

# PRUEBAS CON UN PROTOTIPO DE LEVITADOR ELECTRODINÁMICO

## EXPERIMENTS WITH AN ELECTRODYNAMIC LIFTER PROTOTYPE

JOSUE RINCÓN

*Escuela de Ingenierías Eléctrica Electrónica y de Telecomunicaciones, Universidad Industrial de Santander*

LAURA MARTÍNEZ

*Escuela de Ingenierías Eléctrica Electrónica y de Telecomunicaciones, Universidad Industrial de Santander*

RODRIGO CORREA

*Escuela de Ingenierías Eléctrica Electrónica y de Telecomunicaciones, Universidad Industrial de Santander*  
*crcorrea@uis.edu.co*

Recibido para revisar Enero 17 de 2009, aceptado Agosto 25 de 2009, versión final Agosto 30 de 2009

**RESUMEN:** el presente artículo describe el diseño, construcción y pruebas de un prototipo capaz de levitar cuando se le somete a una elevada diferencia de tensión d.c. entre sus electrodos, 24 a 30kV. Si bien este fenómeno se conoce hace más de un siglo, su fundamento científico es aún desconocido y no hay un modelo matemático que explique su comportamiento a diferentes condiciones de tensión, geometría, peso, humedad relativa y temperatura del medio. Además de reproducir este inusual fenómeno físico, se diseñaron sencillos experimentos para mostrar algunas de sus excepcionales características; dado que requiere de una elevada diferencia de potencial, se comprobó que operaba en forma equivalente a un separador electrostático convencional eliminando partículas sólidas de un gas encerrado en un recipiente o en flujo, con la ventaja de un bajo consumo de energía eléctrica. Igualmente, a las condiciones de operación, produce ozono de forma controlada, indicándonos que hay una fuerte ionización del aire cercano en forma similar cuando se presenta el conocido efecto corona.

**PALABRAS CLAVE:** sistemas antigraavitatorios, condensador asimétrico, ionización de aire.

**ABSTRACT:** this article describes the design, construction and experiments of a prototype capable to levitate when it is subject to a high d.c. voltage between its electrodes, 24 to 30kV. Although this phenomenon it is well known for more than one century, its scientific basis are not known yet and there is not available a mathematical model which explains its behavior when it is subject to changing experimental conditions such voltage, geometry, weight, relative humidity and temperature of its environment. Besides the replication of this exceptional phenomenum, several straightforward experiments were carried out to show some of its outstanding characteristics. Because it needs a high voltage difference between its electrodes, it was proved that it works as a conventional electrostatic separator because it eliminated solid particles from a gas sample confinated in a container or flowing, with the advantage of low energy requirements. In the same way, at the operational conditions, it produces ozone in a controlled way. It seems due to the strong air ionization as observed in the well known corona effect.

**KEYWORDS:** antigraavitatory systems, asymeric condenser, air ionization.

### 1. INTRODUCCIÓN

Este fenómeno físico apareció reportado por primera vez en el año 1920. Algunos artículos mencionan que Maxwell y sus contemporáneos

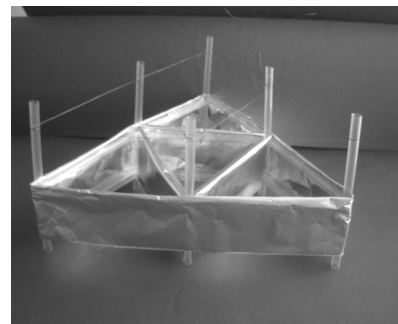
lo observaron 20 ó 30 años antes, aunque no se logró ubicar un registro fidedigno; de igual manera, se resalta el hecho que este fenómeno recibió atención nuevamente en los albores de

los años 60 en potenciales aplicaciones como naves espaciales y sistemas denominados antigravitatorios. Igualmente, es interesante ver como en la Internet, *YouTube* por ejemplo, aparecen cientos de fanáticos, sugiriéndolo como un sistema que opera de tal forma que altera las líneas de fuerzas del campo gravitatorio. Pese a todo este interés aún existe un evidente desconocimiento de su principio y no hay, a la fecha, una explicación cuantitativa a nivel macroscópico ni microscópico; sin embargo, algunos autores han propuesto modelos originados en observaciones experimentales recolectadas. A continuación se citan algunas de las teorías propuestas para la descripción del fenómeno de levitación originado al generar una elevada diferencia de potencial entre dos electrodos separados a una distancia definida y con áreas superficiales marcadamente diferentes. Dentro de los varios estudios iniciales reportados se destaca el realizado por T. Brown y el profesor P. Biefeld de donde surge el denominado efecto Biefeld-Brown (1920), como también se conoce este fenómeno, [1,2,3]. De igual manera se ha estudiado desde el punto de vista de su apariencia física, es decir, un condensador (*capacitor*) donde una de las placas tiene un área considerablemente mayor que la otra y que al existir una diferencia de potencial del orden de los kilovoltios, se genera una fuerza de empuje neta de magnitud suficiente como para hacerlo levitar [4,5,6].

