

**MLS – INCLUSION AND SOCIETY  
JOURNAL**

<https://www.mlsjournals.com/MLS-Inclusion-Society>

ISSN: 2794-087X



**How to cite this article:**

Gallego Joya, L. (2022). Evaluación del simulador PHET como estrategia para el aprendizaje de la gravitación en física en la educación media y universitaria. *MLS Inclusion and Society Journal*, 2(1), 107-120. <https://doi.org/10.56047/mlsisj.v1i1.1249>

**EVALUATION OF THE PhET SIMULATOR AS A STRATEGY FOR  
THE LEARNING OF GRAVITATION IN PHYSICS IN MIDDLE AND  
UNIVERSITY EDUCATION**

**Leonardo Gallego Joya**

Universidad Internacional Iberoamericana UNINI (México)

[lgallegoj@gmail.com](mailto:lgallegoj@gmail.com) · <https://orcid.org/0000-0003-4358-8265>

**Abstract.** The purpose of this article is to identify and evaluate results using the PhET simulator on gravitation (specifically on universal gravitation law), this topic is part of the academic curriculum at the level of secondary education and first year university, in disciplinary careers or applied as in technological and engineering training. To this end, a class practice is carried out with students using two of the simulators that address the topics and that can complement the work, before, during and after the class sessions at each level. The results obtained with the use of the simulators in the different academic practices are measured with the evaluation instruments that are destined for each session, such as laboratory guides, explanations, practice logs, work guides, etc., considering the use of the same as an important part of the activities, which alternate their use with explanations, with questions, with application problems and laboratories, in order to strengthen the concepts addressed in each of the practices carried out and finally put to try simulators, as a resource to contextualize, to reinforce, to represent another alternative for class work with students.

**Keywords:** graphic simulators, simulator evaluation, simulators in education.

## EVALUACIÓN DEL SIMULADOR PhET COMO ESTRATEGIA PARA EL APRENDIZAJE DE LA GRAVITACIÓN EN FÍSICA EN LA EDUCACIÓN MEDIA Y UNIVERSITARIA

**Resumen.** El presente artículo tiene como finalidad, la identificación y evaluación de resultados usando el simulador de PhET sobre gravitación (específicamente sobre ley de gravitación universal), este tema hace parte del currículo académico a nivel de educación media y de primer curso universitario, en carreras disciplinares o aplicadas como en formación tecnológica e ingeniería. Para dicho fin, se realiza con estudiantes una práctica en clase utilizando dos de los simuladores que abordan las temáticas y que puedan complementar el trabajo, antes, durante y después de las sesiones de clase en cada nivel. Los resultados obtenidos con el uso de los simuladores en las diferentes prácticas académicas se miden con los instrumentos de evaluación que se destinan para cada sesión, tales como guías de laboratorio, explicaciones, bitácoras de práctica, guías de trabajo, etc., considerando el uso de los mismos como parte importante de las actividades, los que se va alternando su uso con las explicaciones, con preguntas, con problemas de aplicación y laboratorios, con el propósito de fortalecer los conceptos abordados en cada una de las practicas realizadas y finalmente poner a prueba los simuladores, como recurso para contextualizar, de reforzar, de representar otra alternativa para el trabajo en clase con los estudiantes.

**Palabras clave:** simuladores gráficos, evaluación de simuladores, simuladores en educación.

### Introduction

Nowadays, the use of new technologies, which are considered emerging or alternative in science education, is still considered a wide field to be explored in the educational sector and has not yet been studied in depth, due to its recent history. It is very usual to see countless tools that have been developed from different platforms, networks, programming languages and specialized software, specifically in the development of simulators, as a tool that complements educational practice (Lucero, 2015).

These tools have not had a very wide reception in an educational environment yet, therefore, it is of great interest to be able to explore them and know their scope (Albarracín, 2017) According to the different uses given from an educational relevance, there is a wide variety of possible adaptations, which, in the case of scientific work, can be fully exploited when creating material corresponding to a wide variety of experiences that are derived from the reality of each concept addressed from the scientific work.

New technologies have had a significant impact on the change of the educational paradigm, for example, the use of computers for academic purposes, which has allowed strengthening communication and knowledge of work worldwide with the Internet (Amaya, 2011). Also with the generation of software and applications for different multimedia devices that today are part of the pedagogical work in the classroom.

Currently, classes centered on augmented reality tools allow understanding the phenomenologies of nature in other ways, making their explanation attractive and striking for students. It is a novel technology that has made it possible to innovate the different ways in which animations, virtual objects, are combined with real objects (Hernández, 2016). It is of vital importance to bring students closer to scientific concepts through didactic tools close to

their social, cultural and technological reality, hence the need to contribute from education to their use, to their continuous training.

