

# GÓNDOLA

ISSN 2145-4981

Vol 7 No 1 Julio-Diciembre 2012 Pp 32 - 49

## LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA A TRAVÉS DE MÓDULOS EXPERIMENTALES PHYSICS TEACHING WITH EXPERIMENTAL MODULES

Ronald Avendaño<sup>1</sup>

Jamith55@yahoo.es

Wilson Lancheros<sup>2</sup>

Wilsonflancheros@yahoo.com

Olga Castiblanco<sup>3</sup>

olcastiblancoa@udistrital.edu.co

Fabio Omar Arcos<sup>4</sup>

farcos@udistrital.edu.co

### RESUMEN

Esta propuesta de enseñanza y aprendizaje de la Física fue desarrollada en dos instituciones educativas privadas de la ciudad de Bogotá, Colombia, con estudiantes de noveno, décimo e undécimo grado, con edades entre los 13 y 18 años. Se propuso explorar diversas posibilidades de formación a través del trabajo experimental en el aula. Para ello fueron planeados, aplicados y analizados 5 módulos de laboratorio, cada uno de los cuales contempla pequeñas metas que buscan alcanzar un objetivo general. El proceso fue diseñado de acuerdo con las características de temática a desarrollar y las posibilidades de construcción de los montajes. Los módulos trabajan respectivamente conceptos relacionados con mecánica, electricidad, termodinámica, mecánica de fluidos y ondas; por medio de 5 montajes que se titulan: Tractor mecánico, maquina térmica, túnel de viento, generador de Van Der Graff y efecto Doppler. En general constan de; diseño, construcción, funcionamiento del dispositivo y análisis de los conceptos físicos que explican el funcionamiento de cada uno. Pudimos constatar activa participación de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, trabajo interdisciplinar y reflexiones acerca de las aplicaciones de la ciencia y la tecnología en la sociedad.

*Palabras claves:* Módulo experimental de física. Aprendizaje significativo. Enseñanza de la Física.

### ABSTRACT

This proposal for teaching and learning physics was developed in two private educational institutions in Bogotá, Colombia. With students between 13 and 18 years old. We research different educational possibilities throughout experimental work in the classroom. We planed, applied and analyzed five modules for lab, each one with small goals to achieve an overall objective. The process was designed according to the proper characteristics about physics topics and assembly difficulties. The modules were about; mechanics, electricity, thermodynamics, fluid mechanics and waves, by means of 5 modules that were titled: Tractor mechanic, Heat engine, Wind tunnel, Van Der Graff generator and Doppler effect. In general they consist on; design, construction, operation and explanation. We observed active participation of students on their learning process, interdisciplinary work, and reflections about science and technology impact over the society.

<sup>1</sup> Licenciado en física, Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", Bogotá, Colombia.

<sup>2</sup> Licenciado en física, Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", Bogotá, Colombia

<sup>3</sup> Doctoranda en Educación para la Ciencia, Universidad Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", UNESP. Bauru, SP. Brasil.

<sup>4</sup> Docente investigador de la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas" y de La Escuela Pedagógica Experimental; Estudiante de maestría en docencia de las ciencias, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

**Key words:** *Experimental Physics module. Meaningful learning. Physics teaching.*

## Introducción

El presente trabajo tiene como propósito formular el diseño e implementación de cinco módulos de laboratorio: el tractor mecánico, el túnel de viento, el generador de Van de Graff, la máquina térmica y el efecto Doppler. En éstos se aborda el planteamiento de situaciones diversas, que deben ser analizadas por los estudiantes de secundaria en la asignatura de física. La información acá presentada forma parte del trabajo de grado elaborado por Avendaño, R.; Lancheros, W. (2011), en el programa de Licenciatura en Física de una universidad pública de Bogotá.

Los módulos son una metodología que permite llevar al estudiante a generarse incógnitas, las cuales serán resueltas por ellos mismos con asesoría del docente. La corriente de pensamiento pedagógico que empleamos fue fundamentada en el aprendizaje significativo con algunos elementos CTS, de acuerdo con autores como Membiela, I (1997) , Azevedo, J.A. (2006), quienes desarrollan un análisis socio histórico de la relación entre ciencia y tecnología, Mitcham, C. (2004) quien analiza cuestiones éticas entre ciencia y tecnología. Esta perspectiva nos llevó a pensar en una metodología que permitiese enseñar contenidos científicos y a la vez prepara al estudiantes en un pensamiento crítico sobre las formas en que se produce ciencia y tecnología con sus respectivos impactos en el desarrollo de la sociedad.

Con base en los resultados observados, podemos concluir que la enseñanza de la física por medio de este material resultó enriquecedora en la medida en que; de una parte conseguimos participación activa de estudiantes, directivos, y colegas docentes, y de otra parte fueron modificadas algunas conductas tradicionales, tales como:

- La forma de proceder del docente en torno a la evaluación, ya que pasó de una simple verificación de contenidos a la constatación del nivel de comprensión con posibilidades de aplicar correctivos apropiados. También en torno a la forma como expone los contenidos, ya que era en su mayoría en dependencia a las preguntas de los estudiantes, como necesidad de comprender la función de las partes del montaje, para poder introducir mejoras, obviamente con algunas sesiones de exposición para todo el grupo a fin de optimizar el tiempo y llegar a algunas conclusiones.
- La actitud de los estudiantes, al enfrentarse a la necesidad de actuar de cierta forma independiente del docente, pues los problemas giran en torno a la superación de los modelos elaborados por el profesor. Es importante mencionar que se generó conflicto con algunos estudiantes que se mostraron inconformes al comienzo, al no tener una guía a seguir, pero poco a poco se les fueron presentando las ventajas de este modo de trabajo, y en general se consiguió una actitud de mayor autonomía.
- El factor tiempo de duración de las clases, fue el que más limitaciones introdujo al desarrollo del proceso. Otro factor que entorpeció el proceso fue la falta de instrumentos de laboratorio para cortar, pulir, moldear, pegar, medir, etc., lo cual fue suplido por los profesores.

### 1. Metodología de investigación

Este trabajo se basa en la línea de pensamiento de autores como Carrascosa, *et al* (2006), según la cual el aprendizaje de las ciencias se torna significativo en la medida en que el estudiante se identifica con las actividades desarrolladas durante el proceso de enseñanza, para lo cual resulta apropiado el uso de practicas experimentales que superen la simple puesta en

práctica de guías preestablecidas. También tomamos autores como Solbes, J.; Vilches, A. (2006) que llaman la atención sobre la importancia de establecer relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, en los procesos desarrollados en el aula, tomando en cuenta que se debe evitar caer en meras aplicaciones tecnológicas, olvidando la componente sociocultural, o caer en mirar discusiones sociocientíficas olvidando la componente tecnológica. Por tanto, procuramos en el desarrollo de los módulos proponer actividades que llevaran los estudiantes a pensar sobre los conceptos físicos a ser estudiados, los procedimientos para planear y elaborar determinados montajes, y el análisis de las implicaciones sociales e tecnológicas del uso de tales artefactos.