### 1.1 Descripción cualitativa del fenómeno

El fenómeno de levitación comúnmente conocido como de Biefeld-Brown, se observa al tener un electrodo energizado con una tensión del orden de los miles de voltios respecto a otro de referencia ubicado a una distancia que impide se rompa la rigidez dieléctrica del medio que los separa (generalmente aire); se debe tener presente que el efecto disminuye con la aparición del arco eléctrico entre los electrodos, por lo cual deberá existir uniformidad en las superficies de ambos. Al operar con tensión entre 24 y 28kV se puede escuchar un ruido semejante al que ocurre en el efecto corona en un conductor [7,8]; de igual forma, se evidencia una corriente constante de *gases* que presenta una temperatura

aproximadamente 3 a 5°C por debajo a la del ambiente. Si se observa el fenómeno en la oscuridad se pueden apreciar puntos azules y violetas en ambos electrodos acentuados en mayor proporción en las zonas que presentan puntas agudas o cortes irregulares del recubrimiento del electrodo positivo. Este efecto pudo reproducirse con una tensión superior a los 23kV d.c., utilizando un hilo de cobre con o sin recubrimiento de barniz, energizado con referencia a un electrodo de aluminio para levantar una estructura simétrica como la observada en la Figura 1.



**Figura 1.** Modelo usado para levitación mediante el fenómeno de Biefeld-Brown

**Figure 1.** Model used for levitation using the Biefeld-Brown phenomena

### 1.2 Breve reseña histórica del fenómeno

Las primeras evidencias que se encuentran sobre el estudio de las corrientes iónicas como medios de propulsión hacen referencia al trabajo realizado por F. Hauksbee en el año de 1709 en el libro titulado “experimentos físico-mecánicos sobre diversos temas”. Se dice además que Newton, Faraday y Maxwell, estudiaron este fenómeno. La descripción de un sencillo levitador se presenta en la patente 2949550 de julio de 1957 en USA por Tomas Brown y titulada “*Elektrokinetic system*”; se cree que la falta de conocimiento en ese momento, dio lugar a una muy baja eficiencia de operación de estos primeros propulsores y a una igualmente errónea interpretación y explicación de su real fundamento. En 1960 aparece el trabajo realizado por el Mayor de Seversky quien presenta su patente del *Ionocraft* el 28 de abril de 1964 y quien el mismo año publica su estudio en la revista “*Popular Mechanics*”, [6].

### 1.3 Modelado del fenómeno

Dentro de la muy reducida documentación que se encuentra sobre este fenómeno, se lograron detectar tres corrientes con ciertas similitudes en sus modelos que pretenden explicarlo pero de una manera cualitativa; ellos son:

#### 1.3.1 Flujo Iónico, FI

Esta teoría plantea que bajo el efecto de una alta tensión d.c., se logra ionizar el aire, cuando éste es el dieléctrico circundante, y cuyos iones son acelerados como producto de la alta diferencia de potencial. Este movimiento permite generar una fuerza resultante que impulsa el prototipo en sentido contrario. Sin embargo, cálculos preliminares tomando un modelo de prueba muestran que la fuerza que se generaría mediante este principio es varias veces inferior a la necesaria para elevar el prototipo analizado. En conclusión, pese a que el modelo utiliza las leyes de Newton, las fuerzas resultantes generadas son muy inferiores al peso total del prototipo como para lograr mantenerlo levitando a diferentes alturas sobre el nivel del suelo. De todas maneras, se evidencia la producción de un flujo de *gases*, siendo ozono uno de sus componentes.

Para contribuir al esclarecimiento de esta propuesta de explicación, esto es, es el flujo descendente de esta corriente gaseosa la responsable por la levitación, se invirtió la polaridad de tal forma que sí es cierta, el levitador permanecería en la superficie con una fuerza en dirección de la fuerza de gravedad que lo mantendría inmóvil en esa posición. Las observaciones experimentales que se realizaron mostraron que el modelo continuaba levitando sin importar la polaridad.

