



ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

# INTERDISCIPLINARIEDAD A TRAVÉS DE LA INVESTIGACIÓN EN MATEMÁTICA Y FÍSICA

INTERDISCIPLINARITY THROUGH MATHEMATICS AND PHYSICS RESEARCH

Cliffor Jerry Herrera Castrillo  
clifforjerryherreraastricht@gmail.com

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua,  
Managua, Nicaragua

## RESUMEN

En el presente artículo de relatos de experiencias, se aborda la Interdisciplinariedad a través de la investigación, tomando en cuenta temáticas de Matemáticas y Física, mediante la vinculación entre las asignaturas “Cálculo II”, “Álgebra III”, “Estructura de la Materia” y “Evaluación Educativa”, todo conjugado en el curso de Graduación para Profesor de Educación Media, para lograr la correcta interpretación de modelos matemáticos en fenómenos físicos que ocurren en la naturaleza. El propósito de este artículo es analizar la experiencia en el segundo semestre del año 2022 con el tercer año de la carrera universitaria de Física-Matemática de la UNAN-Managua, FAREM-Estelí, con una metodología cualitativa y descriptiva como soporte para la mejora continua del aprendizaje en los diferentes campos de acción y áreas de práctica profesional, teniendo en cuenta todos los aspectos referentes a procesos de evaluación y competencias investigativas, donde se logró la creación de problemas inéditos, uso de tecnología y trabajo experimental.

## PALABRAS CLAVE:

*Investigación, Interdisciplinariedad, Matemática, Física.*

## ABSTRACT

In the present paper of experience reports, Interdisciplinarity is addressed through research, taking into account Mathematics and Physics themes, through the link between the subjects “Calculus II”, “Algebra III”, “Structure of Matter” and “Educational Evaluation”. These are all combined in the Graduation course for Secondary Education Teacher, in order to achieve the correct interpretation of mathematical models in physical phenomena occurring in nature. The purpose of this article is to analyze the experience in the second semester of 2022 with the third year of the Physics-Mathematics university career at UNAN-Managua, FAREM-Estelí, with a qualitative and descriptive methodology as support for continuous improvement of learning in the different fields of action and areas of professional practice. We also considered all aspects related to evaluation processes and investigative skills, where the creation of unprecedented problems, use of technology and experimental work was achieved.

## KEYWORDS:

*Research, Interdisciplinarity, Mathematics, Physics.*

Recibido: 25 de diciembre de 2022, Aceptado: 11 de febrero de 2023

## 1. Introducción

En la actualidad los modelos didácticos enfocados en la interdisciplinariedad van en aumento, esto porque permiten el desarrollo de varias competencias necesarias para la formación de profesionales en el mundo tan acelerado que se vive. En el caso de este ensayo se trabajan las competencias investigativas, con asignaturas de Matemática, Física y Evaluación, siendo esta última clave para valorar o medir lo realizado.

Acostumbrados por la tradición, los profesores se han caracterizado por unas matemáticas escolares desvinculadas de una gran cantidad de fenómenos de la vida y un fuerte énfasis en los aspectos formales y procedimentales de la disciplina. Nuestra posición es que esa visión de las matemáticas escolares es necesaria, más no suficiente porque fuera del ámbito escolar, hay otras realidades que las matemáticas escolares no pueden eludir. (Parra, 2020, p. 46)

Las matemáticas siempre han sido vistas aisladas de otras ciencias, pero en realidad esta guarda mucha relación con otros ámbitos; en el caso particular de este estudio, se vincula el álgebra, cálculo con estructura de la materia (física) y evaluación educativa, esto a través de la adquisición de competencias investigativas. El proceso se vuelve complejo por el hecho de salir de lo común y tratar de generar investigaciones únicas con gran aplicación matemática y física dentro de las ciencias exactas.

Para Tarrillo (2022) “existe una gran demanda de desarrollo de competencias investigativas no solo en el campo educativo sino de manera transversal en todas las profesiones y campos en que el ser humano se desenvuelve” (p. 1). Este es un aspecto importante del nuevo enfoque universitario, y si bien en la UNAN-Managua<sup>1</sup> se aplica un modelo educativo de competencias desde el 2021, no se puede pasar por alto que estas están presentes en todas las carreras, independientemente del programa de estudios, pues a través de las competencias se pondrán en práctica en la sociedad los conocimientos adquiridos por los estudiantes universitarios a lo largo del proceso de formación profesional. Cabe señalar que este artículo da cuenta de las experiencias de estudiantes de tercer año de la carrera Física-Matemática de la UNAN-Managua, FAREM-Estelí<sup>2</sup>, adquiriendo habilidades investigativas a través de la interdisciplinariedad entre las disciplinas física y matemática, contrastando la teoría con la práctica.