The proposed work consists of elaborating, applying and evaluating activities (workshops and laboratories) through the use of PHET Interactive simulations, developed by the University of Colorado, in the regular curriculum of natural sciences in secondary education and Basic Sciences at the higher education level, specifically Physics. These activities would be developed taking into account the curricular contents of the subject and would be adapted to the different simulators to complement laboratory practices or to perform virtual laboratory practices in a direct way.

The execution of the activities would be carried out during regular classes without interrupting the calendar and the academic curriculum of the subject at different levels, laboratories and workshops would be scheduled to reinforce what has been seen and then evaluated based on the indicators of achievement of the various topics to be addressed. The topics would be specified during the course, the idea would be to address physics concepts for students in grades 10 and 11 of middle school, in their regular classes, as a complement to what is being worked, we would proceed to work on common geometry topics such as perimeters, areas and volumes, magnitudes and units, which are transversal to physics, reinforcing mathematical concepts applied to physics, as well as common astronomy concepts of position and astrophysics in the same way.

At the university level, virtual laboratories are also programmed using simulators in the Physics that are addressed in the engineering programs (Physics I or Mechanical Physics, Physics II or Electromagnetic Physics and Physics III or Wave Physics and Thermodynamics). For each academic semester, there are three cuts, and in each one of them, a minimum of one laboratory practice must be done, and it is there where the corresponding guides are proposed, either where the virtual resource is taken as a complement to the practice in the classroom laboratory, or it is done completely virtual.

The learning results obtained by using the simulators and performing the usual physical laboratory practices are intended to be equated, in order to establish parameters of functionality and relevance according to the particular subject matter addressed (Rodríguez-Hernández, 2010). Said relevance depends on the objectives and evaluation indicators at the time of performing the laboratories, this allows visualizing which practice and in which modality is more relevant for each subject, and whether it is convenient to do it virtually or in person.

## Method

It consists of the study of the different results obtained with the development of the activities in which the simulators are used, in this case, the PhET simulators about gravitation. The activities have already been proposed and carried out, these correspond to the usual ones of the physics curriculum in grade 10 at school (Colegio Moralba Suroriental IED) and the first academic semester at the university in the telecommunications engineering career (Corporación Universitaria UNITEC). See annex. The first consisted of a virtual laboratory session with tenth grade students, where a work guide is previously programmed, the explanatory session of the topic is carried out and then the laboratory practice using the simulators. Then, the development of the activity is reviewed and the results are evaluated, taking into account what was developed by the students through the evaluation rubric. On the other hand, at the university, an on-site laboratory session is previously scheduled (for each academic term only one on-site class session is scheduled, corresponding to the laboratory practices, due to the pandemic situation), this session is complemented with a laboratory guide, which is previously socialized, and also complemented with the simulators. The students of each level participate in the elaboration of the activities, then they are graded and the results obtained are analyzed by means of a form, by which the statistical study is made by recording the data, finding measures such as the mean, the location of values by means of quartiles, and according to the evaluation rubrics in each case. The evaluation instruments used consist of forms, which take into account very specific questions of each topic and its relation with the use of each simulator. For each activity developed, a single-answer multiple-choice evaluation is carried out, with questions specific to each topic worked on.

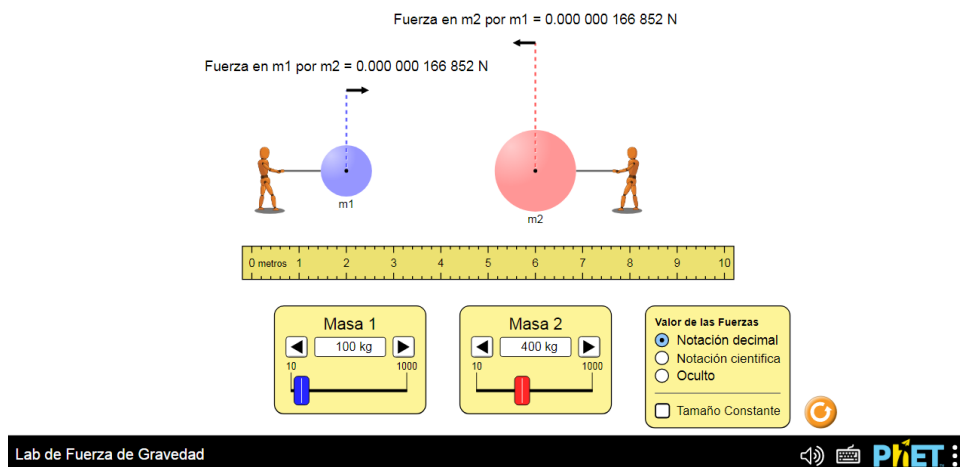


Figure 1. PhET Simulator. Gravity Force Lab.

