

*Escuela Nacional Preparatoria  
Plantel 5, "José Vasconcelos"  
Memorias*

**Smart G-Plane: i-Lab. Laboratorio Remoto.  
Plano Inclinado Galileano para  
la experimentación física y el modelado matemático.**

Assaf S., Nayiv A. J.

CIIMTEC

ciimtecnayiv@tech-center.com

7712161796

Rosales C., Orquidia

CIIMTEC

ciimtecorqui@tech-center.com

7711616286

**Rubro en el que participa:** Materiales didácticos basados en TIC

**Medios necesarios para su exposición:** Ninguno.

**RESUMEN.** En este documento se presenta la secuencia didáctica de experimentación remota con Smart G-Plane, un plano inclinado galileano accesado por medio de Internet para la generación de un conjunto de 5 pares de datos tiempo vs. Posición, y modelar con esta información las ecuaciones galileanas de movimiento: posición  $s(t)$ , velocidad  $v(t)$ , aceleración  $a(t)$  y sacudida  $j(t)$ . Se presenta una breve discusión sobre el estado de la experimentación realista en el área de física, y se describe físicamente el prototipo de experimentación del Smart G-Plane, con el que se realizan todos los experimentos. Se ilustran las funciones del paquete de graficación Graphmatica con el cual se desarrolla el modelado de la función de posición de cada experimento por el método de mínimos cuadrados y posteriormente se usa también para derivar esta función para encontrar las funciones subsecuentes. Se desarrolla en extenso la secuencia didáctica para realizar todo el proceso de experimentación física y modelado matemático y los estudiantes se inicialicen y se ambienten en los modos de realizar la experiencia remota. Finalmente se concluye que las actividades remotas permiten una interoperabilidad entre instituciones para compartir equipos y materiales, lo que de manera rápida y económica es una de las formas de mejorar la educación actual en cualquier institución de este país.

---

**Smart G-Plane: i-Lab**

---

**R Introducción**

El incremento constante de tecnologías en todos los rubros de nuestras vidas, implica un nuevo ambiente formativo en casa y en la escuela que nos proporcione los elementos mínimos para poder aprovecharlas correctamente. En el ámbito educativo la emergencia de nuevos dispositivos, es un tema que no siempre se puede aprovechar en su máximo potencial, simplemente porque no todas las instituciones cuentan con los recursos o presupuestos para adquirirlas (Assaf, 2017; 2015).

Este trabajo propone una forma de superar las dificultades económicas por dos vías, la primera, generando nuestros propios dispositivos, y la segunda, compartirlos. Si, compartirlos, punto clave en la implementación vanguardista e innovadora de herramientas como apoyo al proceso educativo. De esta manera se describe en este trabajo los resultados de un proceso de investigación que lleva como objetivo diseñar e implementar un dispositivo remoto (Smart G-Plane) para la medición de los tiempos de desplazamiento en el plano inclinado galileano con herramientas de hardware/software opensource para la experimentación física realista y el modelado matemático de ecuaciones de movimiento, como respuesta a la necesidad de reducir la brecha tecnológica en el país.

Así, se pone a disposición del profesorado y alumnado interinstitucional (Burns, 2011), una potente herramienta tecnológica con acceso desde cualquier conexión a Internet.

**R Objetivos**

Que el alumno aplique la experimentación física remota con un plano inclinado galileano y el modelado matemático colaborativo con software libre de los fenómenos estudiados.

**R Desarrollo**

En general no está al alcance de un gran número de profesores ni existe en la gran mayoría de las escuelas de ningún nivel académico, dispositivos tecnológicos con los que sus alumnos realicen procesos de experimentación física en ciencias lo suficientemente realistas debido al alto costo que implican estos aparatos de laboratorio. Lo que implica que se eliminen prácticas de experimentación de las asignaturas de ciencias (Colvin, 2008).

