder".*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*De acuerdo con Martin A. Uman, co-director del Laboratorio de Investigación Lightning en la Universidad de Florida y una autoridad líder en el rayo, un rayo único, aunque sea rápido y brillante, contiene muy poca energía, y docenas de torres eléctricas como los utilizados en el sistema ensayado por AEHI serían necesarias para operar cinco bombillas de 100 vatios de luz para el curso de un año. Al ser entrevistado por el New York Times, afirmó que la energía de una tormenta eléctrica es comparable a la de una bomba atómica, pero tratar de cosechar la energía del relámpago de la tierra es algo "sin esperanza".*

*Otro gran reto al tratar de obtener energía de los rayos es la imposibilidad de predecir cuándo y dónde se producirán tormentas eléctricas. Incluso durante una tormenta, es muy difícil saber exactamente donde caerá un rayo.*

*Un método relativamente sencillo es la recolección directa de la carga atmosférica antes de que se convierta en un rayo. En pequeña escala, se ha hecho un par de veces con el ejemplo más conocido es experimento de Benjamín Franklin con su cometa. Sin embargo, para recoger una cantidad razonable de energía se requieren enormes construcciones, y es relativamente difícil utilizar la tensión que resulta extremadamente alta, con una eficiencia razonable.*

## **8.2 “Hydra: Rascacielos colector”**

*“Hydra, el rascacielos hecho de grafeno que captura la energía de los rayos durante una tormenta.”*

*Hydra Skyscraper es un proyecto presentado por un estudio multidisciplinar serbio hecho por Milos Vlastic, Vuk Djordjevic, Ana Lazovic, Milica Stankovic y evaluado en la última edición de los premios de arquitectura Evolo, al que se le ha sido reconocido con una mención honorable.*

*Hydra es un edificio construido a partir de un material compuesto de grafeno que debido a su alta conductividad térmica y eléctrica además de su gran resistencia superando en doscientas veces al acero, pretende captar la energía que se produce durante las tormentas eléctricas y almacenar la energía producida en mega-baterías ubicadas en la base del edificio.*

*El proyecto también incluye un centro de investigación, la vivienda, y zonas de recreo para los científicos y sus familias Cuando el aparato eléctrico es impactado por los rayos, la estructura de grafeno conduce la electricidad por canales hasta las baterías, la electricidad se utiliza para dividir el agua en oxígeno e hidrógeno para almacenar energía en forma de una pila de combustible. La forma de la torre de torsión se inspiró en la Hidra, un animal de agua dulce.*



*El edificio en sí es esencialmente una gigantesca jaula de Faraday que dirige la energía eléctrica en todo sí mismo y en los condensadores gigantes en la base de la estructura.*

*El hidrógeno se está convirtiendo en un combustible ecológico cada vez más popular, ya que sus emisiones sólo están compuestas de vapor de agua y calor. El inconveniente ha sido siempre la necesidad de una cantidad considerable de energía para conseguir este combustible de hidrógeno, mediante electrólisis a partir del agua.*

*Para que el proceso sea rentable surge de la tierra Hydra, una enorme torre que investiga la posibilidad de crear una mega-central eléctrica utilizando los rayos y relámpagos como fuente de energía para generar hidrógeno de forma masiva. Al igual que la orina podría dentro de poco ser la fuente de energía personal para el hombre del futuro, a más grandes niveles también se podría descomponer el hidrógeno y el oxígeno del agua para abastecer a miles de personas. Y esa fenomenal energía sólo podría salir de un sitio; del cielo.*

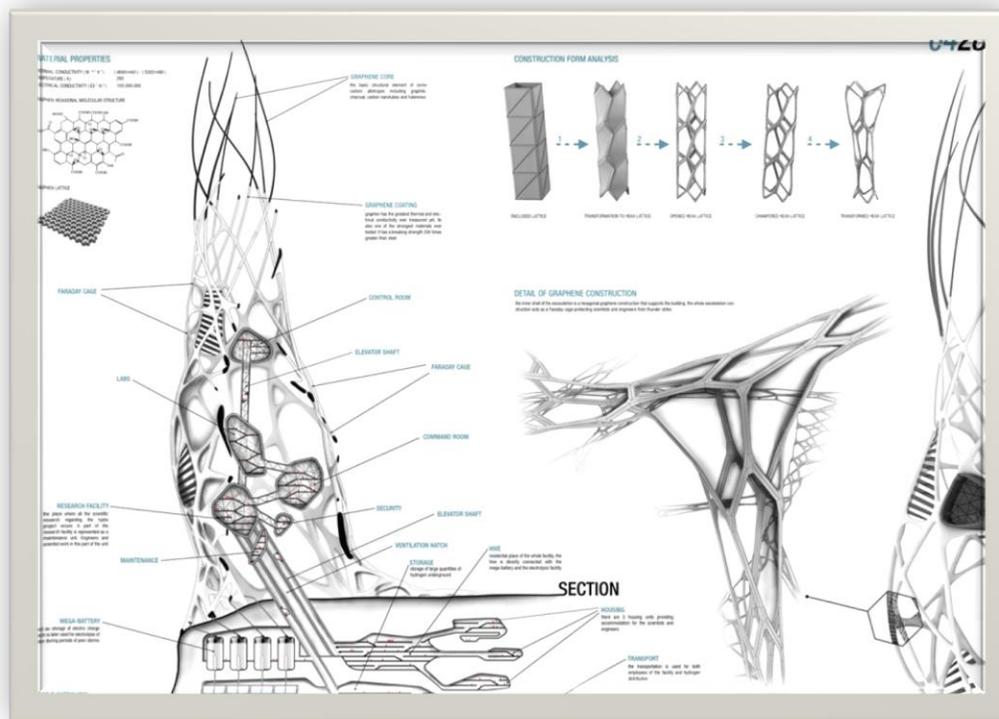


Figura 8.1 Estructura de torre Hydra

*Hydra utilizaría su sinuoso exoesqueleto fabricado de grafeno, ese material hecho con átomos de carbono que es 200 veces más fuerte que el acero (y que posee una inmejorable conductividad del calor y electricidad) para absorber energía directamente desde las nubes.*

Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*Como un mega-pararrayos futurista, la aguja de piel súper conductora captaría la energía de los relámpagos y, sin fundirse en el intento, la trasladaría a una matriz de baterías y súper condensadores en la base de la torre. Esta energía se utilizaría para dividir el agua en hidrógeno mediante potente electrólisis.*

*El edificio actuaría por su diseño como una “jaula de Faraday”, un recinto cerrado formado por un enrejado de mallas apretadas que impide en el interior la influencia de los campos eléctricos exteriores, por lo que los investigadores y el personal podrían trabajar en los distintos niveles.*

*Un sólo rayo transporta una carga de electrones en menos de un segundo equivalente a 100 millones de lámparas incandescentes ordinarias, con una media aproximada por rayo de 20 GW de potencia. La potencia nuclear actualmente existente en el mundo gira en torno a los 375 GW, así que con captar unas docenas de rayos al día se podría alimentar a la Tierra sin problemas. Pero no es tan fácil. El problema principal es que nadie sabe dónde va a caer un rayo o como canalizar su energía sin pérdidas. Por eso esta torre sólo tendría sentido en lugares donde las tormentas eléctricas fueran casi una constante. Según los diseñadores de la Hydra, Milos Vlastic, Vuk Djordjevic, Ana Lazovic, Milica Stankovic, la estructura se podría instalar sólo en lugares muy precisos del globo, como algunas zonas de Singapur, la Florida Central, Kifuka en la República Democrática del Congo (donde caen 158 rayos por km cuadrado de media al año) y Venezuela.*