#### 1.3.2 Condensador Asimétrico, CA

Este modelo considera la existencia de un flujo de cargas entre los electrodos asumidos como *placas* de un condensador; el orden de magnitud de la fuerza resultante sobre el condensador calculada mediante este modelo es correcto, aunque si bien, no describe en detalle el fenómeno real. De igual forma, el modelo se complementa mediante la determinación de la fuerza neta generada en un condensador

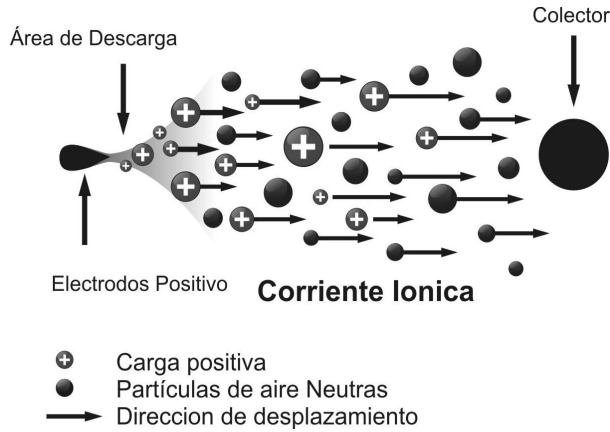
asimétrico utilizando la primera y segunda leyes de la termodinámica [2,3].

#### 1.3.3 Modelo dinámico, MD

En este modelo se establece que el área alrededor del punto con mayor potencial de carga (alambre superior para el prototipo desarrollado), genera una atmósfera con una gran cantidad de carga de iones, de forma tal que al ser lo suficiente fuerte la diferencia de cargas con el colector (lámina de aluminio para el prototipo desarrollado), los iones cargados chocan contra las partículas neutras del aire (nitrógeno, oxígeno y otros gases) que originan una fuerza de impulso considerable para la elevación del prototipo; en la Figura 2 se ilustra el comportamiento de las cargas de acuerdo a este modelo. La diferencia de áreas superficiales entre los dos electrodos es cerca de tres órdenes de magnitud. De acuerdo con la tercera ley de Newton de movimiento, la acción es igual y opuesta a la reacción, y por ende, el dispositivo se moverá en la dirección opuesta de la corriente de iones.

Este modelo afirma que la fuerza ejercida sobre los iones generada por la intensidad de campo eléctrico, se ve compensado por la fuerza de fricción causada por la colisión de los iones con las moléculas de aire neutro. Como resultado, los iones se desplazan con una velocidad aproximadamente constante  $v_d = K\bar{E}$ , siendo proporcional a la intensidad de campo eléctrico  $\bar{E}$ , donde la constante de proporcionalidad  $K$ , es la movilidad de los iones. Cuanto mayor sea el espacio de aire entre los electrodos comparado con el recorrido libre medio, hay más probabilidad para que un ion golpee repetidamente las moléculas neutras; por tanto, el impacto será más eficaz y por ende habrá más empuje. Durante estas colisiones, la carga de los iones no se transfiere a las moléculas neutras; cuando alcanzan el electrodo inferior, los iones aún siendo positivos lo golpean y se neutralizan. Se tiene entonces, que el aire que permanece a lo largo de las caras del electrodo inferior, proporciona al dispositivo la corriente de aire neutro que le permite impulsarse. Con ello, se logra conseguir que levite, al igual que un helicóptero, por la succión de aire hacia abajo desde la parte superior y

empujarse a sí mismo en dirección contraria. Aerodinámicamente, se crea un flujo de aire descendente cargado eléctricamente con iones. Se puede considerar como una versión más detallada del primer modelo discutido.



**Figura 2.** Esquema del comportamiento de las cargas según el modelo dinámico

**Figure 2.** Charges behavior schema according to the dynamic model

## 2. PROTOTIPO

Para la parte experimental se estudiaron diferentes modelos de prototipos eligiéndose el *triángulo equilátero* para el desarrollo de las pruebas, dada su simplicidad geométrica, facilidad de construcción y la posibilidad de simplificar la influencia del diseño en la elevación y estabilidad.

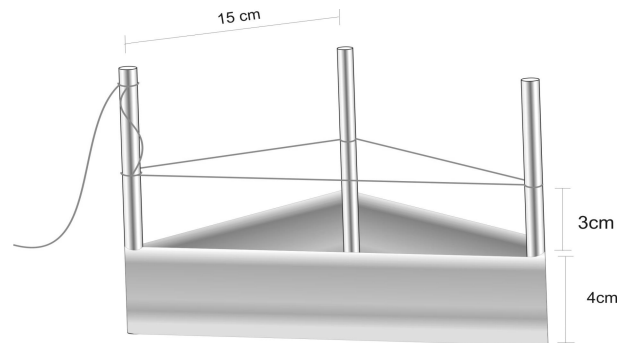
### 2.1 Diseño del prototipo

Inicialmente se hicieron pruebas con estructuras en valso las cuales presentaba un considerable peso y facilidad en la generación de arco en sus esquinas descartándose su uso; los modelos con otros dos materiales poliméricos, presentaron demasiada inestabilidad en la configuración de la estructura y dificultad en el armado. El modelo elegido para las pruebas fue un triángulo equilátero de 0.155m elaborado sobre una estructura de cilindros huecos plásticos de 0.005m de diámetro. Presentó un buen desempeño a una tensión mas baja, permitiendo ello realizar variaciones en su configuración para determinar las variables que inciden en la observación del fenómeno. Aun cuando se

construyeron una gran variedad de modelos más complejos, estos no presentaron un adecuado funcionamiento con la tensión de trabajo disponible [9].

