

# EFECTO DEL PERFIL DEL TUTOR EN EL APRENDIZAJE LOGRADO AL REALIZAR UN TUTORIAL

*Nadia Fernanda Pérez Goytia<sup>1</sup>  
Pablo Jesús Barniol Durán*

*Resumen: En este artículo se describe primeramente una visión general de la investigación en la educación de la física a nivel universitario. Luego se muestran los antecedentes de una de las estrategias innovadoras más eficientes en esta área: Tutoriales para Física Introductoria realizados en la Universidad de Washington. Después se presenta una investigación realizada sobre el efecto que tienen estos Tutoriales en el entendimiento conceptual de estudiantes de física de una universidad privada mexicana, específicamente en el tema de circuitos eléctricos. Por último se investiga también sobre la manera que cambia este efecto al modificar el perfil y el número de los facilitadores (tutores).*

*Palabras clave: Electromagnetismo, Tutoriales, McDermott, perfil del tutor, cuestionamiento.*

*Abstract. This article begins with a brief description of the general status of physics education research in a university level, as a way to introduce the development of the Tutorials in Introductory Physics, created at the University of Washington. The tutorials are a series of active learning activities that focus in the conceptual understanding of the student. They are considered to be very innovative materials and have proven to be an effective way of tackling students' misconceptions. These activities were used in an investigation of the conceptual understanding of electric circuits of a group of students in a Mexican private university as a function of tutor profile and the number of tutors who were implementing the Tutorials with students.*

*Key words: Electromagnetism, Tutorials, McDermott, tutor's profile, inquiry-based learning.*

---

<sup>1</sup> La Mtra. Nadia Fernanda Pérez Goytia y el Mtro. Pablo Jesús Barniol Durán son Ingenieros Físicos Industriales y Asistentes de Investigación en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey.

## Introducción

### Investigación en la educación de la física

Hace aproximadamente treinta años, maestros experimentados de física encontraron, por medio de investigaciones, que a pesar de sus mejores esfuerzos, muchos estudiantes universitarios terminaban sus cursos introductorios de física con serias dificultades respecto a los conceptos físicos vistos en clase. En la década de los ochenta, los estudios realizados mostraron evidencia de la dificultad que tienen los alumnos universitarios en áreas de la física como: cinemática, dinámica, electricidad y magnetismo. Estas dificultades, según Peters (Peters, 1981: pp.501-508), eran principalmente de carácter conceptual y se encontraron presentes aun en alumnos que cursaban la materia de física con honores. Posteriores investigaciones clarificaron las debilidades de los estudiantes al terminar estos cursos, entre las que se encontraban: El uso repetitivo de razonamientos y concepciones que no correspondían con los conceptos físicos (McDermott; Redish, 1999: p. 755-767), la dificultad de identificar la ley principal o el principio que debía ser utilizado para resolver el problema (Leonard; Dufresne; Mestre, 1996: pp. 1945-1503), la poca habilidad para realizar la relación entre el concepto físico aprendido y un evento del mundo real (McDermott, 1991: pp. 301-315).

Con base en estos estudios y en estadísticas de exámenes institucionales, se presentó la evidencia de que el currículo actual de las materias de física introductorias no era completamente adecuado para la formación de los estudiantes de física (McDermott, 1991: pp.301-315). Frente a estas dificultades halladas en los alumnos surgen grupos de investigación e innovación de la educación de la física que intentan disminuir esta brecha que existe entre lo que se enseña y lo que realmente aprende el alumno (McDermott, 1991: pp.301-315), es decir, que busca que el alumno realmente comprenda los conceptos físicos, pueda discernir la ley principal o el principio que debe ser utilizado en tal problema, y por último haga la relación necesaria entre el concepto y un evento del mundo real.

Para lograr esto, los investigadores en el área de la educación de la física siguen generalmente la siguiente metodología: primeramente identifican una dificultad específica en el aprendizaje de un concepto físico y buscan entenderla conceptualmente. Para poder obtener información sobre estas debilidades que presentan los estudiantes, ellos se ven en la necesidad de elaborar instrumentos, herramientas, que permitan tener una visión clara de las dificultades en el alumno. Se han desarrollado varios exámenes de opción múltiple, como el FCI, "Force Concept Inventory", "Inventario de concepto de fuerza" (Hestenes; Wells; Swackhame, 1992: pp. 141-158) que permiten obtener estadísticas del entendimiento de una gran población. Otra opción de herramienta, son los exá-

menes de preguntas abiertas dirigidas a un grupo medio de estudiantes. Y, por último, las entrevistas, las cuales se realizan normalmente a un grupo pequeño de alumnos. Estas dos últimas herramientas intentan obtener los razonamientos “no adecuados” que utilizan los alumnos a la hora de resolver problemas de física, estos son conocidos como concepciones “alternativas”.