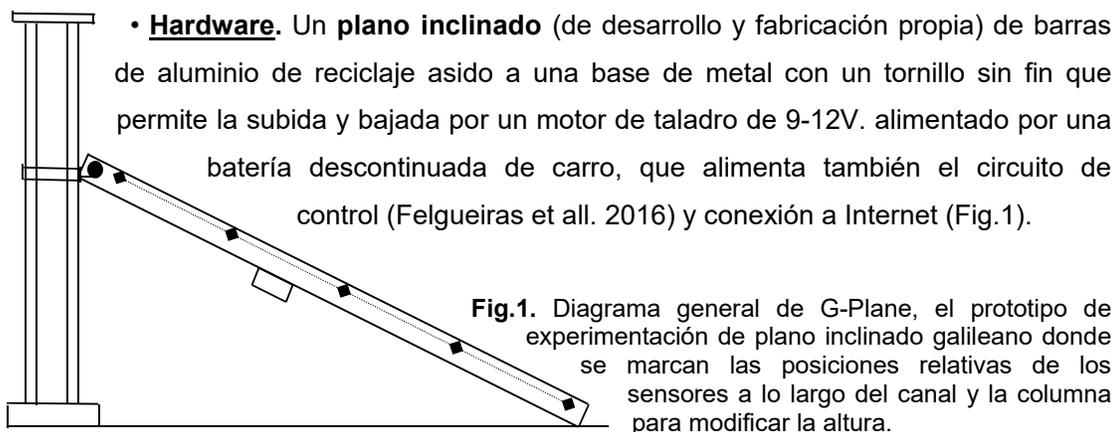
Una escena que lleva a que las materias se enseñen incompletas, inconclusas o limitadas, y hasta incoherentes, ya que carecen de la mejor parte de los contenidos... la experimentación concreta y todo el conjunto de saberes, implicaciones conceptuales, procedimentales y actitudinales que esto involucra (Assaf, 2017). Por eso este trabajo

incidirá directamente, no sólo en mejores prácticas de laboratorio, si no que las hará existentes en un formato apegado a la realidad de la experimentación científica en física y matemáticas (Colvin, 2008; Colvin, Mayer 2013; Greco, 2002; Achuthan, 2016).

Para este fin, se desarrolló una herramienta para la experimentación física para medir la posición en el tiempo del desplazamiento de una partícula a lo largo de un plano inclinado ajustable a diferentes ángulos, emulando el clásico experimento galileano para determinar el movimiento de los cuerpos bajo la acción de la fuerza gravitatoria de la Tierra en el plano (Galilei, 1982) de forma remota por medio de Internet (Dillenbourg et al. 2009; Feisel 2005).

El proyecto presentado en este trabajo, permitirá al profesor tener una herramienta tecnológica para la enseñanza de las ciencias y las matemáticas donde se encuentran involucrados conceptos y procedimientos que de análisis teórico y práctico del movimiento.

De tal forma que el profesor pone a disposición del alumno, todo el proceso teórico-práctico de experimentación física, modelado matemático, formulación y comprobación de hipótesis y desarrollo histórico de las ideas y acciones (Lasica et al., 2016a, 2016b), entre otras cosas, que los científicos han desarrollado a lo largo del tiempo, para generar en todos los alumnos la postura crítica y juiciosa y la visión creativa e innovadora del proceder técnico y científico que nos ha dado toda las comodidades de las que gozamos el día de hoy.



**Software. Graphmatica.** Es un potente plotter (Fig.2.) de ecuaciones muy ligero, con una interfaz gráfica muy colorida y didáctica disponible en 11 idiomas, que ajusta curvas por mínimos cuadrados en 6 formatos diferentes y es muy fácil de usar, con características numéricas y analíticas. Representa gráfica y tabularmente funciones cartesianas, polares, paramétricas, relaciones y desigualdades, campos de ecuaciones diferenciales. Resuelve derivadas e integrales. Tiene portapapeles, formatos de mapa de bits y vectoriales, visualización gráfica y numérica de líneas tangentes, y archivos de demostración. Es una

herramienta muy poderosa para estudiantes y maestros, que abarca los contenidos desde el álgebra de secundaria hasta el cálculo universitario. <http://ow.ly/XjPL30ccbXQ>

**Software. Aplicación Web.** Página (Fig.3.) de acceso a la interfaz de control de Smart G-Plane por medio de Internet. El primer botón de INICIAR es para soltar una pelotita para que baje por el plano. La pareja de botones de ARRIBA ABAJO son para subir o bajar el plano y cambiar la altura del experimento y por tanto el ángulo. En la parte baja de la pantalla se observan los 4 tiempos medidos experimentalmente al cruzar la pelotita los sensores que se encuentran localizados a lo largo del plano y las ecuaciones de galileanas que se obtienen en el proceso de experimentación. Están en cero al inicio. [g-plane.ddns.net](http://g-plane.ddns.net)