Note: Source: [https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-force-lab/latest/gravity-force-lab\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-force-lab/latest/gravity-force-lab_es.html)

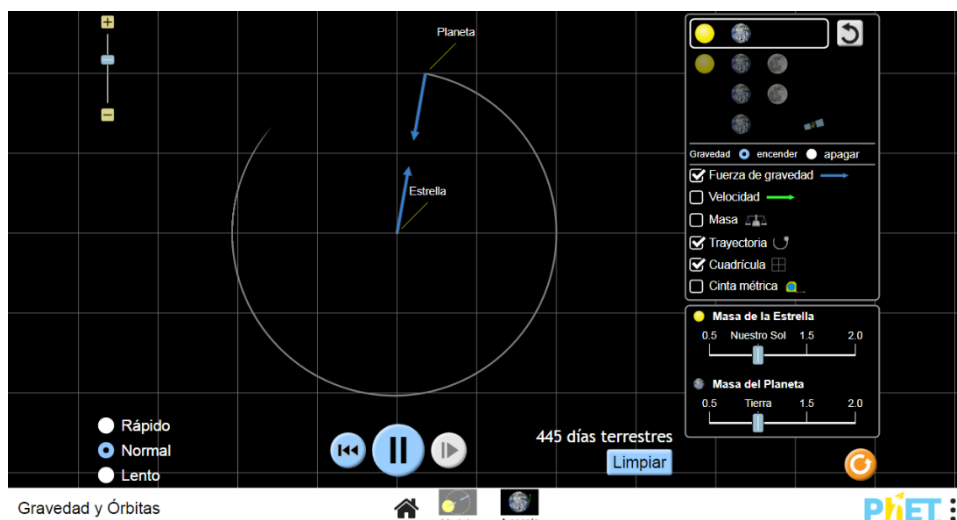


Figure 2. PhET simulator. Gravity and orbits..

Note: Source: [https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_es.html)

In the implementation of the simulator, three moments are taken into account, as described below:

### ***Moment 1: Previous explanation of the topic.***

The teacher explains the subject of gravitation, starting with some questions that are developed during the explanation:

- What is gravity, is it a force at a distance or a field force? Explain.
- How does gravitational force manifest itself between bodies?
- Is the gravitational force a conservative force? What is the gravitational field? Explain.

After the explanation, each student writes his or her version answering each question, which is then complemented as the experience with the simulator is carried out.

### ***Moment 2: Application of the simulator***

The practice is carried out, starting from a work guide assigned by the teacher. The guide consists of a virtual laboratory mediated by the PhET simulators "Gravitation and orbits" and "Gravitational force", which will be approached in two stages, explained below:

The first simulator to be worked on is "Gravitation and orbits", with the described guide (see annex 1) estimated for half an hour. Subsequently, the simulator "Lab Gravity Force" and its respective guide (see annex 2), which is also allocated for half an hour. During the development of the application, the teacher is constantly giving feedback on the topics in each practice.

After the practice, the final test is solved, which consists of a test-type document (annex 3), in which the initial questions will be taken into account.

## Results

Posterior a la aplicación de los instrumentos de evaluación, se evaluarán los resultados de acuerdo a los diferentes rangos de acuerdo a cada institución (1.0 a 5.0 en el colegio, siendo 3.5 la nota mínima y de 0.0 a 5.0 en la universidad, siendo 3.0 la nota mínima). Al aplicar los instrumentos de evaluación, en las tres diferentes etapas, se obtienen los siguientes resultados:

### STAGE 1

The results of the first stage of the activity are presented below:

*Results with the students of the school (course 1002 morning session).*

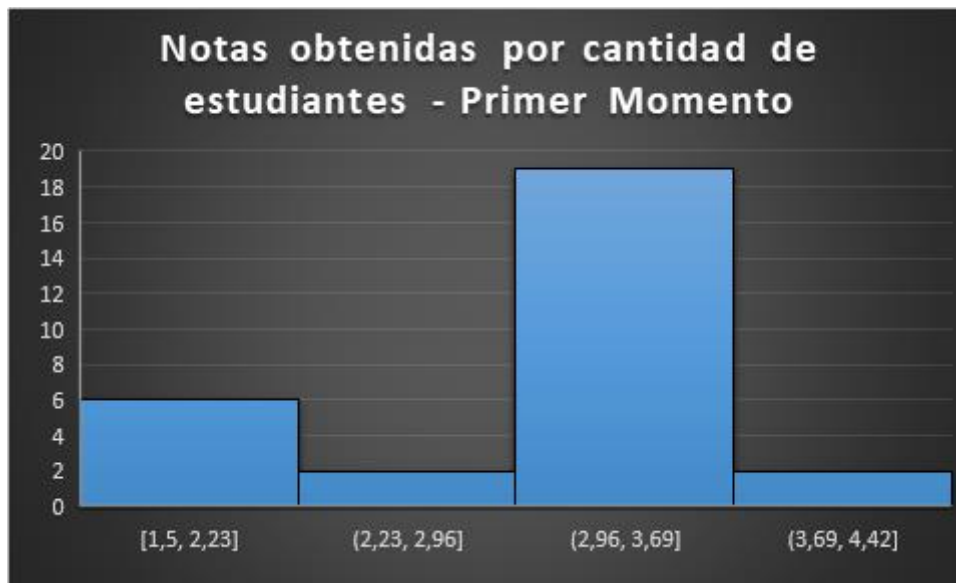
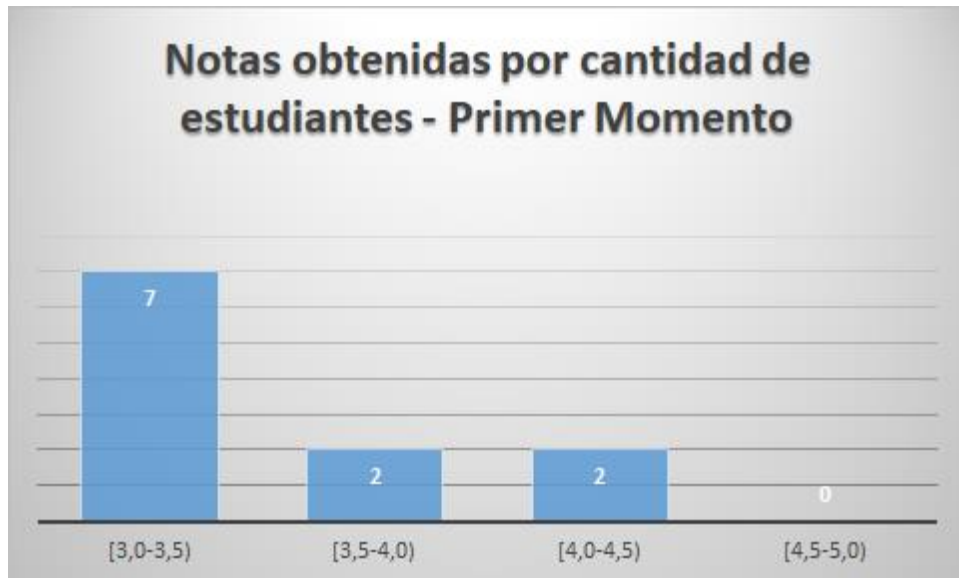


Figure 3. Grades obtained.

Note: Own elaboration.

During the first activity after the explanation, a very basic appropriation of the concepts is observed. With the teacher's guidance, the students' concerns about the concepts and the different observations considered in the first activity are clarified.

*Results with university students (Physics I and lab, Telecommunications Engineering program)*