Consideramos que el desarrollo experimental en busca del aprendizaje significativo, implica exigir de los estudiantes análisis y reflexión sobre cada una de las fases de la resolución de un problema, lo cual debe llevarlo a articular sus conocimientos previos al estudio del fenómeno, con los conocimientos a ser construidos. Sin embargo, saber que tipo de preguntas hacer al estudiante, y cuales son los momentos mas apropiados para orientar una determinada reflexión, implica que el profesor se responda previamente una serie de preguntas, con el fin de aumentar su claridad sobre los temas y metodologías a tratar. Preguntas como:

- “Por que el trabajo de laboratorio motiva a los alumnos? ¿Existen formas alternativas de motivarlos?;
- ¿Qué tipo de técnicas de trabajo en el laboratorio de Física, son posibles de ser enseñadas?
- ¿Cómo hacer que el trabajo de laboratorio ayude a los alumnos a comprender mejor los conceptos científicos?
- ¿Cuál es la visión de ciencias que pueden construir los alumnos a partir de la actividad práctica en el laboratorio?

Las respuestas a estas preguntas nos llevaron a concluir que la motivación de los estudiantes se debe inicialmente al cambio de actividad de una clase teórica para una clase práctica, pero tal motivación se puede perder si el proceso mismo de experimentación se hace de forma mecánica y sin mayor profundización en el análisis de los procedimientos, por tanto, es necesario desarrollar el proceso de tal forma que se mantenga el interés. Eso se relaciona con el hecho de que las técnicas de trabajo en el laboratorio deben ser enseñadas con su razón de ser, es decir, acciones como; “montaje del material”, “observación”, “medición”, “toma de datos”, “análisis de los datos”, no son necesariamente procedimiento que ya el estudiante domina, sino que son contenidos que también forman parte de su aprendizaje, y por tanto cada fase debe ser pensada de tal forma que el estudiante tenga cierto margen de decisión y acción, ofreciéndole la posibilidad de cuestionar lo que está haciendo.

Así, la comprensión de los conceptos científicos está asociada a la comprensión del quehacer científico. Si bien, no se podría asegurar que los estudiantes estarían “produciendo ciencia” en una práctica de laboratorio, se puede afirmar, que ellos están formando su pensamiento para entender la ciencia y sus formas de producción, y están yendo más allá de la información, en concordancia con la perspectiva de Segura, D. (2002). De tal modo que creemos que es posible modificar la visión de ciencia que usualmente tienen los estudiantes, como un cumulo de conocimientos fijos e inmodificables, y aun mas, imposibles de ser producidos por personas “comunes y corrientes” como lo son los estudiantes. La práctica del laboratorio, entre otras metodologías como el uso de la historia, la epistemología, etc., ofrece la oportunidad de producir visiones de ciencia como formas de concebir el mundo, en donde cada uno tiene sus propias posibilidades. Es así como esta estrategia de trabajo por medio de módulos, busca interligar el

trabajo experimental con el aprendizaje de conceptos, leyes y algoritmos con algún significado para los estudiantes, enfatizando en el papel activo que juegan en su proceso formativo.

Para iniciar el proceso de investigación elaboramos un diagnóstico con el fin de detectar los avances y dificultades que presentan los estudiantes en el desarrollo de las prácticas experimentales, lo cual nos ofreció aspectos como: dificultad para manipular equipos, ausencia de elementos conceptuales básicos para el análisis de los fenómenos observados, carencia de vinculación de la práctica con la teoría, y, la no diferenciación de las etapas del desarrollo experimental lo cual les impide analizar datos y resolver situaciones problema generadas a partir de la práctica. Partimos entonces de la problemática de cómo generar mayor aprendizaje significativo a través del uso de prácticas experimentales en diversos tópicos de la Física, para estudiantes de la educación secundaria.

En la planeación de los módulos nos basamos en criterios que permitieran orientar a los estudiantes en un proceso de observación, práctica de construcción de sus propios montajes y análisis de resultados, con el propósito de formar habilidades de pensamiento en los estudiantes tanto para el estudio de conceptos científicos, como de procedimientos e actitudes. Una vez concluida la planeación que conto con algunas practicas de prueba, se aplicó con los estudiantes, y finalmente se analizaron las experiencias de enseñanza y aprendizaje.

Para la interpretación de resultados se usaron 3 elementos para validar la información, siendo estos: Diario de campo, material visual, encuestas aplicadas a estudiantes y docentes de física antes-después de usar los módulos. Con estos instrumentos se procede a realizar la interpretación de los resultados que estarán de manifiesto en las conclusiones de este artículo.

En este proceso tuvimos en cuenta autores como Castiblanco, O.; Vizcaíno, D. (2008) quienes aportan una reflexión sobre el uso de la experimentación proceso de formación de habilidades de pensamiento, mas que como demostración de hechos, Barberá, O.; Valdes, P. (1996) quienes hacen una revisión sobre las finalidades que ha tenido el trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias, mostrando que muchas veces es subestimado, y Arcos, F.; Arévalo, J. (2003) quienes plantean como a partir de las practicas de laboratorio que se adelantan en la formación de maestros en física se puede establecer los procesos metodológicos como estos se forman.

## **2. Consideraciones generales sobre los módulos**

Un módulo puede caracterizarse básicamente como un conjunto de actividades que desarrolladas en una secuencia determinada permiten alcanzar objetivos propuestos. Para nuestro caso, cada módulo consiste en un conjunto de acciones que buscan ayudar en la construcción de algunos conceptos físicos, y simultáneamente preparar al estudiante en actitudes emprendedoras, que les permitan reconocerse como “productores” de saberes, y agentes activos dentro de un grupo. Para cada módulo se explicitan; Guía de construcción dirigida al docente, título, objetivo, conceptos físicos que soportan el montaje experimental, modo de evaluación y modo de trabajo. Donde la secuencia de actividades obedece a los procesos de; diseño de montajes, construcción, e interpretación de resultados.

**a. Diseño.** El docente elabora una versión del montaje y lo presenta a los estudiantes, explicitando los problemas que tuvo en el proceso de construcción y la puesta a prueba. La actividad de los estudiantes consiste en analizar las partes que conforman cada montaje experimental y comprender su funcionamiento, a fin de planear el diseño de su propio montaje,

mejorando los problemas relatados por el docente, y también aportando nuevos elementos si es el caso, siempre que se conserve la esencia del montaje inicial.

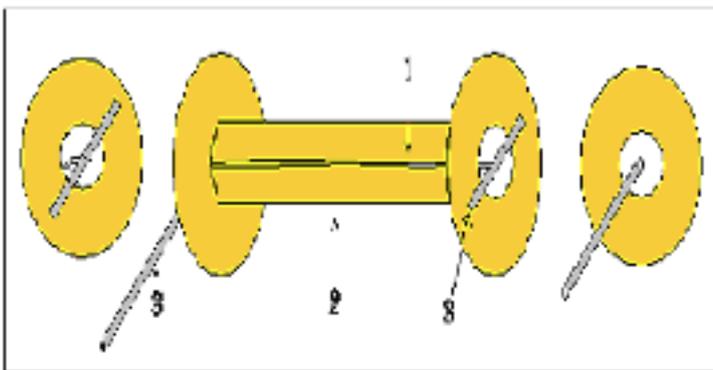
**b. Construcción.** En esta etapa el docente asesora y orienta la consecución de materiales, y procedimiento de elaboración, pero son los estudiantes quienes construyen y resuelven sus problemas de forma sistemática, hasta conseguir presentarlo y explicarlo ante el curso, en aspectos como; funcionamiento, problemas encontrados y resueltos, variables y parámetros para desarrollar una práctica de laboratorio. La presentación oral va acompañada de un informe escrito detallando los aspectos cualitativos y cuantitativos del proceso.