Figura 8.2 Rayo del Catatumbo en Venezuela





### **8.3 El Hidrógeno cómo fuente de energía**

*El hidrógeno es un elemento químico representado por el símbolo H y con un número atómico de 1. En condiciones normales de presión y temperatura, es un gas diatómico (H<sub>2</sub>) incoloro, inodoro, insípido, no metálico y altamente inflamable. Con una masa atómica de 1,00794(7) u, el hidrógeno es el elemento químico más ligero y es, también, el elemento más abundante, constituyendo aproximadamente el 75% de la materia visible del universo.*



*Figura 8.3 El Hidrogeno se utiliza actualmente en algunos vehículos*

*El hidrógeno contiene más energía que otros combustibles comunes por peso, pero al ser el elemento más ligero y estar en estado gaseoso a temperatura y presión ambientales hace que contenga menos energía por volumen que cualquiera de los otros combustibles. Así mismo, aunque sea el elemento más abundante, en nuestro planeta no se encuentra nunca en estado gaseoso (El motivo es que es más ligero que el aire, por lo que si se libera se eleva en la atmosfera), por lo que para obtenerlo necesitamos algún proceso que lo separe de otros elementos.*

*El hecho de que el hidrógeno sea tan “ligero”, que a temperatura ambiente se encuentre en estado gaseoso y que no se encuentre disponible de forma natural en la tierra condiciona completamente su utilización como combustible y hace que aún no se haya consolidado como*

Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*una alternativa viable al petróleo. ¿Por qué? El gran problema es cómo obtenerlo y almacenarlo de forma eficiente.*

### **8.3.1 Obtención**

*Para obtener hidrógeno se necesita descomponerlo de algún compuesto que lo contenga (Normalmente agua o algún combustible fósil) siendo totalmente limpio cuando se obtiene del agua. Existen varios métodos para su obtención, a continuación algunos de ellos.*

- ✚ A partir de hidrocarburos: Este método es el que presenta mayor eficiencia de conversión (La energía del combustible a transformar se usa para la transformación), pero también libera emisiones de CO<sub>2</sub>. Por ejemplo si se convierte gas natural se obtiene un 80% de rendimiento.*
- ✚ A partir de agua: La más conocida es la electrolisis, este método es poco eficiente (Alrededor del 30%) por lo que la energía necesaria es más útil usarla como electricidad que no transformarla.*
- ✚ A partir de energías renovables: Cuando el agua se expone a altas temperaturas (Entre 800° y 1200°C) esta se descompone en hidrógeno y oxígeno, si usamos una central de concentración solar, como la del Hydrosol-2 de la Plataforma Solar de Almería es posible conseguirlo.*
- ✚ Termólisis y otras reacciones químicas: En los laboratorios han conseguido crear métodos de producción de hidrógeno a partir de agua mucho más eficientes que la electrolisis, pero ninguno de ellos ha demostrado aún su viabilidad en producción.*
- ✚ Reacciones biológicas: Algunos residuos, agua sucia y plantas se pueden convertir en hidrógeno mediante la fermentación de sustratos orgánicos o electrohidrogenesis (Que consiste en una electrolisis “aditivada” con materia orgánica).*
- ✚ A partir de la orina: Un equipo de la Universidad de Ohio publicó un estudio donde afirmaba que la electrolisis de la orina era 3 veces más eficiente que la del agua.*

### **8.3.2 Almacenamiento**

*El hidrógeno es un gas muy poco denso a temperatura ambiente, esto quiere decir que para almacenar la energía equivalente a la gasolina en hidrógeno necesitaríamos un depósito mucho más grande; para evitarlo se comprime en tanques presurizados, de forma que su densidad sea mayor y necesite menos espacio para almacenar la misma energía. Esto hace el proceso de obtención de hidrógeno más costoso e ineficiente, puesto que se necesita comprimir el gas dentro del tanque.*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*La otra alternativa es almacenarlo en estado líquido, tal como se hace en los transbordadores espaciales, pero para ello se necesitan depósitos con un gran aislamiento ya que el hidrógeno hierve a  $-250^{\circ}\text{C}$ . Aún así en estado líquido es menos eficiente que la gasolina ya que un litro de esta contiene un 64% más de hidrógeno que el líquido puro.*

*A todo esto hay que sumar la peligrosidad del hidrógeno, puesto que es uno de los gases más inflamables que existen (Solo superado por el Acetileno) que obliga a extremar la seguridad de los tanques y sistemas de transporte del gas, añadiendo peligro el que su llama sea incolora. El ejemplo más claro de como arde el hidrógeno nos lo dio el Hindenburg.*

### **8.3.3 Usos actuales**

*Actualmente podemos usar el hidrógeno para dos funciones diferentes: Combustible o generador de electricidad.*

- ✚ Combustible: El hidrógeno es un combustible como la gasolina, por lo que cualquier motor de combustión interna debidamente adaptado podría funcionar con él. Quien más partido le ha sacado desde hace tiempo ha sido la NASA ya que todos los transbordadores espaciales han usado hidrógeno y oxígeno líquido para propulsar sus cohetes internos (No así en los cohetes aceleradores que se usan para el lanzamiento que queman APCP).*





*Figura 8.4 Hidrogeno utilizado en transporte espacial*

*La combustión interna del hidrógeno se puede realizar en motores como los actuales de gasolina, con pequeñas modificaciones, dando como únicas emisiones el vapor de agua.*

*En automoción hay varias empresas que han presentado prototipos de vehículos de combustión alimentados por hidrógeno, en este campo han sido BMW, que dice ser la primera empresa que ha comercializado un coche propulsado con hidrógeno, aunque, en Diciembre de 2009 anunciaron que dejarían de mantener la flota de los BMW Hydrogen 7 para centrarse en la investigación; y Mazda, que presentó en 2006 el RX-8 Hydrogen RE, un coche propulsado por gasolina o hidrógeno.*

*Los motores de combustión interna de hidrógeno ofrecen la ventaja de que funcionan igual que los actuales pero son menos eficientes que los eléctricos con pila de combustible al desprender calor, que no es más que energía pérdida*

Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

- ✚ *Generación de electricidad: El uso más prometedor del hidrógeno como energía es el de transformarlo en electricidad mediante una pila de combustible. Este proceso consiste en mezclar hidrógeno con oxígeno a través de unas membranas que separan a los protones de los electrones, obligando a estos últimos a pasar por un circuito externo dónde se genera electricidad, produciendo vapor de agua como único residuo. (Se puede usar cualquier combustible que contenga hidrógeno, pero en este caso también se emitiría CO<sub>2</sub>)*

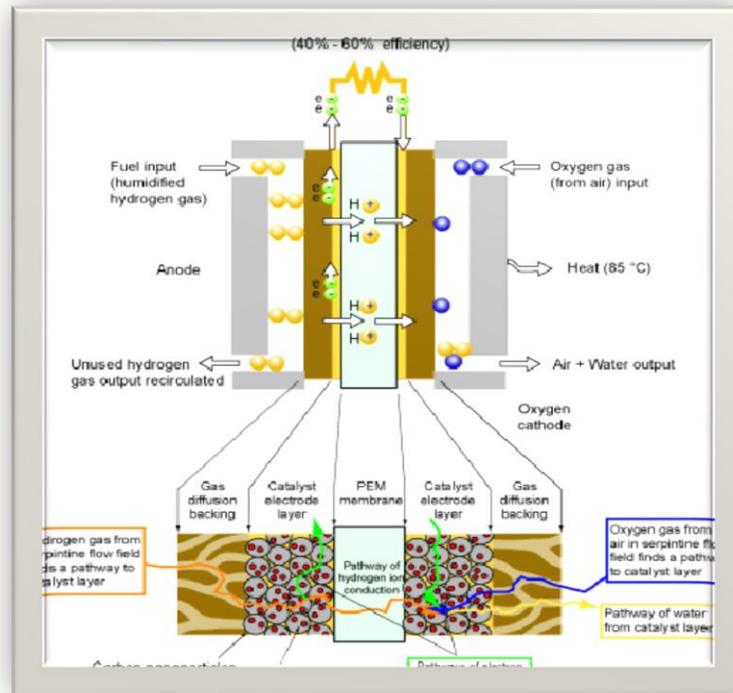


Figura 8.5 Separación del hidrogeno por electrolisis

*Este método es más eficiente que la combustión del hidrógeno presentando un rendimiento del 50%, que pese a ser bueno queda muy lejos del 90% de las baterías convencionales.*