*Figure 4. Grades.*

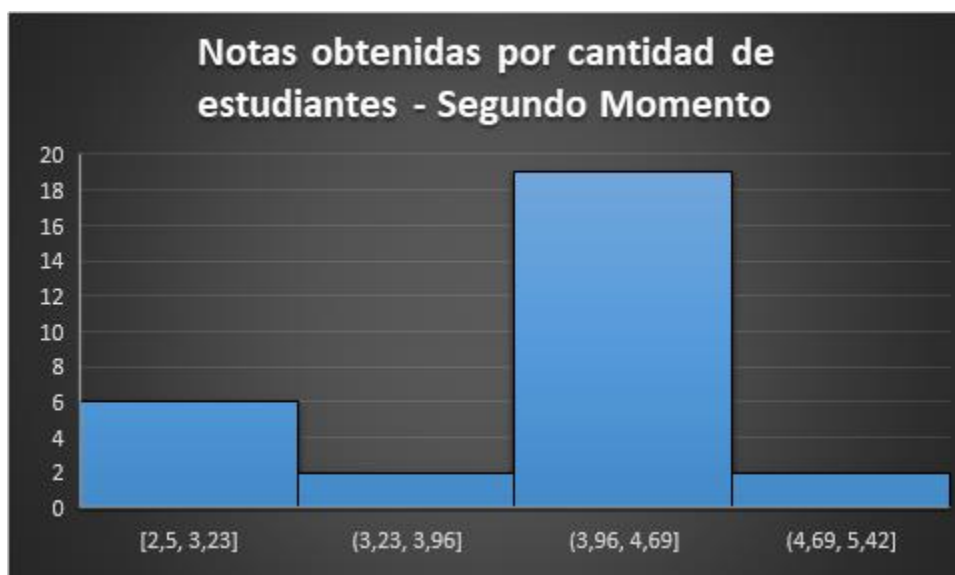
*Note: Own elaboration.*

When applying the initial activity after the explanation, the students obtain grades at a basic level as initially expected, where the apprehension of concepts and their subsequent application is the most important thing, and where the use of the simulators would be focused.

## **STAGE 2**

The results of the second stage of the activity are presented below:

*Results with the students of the school (course 1002 morning session).*



*Figure 5. Grades.*

*Note: Own elaboration.*

After the application of the second activity following the use of the simulator, more favorable results are obtained, which is the expected purpose according to the grades observed in the graph. The grades have risen significantly from three to five tenths on average for each student, improving even the conceptual appropriation and its interpretation.

*Results with university students (Physics I and laboratory, Telecommunications Engineering program)*

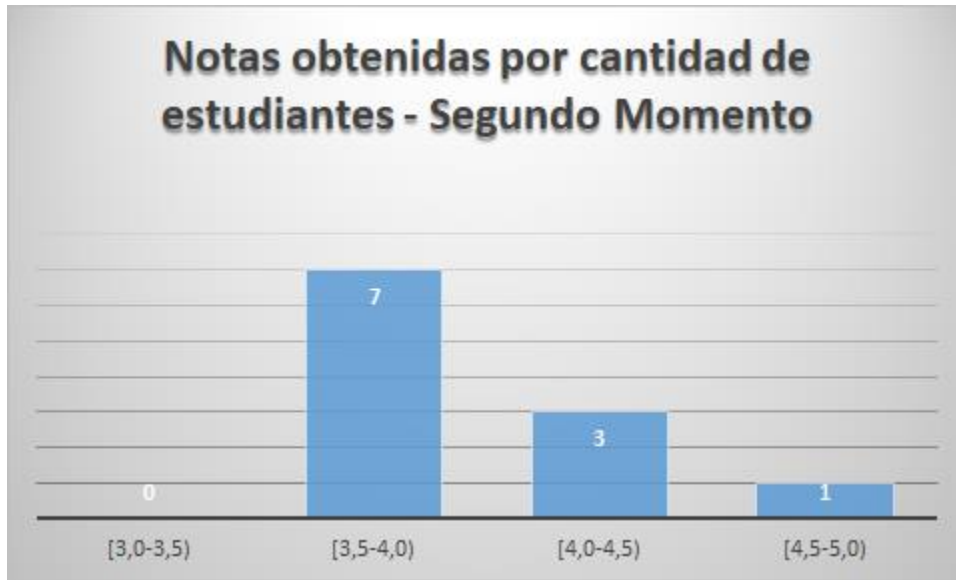


Figure 6. Grades.

Note: Own elaboration.

### Discussion and conclusions

With the results obtained, we hope to achieve the initial task of verifying the viability of the use of simulators or, failing that, to discover new evidence that will provide insight into the complexity of this subject. If the hypotheses could be tested, then we would have evidence of improvement in the development of activities through the use of simulators as a didactic tool. This would be the first step of many that would have to be taken in this process, which would aim at demonstrating that simulators really are a tool that complement and reinforce the concepts addressed in classroom practice. It is a work that continues to evaluate the results obtained and developed in different stages in order to have a wide veracity and relevance of the results.



## References

- Albarracín, R. R. (2017). Aplicación del sistema 4MAT apoyado en las simulaciones PhET para el desarrollo de competencias científicas empleando como eje de aprendizaje el tema de ondas. *Latin-American Journal of Physics Education*, 8.
- Amaya, G. (2011). La simulación computarizada como instrumento del método en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física, desde la cognición situada: ley de OHM. *Actualidades Investigativas en Educación*, 8.
- Hernández, J. T. (2016). PhET: Herramienta alternativa y eficaz en la enseñanza del tema “Corriente Alterna. *Proceedings 4to Coloquio Internacional CIFAC*, (pág. 11). Mexico.
- Lucero, I. (2015). Resolviendo problemas de Física con simulaciones: un ejemplo para el ciclo básico de la educación secundaria. *X Congreso de Tecnología En Educación & Educación En Tecnología*, (págs. 645-653). Buenos Aires.
- Rodríguez-Hernández, A. (2010). Definición, descripción y estudio de los simuladores en SOFTWARE libre utilizados para el aprendizaje de la física. *Revista De Investigaciones UNAD*, 153-169.