Después de haber realizado las evaluaciones por medio de los instrumentos y de haber tratado de ahondar en el entendimiento de la problemática los investigadores elaboran nuevas estrategias de aprendizaje para tratar de resolver la problemática que poseen los estudiantes. Luego se lleva a cabo la implementación de esta nueva estrategia de aprendizaje en un grupo “piloto”. Y, por último, después de terminar el curso donde se utilizó esta nueva estrategia, el grupo “piloto” es evaluado utilizando las herramientas ya desarrolladas. Con esto es posible elaborar conclusiones sobre la eficiencia de la nueva estrategia de aprendizaje.

## Antecedentes de los Tutoriales para Física Introductoria

Entre las estrategias más conocidas en la actualidad se encuentran los Tutoriales para física introductoria. Estos Tutoriales promueven el aprendizaje activo “por medio de cuestionarios y situaciones que guían a los alumnos hacia el tipo de razonamiento indispensable para la construcción de los conceptos y para su aplicación a situaciones de la vida real”, (McDermott; Shaffer, 2001: p. 7). La finalidad de los Tutoriales no está enfocada en que el alumno adquiera dominio en la resolución de problemas de física cuantitativos, sino más bien buscan promover la comprensión en los estudiantes de los conceptos fundamentales de algún tema de física, a través del compromiso intelectual. Los alumnos trabajan en equipo y el facilitador (tutor) no debe dar las respuestas a los alumnos, sino que debe formular preguntas, al estilo socrático, para guiarlos hacia las respuestas adecuadas. Es muy importante señalar que muchos artículos presentan a los Tutoriales como una de las estrategias más eficientes para las materias de física introductoria (Redish; Steinberg, 1999: pp. 24-30).

Los investigadores McDermott y Shaffer (McDermott; Shaffer, 1999: pp. 994-1003) documentaron en dos artículos la metodología para el diseño de los Tutoriales para física introductoria, específicamente para el tema de circuitos eléctricos. Esta metodología sigue lo establecido en la introducción. Estos autores identificaron varias concepciones alternativas (no adecuadas al modelo científico) que se encontraban en varios estudiantes al terminar el tema de circuitos eléctricos, a través de entrevistas, estudios descriptivos dentro de un salón de clases, exámenes (antes, durante y después del curso). A partir de las concepciones alternativas encontradas, los autores McDermott y Shaffer (McDermott; Shaffer, 1999: pp. 1003-1011) diseñaron los Tutoriales buscando promover un

mayor entendimiento conceptual en el tema de circuitos eléctricos. En el diseño de los Tutoriales se tomaron en cuenta los postulados de la teoría constructivista, buscando que cada paso de la actividad ayudara al estudiante a descubrir incongruencias en su razonamiento y lo guiara en el proceso de construcción de los conceptos clave relacionados con la actividad. Los investigadores se ocuparon también de la efectividad de estos nuevos Tutoriales comparando el desempeño de alumnos que utilizaron el tutorial con el de alumnos que no lo utilizaron. Para esto se evaluaron a 500 estudiantes en tres diferentes instituciones. Los autores encontraron que el 45% de los estudiantes universitarios pueden responder correctamente una pregunta cualitativa y dar explicaciones “aceptables” después de realizar el Tutorial, mientras que sólo el 15% de los alumnos que no han realizado el Tutorial responden correctamente y dan una explicación aceptable. Los investigadores concluyeron que los estudiantes que habían realizado los Tutoriales tenían un desempeño substancialmente superior a la hora de resolver problemas de tipo cualitativo.