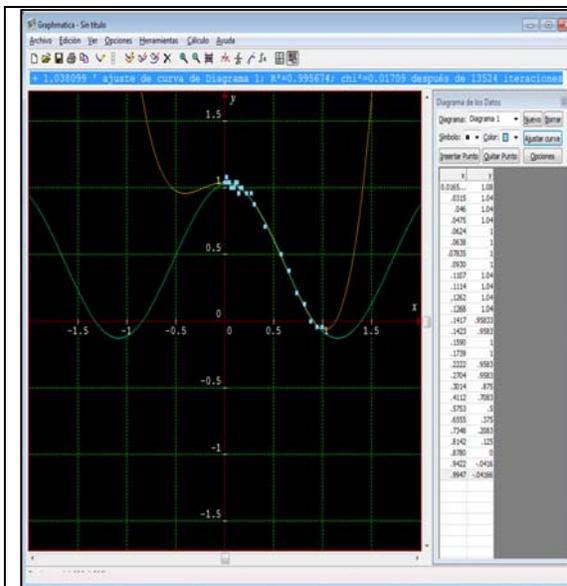


Fig.2. Interfaz de Graphmatica



Fig.3. Pantalla de acceso al G-Plane

**Descripción de Actividades.**

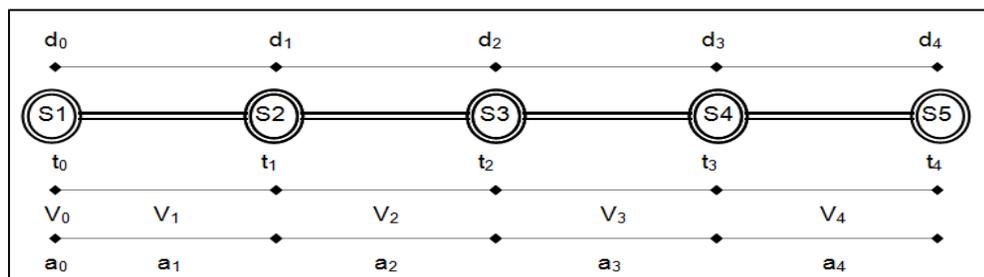
El diseño (OET, 2015) e implementación del experimento Galileano, sobre el cual, al deslizarse el móvil a través del plano, generará un conjunto de 5 pares de datos de tiempo vs posición que se mostrarán en pantalla. Esto permite realizar varias de actividades de experimentación didáctica (Peters, 2014) que pueden ser implementadas en el salón de clases (Psillos, Niedderer, 2002; Renken et all. 2015; Riopel, Smyrnaïou, 2016).

**Objetivo:** Realizar remotamente los experimentos galileanos de medición de la posición en el tiempo de una partícula que desciende por un plano inclinado y generar un conjunto de datos empíricos para el modelado matemático de sus ecuaciones de movimiento.

Los 10 pasos para realizar un proceso de experimentación con el Smart G-Plane (Salmon, 2013, 2011; Shapin, 1988; Shapin, Schaffer 1985; UNESCO, 2016):

## 8VO. COLOQUIO EDUCACIÓN EN CIENCIAS Y TIC

1. Se integran a los alumnos en equipos para realizar el proceso de experimentación en grupos de mínimo dos a no más de 3 alumnos.
2. Se realizan por parte del profesor una introducción histórica de no menos de una hora sobre el experimento histórico del plano inclinado de Galileo. Y se muestran ejemplos cualitativos (teóricos) y cuantitativos (numéricos) de su ejecución.
3. Se realiza un proceso de integración con la experiencia de realizar experimentos de física de forma remota y particularmente con el Smart G-Plane. Aplicando el contenido de capacitación para su uso. Qué estará disponible en su página.
4. Se realiza con los equipos la planificación del proceso de experimentación:
  - a. Diseñar, aplicando la técnica de lluvia de ideas por equipos, por lo menos 5 experimentos (3 en el salón/en equipo y 2 desde casa/individuales), seleccionando 5 diferentes alturas (ángulos) y realizar 5 repeticiones por cada experimento, 25 ejecuciones en total. Promediando sus resultados.
  - b. **Producto:** Entregar resueltos manualmente los cálculos de los 5 experimentos.
5. Se proporciona a los equipos la liga de acceso al laboratorio de Smart G-Plane ([naylab.ddns.net](http://naylab.ddns.net)) o a su liga directa ([g-plane.ddns.net](http://g-plane.ddns.net)) junto con su clave de acceso. Y la liga de descarga de Graphmatica. Y mostrar su uso y manejo en el experimento.
6. Demostrar la realización de dos o tres experimentos con Smart G-Plane por parte del profesor. Y la obtención de un paquete de ecuaciones de galileanas de movimiento.
  - a. Dejar caer la partícula y obtener los 5 pares de datos tiempo vs. Posición (Fig.4).
  - b. Colocar en un tabulador de Graphmatica el conjunto de 5 datos de los tiempos vs posiciones y aplicar el método de mínimos cuadrados para obtener la función de posición  $s(t)$  de la caída de la partícula por el plano.
  - c. Derivar sucesivamente en Graphmatica la posición  $s(t)$  para obtener las funciones de velocidad, aceleración y sacudida, respectivamente  $v(t)$ ,  $a(t)$  y  $j(t)$ .