## ANNEX I

	Tema: Gravitación y leyes de Kepler				Rango calificación 1-5	
	Curso 1002	Resultados prueba final			Mín aprobación 3,5	
					1er momento	2do Momento (prueba final)
1	BERNAL	FUENTES	JUAN	CAMILO	3	4
2	CAGUA	TORRES	KAROL	JULIETH	2,5	3,5
3	DUEÑAS	DIAZ	FELIPE		3	4
4	FIRIGUA	LUGO	MICHAEL	STEBAN	3,5	4,5
5	GUERRERO	MESA	HEIDY	NATALY	3	4
6	HOYOS	ZULUAGA	LUISA	FERNANDA	2,5	3,5
7	MARTINEZ	SUAREZ	ALISON	YEANNET	3	4
8	MONTIEL	BUSTAMAN	YAIR	ELIAN	2	3
9	MOSQUERA	HERNANDEZ	LAURA	CAMILA	2	3
10	NOVOA	RODRIGUEZ	JUAN	DIEGO	3,5	4,5
11	OSORIO	QUINTERO	JESHUA	DAVID	3,5	4,5
12	OSORIO	QUINTERO	JOSHUE	DANIEL	2	3
13	PERDOMO	GOMEZ	SANTIAGO		1,5	2,5
14	PERDOMO	SANDOVAL	MARIANA		3	4
15	PIMENTEL	LUGO	FRAURYMA	ALEXANDRA	3,5	4,5
16	POVEDA	PAEZ	JOEL	MATEO	4	5
17	QUINTERO	ROSERO	PAULA	XIMENA	3	4
18	RODRIGUEZ	BENAVIDES	LUNA	SOFIA	3,5	4,5
19	RODRIGUEZ	HERNANDEZ	AMMY	KARIME	3	4
20	RODRIGUEZ	SANDOVAL	JEIMMY	SOFIA	3	4
21	ROLDAN	MARTINEZ	KAROLL	JOUZETHWO	4	5
22	SATOBA	PIÑEROS	JOHAN	SEBASTIAN	3	4
23	SEPULVEDA	MONTAÑA	CATALINA		2	3
24	SIERRA	RODRIGUEZ	SERGIO	IVAN	3,5	4,5
25	TELLEZ	GUEVARA	LUISA	FERNANDA	3	4
26	VELASQUEZ	IPIUZ	BRAHIAM	STIVEN	3	4
27	VICTORIA	PRADA	KELI	TATIANA	3	4
28	VIDES	ROMERO	LUISA	FERNANDA	2	3
29	ZAPATA	GRANADOS	ARIANA	SOFIA	3,5	4,5

		Tema: Dinámica Rotacional, Gravitación	Rango calificación 0-5	
Física I y laboratorio		Resultados prueba final		Mín aprobación 3,0
N° est	NOMBRES		1er momento	2do Momento (prueba final)
1	BARRERA RAMIREZ NICOLAS		3	3.5
2	BARRETO GARZON ANGIE VALENTINA		3	3.6
3	CUEVAS GONZALEZ WILLIAM FERNEY		3.2	3.6
4	GIL TOVAR MIGUEL ANGEL		3.2	3.7
5	HERNANDEZ RIVERA DANIEL FELIPE		3.3	3.8
6	MATIZ CÁRDENAS CESAR MAURICIO		3	4
7	OROZCO GIRALDO JUAN ESTEBAN		3.5	3.9
8	PARRADO ALFONSO CAMILO EDUARDO		3.5	3.9
9	RAMIREZ MANRIQUE SANTIAGO NICOLAS		4	4.2
10	REYES APONZA CAMILO ANDRES		3	4.2
11	VASQUEZ BRIJALDO OMAR ENRIQUE		4.2	4.5