### 2.2 Consideraciones de diseño

Para tener un desempeño aceptable del modelo fue necesario tener en cuenta que los bordes del electrodo inferior estén redondeados, mantener la superficie de la lámina completamente lisa, utilizar una lámina del menor calibre posible para el electrodo inferior, un diámetro del electrodo superior lo mas pequeño posible y mantener una distancia entre los electrodos, determinada experimentalmente, para evitar la aparición de arco eléctrico. Teniendo en cuenta estos aspectos, se construyó un prototipo que cumple con las especificaciones necesarias para su implementación, ver Figura 3.



**Figura 3.** Modelo simulado  
**Figure 3.** Simulated model

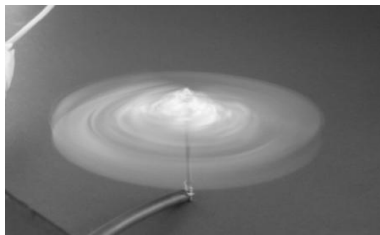
Prototipo final: peso, 0.0028kg; dimensiones de las láminas de aluminio, las cuales forman el triángulo equilátero, 0.15m de ancho por 0.04m de alto; base externa elaborada con cilindros plásticos de 0.095m de largo; un marco principal construido con cilindros de 0.15m de largo y 0.005m de diámetro; el electrodo superior es un alambre de cobre de 0.00008m de diámetro.

### 2.3 Fuente elevadora de tensión (d.c.)

Para la fuente elevadora de tensión se eligió un generador d.c. variable entre 0-30kv que ofrece un rango de trabajo apropiado; se construyó con el uso de un *flyback* por la facilidad en su configuración y puesta en funcionamiento.



acercar el electrodo y la referencia del sistema desde 0.01 a 0.007 m. Ver Figura 6.



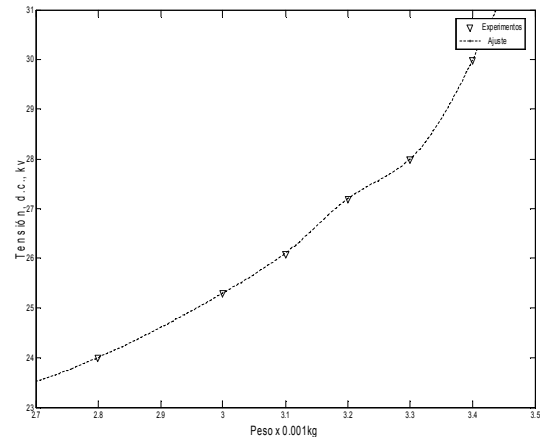
**Figura 6.** Prototipo (hélice)

**Figure 6.** Prototype (propeller)

En estas figuras se puede observar la hélice antes y después de someterla a la tensión indicada. Esta prueba nos muestra que la fuerza resultante que impulsa la hélice está orientada en los bordes mas afilados del electrodo, que para este diseño es el borde del aluminio, y en la configuración correcta puede producir el giro del mismo sobre este eje. De igual forma, si se ubica el electrodo de referencia en la oscuridad a una distancia de aproximadamente 0.06m, se puede observar un punto de luz en los extremos de ambos electrodos, lo que indicaría que aun cuando no se percibe un flujo entre los dos, el campo de mayor tensión busca el punto mas cercano y con mayor diferencia de tensión para equilibrar las cargas.

### 3.2 Prueba número 2: efecto del peso

Al modelo construido se le fue incrementado el peso para mantener la misma altura de 0.30m sobre el nivel del piso. La Figura 7 muestra la variación de la tensión aplicada con el peso del prototipo. A medida que aumenta el peso se requiere mayor tensión para mantenerlo en la altura deseada; la relación tensión-peso es al inicio aproximadamente lineal, pero tiende a incrementarse en forma considerable conforme se incrementa el peso.



**Figura 7.** Variación de la tensión de alimentación con el peso del prototipo

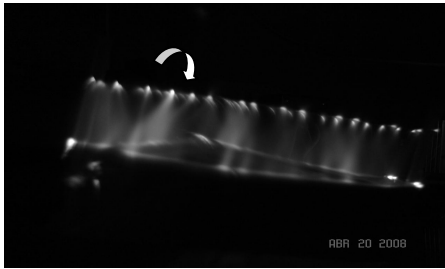
**Figure 7.** Input voltage variation as a function of prototype weight

Se observó además que el sistema comenzaba a oscilar y tendía a la inestabilidad al aumentar la tensión.