**c. Interpretación de resultados.** El docente se enfoca en relacionar los conceptos físicos implícitos en la explicación del montaje, con los procedimientos de elaboración del montaje, y los procesos de observación, medición, toma de datos y análisis de datos, para crear la necesidad del uso de los algoritmos que permiten probar sistemáticamente el funcionamiento del montaje. Los estudiantes, deben participar del análisis; aportando sus propias experiencias, ideas, preconcepciones y confrontando sus hipótesis con las diferentes teorías, leyes físicas, aplicaciones tecnológicas, e impacto en la sociedad.

### 3. Módulos

Una de las características especiales de nuestra propuesta es que el estudiante no recibe una guía de construcción del montaje, sino que es a partir de la observación y análisis del montaje presentado por el docente, que deberá crear su propia guía de construcción y criterios de análisis. Así, para orientar a los estudiantes en los modos de observación, análisis, preparación del material y puesta a prueba, se desarrollan etapas, cada una de las cuales tiene un objetivo, una descripción de la física involucrada en el problema, un problema específico a ser resuelto por el estudiante, un modo de trabajo en grupo, y un modo de evaluación. Dadas las limitaciones de extensión del artículo, presentaremos entonces, solamente la guía de construcción del montaje (para el docente), y los problemas a resolver por parte del estudiante en cada etapa.

#### Módulo 1. Tractor Mecánico.



(a) Carrete y listones del tractor. (b) Tractor mecánico.

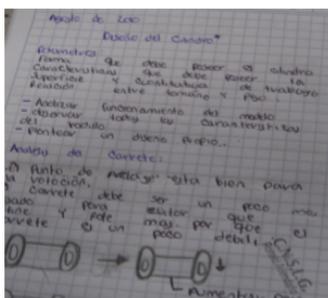
**Materiales:** Caucho, Carrete plástico, dos listones plásticos o de Madera.

**Montaje:**

- Realizar un diagnóstico de la relación que deben poseer los materiales descritos y como deben ser sus características para garantizar un mejor funcionamiento del dispositivo.
- Atravesar el caucho por el centro del carrete de hilo para atarlo a uno de sus extremos, donde se encuentra el listón pequeño que debe estar fijo a uno de los lados, para que en el otro se ajuste al más largo.
- Halar el caucho y atarlo al listón más grande, ajustándolo con firmeza, permitiendo que éste pueda rotar con facilidad minimizando la fricción.
- Establecer los parámetros que hacen que el dispositivo mecánico posea movimiento.
- Modificar o agregar partes con el fin de mejorar el funcionamiento del tractor.

**Problemas a resolver:**

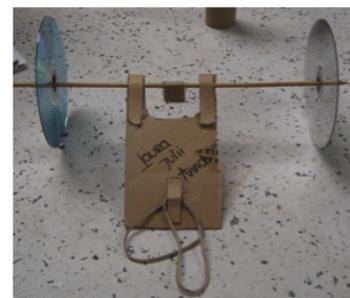
Este módulo consta de cuatro etapas. Los objetivos son respectivamente: establecer los parámetros de diseño de la estructura del tractor mecánico; diseñar la estructura general del tractor mecánico a partir del montaje planteado por el docente; construir el tractor mecánico e tomar datos analizando el comportamiento de las variables; analizar los datos a partir de las teorías físicas. La evaluación contiene aspectos cualitativos y cuantitativos una tabla de parámetros que fue elaborada para categorizar el desempeño de los estudiantes en; superior, alto, básico, y bajo. Las dinámicas de trabajo en grupo buscaban principalmente fortalecer la observación, el análisis, los diseños y la descripción de resultados.



(a)



(b)



(c)

Figura 2. (a) Notas de un estudiante sobre la explicación, (b) Planos de un grupo de estudiantes, (c) Versión de tractor mecánico de un grupo de estudiantes.

El método de evaluación tuvo en general los mismos criterios para los cinco módulos, variando obviamente en el contenido tratado y la extensión de los procesos según el caso. La evaluación contó con una valoración cualitativa en una escala de 1 a 10, en relación con la observación de factores como; ingenio para mejorar aspectos relevantes, el tipo de gráficas y representaciones para la descripción y explicación, el análisis y las conclusiones sobre el funcionamiento. Este proceso se organizó de tal modo que pudiera ofrecer una valoración cuantitativa, al diseñar una tabla de indicadores de avance en cada una de las etapas, datos que presentamos en la Tabla1, organizada para la etapa 1.

Los problemas (P) a resolver para cada uno de las cuatro etapas fueron:

*P1:* Diseñar la forma que debe tener la estructura del tractor (carrete), considerando las variables que pueden interferir en el movimiento de rotación del mismo, tales como; forma del cilindro, características de las superficies en contacto con el cilindro, relación entre tamaño y peso.

**Tabla 1.** Cuadro de criterios de evaluación para la etapa 1.

<b>Desempeño</b>	<b>Superior(9-10)</b>	<b>Alto(8-9)</b>	<b>Básico (6-8).</b>	<b>Bajo(1-5)</b>
Analizar y comprender las diferentes partes que conforman el carrete del tractor, junto con su relación al funcionamiento del mismo.	Analizo, distingo y comprendo las partes que conforman el rodillo del tractor, junto con su relación al funcionamiento del mismo.	Presento algún tipo de dificultad menor a la hora de analizar, distinguir y comprender las partes que conforman el rodillo del tractor, junto con su relación al funcionamiento del mismo.	Analizo de forma parcial el funcionamiento del rodillo, generando dificultades en la comprensión del mismo.	Presento dificultades en el análisis de las partes que conforman el tractor, dificultando en gran medida la comprensión del mismo.
Proponer diseños alternativos al del docente, siendo estos lo más novedosos y eficientes.	Propongo diseños alternativos al del docente para la construcción de un rodillo más eficiente en el movimiento.	Propongo diseños alternativos, pero sin mayor análisis y mejoras con respecto al planteado por el docente.	Propongo diseños sin un análisis profundo y poco elaborado.	Se me dificulta analizar el diseño propuesto por el docente, impidiendo generar diseños propios o mejoras al prototipo planteado.
Consigno de forma escrita todo el análisis realizado al montaje, junto las conclusiones.	Consigno de forma apropiada el análisis realizado al montaje, junto las conclusiones.	Consigno parcialmente el análisis realizado, junto con las conclusiones.	Consigno de forma parcial, con errores en la redacción y conclusiones insuficientes.	Presento dificultades grandes a la hora de redactar ideas frente al montaje y las conclusiones.

*P2:* Diseñar el tractor con una adecuada relación entre los accesorios y el carrete, estableciendo una relación apropiada entre energía suministrada al tractor y el trabajo que este genera. Superar la propuesta de montaje presentado por el docente, Analizando las características del elástico y su relación con el tractor, y las características de los listones con su tamaño y peso.

*P3:* Realizar medidas y toma de datos a partir de las variables que participan en el funcionamiento del tractor mecánico, siendo estas: Tiempo, posición, trayectoria, dimensiones del dispositivo, masa, número de vueltas realizadas por el carrete, número de vueltas empleadas en deformar el elástico.

*P4:* Analizar, relacionar y comprender los datos obtenidos en la etapa anterior con los diferentes conceptos físicos que participan en la explicación del funcionamiento del tractor mecánico. Este trabajo se fundamentara en el análisis de cada parte del sistema, junto con el modelo teórico que permite dar una explicación, utilizando adecuadamente diversos modos de representación, tales como; gráficas, algoritmos, aplicaciones, descripciones.

## **Módulo 2. Máquina térmica.**

**Materiales:** Lata de soda, listones y láminas de balsa, una puntilla, papel aluminio, alambre, una

cuerda delgada, tubos huecos muy delgados (una antena de radio o televisión), silicona resistente al calor, mechero, una polea, una masa.