## ANNEX II

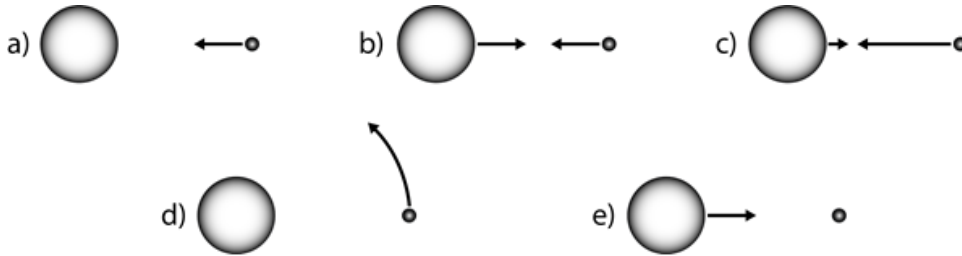
Nombre: \_\_\_\_\_

Grado: \_\_\_\_\_

### Gravedad y Órbitas

**Post-lab.** Selecciona la respuesta correcta:

1.- Elige la imagen que crees que muestra la fuerza de gravedad de la Tierra y el Sol (El tamaño de la flecha esta asociada con la intensidad de la fuerza, una flecha pequeña representa una fuerza pequeña y viceversa).



2. ¿Cómo cambiarían estas fuerzas de gravedad si el Sol se hiciera mucho más grande?

Aumenta

Permanece igual

Disminuye

3. ¿Cómo cambiarían estas fuerzas de gravedad si la Tierra estuviera mucho más cerca del Sol?

Aumenta

Permanece igual

Disminuye

4. ¿Cómo cambiarían estas fuerzas de gravedad si la Tierra se volviera mucho más pequeña?

Aumenta

Permanece igual

Disminuye

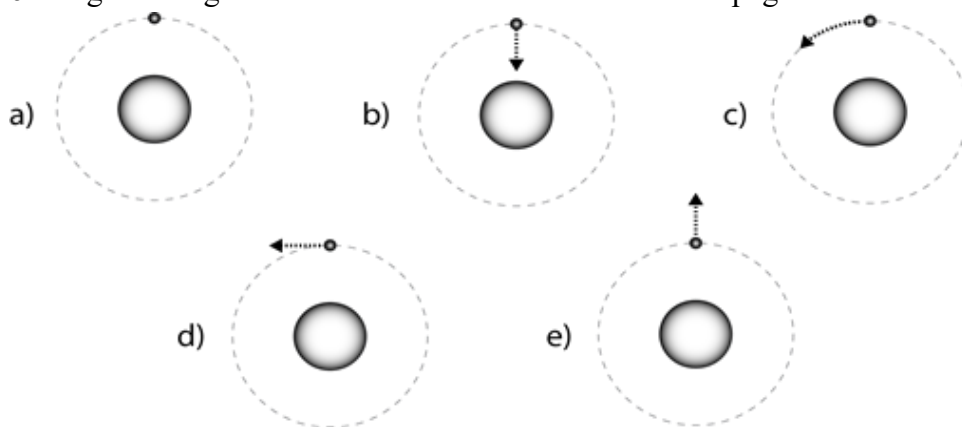
5. ¿Cómo cambiarían estas fuerzas de gravedad si la Tierra y el Sol se alejaran mucho?

Aumenta

Permanece igual

Disminuye

6. Elige la imagen de cómo se movería la Tierra si se “apaga” las fuerzas de gravedad



### ANNEX III

## Explorando la Gravedad

P R E  P L A N E A	CONOCIMIENTO PREVIO	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Saber que una fuerza es un empujón o un tirón (simulación PhET “<a href="#">Fuerza y movimiento: Intro</a>”)</li> </ul>	
	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprender que la gravedad es una fuerza</li> <li>Comprender que la fuerza de gravedad depende de la masa y la distancia entre dos objetos</li> </ul>	
	Normas Básicas Comunes	Prácticas Básicas Comunes
	Construir y presentar argumentos utilizando evidencia para respaldar la afirmación de que las interacciones gravitacionales son atractivas y dependen de las masas de los objetos que interactúan	1. Dar sentido a los problemas y perseverar en su solución 2. Razonar de forma abstracta y cuantitativa 5. Utilizar las herramientas adecuadas de forma estratégica 7. Buscar una estructura de uso