### 3.3 Prueba número 2: fotografías en la oscuridad

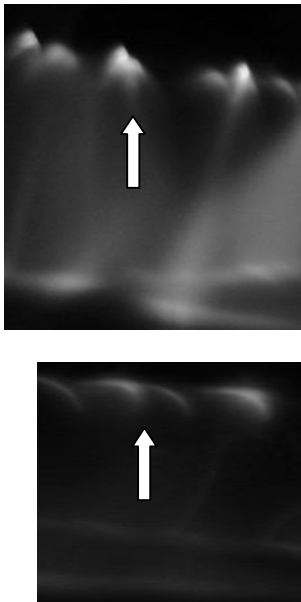
Para esta prueba se utilizó el modelo del triángulo equilátero de 0.15m de ancho. En la Figura 8 se muestra el destello de los iones que se desplazan del hilo de cobre en la parte superior del prototipo hacia el aluminio; los puntos de fuga describen la misma trayectoria como lo predice el modelo MD. Se observa que la ionización del aire no se desarrolla de forma uniforme; sin embargo, la línea de puntos parcialmente equidistantes permite generar un flujo uniforme y equilibrado que eleva el prototipo. La levitación del prototipo no se realiza de forma gradual sino que esta se alcanza en un punto determinado cuando el flujo de aire es lo suficientemente fuerte para que permita levantar el peso de éste.

De igual forma, la levitación del mismo no es controlada dado que se observa una constante variación en las corrientes descendentes, que se asume están dadas por la variación en la ionización del aire circundante y en los cambios de posición que sufre el dispositivo.



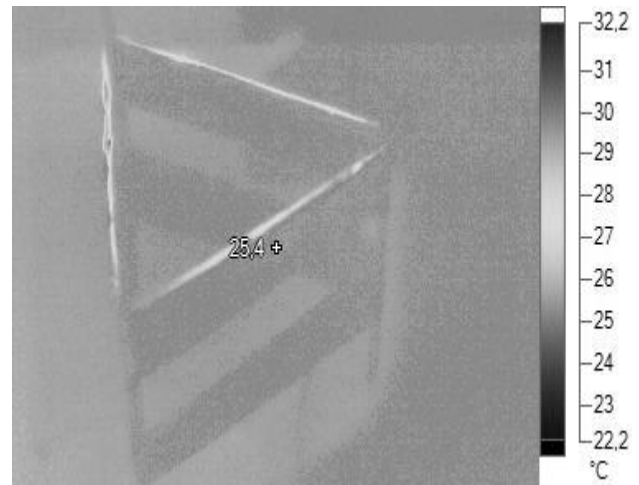
**Figura 8.** Prototipo levitando operando a una tensión de 21kV. Las flechas indican el flujo de iones  
**Figure 8.** Prototype working at 21kV. The ions flow is indicated by arrows

La estabilidad se puede mejorar con el aumento en la tensión de alimentación y un diseño geométrico aerodinámico. En la Figura 9 se puede observar que el punto blanco con mayor luminosidad corresponde al cable de cobre donde el nivel de tensión es máximo y presenta mayor ionización. Este efecto se observa solo cuando el cable de cobre está recubierto con barniz. Cuando se utiliza cable desnudo se visualiza un borde luminoso uniforme sobre todo el conductor y de menor intensidad. Las flechas muestran las líneas curvas de flujo de los iones saliendo del electrodo superior (el alambre de cobre) hacia el electrodo inferior, una lámina de aluminio.



**Figura 9.** Se indican los puntos de mayor ionización sobre el electrodo de cobre  
**Figure 9.** The higher ionization points on the copper electrode are indicated

De otro lado, una termografía del prototipo levitando muestra que la temperatura se incrementa ligeramente sobre el electrodo superior, mientras la temperatura del flujo de *gas* generado está cerca de 2 a 3°C por debajo de la temperatura ambiente, que se mantuvo en 26°C, ver Figura 10.