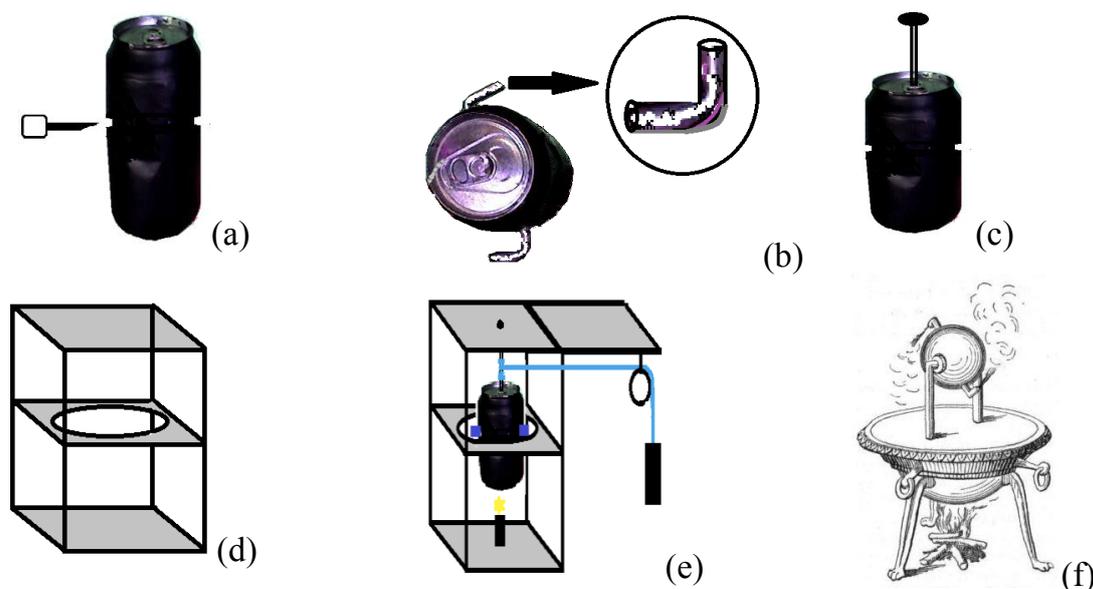


Figura 3. a) Lata con dos orificios laterales. b) tubos de escape acoplados a la lata. c) Puntilla acoplada en la parte superior. d) Soporte del mecanismo. e) Mecanismo con mechero, lata suspendida y polea para subir una masa. f) Antiguo prototipo de máquina térmica.

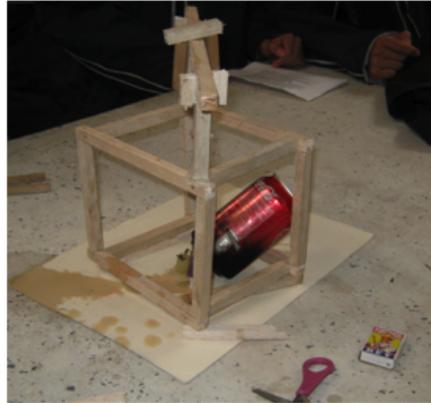
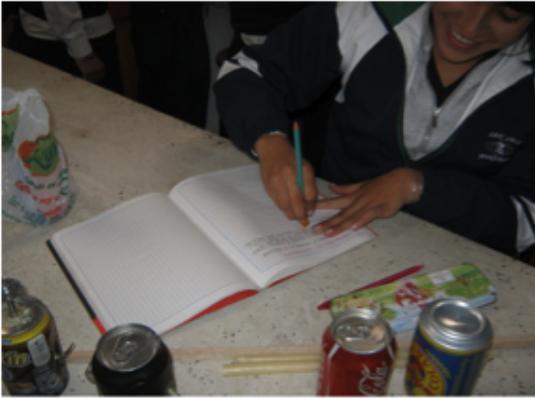
### Montaje:

- Perfore un orificio en cada lado de la lata, a la mitad de la altura de la lata y extraiga el contenido por los orificios.
- En cada uno de los orificios coloque los pequeños tubos, estos tubos deben estar en forma de **L** y dispuestos como lo muestra la figura.
- Pegue la puntilla en la parte superior de la lata, usando adhesivo resistente al calor.
- Construya el armazón principal de tal forma que en la lamina de la parte superior se pueda sostener la lata permitiéndole girar, y también en el otro extremo de la lamina debe poderse sujetar un polea fija, por donde pasará la cuerda atada al eje de rotación de la lata y a la masa que subirá o bajará como efecto de la rotación de la lata. En la mitad de la estructura debe quedar un hueco en forma de circunferencia con el mismo diámetro de la lata, y en la base se debe poder colocar un mechero.

### Problemas a resolver:

Este módulo consta de cuatro etapas. Los objetivos son respectivamente: diseño de la caldera, diseño del soporte de la caldera, construcción de la máquina térmica con toma de datos y, sistematización y análisis de la información

Las dinámicas de trabajo en grupo buscaban principalmente fortalecer el trabajo en equipo, la observación, el análisis, los diseños y la descripción de resultados, los cuales ofrecen el material necesario para registrar el proceso y emitir juicios de valoración.



(a)

(b)

Figura 4. a) Estudiantes planeando la máquina térmica. b) Propuesta de un grupo para la estructura de la máquina térmica.

Los problemas (P) a resolver en las cuatro etapas fueron:

*P1:* Diseñar una caldera con base a la información proporcionada por el docente en la presentación del montaje, buscando la mejora de los defectos, considerando condiciones como: la caldera debe soportar altas temperaturas y no presentar fugas de vapor, se debe disminuir la pérdida de energía térmica entre la caldera y la fuente de calor; el diámetro y tamaño de los tubos de escape del vapor deben garantizar la rotación de la caldera

*P2:* Planear la construcción del soporte de la caldera garantizando que cumpla con la función indicada, la cual es generar trabajo para levantar un objeto, considerando condiciones como; la estructura debe ser estable y no vibrar demasiado con el movimiento de la caldera, los materiales utilizados deben ser eficientes, , disminuir la fricción del mecanismo del eje de rotación y movimiento transmitido.

*P3:* Con base a los planos realizados en las etapas anteriores, construir la máquina térmica logrando levantar un peso, una distancia determinada, o acoplado algún otro mecanismo en el que se aproveche la energía térmica de la caldera, buscando siempre la mayor eficiencia. Para la toma de datos, deben considerar aspectos como: Tiempo que tarda la caldera en empezar a moverse; cantidad de agua suministrada a la máquina térmica; tiempo que tarda en evaporarse el agua; masa levantada por la máquina, dimensiones de la máquina térmica; número de revoluciones por minuto; masa de la caldera (con los dos escapes) sin agua; tipo de combustible empleado por la máquina; temperatura en la caldera (de ser posible).

*P4:* Explicar el funcionamiento de la máquina térmica construida por cada grupo de trabajo, con cálculos numéricos y predicciones que se fundamentan en los datos obtenidos en la etapa anterior, basados en la explicaciones del profesor durante y al final del proceso, complementado con sus propias búsquedas de información.

### Módulo tres: Efecto Doppler

**Materiales:** Superficie transparente de 80cm x 40cm o más grande con una profundidad aproximada de 5 cm (vidrio o acrílico), lámpara de 120 W, motor eléctrico, percutor (fuente generadora de ondas), listones de balsa. 4 tubos PVC de 1 pulgada, 50 cm de largo cada uno, 6 ruedas de 3cm diámetro, 3 metros de cuerda.