Volviéndose importante, comprender que “la competencia investigativa es fundamental para construir una cultura científica básica” (Mendioroz Lacabra et al., 2022, p. 1). La interdisciplinariedad, es un aspecto que da mayor relevancia a las competencias investigativas cuando se da la movilización de saberes (conocimientos, habilidades, valores y actitudes) para abordar cuestiones contextuales mediante la aplicación de procesos de investigación científica con enfoques, herramientas y métodos cualitativos, cuantitativos o multimétodos, lo cual en los trabajos interdisciplinarios no queda atrás, ya que se sigue una determinada metodología.

La competencia investigativa, es sin duda en la actualidad, una de las más priorizadas por las universidades para generar un rasgo distintivo en sus egresados, debido a que constituye una respuesta acertada a las demandas sociales, de las empresas y de las características propias de la sociedad del conocimiento. (Nuñez, 2019, p. 26)

En cuanto a las competencias digitales, Herrera (2020) señala que “el uso de software educativos, para realizar simulaciones de fenómenos experimentales, permite en los estudiantes la mejor comprensión de los contenidos, ya que se vincula la teoría con la práctica de forma virtual” (p. 22). Considerando lo anterior es que en la realización de investigaciones referentes a la interdisciplinariedad se toman en cuenta también las competencias digitales, ya que son necesarias para el manejo de herramientas ofimáticas, en la construcción y aplicación de simuladores y asistentes matemáticos.

La principal fuente para comprender cómo sucede la práctica interdisciplinar es justamente a partir de comprender cómo grupos y comunidades enfrentan problemas de tal naturaleza. Personas que trabajan en áreas como la ingeniería, ecología o agronomía y que se vinculan con modeladores matemáticos, son grupos de desarrollo científico y tecnológico que utilizan y/o construyen modelos desde necesidades presentes en sus respectivas áreas, siendo tales escenarios buenos representantes de lo que significa una práctica interdisciplinar. (Huinchahue, 2022, p. 61)

“El sector educativo no se queda atrás ante la continua realización de investigaciones a favor de la calidad en los procesos de enseñanza-aprendizaje” (Herrera, 2022, p. 36), siendo interesante la relación entre

<sup>1</sup> La Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua) es una institución de educación superior de carácter público que goza de autonomía académica, orgánica, administrativa y financiera; que aporta al desarrollo del país, mediante la docencia e investigación con carácter multidisciplinario, la educación permanente e inclusiva, la proyección social y la extensión cultural, en un marco de cooperación genuina, equidad, compromiso, justicia social y en armonía con el medio ambiente.

<sup>2</sup> La Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM) Estelí, es una institución pública de educación superior adscrita a la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua), fundada en noviembre de 1979.

ciencias, para construir aprendizajes sólidos de las ciencias de interés.

Incorporar las nuevas tecnologías de la información y comunicación al proceso de enseñanza-aprendizaje en el área de física y de matemática es uno de los grandes retos, ya que no basta con estrategias momentáneas;

requiere un proceso de transformación desde sus bases. (Herrera y Hernández, 2021, p. 7)

## 2. Desarrollo

Para la realización del trabajo interdisciplinario se partió de las líneas de investigación de la UNAN-Managua, la cual corresponde con:

Tabla 1. Líneas de investigación  
Nota. Tomado de Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua, 2021).

<b>LÍNEA CNE-3: APLICACIONES DE LAS CIENCIAS EXACTAS</b>	
Aborda las investigaciones que se realizan desde áreas del conocimiento consideradas duras, puras o fundamentales, tales como la Matemática, la Física y la Química, con especial énfasis en sus distintas aplicaciones en áreas del saber más específicas como la Estadística, la Metrología o la Farmacología.	
<b>Sublínea cne-3.1: Matemática aplicada</b>	<b>Sublínea cne-3.2: Física aplicada</b>
Estudia la aplicación de las matemáticas a través de métodos determinados y repetibles que constituyen la base de muchas otras áreas del saber, auxiliándose de la Estadística, las Probabilidades, el Cálculo diferencial e integral, los Métodos Analíticos, los Métodos Numéricos, la Investigación de Operaciones, la Simulación de Sistemas, la Lógica Matemática, las Matemáticas Discretas y el Álgebra Lineal.	Esta sublínea aborda aquellas investigaciones en áreas del saber que, desde la Física, persiguen describir y medir formalmente fenómenos y fuerzas de la realidad. Contempla áreas como la Física Médica, la Protección Radiológica, la Metrología de las Radiaciones y la Física Ambiental.