C I Ó N	<b>MATERIALES</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulación PhET <a href="#">Lab de Fuerza de Gravedad</a></li> <li>• Computadora / Tableta para cada estudiante</li> <li>• Tarjetas de notas para cada estudiante</li> <li>• Hoja de actividades <a href="#">Explorando la gravedad</a></li> </ul>	
	<b>CALENTAMIENTO</b> <span style="float: right;">5 minutos</span>	
	Activa el conocimiento previo liderando una discusión o haciendo que los estudiantes escriban un diario sobre las siguientes preguntas: 1. ¿Qué sabes sobre la gravedad?	
	<b>INTRODUCCIÓN</b> <span style="float: right;">5 minutos</span>	
	<i>El profesor...</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecta la simulación / ayuda a los estudiantes a acceder a la simulación</li> <li>• Distribuye la hoja de actividades</li> <li>• Lee la introducción</li> </ul>	<i>El estudiante...</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprueba las declaraciones que cree que son verdaderas</li> </ul>
C I C L O D E L E C C I Ó N	<b>EXPLORACIÓN GUIADA</b> <span style="float: right;">30 minutos</span>	
	<i>El profesor...</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Circula por el salón</b> para estar disponible para preguntas y hace preguntas de prueba / empuje tales como; <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué son las variables? ¿Cuál es la diferencia entre una variable independiente y una dependiente?</li> <li>• ¿Qué es una fuerza?</li> <li>• ¿Qué es la gravedad?</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Revisión de Variables</b>  <b>#2 Compartir en parejas:</b> haz que los estudiantes compartan con su compañero sus respuestas a la pregunta #2. Pide a algunas parejas que compartan su respuesta con la clase.</p> <p><b>#3 Compartir en parejas:</b> haz que los estudiantes compartan con su compañero sus respuestas a la pregunta #3. Pide a algunos estudiantes que compartan sus respuestas con la clase.</p>	<i>El estudiante...</i> <p>Trabaja en la hoja de actividades mientras interactúa con la simulación <i>Lab de Fuerza de Gravedad</i></p> <p><b>Discute #2-</b>  Pone atención al compartir la #2. Actualiza o modifica su respuesta a la #2 según la discusión en clase.</p> <p>Continúa trabajando en la hoja de actividades, discutiendo la #5-6 con sus compañeros</p> <p><b>Discute #5 y #6-</b>  Discute y modifica las respuestas basándose en la discusión en clase.</p> <p><b>Responde-</b>  Verdadero/ Falso, encierra en un círculo la respuesta correcta según las observaciones</p> <p><b>Discute-</b></p>

	<p><b>#4, 5 Compartir en parejas:</b> Haz que los estudiantes compartan con su compañero qué variables manipularon y qué notaron.</p> <p><b>Verdadero / Falso, Encierra la Respuesta Correcta:</b> Evalúa el aprendizaje de los estudiantes según sus respuestas. A algunos profesores les gustaría que los estudiantes justificaran su razonamiento, pero el objetivo principal de esta sección es obtener una evaluación formativa rápida.</p> <p><b>Revisión de la Introducción, completar hoja de salida, Compartir en parejas:</b> Repasa la introducción, haz que los estudiantes discutan si la gravedad es una fuerza. Haz que los estudiantes vuelvan a las preguntas de la introducción y revisa las respuestas según sea necesario. Completar hoja de salida, entrega.</p> <p><b>EXTENSIÓN OPCIONAL DE CONCLUSIÓN-EVIDENCIA-RAZONAMIENTO (CER):</b> Oportunidad adicional para análisis y redacción científica para profesores /estudiantes que estén familiarizados con la redacción de CER</p>	<p>Discute las respuestas revisadas, las actualiza o modifica según la discusión en clase.</p> <p>Completa hoja de salida, entrega para revisión</p>
<p><b>DISCUSIÓN</b> <span style="float: right;">5</span> <i>minutos</i></p>		
	<p><i>El maestro...</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilita una discusión en clase para unir la comprensión entre representaciones. Recuerda a los estudiantes que cierren sus computadoras o se den la vuelta para que la simulación no los distraiga de escuchar. Usa una</li> </ul>	

	<p>estrategia de enseñanza establecida, como una discusión palomitas de maíz (un estudiante responde, llama al siguiente estudiante para que hable), pensar-compartir en parejas (plantear una pregunta, dar tiempo para pensar y hablar con el compañero) o discusiones en grupo (imprimir preguntas y hacer que los grupos hablen entre sí y escriban un consenso para compartir en voz alta con la clase). Las preguntas de muestra incluyen:[Text Wrapping Break]</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. ¿Alguien respondió una pregunta que tenía al comienzo de la actividad? ¿Cuál era?</li><li>2. ¿Alguien no respondió una pregunta? Comparte y llama a alguien que pueda responder.</li></ol>	
--	---	--

**Date of reception: 06/04/2022**

**Date of revision: 07/04/2022**

**Date of acceptance: 05/17/2022**