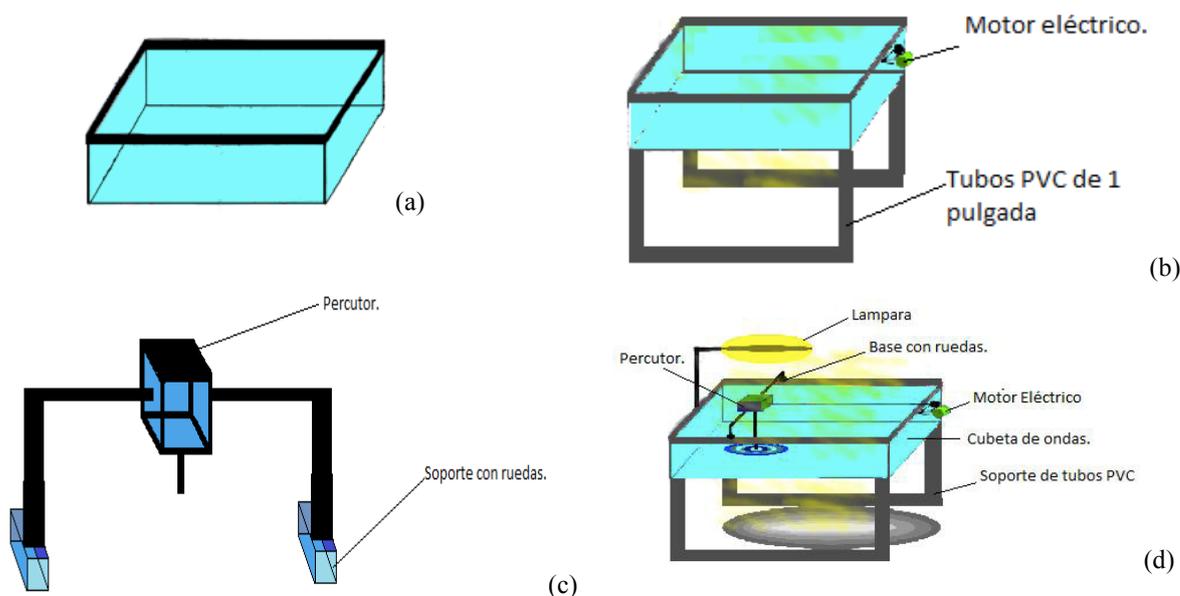


Figura 5. a) Esquema cubeta de ondas. b) cubeta con soportes en tubería plástica y motor eléctrico acoplado. c) Percutor con soporte de ruedas. d) Cubeta con lámpara, percutor móvil y motor acoplados. (Figuras de los autores)

### Montaje

- Adaptar la cubeta de ondas de acuerdo con los materiales (quitar el filo, evitar fugas de agua, garantizar estabilidad).
- Unir los tubos plásticos de tal forma que funcionen como soporte a la cubeta.
- Instalar el motor eléctrico en una de las paredes de la cubeta, de tal forma que al comenzar a girar el eje y por medio de una polea acoplada, este pueda enrollar la cuerda que hala el soporte móvil.
- Construir el soporte para el percutor, el cual debe tener acopladas las ruedas en la parte inferior, con el fin de permitir el movimiento rectilíneo del percutor.
- Colocar la lámpara sobre la cubeta, utilizando un soporte adicional fijo, de manera que ilumine toda la superficie de la cubeta.
- Acondicionar el soporte del percutor de modo que se pueda desplazar por encima de la cubeta de ondas.
- Atar con la cuerda el percutor al eje del motor, garantizando que el motor hale el percutor en línea recta.

### Problemas a resolver:

Este módulo tiene como objetivo observar el comportamiento de las ondas cuando la fuente generadora de ondas se mueve con velocidad constante. Se desarrolla mediante cuatro etapas: diseño de la cubeta de ondas; diseño de los accesorios para la cubeta de ondas; construcción de la cubeta de ondas; análisis de los fenómenos observados.

La evaluación de los estudiantes tiene un proceso semejante a los módulos anteriormente expuestos. Enfatizando en esta ocasión sobre el registro de todas las observaciones hechas, por medio de descripciones y representaciones.

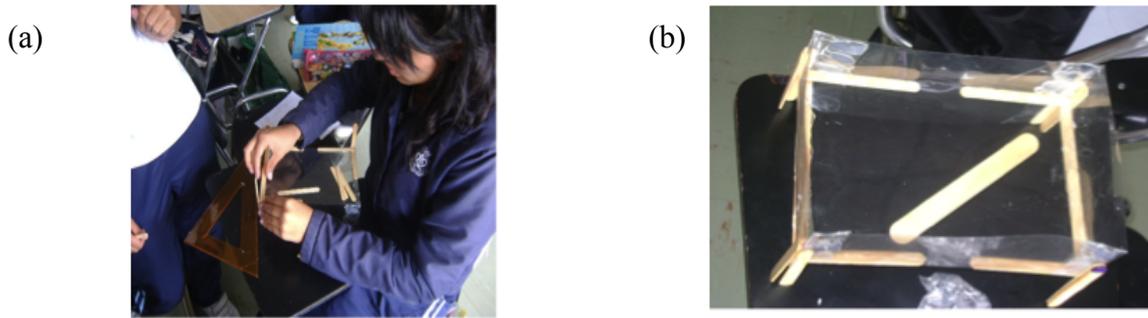


Figura 6 . a) Estudiantes analizando la cubeta de ondas presentada por el docente. b) Propuesta de cubeta de ondas por un grupo de estudiantes.

Los problemas (P) a resolver en las cuatro etapas son:

*P1:* Diseñar la caja de la cubeta de ondas, buscando que presente características adecuadas para observar el fenómeno en cuestión (efecto Doppler). Los estudiantes deben fundamentar su trabajo en las observaciones dadas por el docente en la introducción y en sus propias búsquedas.

*P2:* En los grupos establecidos en la primera etapa por parte de los estudiantes, deben realizar el diseño de los accesorios de la cubeta de ondas y estudiar la posibilidad de realizar mejoras al mismo. Los estudiantes pueden cambiar el diseño radicalmente, siempre que se mantenga la función fundamental de permitir observar el efecto Doppler. Para ello deben tener en cuenta aspectos como: características del percutor(generator de ondas), soporte para el percutor, ya que este debe ser móvil y no interferir con la visión sobre la superficie del agua, el movimiento del percutor debe ser un movimiento con velocidad constante.

*P3:* Resolver inconvenientes técnicos que puedan afectar el funcionamiento de la cubeta de ondas o implementar mejoras para la misma. Una vez construida la cubeta de ondas y funcionando de forma adecuada, generando el efecto Doppler, se procede a realizar la toma de datos y apuntes considerando parámetros como: número de veces que el percutor golpea el agua por unidad de tiempo; tiempo aproximado que las ondas tardan en ir de un extremo de la cubeta a otro; forma que presentan las perturbaciones en el agua; efectos del movimiento del percutor.

*P4:* Analizar y contextualizar los fenómenos observados con los conceptos relacionados al efecto Doppler, junto con las implicaciones de estos fenómenos en la vida diaria de los estudiantes.