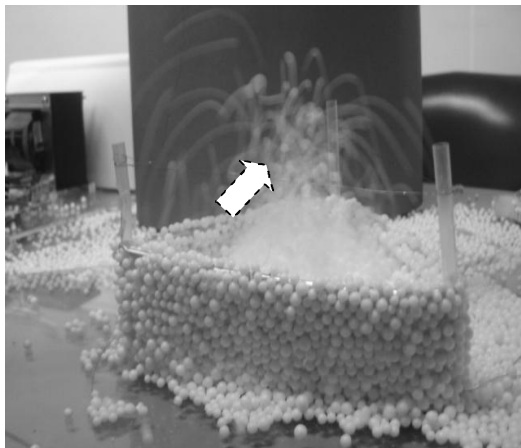
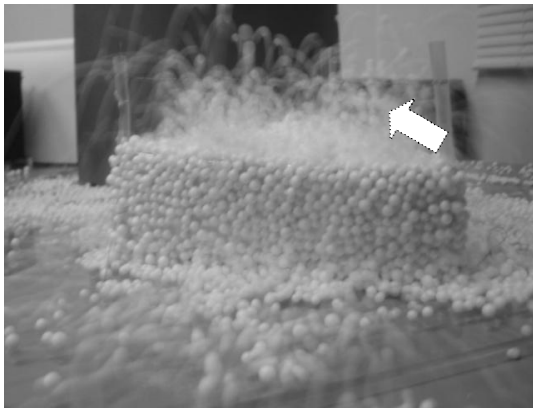
**Figura 10.** Termograma del prototipo operando  
**Figure 10.** Thermogram of the prototype floating

### 3.4 Prueba número 3: esferas de icopor

Con la intención de poder tener una apreciación visual del sentido del flujo de *gases* emitidos por el prototipo, se usaron esferas de icopor que se arrojaron al dispositivo cuando este se encontraba levitando. Aun cuando se había apreciado del experimento anterior que la fuerza y dirección en que este flujo actúa entre los dos electrodos es hacia afuera, la ionización que genera el campo hace que las esferas se adhieran al electrodo inferior y que después de unos minutos hace que el modelo caiga por exceso de peso. Después de caer y que la superficie del electrodo está completamente saturada de estas esferas, los flujos generados entre los dos electrodos comienzan a repeler las esferas de icopor que son lanzadas de forma similar a una fuente de agua (ver Figura 11) y en el punto del centroide del triángulo esta repulsión es aun mayor. Las esferas de icopor que caen alrededor del electrodo de aluminio son ahora expulsadas con gran fuerza.

### 3.5 Prueba número 4: humo

Esta prueba en particular nació de la idea de determinar la orientación del flujo de *gases*, lo que se pensó inicialmente fue en inyectar humo por todos los lados del triángulo y observar su dirección, pero al hacerlo el humo desaparecía, por tal razón se pensó en ubicar el prototipo en una cápsula y llenarla de humo para visualizar su comportamiento.

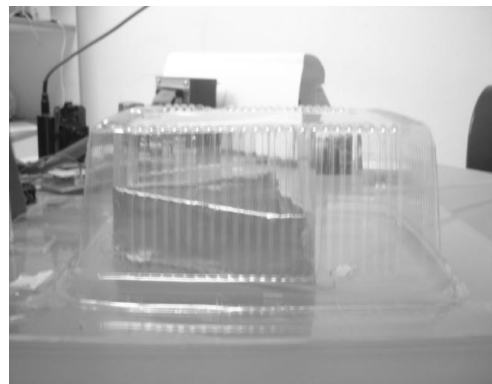
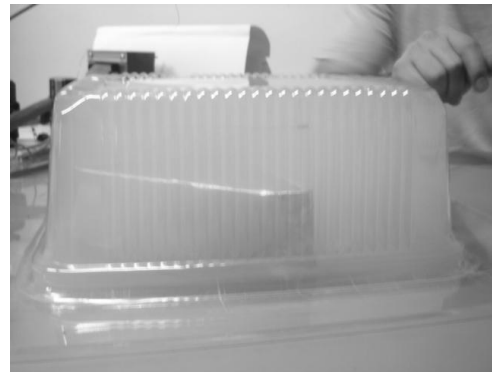


**Figura 11.** Comportamiento de las esferas de icopor arrojadas al modelo operando a 25kV

**Figure 11.** Styrofoam spheres behavior when they are thrown to the prototype operating at 25kV

En esta nueva configuración se pudo observar que el sistema atrae todas las partículas de forma muy rápida hacia el electrodo inferior (lámina de aluminio) dejando la cámara en completa claridad y con un aire con olor a ozono completamente claro (Figura 12). Después del experimento, se observó un depósito aceitoso y amarillo sobre el electrodo de aluminio.

Se concluyó que dada la diferencia de potencial entre los electrodos, el prototipo levitador se comportaba como un separador electrostático convencional atrapando partículas haciéndolas depositar sobre el electrodo negativo, esto es, las cargas eléctricas que poseen las partículas deben ser positivas. Si bien existió la duda de que los vapores de las sustancias orgánicas presentes en el humo cambiaran de fase debido la temperatura del electrodo de aluminio, las pruebas con el termograma descartaron este mecanismo de condensación y atrapamiento de las partículas sólidas.