**Fig.4.** Diagrama de la posición de los sensores a lo largo del plano de desplazamiento donde se marcan las variables involucradas: distancias  $d_n$ , sensores  $s_n$ , tiempos  $t_n$ , velocidades  $V_n$  y aceleraciones  $a_n$ .

- d. Analizar las gráficas de las funciones presentadas por Graphmatica en pantalla.

## 8VO. COLOQUIO EDUCACIÓN EN CIENCIAS Y TIC

7. Cada equipo realizará entonces, la ejecución de todos los experimentos diseñados.
8. **Producto:** Explicar la información que se deberá contener el reporte con todos los datos adquiridos en el experimento físico y funciones modeladas matemáticamente en el proceso de experimentación.
9. Realizar una actividad de socialización y reflexión del proceso de experimentación científica y el contexto histórico tecnológico y científico de Galileo con los tres experimentos realizados en el salón/por equipo.
10. Realizar una actividad de socialización y reflexión del proceso de experimentación científica y el contexto histórico tecnológico y científico de Galileo con los dos experimentos realizados en casa/individuales. Repetir la experiencia remota otra vez.

### R Conclusiones

La experimentación en el salón de clases es una costumbre olvidada en la gran mayoría de las escuelas de este país, sin importar el nivel educativo. Ya sea por deficiencia de los sistemas educativos o por cuestiones de presupuesto ya experimentación rara vez se realiza (Tareq et all. 2016, Yamagata-Lynch, 2010; Assaf, 2017).

Por eso, proyectos como el que en estas líneas se puede leer, abre una puerta en las posibilidades que la aplicación de la tecnología a la educación puede darnos. Al final del proceso no es tan difícil desarrollar herramientas como esta por toda la información y tecnologías de bajo costo y alto desempeño que ahora están disponibles al ciudadano común y los resultados formativos con nuestros estudiantes son claramente evidentes, tanto en el rubro escolar como en el personal (Assaf, 2017; Renken et all. 2015; Peters, 2014).

Si no se tiene el equipo para realizar algún experimento, buscar alguno que se ajuste a nuestras necesidades formativas en alguna de las redes de laboratorios remotos que ya existen, es una de las soluciones más viables y sencillas de realizar (Assaf, 2017).

Además la actividad remota está por ser un estándar en la sociedad actual, así que darle una apropiada forma de uso es una ventaja frente a los que solo toman a Internet para divertirse. Si algún profesor se aventura en la experimentación remota con sus alumnos, viva también la experiencia, no se desaliente y motive con sus alumnos, ellos ya viven esto diariamente pero sin guía (Assaf, 2017; García, Alves, 2011). Así los dos lados ganan.

De este modo, compartir equipos, materiales, recursos humanos, repositorios y experiencias, sin que intervenga la burocracia escolar, es una de las formas más rápidas y económicas de mejorar y elevar la educación en este país, apoyándonos entre colegas (Assaf, 2017; Colvin, 2008). Porque arrieros somos.... y en el camino andamos.