#### Módulo 4: Túnel de viento



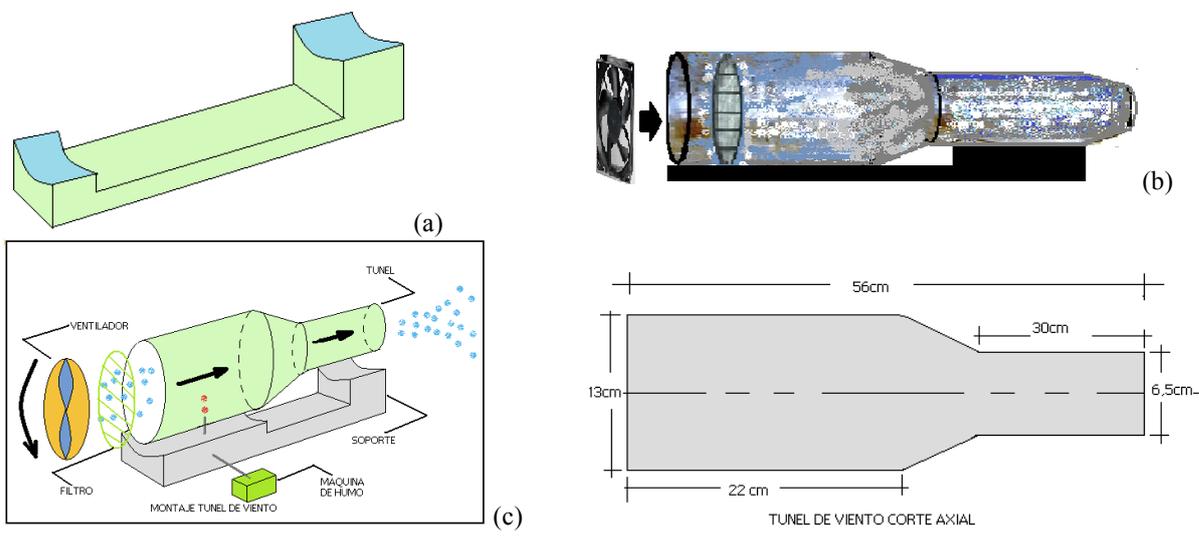
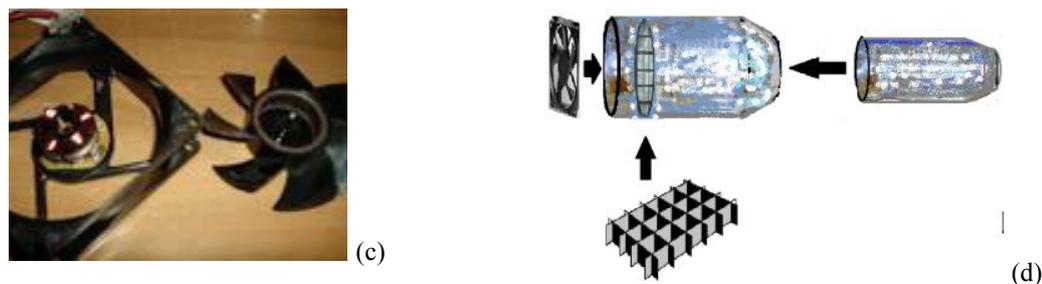


Figura 8. a) Soporte para túnel de viento hecho con caja de cartón. b) Soporte acoplado al túnel de viento. c) Esquema del flujo de viento a ser producido con máquina de huma acoplada para visualizar las corrientes. d) Dimensiones del túnel de viento.

### Materiales:

1 Botella plástica de gaseosa de dos litros, 2 botellas plásticas tamaño personal cada una, 1 Ventilador, 1 caja de cartón, 1/4 de cartón paja, 1 Fuente (suministro de energía eléctrica al ventilador), 1 barita de incienso, Hilaza de lana o hilo, Silicona en barra o líquida, Pistola para silicona, máquina de humo.

### Montaje:

- Limpiar las botellas de cualquier elemento que impida la visualización del interior de las mismas.
- realizar un corte en la parte superior e inferior de las dos botellas, de tal modo que el diámetro de la parte superior de la botella grande sea igual al diámetro de la parte inferior de la botella pequeña.
- Acoplar las dos botellas con silicona según indica la Figura, evitando que queden fugas de aire por la unión.
- Construir un filtro con cartón paja en forma de rejilla, ver figura. El filtro debe ocupar todo el diámetro de la botella grande en su parte mas ancha.
- Asegurar el ventilador dejando fuera del túnel cables que suministren la corriente eléctrica, evitando fugas de aire.

- Construir un soporte para sostener el túnel de viento, cuidando que mantenga la estabilidad al momento de accionar el ventilador.

### Problemas a resolver:

Este módulo consta de seis etapas: 1. Diseño del túnel de viento; 2. Diseño soporte túnel de viento; 3. análisis al ventilador; 3.filtro para el ventilador; 4.construcción del túnel de viento; 5.sistematización de los datos; 6. Resultados.

Siguiendo los mismos criterios de evaluación anteriormente descritos, enfatizamos en que la evaluación es un proceso constante que busca permitir al estudiante mejorar su aprendizaje de los conceptos trabajados en la experiencia, y por tanto cada problema a resolver es evaluado tanto en aspectos procedimentales, como actitudinales y técnico-científicos.

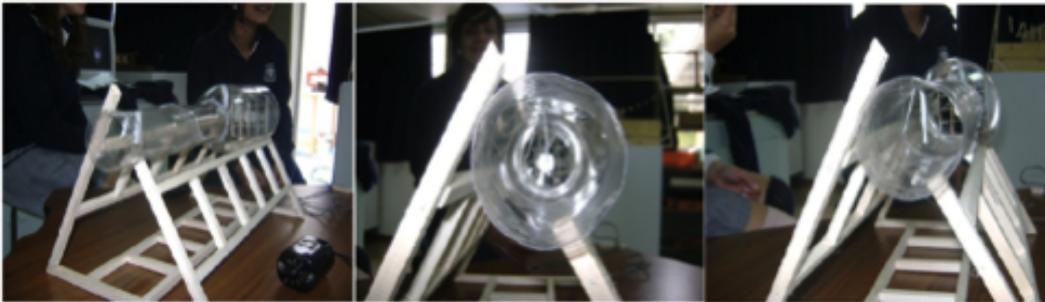


Figura 9. Propuesta de Túnel de viento por un grupo de estudiantes.

Los problemas (P) a resolver en las seis etapas son:

*P1:* El modelo presentado por el docente es una herramienta ilustrativa que no necesariamente debe ser reproducida, por el contrario, se debe tratar de mejorar la eficiencia de este o cambiar el diseño radicalmente si es posible, siempre que garantice; visibilidad al interior del túnel, estabilidad del montaje, costos bajos, dispositivo interior que elimine turbulencias y permita observar el flujo laminar, túnel con dos compartimentos de diferente diámetro.

*P2:* Diseñar el soporte del túnel de viento, considerando aspectos como: uso de materiales reciclables y resistentes; reducción del efecto de vibración producido por el ventilador, garantizando estabilidad.

*P3:* Analizar las características del ventilador apropiado de acuerdo con criterios como: potencia del ventilador para ser capaz de empujar el fluido (aire) a través del túnel; dimensiones del ventilador para ser adaptado en el soporte y túnel de viento; fuente de suministro de energía eléctrica para el ventilador, la cual debe ser constante y continua; material reciclado.

*P4:* No es necesario seguir el modelo de filtro presentado por el profesor, siempre que cumpla con la función de generar un flujo continuo y homogéneo que permita observar el flujo laminar en el túnel de viento. Considerando aspectos como; Material reciclado o de bajo costo, transformación de flujo turbulento en flujo laminar, resistente a la acción del ventilador.