**Figura 12.** Sistema antes y después de operar el prototipo a una tensión de 25kV. El modelo se mantuvo fijo sobre la superficie

**Figure 12.** System appearance before and after turn on the prototype operating at 25kV. The model was fixed on the surface

### 3.6 Prueba número 5: variación del diámetro del alambre de cobre (electrodo superior)

Para observar el efecto de variar los diámetros del alambre de cobre, se elaboraron unos rectángulos con calibres que variaban entre 18 y

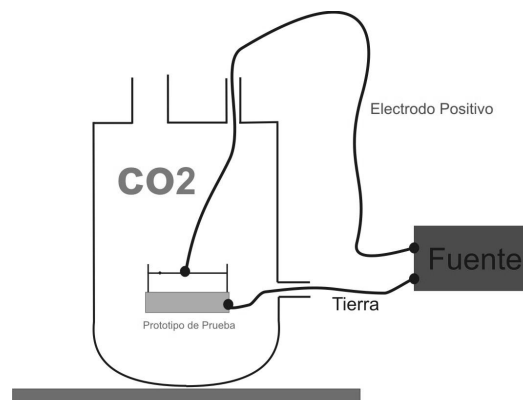


40 (0.00008 y 0.00102m); se alimentaron con una tensión constante de 24kV. La variaciones de estos diámetros se evidenciaron con un aumento de ruido y corriente de *gases* para un mayor calibre, situación que no está acorde con la documentación presentada por otros autores; para la implementación en el prototipo se observó que el aumento en el calibre incrementó el peso total. Sin embargo, el aumento de la fuerza neta de elevación no se vio compensado, ya que el prototipo no levitó. En las pruebas realizadas en la oscuridad se observó que el nivel de luminosidad no presentaba mayor variación. De igual forma, se utilizó alambre desnudo y recubierto con barniz; como antes, se observó una disminución significativa en el ruido generado, mayor uniformidad en la corriente y luminosidad cuando se utiliza cable desnudo.

Se escogieron cinco diámetros del alambre para la realización de estas pruebas, calibre 18, 23, 24, 26 y 40. La prueba con electrodo de cobre con y sin revestimiento se usó en un prototipo triangular bajo una misma tensión; el prototipo con alambre sin revestimiento, presentó una leve disminución en su fuerza de elevación comparado con el que está cubierto.

### 3.7 Prueba número 6: cámara con dióxido de carbono

Se realizaron ensayos con un material no ionizable a las condiciones de operación del prototipo, esto es, 25kV. Para estas pruebas se realizaron experimentos con el equipo esquematizado en la Figura 13; el prototipo se acondicionó dentro de una cámara con CO<sub>2</sub>. Los resultados mostraron que en presencia de este compuesto no hay levitación del prototipo ni generación de arco eléctrico; estos resultados sirven, por lo menos para estas condiciones operativas particulares, como soporte experimental de la hipótesis planteada del requerimiento de la generación de corrientes iónicas para la elevación del prototipo.

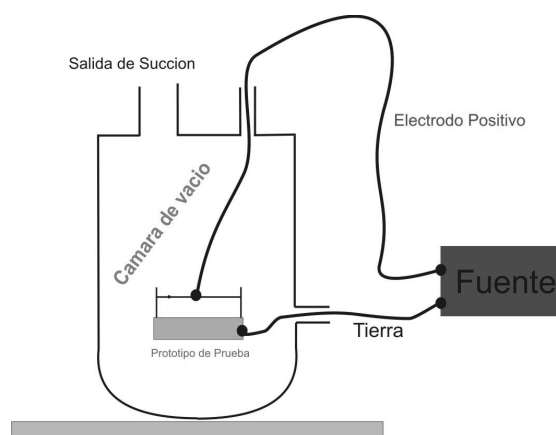


**Figura 13.** Esquema de la configuración para la prueba con CO<sub>2</sub>.

**Figure 13.** Configuration scheme for the experiment using CO<sub>2</sub>

### 3.8 Prueba número 7: prueba en vacío

En esta prueba se busca determinar si en un ambiente de vacío moderado se observa el fenómeno. Para su configuración se utilizó un recipiente de vidrio sellado herméticamente y una bomba de vacío convencional; en el recipiente se colocó el prototipo accionándolo en aire y en vacío. Las pruebas indicaron que en presencia de vacío no levita el prototipo y aumenta la generación de arco entre los electrodos. Las pruebas de vacío realizadas por otros autores logran los mismos resultados. Este aspecto es muy importante pues permite dilucidar cual de los modelos propuestos describe el fenómeno en forma apropiada, ver Figura 14.