Tomando en cuenta la línea de investigación y la interdisciplinariedad que se da entre las asignaturas

de Física y Matemáticas, se propusieron los siguientes temas generales de investigación:

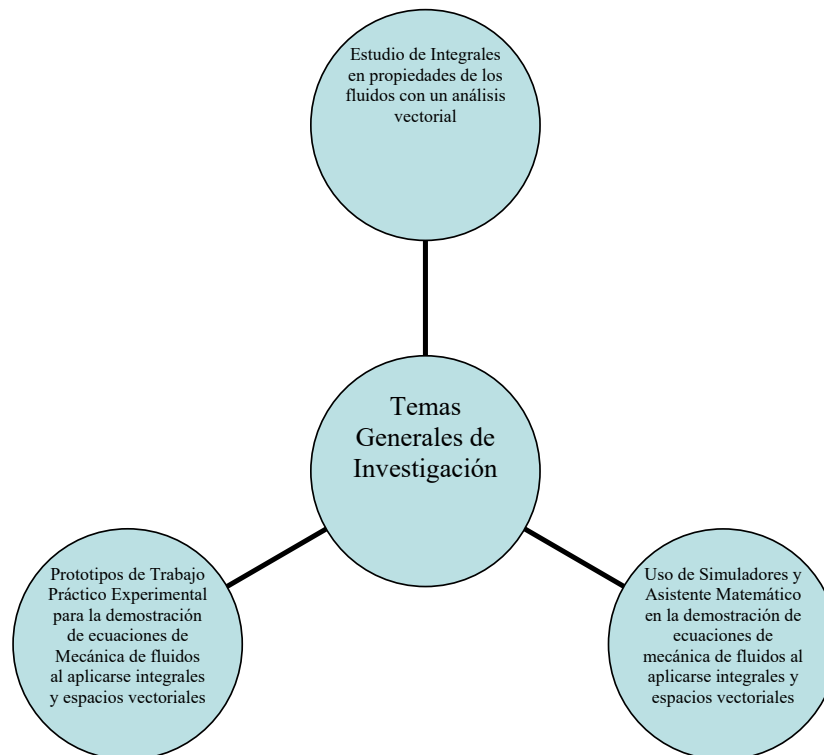


Figura 1. Temas generales de investigación interdisciplinaria de Matemática y Física. Nota Creación propia.

Los temas mencionados tomaron relación entre asignaturas de la siguiente forma:

Tabla 2. Vinculación entre asignaturas  
Nota. Extraído de Documento curricular de Física Matemática plan 2016

Asignatura	Unidad y Contenido	
Estructura de la Materia	<p>Unidad 3: Mecánica de Fluidos</p> <p>Contenido: Propiedades de los Fluidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Densidad.</li> <li>Viscosidad.</li> <li>Presión.</li> <li>Compresibilidad.</li> <li>Dilatación Térmica.</li> </ul> <p>Análisis de los tipos de integrales, definidas, de línea y de superficie.</p>	<p>Unidad 3: Mecánica de Fluidos</p> <p>Contenido: Ecuación General de la Estática de Fluidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Principio de Pascal.</li> <li>Fluidos Miscibles y no Miscibles. – Manómetros</li> </ul> <p>Contenido: Ecuación de Continuidad</p> <p>» Ecuación de continuidad en forma diferencial e integral.</p> <p>Contenido: Ecuación de Bernoulli.</p> <p>Ecuación de Bernoulli a partir de la ecuación de Euler y Principio de conservación de la energía.</p> <p><i>Trabajar el uso de simuladores durante el proceso</i></p>
Cálculo II	<p>Unidad 2: La Integral Definida</p> <p>Contenido: La Integral Definida según Riemann.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Integral Definida.</li> <li>Interpretación geométrica.</li> </ul> <p>Unidad 4: Aplicaciones de la Integral Definida</p> <p>Contenido: Integral definida aplicada a la Física. Mecánica de Fluidos.</p>	
Álgebra III	<p>Unidad 1: Espacios vectoriales</p> <p>Contenido: Introducción a los espacios vectoriales.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Definición de espacio vectorial.</li> <li>El espacio vectorial de las funciones reales.</li> </ul> <p>Conceptos básicos de magnitudes vectoriales y escalares.</p>	
Evaluación Educativa	<p>Unidad 4: Tipos de Instrumentos para la Evaluación Educativa según Enfoques y Contextos</p> <p>Contenido: Técnicas e instrumentos a utilizar en la evaluación de los aprendizajes. Técnicas e instrumentos de evaluación.</p>	
Seminario PEM	<p>Metodología del trabajo vinculado, Normas APA7, redacción, coherencia.</p>	