*Los usos para la pila de combustible son múltiples ya que se plantea como una alternativa a las baterías convencionales al tener unos tiempos de recarga mucho más bajos. Mientras la batería se ha de conectar a la red eléctrica para recargarse la pila de combustible solo necesita "repostar" hidrógeno para seguir produciendo electricidad.*

*Aún así el campo más prometedor y en el que se está investigando más es en su utilización en vehículos, ya que como consumidores estamos acostumbrados a no esperar para repostar el coche. La primera empresa que comercializará un coche alimentado por pila de combustible es Honda que alquila su FCX Clarity en EE.UU. y Japón.*



#### **8.4 Electrolisis: método relativamente viable**

*La electrólisis del agua es el proceso en el que agua pasa por corrientes eléctricas y sus moléculas se alinean y se separan los átomos de hidrógeno. Fue descubierto en 1820 por el físico y químico inglés Michael Faraday. Consiste en la descomposición mediante una corriente eléctrica de sustancias ionizadas denominadas electrolitos. La palabra electrólisis procede de dos radicales, “electro” que hace referencia a electricidad y “lisis” que quiere decir ruptura. Luego de la Electrólisis del agua, el hidrógeno, se congela y puede ser exportarlo.*

*Es un negocio que comienza a ser redituable desde el momento en que el costo del barril de petróleo llega a los 40 dólares, de hecho el precio del petróleo ya ha llegado a costar 147 \$ el barril el 11 de julio de 2008, casi 4 veces más del precio para que la electrólisis sea rentable, lo extraño es que durante todo este tiempo que el barril ha superado los 40 dólares nadie ha empezado a producir hidrógeno.*

*El problema de la electrolisis del agua a temperatura ambiente había sido su poca eficacia: hasta ahora se requerían 100 watts de electricidad para obtener una cantidad de hidrógeno equivalente a 60 watts. Era rentable este proceso únicamente cuando el precio del barril de petróleo crudo era superior a 40 \$, pero ahora ese proceso se ha eficientado mucho más.*

*Actualmente esta electrólisis puede realizarse usando energía solar.*

*El proceso desarrollado por el fundador de Solar Systems, John Lasich, consiste en calentar el agua a 1.000º centígrados para someterla a electrolisis. De este modo, el enlace entre hidrógeno y oxígeno se hace más frágil, se rompe con más facilidad y con cada 100 watts de electricidad empleados se obtiene hidrógeno equivalente a 140 watts.*

*Es decir ahora con 100 vatios de electricidad se obtienen 80 vatios más que antes (se obtienen 140 vatios en lugar de 60 vatios con el método anterior), es decir se produce un 233 % más de energía. Con esta técnica es rentable producir hidrógeno cuando el petróleo supera los 17.167 US \$ el barril, lo extraño es que el petróleo durante años ha estado arriba de los 100 \$ el barril y nadie lo produce, actualmente está en 57 US \$, cantidad suficiente para que cada país pueda producir energía por el método tradicional de electrólisis, y si usan el método moderno se ahorran 40 \$ (57 – 17 \$), pero el problema se debe a que las empresas privadas generadoras de energía eléctrica quieren obtener más ganancias y para esto usan combustible carísimo a costa de empobrecer a todos y beneficiar a las transnacionales del petróleo.*



## Resumen y conclusiones

Una vez expuesto el tema acerca de las descargas atmosféricas, es preciso tomar un resumen y concluir el trabajo, esto con la finalidad de dar un cuadro completo al mismo, observar los objetivos planteados, así como los alcanzados y al final evaluar la utilidad de la información expuesta.

- ✚ El objetivo principal de esta tesis era brindar una respuesta a la pregunta *¿Por qué no hemos podido aprovechar la energía de los rayos? Una pregunta hecha fortuitamente que se presento al observar una descarga atmosférica y basada en la respuesta ¡Un rayo es energía eléctrica! Por lo que podemos declarar con justificación que el objetivo de dar una respuesta se ha logrado.*
- ✚ *A través del desarrollo de este documento se han consultado infinidad de opiniones, desde la opinión pública, hasta la opinión basada en la comunidad científica. La inquietud sigue siendo la misma a todos los niveles, el proyecto sigue siendo planteado, sigue siendo perseguido, no ha podido realizarse, tampoco así se ha podido afirmar que sea imposible.*
- ✚ *En un comienzo se pensó que la idea es irrelevante, después de consultar, investigar y cuestionar se han encontrado opiniones con un hilo en común en diferentes partes del globo, por lo que no solo es la idea de una sola persona, sino que muchas mentes curiosas lo han planteado.*
- ✚ *En este trabajo, se expusieron y explicaron la gran mayoría de los motivos que hacen imposible por el momento la captura de la energía de los rayos*
- ✚ *Se llego a la conclusión de que aunque el objetivo del proyecto era identificar la posibilidad de capturar la energía de una descarga atmosférica en forma de rayo, una descarga no siempre tiene esa manifestación, ya que a través de experimentos hechos por el investigador Nikola Tesla se demostró que se puede obtener energía eléctrica, a través de una descarga atmosférica y que el mismo logró controlar.*
- ✚ *Existen infinidad de opiniones que nos dicen que es infructifero tratar de obtener energía de la descarga de un rayo, aunque siendo objetivos la pregunta es; si es imposible: ¿Por qué aun hay proyectos que persiguen la idea? ¿Si realmente es infructífero, porque si sigue investigando al respecto?*
- ✚ *Es casi seguro que en algún lugar existe más información, más detallada y más completa acerca de esto, pero como toda patente, los investigadores reclaman su merito y es muy difícil que compartan su información.*



- ✚ *Por el momento no es viable ni su explotación ni su investigación , ya que no se destina mucho presupuesto dado que se ve como un proyecto que parece irrealizable, pero una cosa es cierta, al ritmo que la humanidad crece, se requerirá energía, y esta tendrá que sacarse de algún lugar, incluso de las mismas rocas si es posible, por lo tanto si se ha planteado utilizar polvo cósmico y el ahora estudiado H3, y se piensa traerlo de la luna, ¿por qué no habría de seguirse explorando esta posibilidad?*
- ✚ *El objetivo de esta tesis, nunca fue plantear, una solución, ni mucho menos proponerla, sin embargo, la información presentada es bastante amplia, y cualquier lector podrá comprender los parámetros relacionados con este tema, además de abrir mucho más el panorama de algo que al principio parecía solo una idea. Se dispone de una información casi nula, y la que existe esta muy restringida.*

*Como último detalle podemos mencionar, que esta idea siempre ha estado presente, desde principios de la humanidad y hoy más que nunca al constatarse que una gran cantidad de energía está envuelta. La energía eléctrica es hoy por hoy, la energía que mueve al mundo, este fenómeno no solo presenta un sueño, también presenta un reto, EL RETO PARA LA INGENIERIA ANTE LA CRISIS ENERGETICA.*



## Glosario y terminología

A continuación se explican algunos términos que aparecieron durante el trabajo, que solo son definiciones, pero que merecen una explicación breve.

**Cumulonimbus:** Los cumulonimbus o cumulonimbos son nubes de gran desarrollo vertical, internamente formadas por una columna de aire cálido y húmedo que se eleva en forma de espiral rotatorio, con un sentido antihorario en el hemisferio norte y horario en el hemisferio sur. Su base suele encontrarse a menos de 2 km de altura mientras que la cima puede alcanzar unos 15 a 20 km de altitud.