*P5:* Con base en los planos y prototipos planeados y expuestos en las etapas anteriores, construir el túnel de viento. La eficiencia de este túnel de viento depende de los materiales empleados, de la forma en que estos estén dispuestos y de las correcciones que se hagan al dispositivo de acuerdo a la experiencia adquirida durante el desarrollo de cada una de las etapas

anteriores. Una vez que esté funcionando el túnel de viento, se procede hacer la toma de datos, tomando en cuenta los siguientes parámetros: Dimensiones del túnel de viento (volumen), tiempo que tarda el humo en recorrer el túnel; densidad del aire; relación entre las revoluciones del ventilador y velocidad del viento, velocidad de salida del viento.

*P6:* Partiendo de los datos tomados en las etapas anteriores y de las hipótesis acerca de los fenómenos observados, confrontar los planteamientos iniciales con las observaciones hechas, buscando aumentar la comprensión de los conceptos físicos de la dinámica de fluidos.

**Módulo cinco. Generador de Van der Graff.**

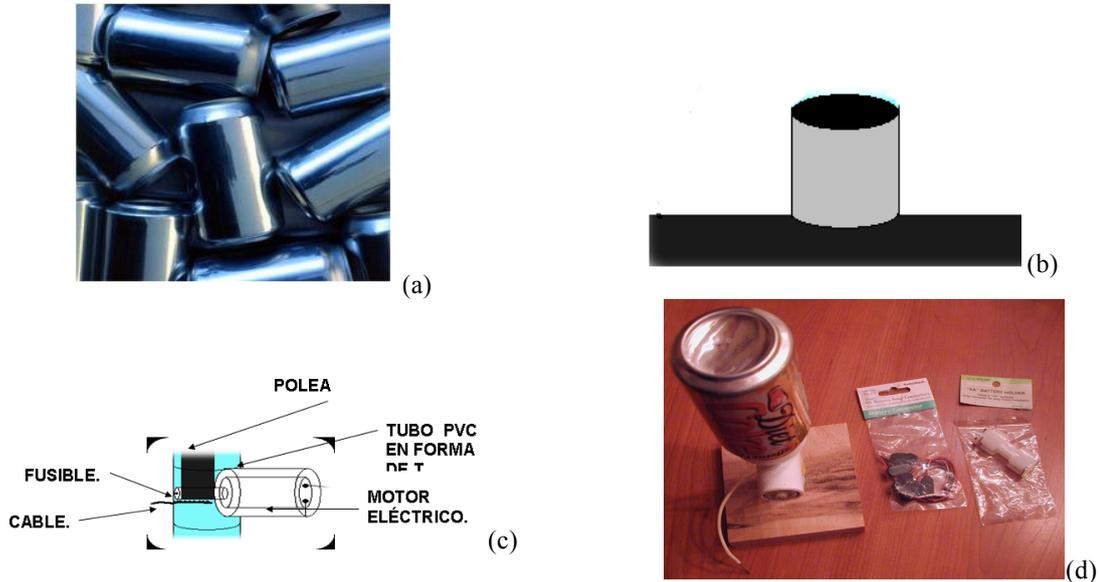


Figura 10. a) 1 Lata de soda sin pintura. b) Tubo de PVC sobre tabla de Madera. c) Disposición interna del sistema de generación de carga. d) Montaje exterior del Generador.

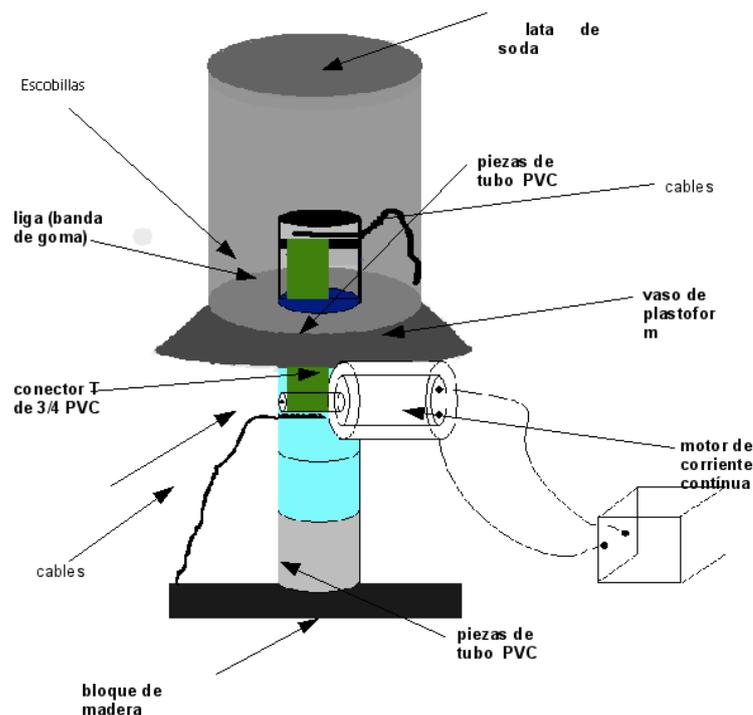


Figura 11. Esquema del generador de Van der Graff.

## Materiales:

1 lata vacía de soda, 1 pequeño clavo, 1 liga (banda de goma) grande de 1 o 2 cm de ancho y de 6 a 10 cm de largo, 1 tubo de vidrio de 5x20 milímetros aproximadamente, 1 pequeño motor de corriente continua (de un juguete), 1 vaso desechable (o de papel parafinado), 1 pegamento instantáneo, 2 cables de 15 cm de longitud aproximadamente, 2 piezas de tubo de tubería plástica de 3/4 de pulgada y de 5 o 7 cm de longitud, acople de 3/4 para tubería plástica, 1 conector T de 3/4 para tubería plástica, Cinta adhesiva, 1 bloque de Madera (base)

## Montaje:

- Quitar toda la pintura a la lata de soda sin producirle deformaciones, y retirar la tapa superior.
- Asegurar el tubo plástico de 6 cm de longitud , sobre el bloque o tabla de madera, con el fin de que sirva como soporte del generador.
- Instalar el motor eléctrico en uno de los lados del conector en T, asegurarlo con la cinta y dejar el eje del motor en la parte interna, adhiriendo el fusible fuertemente en la punta del eje del motor. En esta misma pieza, realizar un orificio en el tubo de tal forma que pueda introducir por el primer cable, para que quede cerca muy cerca de la polea pero sin contacto con la liga.
- En la otra pieza de tubo plástico, acondicionar la puntilla de forma que atraviese el tubo en la parte superior y quede fija, la cual funcionará como eje que sostiene la liga en la parte superior. En esta pieza, realizar un orificio cerca al orificio de la puntilla, con el fin de entrar por ahí el Segundo cable que pasará muy cerca de la banda, pero sin tocarla
- Acople las tres piezas de tubo plástico, colocando el conector en T entre el tubo de base y el tubo con la puntilla, de tal modo que la liga pueda girar sujeta al eje del motor en la parte inferior y a la puntilla que atraviesa el tubo en la parte superior. La tensión de la liga no debe impedir el movimiento del eje del motor. La longitud de los tubos puede variar en dependencia de la elasticidad de la liga.
- Cortar el vaso a una determinada altura, buscando que el hueco inferior del vaso quede del mismo diámetro del tubo plástico, e introducir el tubo por allí, de modo que al instalar el tubo superior dentro de la lata, el vaso quede justo debajo cubriendo el espacio abierto de la lata.
- Instalar el tubo con la parte superior dentro del contenedor, el cable de la parte superior del tubo se debe poner en contacto con el interior de la lata.