A través de la interdisciplinariedad es posible vincular una serie de temáticas teóricas y llevarlas a la práctica de manera exitosa mediante la creatividad, ingenio y el desarrollo de competencias investigativas básicas y necesarias, como formular un tema, plantear un problema, redactar una justificación, objetivos o referentes teóricos, conocer y usar técnicas e

instrumentos de recolección de datos, saber realizar un análisis de resultados, tener un uso de herramientas ofimáticas, entre otras.

Para Rivas (2011) son nueve las competencias investigativas, las cuales todo estudiante universitario debe adquirir, siendo estas:

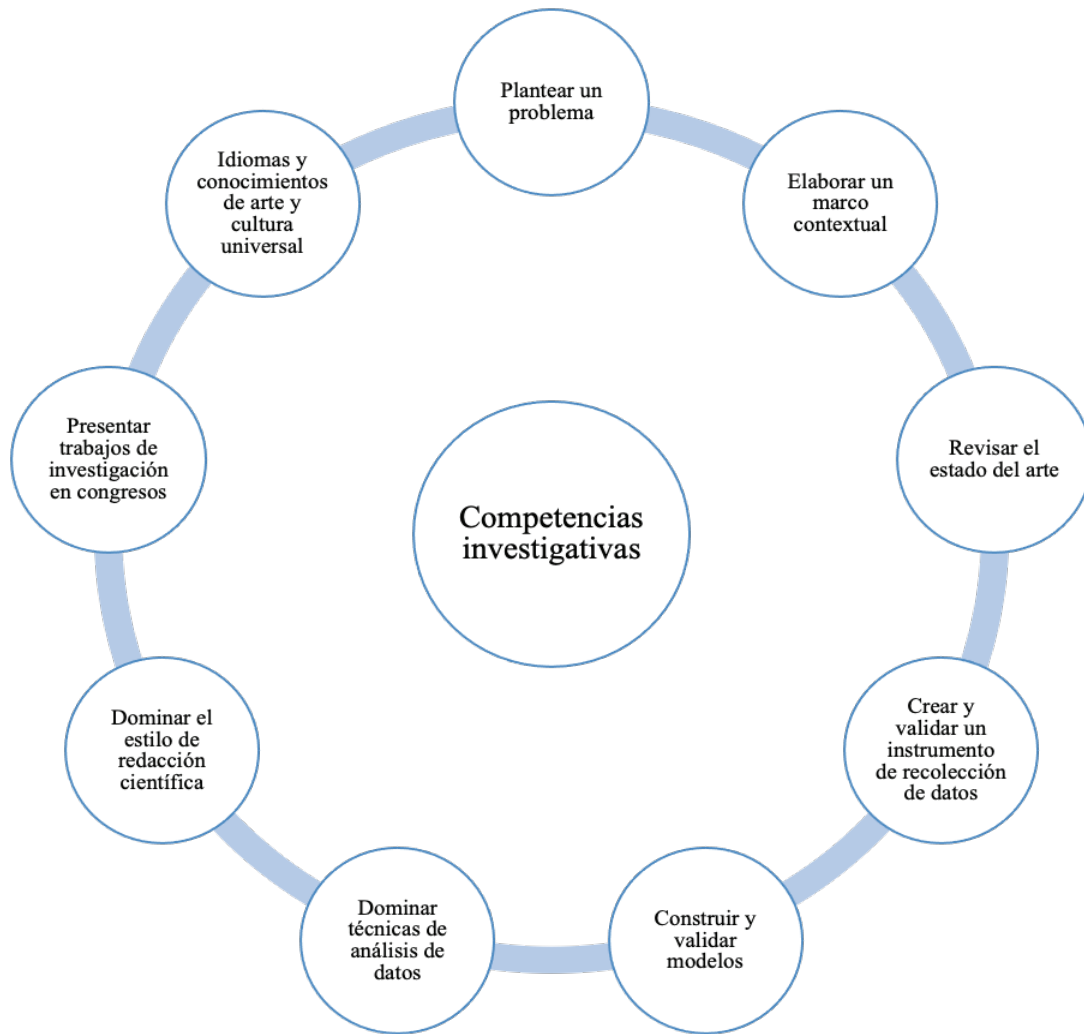


Figura 2. Competencias investigativas  
Nota. Adaptado de Rivas (2011, p. 39).

Cada una de estas de competencias investigativas se trabajaron a través de la interdisciplinariedad entre asignaturas.

### 2.1 Plantear un problema de investigación

Saber qué investigar es la raíz de todo. Antes de iniciar el proceso investigativo, siempre se tienen diversas ideas sobre el problema a investigar. Como menciona Rivas (2011), “una sugerencia útil es investigar un tema que uno conoce bien” (p. 40). Por supuesto que es bueno saber cosas nuevas, pero si la idea es contribuir con algo nuevo al mundo, entonces la pregunta de investigación debe describir el marco de referencia, se debe elegir entre los temas que le interesan mucho y se tenga información y apoyo de expertos. En el caso de la experiencia con los estudiantes de Física-Matemática se tomó como referencia las asignaturas que están recibiendo en el sexto semestre de la carrera, en donde todos los maestros jugarían un rol

fundamental como asesores científicos del trabajo.