**Fisión:** Rotura del núcleo de un átomo, con la consiguiente liberación de energía.

**Heterogeneidad:** Cualidad de una cosa heterogénea o formada por elementos de distinta clase o naturaleza.

**Ionosfera:** Capa alta de la atmósfera, que se extiende entre 70 y 300 km de altura. Se caracteriza por la presencia de procesos de ionización que originan grandes concentraciones de electrones libres.

**Isoceraunico:** Bajo este término se denomina al número de días al año en los que cae al menos un rayo.

**Termodinámica:** Rama de la física que hace foco en el estudio de los vínculos existentes entre el calor y las demás variedades de energía. Analiza por lo tanto, los efectos que poseen a nivel macroscópico las modificaciones de temperatura, presión, densidad, masa y volumen en cada sistema.

**Termólisis:** Reacción en la que un compuesto se separa en al menos otros dos cuando se somete a un aumento de temperatura. En otros compuestos se pueden llegar a separar sus átomos constitutivos, por ejemplo, el agua calentada a más de 2.500°C rompe sus enlaces y se convierte en átomos de hidrógeno y oxígeno.

**Zircaloy:** Aleación que contiene un 95 % de zirconio y un 5 % de otros metales, tales como niobio, hierro, cromo, níquel, estaño... etc. La aleación resultante es dúctil, dura y presenta una gran resistencia a la corrosión. Además, el zirconio tiene una propiedad sumamente interesante para su uso en reactores nucleares: presenta una tendencia muy baja a absorber neutrones.

**Zulia:** El Estado Zulia es uno de los 24 estados de Venezuela, el mismo se encuentra alrededor del lago de Maracaibo. Este lago es la masa de agua más extensa de América Latina y su cuenca abarca una de las más grandes reservas de petróleo y gas de América.



## Apéndice, bibliografía y fuentes de consulta

### Datos interesantes para la tesis

#### Chispa o rayo

La "chispa" se da cuando la fuerza del campo eléctrico supera la fuerza dieléctrica del aire (aproximadamente de  $4 - 30 \text{ kV/cm}$ ). Esto puede causar un rápido incremento del número de electrones e iones libres en el aire, provocando que el aire se convierta de pronto en un conductor eléctrico mediante un proceso llamado "caída dieléctrica".

El mejor ejemplo de una "chispa" natural, es la caída de un rayo. En este caso, la diferencia potencial entre una nube y el suelo, o entre dos nubes, es de cientos de millones de voltios. La corriente resultante que fluye a través del aire ionizado provoca una liberación de energía de forma explosiva.

Las "chispas" pueden causar graves explosiones debido a las altas temperaturas que se alcanzan durante su desarrollo.

#### Constante dieléctrica

Si entre las placas de un condensador plano introducimos un dieléctrico, el campo eléctrico, y por tanto la diferencia de potencial, disminuye como consecuencia de la polarización en su interior. Al factor de disminución se le llama constante dieléctrica, y es un número adimensional característico de cada material

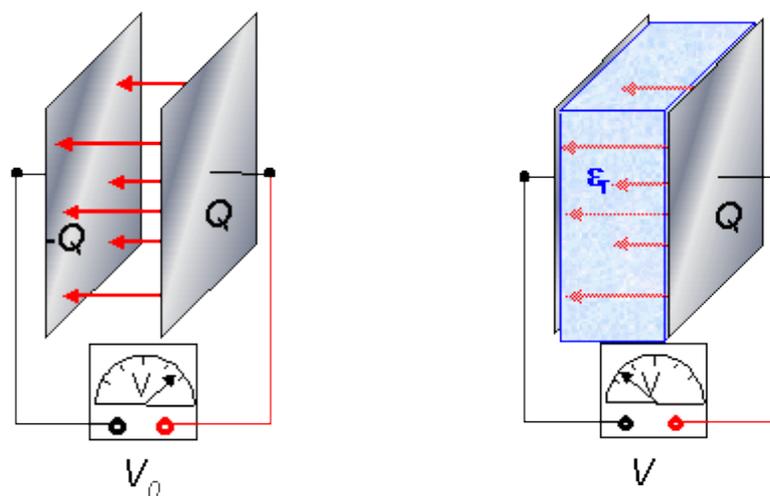


Figura A1 (Generación de campo eléctrico en un capacitor)

*Esta información acerca de la constante dieléctrica es importante, puesto que es la forma de cuantificar la resistencia que tienen los materiales para soportar la tensión. En este caso, el aire tiene una constante dieléctrica, que es rota, razón por la cual el rayo se genera y es posible apreciarlo visualmente.*

*Temido y adorado en los primeros atisbos de civilización, el rayo es aún una fuente de fascinación para la humanidad. A estas alturas, claro, el entendimiento científico que tenemos de él lo ha despojado en la práctica de su carácter místico. Sin embargo, dentro de la ficción, su enorme poder lo coloca en un papel privilegiado.*

*Los rayos, además de poderosos son impredecibles y hasta ahora no se cuenta con un sistema que logre determinar con exactitud dónde va a caer un rayo. Lo que sí se puede calcular de forma casera y aproximada es la distancia a la que un rayo cae. Para esto es necesario contar (desde cero) los segundos entre el relámpago (luz) y el trueno (sonido) y dividir el resultado entre tres.*

*El resultado obtenido indicará, de forma aproximada el número de kilómetros al que ha caído el rayo. Descubre a través de esta experiencia otras de las particularidades de esta increíble fuerza de la naturaleza y sigue asombrándote con el mundo que te rodea.*

### **Costo de producción de la energía eléctrica en México**

*¿Cuánto cuesta producir electricidad en México?, una pregunta que a muchos mexicanos nos llena la cabeza, y que hasta el día de hoy, al menos yo no había podido contestar.*

*En la tabla de abajo (publicada por la CFE) vemos todas las tecnologías que se usan en México para generar electricidad, en las columnas con los años vemos el costo en pesos por cada KWh generado en una planta con esa tecnología.*

*Las primeras cuatro tecnologías son las que usan combustibles fósiles para generar la energía (tecnologías que en este blog odiamos), las cuatro de abajo son consideradas como energías renovables, pero sólo dos de ellas son tecnologías renovables y limpias, la geotermoeléctrica y la eoloelectrica (o energía eólica). La energía nuclear contamina con sus desperdicios, los cuales hasta el día de hoy todavía no se sabe qué hacer con ellos, y la hidroeléctrica es un tema que hemos discutido mucho, y que debido a los inmensos embalses que inundan miles de metros cuadrados de ecosistemas no consideramos una energía limpia.*

*Es increíble ver que la geotérmica y la eólica son segunda y tercera fuente de energía más barata para los mexicanos, y que juntas no representan ni el 1% del total, mientras que las de*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*turbo gas, carbón, combustóleo y diesel que llega a costar hasta 8 o 9 veces más producir la energía, representan más del 50% del total de la generación de energía en México.*

Tecnología /año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Promedio anual
Turbogas y ciclo combinado	\$ 0.73	\$ 1.02	\$ 1.07	\$ 1.16	\$ 1.07	\$ 1.06	\$ 1.38	\$ 1.07
Diesel	\$ 2.43	\$ 3.02	\$ 3.61	\$ 6.91	\$ 6.07	\$ 4.81	\$ 7.85	\$ 4.96
Vapor (combustoleo)	\$ 0.45	\$ 0.62	\$ 0.69	\$ 0.78	\$ 1.02	\$ 1.06	\$ 1.58	\$ 0.89
Carboelectrica dual (carbon y combustoleo)	\$ 0.47	\$ 0.57	\$ 0.70	\$ 0.65	\$ 0.65	\$ 0.67	\$ 1.10	\$ 0.69
Geotermoelectrica	\$ 0.36	\$ 0.38	\$ 0.44	\$ 0.41	\$ 0.46	\$ 0.36	\$ 0.59	\$ 0.43
Eoloelectrica	\$ 1.16	\$ 1.52	\$ 1.34	\$ 1.87	\$ 0.27	\$ 0.61	\$ 0.74	\$ 1.07
Nuclear	\$ 0.74	\$ 0.75	\$ 0.95	\$ 0.77	\$ 0.83	\$ 0.91	\$ 0.82	\$ 0.82
Generacion hidroelectrica	\$ 0.47	\$ 0.64	\$ 0.52	\$ 0.49	\$ 0.49	\$ 0.55	\$ 0.49	\$ 0.52