Figura 12. Construcción del generador de van de Graf por parte de las estudiantes.

### **Problemas a resolver:**

Este módulo consta de seis etapas: 1. Construcción de contenedor metálico; 2. Diseño y elaboración del soporte del contenedor metálico; 3. Diseño y elaboración del dispositivo de carga del contenedor; 4. Montaje y puesta a prueba del generador; 5. Matematizar los resultados observados.

El proceso de evaluación obedece a los mismos criterios, evaluando siempre el proceso para resolver cada uno de los problemas que van siendo colocados para los estudiantes, considerando aspectos como: solución de problemas técnicos para el funcionamiento del generador; capacidad de trabajo en equipo para resolver los problemas; coherencia en las formas de explicar el funcionamiento; tomas de datos; informes escritos de todo el proceso, consignando todos los procedimientos, dudas, problemas, errores, y soluciones en las diferentes etapas.

*P1:* Plantear hipótesis sobre la forma en que se conformará el contenedor metálico, teniendo en cuenta aspectos como: el contenedor deberá tener un agujero en la parte inferior para poder introducir la banda metálica y las escobillas (cables); el contenedor no debe tener huecos ni hendiduras; el contenedor no debe tener pintura que impida la acumulación de carga eléctrica; el contenedor debe tener una forma uniformemente definida sin terminaciones en punta.

*P2:* Diseñar y construir un soporte aislante que permita ser utilizado para sostener el contenedor metálico. Este debe ser de un material no conductor para que impida la descarga del contenedor metálico y también debe permitir implementar un dispositivo para producir el almacenamiento de carga en el contenedor metálico. Es necesario garantizar la estabilidad del montaje y la no conductividad para optimizar el almacenamiento de carga en el contenedor.

*P3:* Reconocer y analizar las partes que conforman el dispositivo de carga. Estas son; 1 motor eléctrico de 3 voltios, 1 fusible, 1 puntilla, 1 banda elástica 2 escobillas metálicas El motor debe transferir movimiento a la banda elástica, la cual por fricción con las escobillas generan cargas electrostáticas que son trasladadas por medio de la banda elástica, desde las escobillas hasta la puntilla, las cuales son colectadas por el cable establece el contacto entre la parte superior de la banda y la pared del contenedor. Debe considerar aspectos como: la banda debe estar suficientemente tensionada, pero sin interferir con la rotación del eje del motor eléctrico; la fricción con las escobillas debe ser la suficiente para que la banda genere carga estática y permita el movimiento de la misma; el tamaño debe ser el apropiado para que quepa dentro del soporte plástico.

*P4:* Con base en los planos diseñados y los prototipos expuestos en las etapas anteriores, realizar el montaje del generador de Van der Graff, el cual debe permitir observar la acumulación de carga estática y la posterior descarga formando un arco.

Es importante resaltar que los estudiantes deben realizar correcciones al dispositivo de acuerdo a la experiencia adquirida durante el desarrollo de cada una de las etapas anteriores y de los contratiempos encontrados durante la construcción, información que deberá ser debidamente registrada. Una vez construido el generador se procede a la toma de datos de variables y parámetros como: tiempo que tarda despedir una chispa (arco) desde que se pone en funcionamiento el generador; voltaje acumulado; condiciones para generar el arco; dimensiones del generador; relación de las revoluciones con que gira la banda elástica y la carga del contenedor metálico.

*P5:* Comprender los conceptos físicos asociados al funcionamiento del generador, tales como; características de la carga estática, producción de carga eléctrica, aislantes y conductores.

Lo cual se consigue mediante el análisis de las explicaciones previas, durante y después del funcionamiento del montaje, del análisis de la toma de datos y del análisis de las posibles aplicaciones del fenómeno físico en desarrollos tecnológicos.

## 8. Consideraciones finales

El estudiante juega un papel activo en el proceso del trabajo experimental por medio de los módulos ya que se requiere que trabaje a partir de su experiencia y de los acuerdos a los que puedan llegar en el trabajo grupal, para responder con compromiso a los desafíos colocados por el profesor. Esto significa que la responsabilidad del docente está en diseñar los módulos de trabajo sobre montajes que puedan ser elaborados por los estudiantes estableciendo cuidadosamente los niveles de dificultad, con el fin de que no resulten actividades muy fáciles ni muy difíciles para los estudiantes, de acuerdo con sus condiciones. También el profesor debe proporcionar los elementos teóricos y orientar adecuadamente el proceso, acompañando las dudas, expectativas y desaciertos que puedan tener los estudiantes. De otra parte es fundamental contar con el apoyo logístico del colegio para proporcionar el espacio junto con los equipos básicos de trabajo

Las explicaciones por parte tanto de profesores como de estudiantes deben ser orientados para alcanzar la mayor profundidad posible, lo cual permitirá generar aprendizaje significativo, y simultáneamente fortalecer habilidades como; expresión, argumentación y trabajo en equipo. Con el trabajo a partir de estos módulos, verificamos que se prestan para relacionar el conocimiento específico de la Física que está siendo estudiada, con conocimientos de otros campos del saber, lo cual hace inevitable que los estudiantes y hasta los profesores de otras áreas quieran establecer vínculos entre diversas ideas. También constatamos que estas actividades permitieron a los estudiantes adquirir responsabilidades relacionadas con el uso racional de los conocimientos científicos aplicados a la tecnología, analizando las implicaciones sociales, ambientales y culturales que puedan tener estos saberes en el desarrollo de una comunidad, pueblo o nación.

## Referencias Bibliográficas

- ARCOS, F.; AREVALO, J. *Búsqueda de estrategias metodológicas en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física experimental en el Proyecto Curricular de Licenciatura en Física de la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas"*. Informe final, Investigación. Centro de investigaciones Universidad Distrital. Bogotá Colombia. 2003.
- AVENDAÑO, R. LANCHEROS, W. *Módulos de laboratorio para el desarrollo de prácticas experimentales, enfocadas desde el aprendizaje significativo*. Trabajo de Monografía. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Ciencias y Educación. Proyecto Curricular de Licenciatura en Física. Bogotá, 2011.
- AZEVEDO, J. A. Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: Un análisis social e histórico. **Revista Eureka** sobre enseñanza y divulgación de las ciencias. v.3, No. 2, 2006
- BARBERÀ, O.; VALDÉS, P. El trabajo practico en la enseñanza de las ciencias: Una revisión. *Enseñanza de las Ciencias* 14, no. 3:365-379. España, 1996.
- CARRASCOSA, J.; GIL PEREZ, D.; VILCHES, A. Papel de la actividad experimental en la educación científica. **Cad. Brás. Ens. Fís.**, v. 23, n. 2: p. 157-181. Agosto 2006
- CASTIBLANCO, O.; VIZCAINO, D. La experiencia del laboratorio en la enseñanza de la física. **Revista de educación en ingeniería**. Bogotá. 2008

MENBIELA, I. Una revisión del movimiento educativo ciencia-tecnología y sociedad. *Enseñanza de las Ciencias* 15 1: 51-57 España. 1997

MITCHAM, C. Cuestiones éticas en ciencia tecnología: Análisis introductoria y bibliografía. **Revista ciencia, tecnología y sustentabilidad**. El Escorial (España), Julio 2004.

SEGURA, D. Conocimiento e información, una diferencia enriquecedora, Publicado en *Museolúdica, Bogotá: Museo de la Ciencia y el Juego No 9 (22,34)*, U. Nacional. 2002

SOLBES, J.; VILCHES, A. Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. **Investigación didáctica**. 2004