Existe numerosa evidencia de que los Tutoriales son una de las estrategias más eficientes para las materias de física introductoria. A continuación presentamos las conclusiones de dos artículos que muestran la efectividad de los Tutoriales en diferentes niveles educativos y en diferentes lugares. Benegas (Benegas, 2007: pp. 32-38) realizó una investigación sobre el efecto de los Tutoriales en alumnos de preparatoria de Argentina. Diseñó un examen de opción múltiple en el que cada uno de los incisos correspondía a concepciones erróneas reportadas en la literatura. Este examen fue presentado por los estudiantes antes y después de realizar el Tutorial, por lo que se compararon los resultados de pre y post examen para medir el efecto que tuvo el tutorial en el entendimiento conceptual de los estudiantes. Además, se compararon dichos resultados con los de la población de estudiantes que no realizó los Tutoriales. La conclusión de este estudio es que el realizar los Tutoriales ayudó a los estudiantes a abandonar concepciones erróneas y a tener un entendimiento profundo de los conceptos tratados y de la relación entre ellos.

Redish y Steingberg (Redish; Steingberg, 1999: pp. 24-30) de la Universidad de Maryland también realizaron un estudio sobre el efecto que tienen los Tutoriales en el entendimiento conceptual de los estudiantes de física introductoria (una materia que debe ser aprobada por todos los estudiantes de ingeniería). Para este estudio se utilizó un examen de opción múltiple validado y aceptado por la comunidad científica, FCI. Este examen evalúa el entendimiento conceptual de la cinemática, las leyes de Newton y la conservación de momentum, y cada uno de los incisos incorrectos fue diseñado con base en una concepción errónea común en estudiantes de una variedad de niveles académicos. Este estudio involucró a un total de 767 alumnos, 238 de los cuales tomaron el curso bajo una modalidad tradicional, el resto tomó una clase tradicional que usaba los tutoriales

como actividades de apoyo. Todos los estudiantes presentaron el examen antes y después del curso, lo que permitió medir tanto las concepciones previas al curso como el cambio en el entendimiento conceptual de los estudiantes al aprobar la materia. Se hizo uso de la ganancia normalizada de Hake (Hake, 1998: 64-74) para comparar los resultados de las diferentes poblaciones de estudiantes, resultando en una ganancia de Hake de  $0.16 \pm 0.03$  para los cursos tradicionales sin uso de Tutoriales y de  $0.35 \pm 0.03$  para los grupos que usaron tutoriales como actividades de apoyo.

## Implementación en una universidad privada mexicana

La implementación de estas actividades en la universidad privada mexicana analizada en este estudio ha divergido de la aplicación recomendada por los autores, ya que las condiciones del entorno y la organización de la escuela son diferentes a las contempladas por ellos en el diseño de las actividades. Por ejemplo, se trabaja con grupos de máximo 40 alumnos, en lugar de los grupos de más de 100 que se tienen en la Universidad de Washington. Otra diferencia es que las actividades se realizan en los salones, en el tiempo de la clase o laboratorio, en lugar de contar con un horario y espacio asignado para ello (en la Universidad de Washington se tienen sesiones agendadas y salones habilitados para el trabajo colaborativo). También difiere el perfil de los asistentes de docencia que ayudan a la realización del tutorial (tutores), en la Universidad de Washington los asistentes son estudiantes de posgrado en educación o en física, cumpliendo servicio becario u obteniendo experiencia en educación, mientras que en el caso mexicano son estudiantes de licenciatura, que son contratados como instructores de laboratorio y reciben capacitación adicional para fungir como facilitadores en el desarrollo de estas actividades. Sobre el papel de los tutores (facilitadores) algunos autores como Koenig y Endorf (Koenig; Endorf, 2004: pp. 161-164) han establecido que éste influye en el entendimiento conceptual logrado por los estudiantes a través de los Tutoriales y establecen como conclusión que existe una relación entre la habilidad del tutor (facilitador) de implementar el tutorial y el entendimiento conceptual logrado en los estudiantes. Ante este hecho, como se mencionó también en el resumen, en esta investigación se busca determinar la manera que cambia el efecto de los Tutoriales en el entendimiento conceptual de los estudiantes, al modificar el perfil y el número de los facilitadores en la universidad mexicana.

## Desarrollo

### Metodología

Existen Tutoriales para mecánica, termodinámica, ondas, ópticas, electricidad y magnetismo. Para esta investigación se eligió el tema de circuitos eléctricos, que está dividido en dos Tutoriales, con una duración de dos horas cada uno. En la introducción se definieron los dos objetivos de esta investigación: determinar el efecto de la implementación de los Tutoriales en el entendimiento conceptual en estudiantes de ingeniería en una universidad privada mexicana, específicamente en el tema de circuitos eléctricos y establecer la manera en que cambia el efecto de los Tutoriales en el entendimiento conceptual de los estudiantes, al modificar el perfil y el número de los facilitadores en el caso mexicano. Para esto se siguieron las siguientes fases: Primeramente se aplicó a los estudiantes un examen diagnóstico previo a la implementación, para determinar su nivel de entendimiento conceptual antes de realizar el Tutorial. Se realizaron los Tutoriales en dos sesiones de dos horas cada una, habiendo una semana de separación entre sesión y sesión. Al final del segundo Tutorial, se aplicó a los estudiantes un examen diagnóstico después de la implementación, para determinar su nivel de entendimiento después de realizar el Tutorial.