Imagen A1. Cuadro comparativo del costo de producción de energía eléctrica por KWh

Fuente CFE 2009

### El proyecto Haarp y el control mental

*El proyecto HAARP (High Frequency Active Auroral Research Program,) iniciado en 1993 es una investigación financiada por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, la Marina y la Universidad de Alaska para “entender, simular y controlar los procesos ionosféricos que podrían cambiar el funcionamiento de las comunicaciones y sistemas de vigilancia”. Este proyecto, fue inspirado, sin duda, por la Torre de Tesla y sus experimentos de transmisión inalámbrica.*

*HAARP es la fuente de miles de teorías de la conspiración. En 1998 una serie de científicos manifestaron su preocupación de que HAARP podría ser usado como un arma dirigida a destruir aeronaves o para interferir las comunicaciones en cualquier punto del planeta.*

*En su resolución de 28 de enero de 1999 sobre medio ambiente, seguridad y política exterior (A4-0005/1999), el Parlamento Europeo señalaba que el programa HAARP manipulaba el medio ambiente con fines militares.*

*El Duma (Parlamento ruso) hizo un reporte donde se dice:*

*The U.S. is creating new integral geophysical weapons that may influence the near-Earth medium with high-frequency radio waves ... The significance of this qualitative leap could be compared to the transition from cold steel to firearms, or from conventional weapons to*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*nuclear weapons. This new type of weapons differs from previous types in that the near-Earth medium becomes at once an object of direct influence and its component.”*



*Imagen Aurora terrestre*

*El sitio Haarp.net habla de un documento del Ejército de Estados Unidos donde se dice:*

*“Las potenciales aplicaciones de los campos electromagnéticos artificiales son diversas y pueden ser usados en muchas situaciones militares o cuasi-militares. Algunos de los usos potenciales van desde el control de masas, el combate de grupos terroristas, el control de las instalaciones de seguridad militar y técnicas de antipersonal en tácticas de guerra. En todos los casos los sistemas electromagnético serían usados para producir de leves a severas perturbaciones psicológicas o distorsión perceptiva”.*

*¿A qué viene la mención de esta nota? Es un hecho que investigaciones acerca de la manipulación de la energía se han hecho a lo largo de los años, y hay que recordar que aunque la energía no se crea ni se destruye, la energía si destruye, o modifica su entorno. La industria militar ha sabido utilizar las diferentes manifestaciones de energía con fines bélicos, y así como hay investigaciones que no salen a la luz, es un hecho que la energía de la atmosfera se sigue investigando, entre ellas la energía de los rayos.*

### **Energía de la biomasa**

*La biomasa es la fuente de energía más antigua utilizada por el hombre, es un conjunto de materiales de naturaleza biológica susceptible de ser aprovechado para la producción de energía térmica y eléctrica, su producción es mucho más rápida y barata que la formación de combustible fósiles. En América Latina, pese a que es una región con abundantes recursos*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*energéticos fósiles, el consumo de biomasa como combustible es muy alto, principalmente en las regiones rurales. En América Central se encuentran los países con mayor dependencia de la madera como combustible.*

*El alto consumo de energía procedente de los combustibles fósiles, su costo, agotamiento y contaminación del medio ambiente, han hecho que se retome el tema de la biomasa, como fuentes de energía renovable, como sustituto de algunos hidrocarburos.*

#### Recurso energético

- ✚ Leña
- ✚ Energía térmica
- ✚ Producción electricidad
- ✚ Biogás
- ✚ Biocarburantes

#### Tecnologías relacionadas con la utilización de la biomasa [mct09]

##### Caracterización de la biomasa

- ✚ Mejora de la viabilidad de uso comercial.
- ✚ Comportamiento de cenizas en gasificación y combustión para reducir problemas en las calderas

##### Tecnologías de conversión energética

- ✚ Calderas para biomasa multicomcombustible
- ✚ Co-combustión
- ✚ Gasificación para generación eléctrica
- ✚ Limpieza de gases
- ✚ Microturbinas y motores Stirling

##### Tecnologías de optimización del recurso

- ✚ Mejora genética
- ✚ Mejora de la explotación

*En México, cerca del 80% de la energía generada a partir de biomasa proviene de leña, la cual es el principal combustible doméstico en las áreas rurales y segundo después del gas en las áreas urbanas. la producción de leña es principalmente de autoconsumo ya que entre el 80 y el 96% de los consumidores recolectan su propia leña. [IIED81] \**



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*En los próximos años la demanda continuará siendo alta. El consumo anual de leña se estima en 22 millones de m<sup>3</sup>. En los estados de la región sur, Oaxaca, Guerrero y Chiapas el consumo es de los más altos del país, el cual es aproximadamente de 91 kg/mes/hab. (Semi energía rural en México). [CNP05]\**

*Además de ser la fuente de energía más barata y al alcance de la población más pobre y marginada de las áreas rurales, la biomasa tiene gran importancia en el balance nacional de energía, México inició sus actividades de investigación y desarrollo en la década de los años 70, enfocando sus esfuerzos en el aprovechamiento de energía solar, energía eólica, pequeños aprovechamientos hidráulicos*

*En este contexto el uso de técnicas y tecnologías de avanzadas, tales como la producción de biogás y equipos de transformación modernos y teniendo en cuenta las dificultades manifiestas en la región en que está situada la universidad tecnológica del sureste de Veracruz, el Cuerpo Académico decidió crear la línea de investigación (Iiadt) y desarrollo, relacionada con el diseño y fabricación de un laboratorio de investigación para la producción de energía eléctrica mediante el uso de la biomasa, todo lo cual redundara en beneficio socio-económico de la población de algunos lugares como Paso Nuevo en la Cd. de Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río, Veracruz.*

### **Electrificación rural.**

*Uno de los grandes problemas que presenta México es la dispersión de la población rural en su territorio, sin embargo, con el objetivo de atender las necesidades de energía eléctrica y/o de alumbrado y de gas para estufas de las comunidades más alejadas, la UTSV, al igual que el resto de las instituciones debemos integrarnos al proyecto llamado: "Sistemas energéticos integrados". [CFE92]*

*Este proyecto plantea la integración de las cuatro fuentes de energía renovables, integrando y complementando cada unidad para su operación de acuerdo a los recursos y equipo disponibles. [IIE77]*

### **El uso de la biomasa como fuente de energía eléctrica**

*En México se han desarrollado diversas tecnologías para el aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía, así como el IIE ha desarrollado digestores como se indica a continuación.*



Tabla A1 Capacidad de un biodigestor

Tipo de digestor	Capacidad (m <sup>3</sup> )
Nivel laboratorio	0,2
Escala familiar	10,0
Escala comunal	40,0

Existen en el país diversos centros de investigación que en la actualidad están llevando a cabo proyectos sobre fuentes renovables de energía entre los que se considera la biomasa. En el año 2050 la biomasa podría proporcionar el 17% de la energía eléctrica y el 38% de combustibles de uso directo, no obstante, al inicio del próximo siglo habrá un déficit estimado de 960 millones de m<sup>3</sup> de leña.