## R Referencias

- Assaf, Nayiv (2017). Acreditación del Laboratorio Remoto: Catalizador de su desarrollo y adopción educativa. EduQ@2017 VII Congreso Internacional Virtual Iberoamericano de calidad en Educación a Distancia, 20-30 abril 2017, Mendoza Argentina, FLEAD-CREAD-UDUAL.
- Assaf, Nayiv; Assaf, Ian; Rosales, Orquidia (2015). Galiplano y WiiMote (GaliWii): un binomio para aprender la experimentación de la física y el modelado de las matemáticas. En DGTIC (Organizador), Memorias del encuentro universitario de mejores prácticas de uso de TIC en la educación #educatic2015: Ciencias Físico-Matemáticas y de las Ingenierías. Diciembre. UNAM México D.F.
- Burns, Mary (2011). Distance Education for Teacher Training: Modes, Models, and Methods. Education Development Center, Inc. Washington, DC
- Colvin, Ruth (2008). Developing Technical Training. A Structured Approach for Developing Classroom and Computer-based Instructional Materials. 3rd Ed. John Wiley and Sons Ltd
- Colvin, Ruth; Mayer, Richard (2013). Scenario-based e-Learning: Evidence-Based Guidelines for Online Workforce Learning. Pfeiffer
- Dillenbourg, Pierre; Huang, Jeffrey; Cherubini, Mauro (Ed.) (2009). Interactive Artifacts and Furniture Supporting Collaborative Work and Learning. Volume 10 of Computer-Supported Collaborative Learning Series. Springer Science & Business Media.
- Feisel, Lyle; Rosa, Albert (2005). The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education. January. Journal of Engineering Education
- Galilei, Galileo (1982). Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias. Nacional Madrid.
- García, Javier; Alves, Gustavo (eds.) (2011). Using Remote Labs in Education. Two Little Duck in Remote Experimentation. Deusto Digital. Bilbao.
- González Carlos y Sánchez Laura (2015). Retomando a galileo: medida de la gravedad por extrapolación desde el plano inclinado a la caída libre. XVI Exporecerca Jove. Marzo. MAGMA, Associacio per a Promoure la Recerca Jove.
- Greco José (2002). Una respuesta experimental a la hipótesis galileana sobre la caída de los cuerpos. Red Creativa de Ciencia, Curso I. <http://www.cienciaredcreativa.org/informes/caida%201.pdf>
- K. Achuthan, P. Nedungadi, R. Raman, and B. Nair (2016). Complementing Education via Virtual Labs: Implementation and Deployment of Remote Laboratories and Usage. International Journal of Online Engineering (iJOE) March.
- Lasica, I. E.; Katzis, K.; Meletiou-Mavrotheris; M.; Dimopoulos, C. (2016a). Research Challenges in future laboratory-based STEM Education. Bulletin of the Technical Committee on Learning Technology October.

## 8 VO. COLOQUIO EDUCACIÓN EN CIENCIAS Y TIC

- Lasica, Ilona-Elefteyja; Katzis, Konstantinos, Meletiou-Mavrotheris, Maria; Dimopoulos, Christos (2016b). STEM Education: Current and future trends in laboratory-based education. Conference Paper. June.
- M. Felgueiras, J. Macedo<sup>1</sup>, A. Fidalgo, C. Petry and G. Alves (2016). How to Use Remote Labs for Enhancing ELearning on PSoCs. International Journal of Online Engineering (iJOE) April
- OET (2015). Ed Tech Developer's Guide, A primer for software developers, startups, and entrepreneurs. Office of Educational Technology. U.S. Department of Education. Washington, D.C.
- Peters, Dorian (2014). Interface Design for Learning Design Strategies for Learning Experiences. New Riders USA
- Psillos, Dimitris; Niedderer, H. (2002). Teaching and Learning in the Science Laboratory. Volume 16 of Contemporary Trends and Issues in Science Education of Science & technology education library. Springer.
- Renken, Maggie; Peffer, Melanie; Otrell-Cass, Kathrin; Girault, Isabelle; Chiocarriello, Augusto (2015). Simulations as Scaffolds in Science Education. Springer Briefs in Educational Communications and Technology. Springer.
- Riopel, Martin; Smyrniou, Zacharoula (2016). New Developments in Science and Technology Education. Volume 23 of Innovations in Science Education and Technology. Springer.
- Salmon, Gilly (2011). E-Moderating. The Key to Teaching and Learning OnLine. 3th ed. Kogan Page. USA.
- Salmon, Gilly (2013). e-tivities. The Key to Active OnLine Learning. RoutledgeFalmer, 2nd ed. London.
- Shapin, Steven (1988). The House of Experiment in Seventeenth-Century England. Isis: A Journal of the History of Science 79:373-404.
- Shapin, Steven; Schaffer, Simon (1985). Leviathan and the air-pump. Hobbes, Boyle, and the experimental life. Princeton University Press, U.K.
- Tareq Alkhaldi; Ilung Pranata; Rukshan I. Athauda (2016). A review of contemporary virtual and remote laboratory implementations: observations and findings. J. Comput. Educ. June
- UNESCO (2016). Education for people and planet: creating sustainable futures for all. Global education monitoring report 2016, 2a. ed. France.
- Yamagata-Lynch, Lisa (2010). Activity Systems Analysis Methods: Understanding Complex Learning Environments. Springer Science & Business Media.