La muestra para la investigación son dos grupos de veinte alumnos del laboratorio de la materia *Electricidad y Magnetismo*, a nivel ingeniería. La razón por la que se eligieron grupos de laboratorio es que la realización de estos Tutoriales requiere equipo experimental (focos, baterías y cables). Los alumnos son estudiantes de varias carreras de ingeniería cursando el tercer semestre; y antes de realizar el laboratorio han estudiado la teoría en el salón de clase. Si bien los dos grupos fueron seleccionados al azar, se buscó que estos tuvieran una similitud de horarios y estuvieran asignados al mismo instructor. Se seleccionaron únicamente dos grupos por condiciones impuestas por el maestro encargado de los laboratorios. Hay que notar que dado que el segundo objetivo de esta investigación es determinar si el perfil y número de tutores influye en el aprendizaje que logran los estudiantes al realizar la actividad, la implementación de uno de los grupos (G1) realizó el Tutorial con su tutor de costumbre, mientras que el otro (G2), lo realizó además con el apoyo de un ingeniero físico industrial que actualmente estudia el doctorado en educación.

Para poder medir de manera objetiva el entendimiento conceptual de los estudiantes, se diseñó un examen diagnóstico usando los problemas sugeridos por McDermott y Shaffer (McDermott; Shaffer, 2001) en el manual del profesor. Dicho examen contenía dos preguntas abiertas, directamente relacionadas con el tema tratado en el Tutorial y pedía al estudiante que explicara claramente su

razonamiento (Anexo A). Como ya se mencionó al establecer las fases de esta investigación el mismo examen fue contestado antes y después de la sesión de instrucción por ambos grupos.

## Análisis de datos

Para realizar el análisis de los datos es necesario calcular la ganancia normalizada definida por Hake (Hake, 1998: pp.64-74) en los dos grupos a partir de los resultados del pretest y post-test. Los datos de la ganancia normalizada cuantifican el efecto de la instrucción y permite encontrar qué tanto mejoró el desempeño de los alumnos en esta pregunta con respecto a lo que podía mejorarse (Hake, 1998). Es decir, que al encontrar esta ganancia para los dos grupos es posible definir el primer objetivo de esta investigación.

La ganancia normalizada está definida, siguiendo a lo establecido por Hake (1998), por la expresión:

$$g = \begin{cases} \frac{y - x}{1 - x} \geq 0, & y \geq x \\ \frac{y - x}{x} < 0, & y < x \end{cases}$$

donde  $y$  es la calificación del examen diagnóstico posterior a la instrucción (post-examen) y  $x$  es la calificación del examen previo a la instrucción (pre-examen). La calificación está normalizada (la mayor posible es igual a 1); en caso de que se quieran utilizar los resultados sin normalizar, se sustituiría el 1 en la ecuación por la calificación máxima del examen. Para el caso en el que  $y > x$  (o sea, que el puntaje del post-examen sea mayor que el del pre-examen) la ganancia normalizada establece una relación entre lo que un grupo de estudiantes aprendió ( $y - x$ ) y lo que le era posible aprender ( $1 - x$ ). Es importante recalcar que Hake (Hake, 1998: pp.64-74) obtuvo la ganancia normalizada de 64 grupos de *Física*, en 14 de los cuales, la materia se impartía de manera tradicional, sin hacer esfuerzos por incorporar actividades colaborativas o de aprendizaje activo. El autor concluye que para grupos en los que la instrucción había sido de tipo tradicional, la ganancia normalizada tomó valores de  $g < 0.30$ ; en el caso de la instrucción de tipo activo, la ganancia normalizada fue de  $g \geq 0.30$ . Es decir, que una ganancia mayor a 0.3, se identifica con una enseñanza que promueve el aprendizaje activo.