### Impactos ambientales

Debe ser un deber ciudadano la responsabilidad de velar y hacer cumplir las medidas necesarias para preservar y restaurar el equilibrio ecológico. Actualmente la política social y ambiental en México, se encuentra en una etapa de consolidación, los cambios en las instituciones y los programas de modernización sectorial, han creado condiciones administrativas favorables para lograrlo y se han ido acumulando experiencias exitosas en los aspectos productivos, sociales y ambientales, de esta manera y con el objeto de proteger el ambiente de los desechos industriales producidos por las diversas fuentes de energía.

### Control de emisiones a la atmósfera

La sustitución de energías basadas en combustibles fósiles por otras de origen renovable, tiene una repercusión inmediata en la disminución de emisiones contaminantes.

A un nivel global, las cifras son bastantes significativas para 100 MW.

Tabla A2 (Reduccion de emisiones contaminantes mediante el uso de biogás)

REDUCCIÓN DE EMISIONES:	
SO <sub>2</sub> .....	2.000 T/año
CO <sub>2</sub> .....	225.000 T/año
NO <sub>x</sub> .....	600 T/año
Partículas .....	200 T/año
Cenizas .....	11.000 T/año



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*El gas metano fue descubierto en 1776 procedente de los pantanos y en 1869 fue utilizado por primera vez como biogás en la India, en aquel entonces se supo que en Asia había más de 135 mil pequeños biodigestores.*

*Después de esta época el gas- combustible, es utilizado en granjas, industria agropecuaria y en muchas casas de familia.*

*Cabe preguntarse ¿Qué es el Biogás? no es más que un gas producido con la ausencia del oxígeno molecular (digestión anaeróbica de materia orgánica); como derivado de este proceso se obtiene además un subproducto llamado Biofertilizante, sin que medien sustancias químicas, por tanto es uno de los procesos biológicos más puros que el hombre haya conocido jamás, en un sistema ecológico.*

**1 m<sup>3</sup> de biogás sustituye a.**

-  0.58 litros de Kerosén
-  0.5 - 1.5 Kg de leña
-  0.61 litros de gasolina
-  0.74 Kg de carbón vegetal

**Composición fisicoquímica del biogás**

-  Metano 60 – 80 %
-  Dióxido de Carbono 20- 40 %
-  Hidrógeno 1- 3 %
-  Oxígeno 0.1 – 1 %
-  Acido Sulfúrico 0.5- 1 %
-  Nitrógeno 0.5 – 3%
-  Agua (variable)

*El desarrollo sostenible del planeta es sin lugar a dudas un objetivo esencial para toda la Sociedad Mexicana y al mismo tiempo uno de los grandes retos a los que debiera enfrentar la humanidad en el nuevo siglo.*

**Pararrayos Desionizador de Carga Electroestática: Nueva Tecnología en Pararrayos:**

*Cuando se habla de protección contra el rayo, se debe contemplar, que cumpla con las necesidades reales de protección del ser humano y de las infraestructuras. Es por esto que en adelante no se hablara de IONIZACION sino de DESIONIZACIÓN DEL AIRE, que se resume en el proceso de esperar que venga la tormenta, aparezca el campo eléctrico para reducir su valor por debajo del valor de alta tensión y anular la ionización del aire por medio de PARARRAYOS DESIONIZADORES DE CARGA ELECTROSTÁTICA (PDCE), con el objetivo de TRANSFERIR LAS*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*CARGAS DEL SISTEMA PACÍFICAMENTE” en inglés CTS, “Charge Transfer System”, el objetivo es no crear la excitación ni captura del rayo, inhibiendo sus parámetros esenciales eléctricos. De esta forma se garantiza que las personas, vivan y trabajen en un ambiente sin contaminación electromagnética y su instalación tenga una vida útil más duradera y no sufran averías por efectos térmicos y eléctricos no controlados.*

*PDCE, son las siglas de pararrayos desionizador de carga electrostática, su principio de funcionamiento, es tan complejo como tan simple, que le facilita la particularidad del controlar la tensión para inhibir la formación del rayo. Forma parte del SPCR como elemento captador de cargas durante la formación del rayo en la zona de protección. Su función es equilibrar el campo eléctrico natural según aparece por medio de un simple y atípico condensador. Su forma y materiales no ferro-magnéticos, le dan propiedades para trabajar con campos eléctricos, campos magnéticos y campos electromagnéticos de cualquier polaridad, frecuencia y tensiones. Estas características facilitan la transformación de cargas en débiles corrientes que se fugan constantemente a tierra cuando se presentan los diferentes fenómenos eléctricos. Está compuesto por dos electrodos gemelos de misma simetría, peso y materiales, uno referenciado a tierra y otro flotante separado eléctricamente por un aislador. Otra particularidad tecnológica es la atenuación de los pulsos electromagnéticos naturales radiados por los rayos o por efecto del hombre. UN PRODUCTO PATENTADO Y ÚNICO. Esquema eléctrico pararrayos seccionado pararrayos y distribución de cargas.*

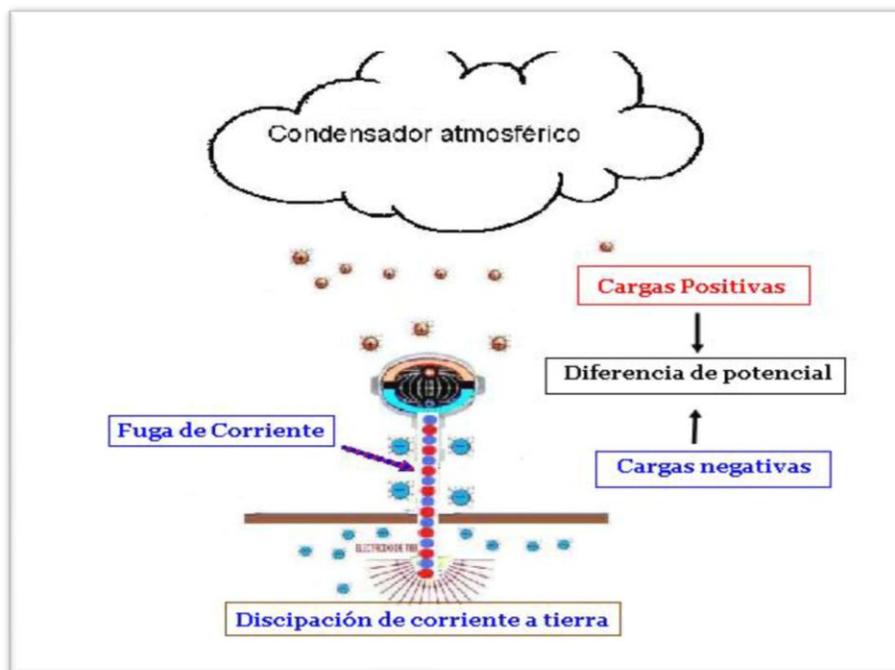


Imagen A3. Funcionamiento de un PDCE



## Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*Funcionamiento del PDCE a nivel Interno.*

1) *Las cargas de signo contrario se atraen y se repelen si son del mismo signo.*

2) *La diferencia de potencial se genera por descompensación de cargas de los electrodos.*

3) *Las cargas procedentes de tierra, se distribuyen por el electrodo conectado a tierra y éste, induce al electrodo flotante para cargarse con cargas signo contrario (Q).*

4) *La tensión eléctrica que aparece entre los dos electrodos (V), es la tendencia de la compensación de cargas de los dos electrodos causas por la diferencia de potencial de los mismos.*

5) *La corriente eléctrica que aparece por el cable de tierra (I), es el resultado del movimiento ordenado de cargas entre los dos electrodos, generada por la tensión.*

6) *La intensidad de la corriente que se fuga por el cable de tierra (I), es directamente proporcional a la tensión que aparece entre electrodos (V) e inversamente proporcional a la resistencia de la toma de tierra eléctrica (R).*