**Figura 14.** Montaje para la prueba en vacío

**Figure 14.** Set-up for vacuum experiments

### 3.9 Prueba número 8: variación en las dimensiones del electrodo de aluminio

Se realizaron ajustes en las dimensiones del electrodo de aluminio con el fin de observar posible efectos. La temperatura y humedad para esta prueba fueron de 26°C y 64% de humedad relativa. En la Tabla 1, se observan los valores de tensión y corriente medidos para cada tamaño del electrodo. El ancho del electrodo del aluminio se varió entre 0.01 y 0.04m. Se observó que el tamaño de la lámina influye en la estabilidad y el vuelo del prototipo; para que el triángulo de 0.15m tenga un comportamiento aceptable, se debió trabajar con una lámina de 0.04m de ancho y una distancia justa entre el alambre de cobre y el aluminio de 0.03m. Sin embargo, se observó que todos los prototipos con los anchos de aluminio seleccionados, se elevaron sin mayores complicaciones [9]. En todas las pruebas realizadas se percibió el olor característico del ozono, y que es producido en forma similar mediante el uso de alta tensión. Se produce ozono regularmente cuando se opera una impresora láser, una fotocopidora, un motor a gasolina o cualquier otro equipo que fundamente su operación en descargas de alta tensión en presencia de aire (efecto corona).

Este ozono se considera un contaminante potencial del medio ambiente a bajas alturas y existe en concentraciones relativamente elevadas en ciudades con alto flujo vehicular; no obstante, este ozono es inestable en presencia de rayos ultravioleta y en otras condiciones relativamente fáciles de conseguir.

**Tabla 1.** Valores de tensión de entrada y corriente como una función del ancho de los electrodos usados en las pruebas

**Table 1.** Input voltage and electric current values as a function of electrodes wide used in the experiments

Ancho (m)	v (d.c. kv)	i(mA)
0.01	25,5	0,057
0.02	26,9	0,059
0.03	27,1	0,062

Dada sus propiedades fisicoquímicas, se utiliza como medio para eliminar bacterias en el tratamiento de aguas y son muy conocidos los equipos que se consiguen en el mercado para purificar el agua mediante su contacto con ozono.

### 3.10 Consumo de potencia eléctrica promedio

Para todas las pruebas, algunas de ellas mostradas en el presente artículo, se determinó la corriente y tensión de alimentación promedio para unas condiciones de temperatura y humedad relativa. El promedio de potencia consumida por el modelo fue de 45wattios para una humedad y temperatura promedios de 68% y 24.6°C, respectivamente.

## 4. CONCLUSIONES

De esta primera etapa se puede concluir, que este interesante fenómeno representa un potencial tanto desde el punto de vista académico como tecnológico. Persiste aún, a pesar de ser conocido desde hace más de un siglo, la falta de conocimiento de sus fundamentos. Existen aplicaciones especiales patentadas recientemente, como por ejemplo las solicitadas por la NASA [10,11]. Paralelo al fenómeno de levitación, el sistema tiene unas características de comportamiento que fueron parcialmente estudiados en este trabajo y cuyos resultados han orientado dos trabajos que se encuentran en marcha. Uno relacionado con la generación controlada de ozono y el otro con el diseño de un sistema de control automático de posición que permite el control de altura de vuelo del prototipo y cuyos resultados aparecerán en un siguiente artículo.

## REFERENCIAS

- [1] BROWN T., US patent 3187206, Electrokinetic Apparatus, 1965.
- [2] CANNING, F., MELCHER, G., and WINET, E., Asymmetrical Capacitors for Propulsion, NASA TM CR-2004-213312, 2004.

- [3] CANNING, F., MELCHER, G., and WINET, E., KNUDSEN, S., Asymmetrical Capacitors for Propulsion Proceedings of the 53rd JANNAF Propulsion, 1-16, 2005.
- [4] CAMPBELL J., US patent 6317310 Apparatus and method for generating thrust using a two dimensional asymmetrical capacitor module, 2002.
- [5] CANNING, F., Experimental findings of lifters, asymmetrical capacitor thrusters, and similar electrogravitic devices. AIAA 2006-4910, Sacramento California, 5607-5611, 2006.
- [6] DE SEVERSKY, A. US patent 3130945, Ionocraft, 1964.
- [7] MOJICA J. Estudio Teórico práctico del efecto corona. [Trabajo de grado], Universidad Industrial de Santander, 1973.
- [8] VILA R., Medidas de pérdidas corona y nivel de radio interferencia en líneas cortas enmalladas [Tesis de maestría], Universidad Industrial de Santander, 2005.
- [9] MARTINEZ L., RINCON J. Prototipo de un sistema de ionización [trabajo de grado], Universidad Industrial de Santander, 2008.
- [10] CAMPBELL J, NASA, Apparatus for generating thrust using a two dimensional asymmetric capacitor modulus, US patent US 2002012221, issued on January 31, 2002.
- [11] CAMPBELL J, NASA, Apparatus for generating thrust using a two dimensional asymmetric capacitor modulus, US patent US 6411493, issued on June 25, 2002.