Para precisar el segundo objetivo de esta investigación, es decir, determinar si el perfil y número de tutores influye en el aprendizaje que logran los estudiantes, es necesario comparar la ganancia normalizada en el grupo G1, en el que se realizó únicamente con su tutor de costumbre con la ganancia normalizada del grupo G2 en el que además se realizó con la ayuda del alumno doctoral. A partir de esta comparación es posible establecer conclusiones sobre este segundo objetivo.

## Resultados

Como se muestra en el Anexo A, el examen contiene dos problemas. Hay que señalar que a la hora de calificar estos dos recibieron igual ponderación. Los exámenes previos (pre-examen) y posteriores (post-examen) a la instrucción fueron calificados por la misma persona, usando los mismos criterios de evaluación. Se tabularon los datos y se eliminó a los alumnos que contestaron solamente uno de los exámenes. A continuación se muestran las calificaciones obtenidas por ambos grupo. En la tabla 1 se presentan las calificaciones del grupo G1 antes y después de realizar el Tutorial. En la Tabla 2 se muestran estas calificaciones para el grupo G2.

Tabla 1. Calificaciones del grupo G1 antes y después de realizar el Tutorial en escala del 0 al 10

G1		
Alumno	Previo	Posterior
A01	2.5	4.5
A02	3	4.5
A03	4.5	4
A04	9	6.5
A05	2.5	10
A06	2.5	6.5
A07	3.5	6.5
A08	2.5	4.5
A09	1	6.5
A10	4.5	3
A11	2.5	6.5
A12	3.5	4.5
Promedio	3.45	5.625

Tabla 2. Calificaciones del grupo G2 antes y después de realizar el Tutorial en escala del 0 al 10

G2		
Alumno	Previo	Posterior
A13	3.5	5.5
A14	0	2
A15	0	2.5
A16	0	4
A17	2.5	4
A18	4.5	9
A19	3.5	6.5
A20	4.5	5.5
A21	5.5	5.5
A22	2.5	8
Promedio	2.65	5.25

Como se mencionó en el análisis de datos es necesario obtener la normalizada de Hake (1998), que pondera lo que se aprendió contra lo que se pudo haber aprendido, debido a que los grupos son diferentes en cuanto a preconcepciones y conocimientos iniciales. Con los resultados de las tablas anteriores se encontraron las siguientes ganancias normalizadas de Hake para los grupos G1 y G2:

$$g_{G1} = \frac{C_{post} - C_{pre}}{C_{max} - C_{pre}} = \frac{5.625 - 3.450}{10.00 - 3.450} = 0.331$$

$$g_{G2} = \frac{C_{post} - C_{pre}}{C_{max} - C_{pre}} = \frac{5.250 - 2.650}{10.00 - 2.650} = 0.353$$

Al observar estos resultados es posible inferir sobre el efecto de los Tutoriales en el entendimiento conceptual de los estudiantes. En las tablas se pudo comprobar que el desempeño de los estudiantes es mejor en el post-examen que en el pre-examen, dando una ganancia normalizada de Hake positiva. Con los datos es posible establecer que se obtiene un efecto positivo al implementar los Tutoriales. Es importante señalar que las ganancias en los dos grupos son mayores a 0.3, lo cual corresponde a lo establecido por Hake (Hake, 1998: 64-74), el cual

identifica que para enseñanzas que promueven el aprendizaje activo se espera una ganancia normalizada mayor a 0.3.

Para precisar el segundo objetivo de esta investigación, es necesario comparar las ganancias normalizadas de Hake de los dos grupos. Recordemos que en el grupo G2 participaron dos tutores en la implementación, y uno tenía un perfil diferente. Podemos notar que la ganancia normalizada de Hake en este grupo es ligeramente mayor. La diferencia entre las dos es 0.022. Esto corresponde con lo propuesto por los autores Koenig y Endorf (Koenig; Endorf, 2004: pp.161-164), los cuales establecen que existe una relación entre la habilidad del tutor (facilitador) de implementar el Tutorial y el entendimiento conceptual logrado en los estudiantes. También a partir de este dato se puede observar que al incrementar en los grupos el número de tutores (de uno a dos), añadiendo un tutor con diferente perfil (específicamente con mayor conocimiento en los temas tratados) se influye de manera positiva en el entendimiento conceptual de los alumnos obteniendo una mayor ganancia normalizada.

Además del incremento de la calificación numérica, se notó un gran contraste en los razonamientos expuestos por los estudiantes. Mientras que en el pre-examen no se ofrecieron razonamientos claros y se usaron indiscriminadamente conceptos diferentes (como corriente, carga y energía), en el post-examen los estudiantes mostraron un entendimiento claro de la relación de los conceptos involucrados.