*(V)Es un valor de tensión variable y depende de diferentes variables, entre ellas la influencia eléctrica generada por la carga de la nube en tierra, el comportamiento dieléctrico del aire y la velocidad de desplazamiento de la nube.*

*(R) Es un valor variable de resistencia y depende del comportamiento dieléctrico de la toma de tierra para disipar corrientes en el momento que se presentan.*

7) *Al estar el condensador conectado permanentemente a tierra, éste no puede cargarse, ya que según se carga aparece una débil fuga de la corriente a tierra por el cable de tierra, por este motivo su valor máximo de tensión de carga y de ruptura, está por encima de su propio valor de cortocircuito.*

*Estas características de funcionamiento, reducen la formación de rayos en la zona de protección, ya que inhibimos los valores eléctricos de formación, excitación y llamada del rayo*

### **Suelo cargado eléctricamente**

*Este dato a continuación a aunque se escucha un poco ficticio, parece muy buena referencia. Este comentario se encontró en la página:*

<http://ciencia15.blogalia.com/historias/51345>

*Hace unos años apareció un artículo en Selecciones acerca de un rayo que cayó en un jardín. Por la composición del suelo, considerando incluso su química, este acumulo la electricidad y afecto a animales y personas, conservando la energía (Como un enorme acumulador) por*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*varios días hasta que se disipo. Finalmente, opino que se pueden hacer acumuladores gigantes, todo de material natural (Carbón, ácidos, etc.) en cuencas naturales, o en el mejor de los casos, hacerlos industrialmente.*

### **Tipos de calor**

*Para comenzar se debe tener claras las diferencias entre calor (Q) y temperatura (T), debido a que estos conceptos generalmente nos llevan a errores.*

*El primero de ellos se refiere a un intercambio de energía, muy parecido al concepto de trabajo mecánico; y el segundo tiene su explicación en la sensación de caliente o frío que tenemos al tocar una sustancia; esta propiedad nos permite determinar si un cuerpo está en equilibrio térmico (igualdad de temperatura)*

*La clasificación de una sustancia como fría, tibia o caliente, es algo muy subjetivo, debido a que generalmente utilizamos el sentido del tacto para entregar nuestra clasificación, y esta podría variar de una persona a otra. Un ejemplo de lo anterior, es cuando una persona toma un plato de comida caliente con la mano y otra, necesita de un paño para realizar la misma tarea.*

*Una de las reglas para la transferencia de calor es que siempre este se transferirá del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura; este principio conocido con el nombre de equilibrio térmico, busca igualar las temperaturas de los cuerpos y es utilizado por muchos sistemas de refrigeración con el fin de regular la temperatura, como por ejemplo, el refrigerador o un aire acondicionado.*

*Por tanto, los términos de temperatura y calor, aunque relacionados entre sí, se refieren a conceptos diferentes: la temperatura es una propiedad de un cuerpo que se relaciona con la transferencia de calor de un cuerpo a otro; y el calor es un flujo de energía entre dos cuerpos a diferentes temperaturas. Por lo tanto, podemos afirmar que el calor es una forma de energía.*

*La transferencia de calor, necesariamente lleva consigo un aumento o disminución de temperatura, el que también provocará algunos cambios en las sustancias, como podría ser, cambios de Presión, resistencia eléctrica y la dilatación de los cuerpos. Los cambios de temperatura tienen que medirse a partir de otros cambios en las propiedades de una sustancia. Por ejemplo, el termómetro de mercurio convencional mide la dilatación de una columna de mercurio en un capilar de vidrio.*

*Como se menciona en el párrafo anterior, el termómetro nos entrega una graduación de la temperatura, es decir, nos entrega una medida no subjetiva como lo es, el frío o caliente. Para realizar esta graduación se puede utilizar una de las tres escalas para medir*



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

*temperatura, la Celsius o centígrada [C], Fahrenheit [F] o la Kelvin, también conocida como escala termodinámica [K].*

*La escala oficial de temperatura para el sistema MKS es el grado Kelvin (desde 1933) en honor al científico Británico Lord Kelvin (1824-1907). Pero en la actualidad son ampliamente utilizadas las escalas Celsius y Fahrenheit, por lo que se hace necesario contar con una forma de conversión, de una unidad a otra, las que se indican a continuación. Conversión de escalas:*

$$^{\circ}F = ^{\circ}Cx \left(\frac{9}{5}\right) + 32 \quad (A.1)$$

$$^{\circ}F = ^{\circ}Cx \left(\frac{9}{5}\right) + 32 = ^{\circ}k - 273 \quad (A.2)$$

*En las escalas de temperaturas, se conoce como el cero absoluto al 0°K que equivale a 273,15°C que sería la temperatura mínima que podríamos encontrar. (Se ha probado recientemente que existen temperaturas menores a los 0°K). Para Transformar de grados Kelvin a grados Fahrenheit, basta con hacer un sistema de ecuaciones con las formulas entregadas anteriormente, tal como se muestra a continuación.*

#### Como se mide y transporta el calor

*La cantidad de calor (Q) se expresa en las mismas unidades que la energía y el trabajo, es decir, en Joule. Otra unidad es la caloría y la kilocaloría, que equivale a 1.000 calorías que se emplea en nutrición. La energía mecánica se puede convertir en calor a través del rozamiento, y el trabajo mecánico necesario para producir 1 caloría se conoce como equivalente mecánico del calor. A una caloría le corresponden 4,1855 [Joule].*

*Otra unidad de medida ampliamente usada en la industria, es el BTU (British Termal Units), equivalente a 251.996 [cal]. Para Transportar el calor, es decir transferencia de energía, existen tres formas básicas, las que son mostradas en la siguiente figura.*



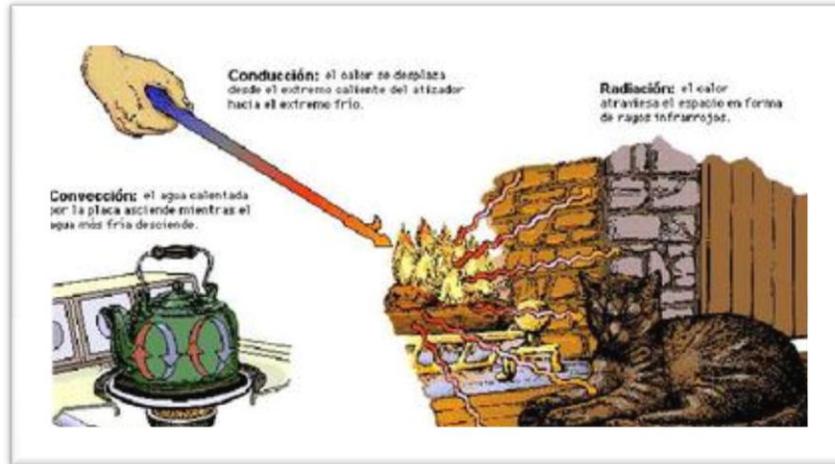


Imagen A4-. Formas de transmisión de calor

- ✚ La conducción utiliza un medio sólido para transferir calor.
- ✚ La convección utiliza un medio Líquido o gaseoso para el intercambio de moléculas frías por otras calientes, generando un movimiento de partículas en estos medios.
- ✚ La radiación utiliza las ondas electromagnéticas (infrarrojo), para transmitir calor y no necesitan un medio físico para propagarse. Estas ondas, están compuestas por fotones (paquetes de energía) que hacen que existan cambios de temperaturas, debido a la capacidad de absorber y emitir energía de los cuerpos.