## Conclusiones

En el presente artículo se describió primeramente la investigación en la educación en la física, centrándose específicamente en una de las estrategias innovadoras más eficientes en esta área: Tutoriales para física Introductoria. Se presentaron antecedentes precisos sobre su naturaleza y sobre su eficiencia. Sobre la implementación en una universidad privada mexicana se reportaron las ganancias normalizadas de grupos de física para determinar el efecto en el entendimiento conceptual que tienen los Tutoriales en los estudiantes. Se encontró que la ganancia correspondía a una ganancia de aprendizaje activo según lo establecido por Hake (Hake, 1998: pp.64-74). Por último, se encontró que al añadir en los grupos un tutor con mayor conocimiento en los temas tratados, se influye positivamente en los alumnos, quienes obtienen mayor ganancia normalizada.

Se espera que este estudio sea de utilidad en la planificación de actividades con los Tutoriales de *Física Introductoria* y que permita encontrar áreas de oportunidad a las instituciones educativas que decidan implementar estas actividades en sus cursos de física introductoria universitaria.

## Referencias

- Benegas, J. (2007). Tutoriales para física introductoria: Una experiencia exitosa de aprendizaje activo de la física. *Latin-American Journal of Physics*, 1, 32-38.
- Hestenes, D., Wells M., and Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *Physics Teachers*, 30, 141-158.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A sixthousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses, *American Journal of Physics*, 66, 64-74.
- Koenig, K. & Endorf, R. (2004). Study of TA's ability to implement the Tutorials in Introductory Physics and student conceptual understanding. *AIP Conference Proceedings*, 720, 161-164.
- Leonard, W., Dufresne, R., & Mestre, P. (1996). Using qualitative problem-solving strategies to highlight the role of conceptual knowledge in solving problems. *American Journal of Physics*, 64, 1495-1503.
- McDermott, L. C. (2001). Oersted Medal Lecture 2001: "Physics education research - The key to student learning". *American Journal of Physics*, 69, 1127-1137.
- McDermott, L. C. (1991). Millikan Lecture 1990: What we teach and what is learned - Closing the gap. *American Journal of Physics*, 59, 301-315.
- McDermott, L. C. & Redish, E. F. (1999). Resource letter PER-1: Physics education research. *American Journal of Physics*, 67, 755-767.
- McDermott, L. C. & Shaffer, P. (2001). *Tutoriales para Física Introductoria*. México, D. F., México: Pearson.
- McDermott, L. C. & Shaffer, P. (1999a). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics*, 60, 994-1003.
- McDermott, L. C. & Shaffer, P. (1999b). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part II: Design of instructional strategies. *American Journal of Physics*, 60, 1003-1011.
- Peters, P. C. (1981). Even honors students have conceptual difficulties with physics. *American Journal of Physics*, 50, 501-508
- Redish, E. & Steinberg R. (1999). Teaching Physics: Figuring Out What Works *Physics Today*, 52, 24-30.

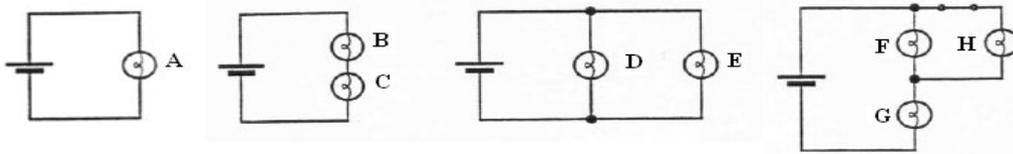
## Anexo A

### Formato del Examen Diagnóstico

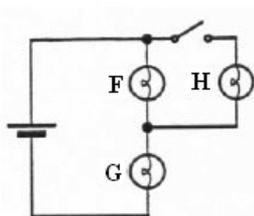
#### Examen diagnóstico de circuitos

Matrícula: \_\_\_\_\_

- Los cuatro circuitos siguientes están conectados entre sí por alambre sin resistencia, con focos idénticos y baterías idénticas y sin resistencia interna. Clasifica de mayor a menor el brillo de los focos.



- Si se hace la modificación sugerida en la figura al último circuito, ¿El brillo del foco G disminuye, aumenta o se mantiene igual?



¿El brillo del foco F disminuye, aumenta o se mantiene igual? Explica paso a paso tu razonamiento y describe los criterios usados.