### Efectos de la temperatura en los materiales

Uno de los efectos que provoca la variación de temperatura en los materiales, es la dilatación, esta dependerá exclusivamente del material que se desea analizar, esta dilatación se dice que es proporcional a la variación de temperatura y su fórmula es:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \quad (A.3)$$

Donde:

$L_0$  = longitud inicial

$\Delta T$  = variación de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\alpha$  = coeficiente de dilatación [ $1/^{\circ}\text{C}$ ]

Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

Calor específico.

*“El calor específico (c) de un material se refiere a la cantidad de calor que debe fluir de o hacia una unidad de masa, para cambiar en un grado su temperatura.”*  
*Por ejemplo, el aluminio tiene un peso específico de 0.21 [cal /g °C]. Que significa que para que la masa de 1 gramo de aluminio aumente su temperatura en 1°C, se necesita un flujo de calor de 0.21 [cal]. La fórmula para calcular el calor, utilizando el calor específico de una sustancia es:*

$$Q = cm\Delta T \quad (A.4)$$

*Donde:*

*Q = calor*

*c=calor específico*

*m = masa*

*$\Delta T$  = variación de temperatura*



## **Bibliografía**

[1] Víctor G. Serrano Domínguez "Electricidad y magnetismo" PEARSON EDUCACION. México 2001

[2] Enrique Torrella Alcaraz "Transmisión de Calor "Universidad Politécnica de Valencia España. 2008

[3] Cristóbal Fernández Pineda "Introducción a la Termodinámica" Editorial Síntesis. España. 2009

## **Referencias Bibliográficas**

[CNP05]

Censos Nacionales de Población y Vivienda, 2005.

[CFE92]

Comisión Federal de Electricidad, 1992.

[IIE77]

Instituto de Investigaciones Eléctricas, 1977.

[MCT09]

Ministerio de Ciencia y Tecnología de España, 2009

## **Referencias Electrónicas**

(1)

<http://www.angelfire.com/nt/terremotos/rayos.html>

(2)

<http://86400.es/2008/08/25/como-repelen-los-rayos-los-aviones/>

(3)

[http://www.liveleak.com/view?i=49d\\_1219365985](http://www.liveleak.com/view?i=49d_1219365985)

(4)

<http://fidelsmc.blogspot.mx/2011/12/disenio-de-sistemas-de-proteccion-contr.html>

(6)

<http://www.meteored.com/ram/491/la-red-mundial-de-localizacin-de-rayos-wwlln-world-wide-lightning-location-network/comment-page-1/#comment-33863>

(7)

<http://webflash.ess.washington.edu/>

(8)

<http://www.ruelsa.com/notas/tierras/pe01.html>

(9)

<http://www.atmosfera.unam.mx/>



## Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

(10)

[http://www.nytimes.com/2007/12/09/magazine/09lightningfarm.html?\\_r=2](http://www.nytimes.com/2007/12/09/magazine/09lightningfarm.html?_r=2)

(11)

[http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid\\_4263000/4263506.stm](http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_4263000/4263506.stm)

(12)

<http://proyectoofranklin.com/default.aspx>

(13)

<http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20070830120517AAYYexO>

(14)

<http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20081101135402AArpWzy>

(15)

<http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080620093216AAc4vT5>

(16)

<http://ciencia15.blogalia.com/historias/51345>

(17)

<http://www.joseramonmartinez.com/2008/04/30/energia-de-un-rayo/>

(18)

<http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080504055801AAs6osA>

(19)

<http://www.biopsychology.org/apuntes/mecanica/mecanica1.htm>

(20)

<http://es.thefreedictionary.com/mec%3%a1nica>

(21)

<http://www.biopsychology.org/apuntes/mecanica/mecanica1.htm>

(22)

<http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%3%ADa>

(23)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%3%ADa\\_el%3%A9ctrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%3%ADa_el%3%A9ctrica)

(24)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%3%ADa\\_mec%3%A1nica](http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%3%ADa_mec%3%A1nica)

(25)

<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r50850.PDF>

(26)

<http://www.geofisica.cl/Astronomia.htm>

(27)

<http://www.youtube.com/watch?v=zRvpM01VTFU>

(28)

<http://www.youtube.com/watch?v=FY-AS13fI30&feature=related>



(29)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A1mpago\\_del\\_Catatumbo](http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A1mpago_del_Catatumbo)

(30)

<http://www.natgeo.es/articulo/fenomenometereologicos.htm>

(31)

<http://www.monografias.com/trabajos/energiasalter/energiasalter.shtml>

(32)

<http://www.wikiciencia.org/tecnologia/energia/no-convencional/index.php>

(33)

<http://nueva-energia.blogspot.com/2007/10/la-energa-del-rayo.html>

(34)

<http://nomadaq.blogspot.mx/2011/03/hydra-skyscraper-producir-energia-de.html>

(35)

[http://www.energiasrenovables.ciemat.es/adjuntos\\_documentos/Energia\\_Solar\\_Termica.pdf](http://www.energiasrenovables.ciemat.es/adjuntos_documentos/Energia_Solar_Termica.pdf)

(36)

[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/05/htm/sec\\_6.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/05/htm/sec_6.html)

(36)

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/otros/joule/joule.htm>

(37)

<http://www.mitecnologico.com/Main/GeneracionTransformacionUsoYTiposDeEnergia>

(38)

<http://www.ojocientifico.com/2011/03/25/energia-cazadores-de-rayos>

(39)

<http://grafeno.com/hydra-el-rascacielos-que-captura-la-energia-de-los-rayos-durante-una-tormenta/>

(40)

<http://maestroviejo.wordpress.com/2012/05/09/todo-sobre-el-grafeno-propiedades-exoticas-y-utilidades-tecnologicas-e-industriales-seminario-del-dr-francisco-guinea/>

(41)

<http://iselita858.wordpress.com/2009/08/05/rayos-y-truenos-un-poco-de-ciencia/>

(42)

<http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2008/03/05/obtener-electricidad-de-los-rayos/>

(43)

<http://tec.nologia.com/2008/12/22/fuentes-de-energia-del-futuro-en-la-actualidad/>

(44)

<http://www.ecofactory.es/2007/10/energia-partir-tormentas-electricas.html>

(45)



Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: El sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética.

<http://www.taringa.net/posts/noticias/8375989/Los-rayos-electricos-serian-fuentes-de-energia-en-el-futur.html>

(46)

[http://www.tesla.ch/4-Free\\_energy.html](http://www.tesla.ch/4-Free_energy.html)

(47)

<http://www.youtube.com/watch?v=dYh73-ZZ-0U>

(48)

<http://erenovable.com/energia-de-biomasa/>

(49)

<http://mexicoparalosmexicanos.blogspot.mx/2008/06/energa-undimotriz-para-mxico.html>

(50)

<http://www.eluniversal.com.mx/finanzas/64663.html>

(51)

<http://eltamiz.com/2007/09/20/rayos-el-origen-de-los-rayos/>

(52)

<http://smdelectronicayalgomas.blogspot.mx/2010/10/capacitores-de-grafeno-se-vuelven.html>

(53)

<http://blogingenieria.com/universidades-ingenierias/capacitores-recargar-dispositivos/>

(54)

<http://grafeno.com/el-instituto-de-fisica-de-la-unam-investiga-el-grafeno/>

(55)

<http://www.popsci.com/science/gallery/2011-08/popscis-25-most-awesome-college-labs-2011?image=15>

(56)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Harvesting\\_lightning\\_energy](http://en.wikipedia.org/wiki/Harvesting_lightning_energy)

(57)

<http://www.youtube.com/watch?v=0hNSVHWCIJ0>

(58)

[http://www.unicrom.com/Tut\\_unidades.asp](http://www.unicrom.com/Tut_unidades.asp)

(59)

[http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke\\_voltaje/ke\\_voltaje\\_3.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_voltaje/ke_voltaje_3.htm)

(60)

<http://www.latrinchera.org/foros/showthread.php?7914-Electricidad-Inalambrica-Experimentos-de-Tesla-1900>