Es importante saber que las aplicaciones del Cálculo Integral en las propiedades de los fluidos ocupan un papel relevante en la sociedad, ya que están presentes en la mayoría de ingenierías, pero si se habla específicamente de la compresibilidad esta es aplicable en la Ingeniería Mecánica y ello viene a contribuir a los nuevos retos que impone un mundo moderno y competitivo. Desde este punto de vista, las aplicaciones de las integrales juegan un rol primordial en el desarrollo de la comunidad científica, ya sea en la resolución de problemas, uso de simuladores o incluso en el trabajo práctico experimental, lo cual con ayuda de la interdisciplinariedad se desarrolla de manera efectiva.

El protocolo de investigación utilizado en la experiencia didáctica fue:

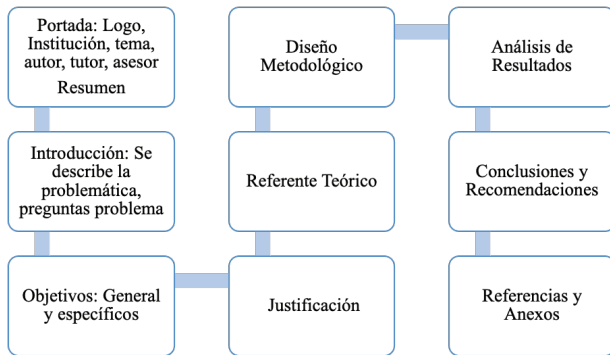


Figura 3. Elementos del Protocolo de Investigación  
Nota. Creación Propia

## 2.2 Saber elaborar un marco contextual

“Abordar un problema de investigación supone describir el marco de referencia sobre el problema de investigación en el mundo y en el país que se lleva a cabo la investigación” (Rivas, 2011, p. 40). Al trabajar de manera interdisciplinaria resulta interesante saber delimitar los aspectos que se abordarán de manera lógica, clara y precisa. Para ello los estudiantes crean un bosquejo, siguiendo un orden: primero aspectos de cálculo integral, después espacios o campos vectoriales, mecánica de fluidos y finalmente descripción de técnicas e instrumentos de evaluación, destacando la rúbrica.



Figura 4. Elementos del Referente Teórico  
Nota. Creación propia

Según Rivas (2011), “la idea de saber elaborar un marco contextual es que el investigador debe estar muy informado sobre todo lo que rodea al problema en los ámbitos nacional e internacional”. (p.41)

## 2.3 Revisar el estado del arte / Revisión bibliográfica

“El estado del arte es una modalidad de la investigación documental que permite el estudio del conocimiento acumulado (escrito en textos) dentro de un área específica” (Molina, 2005, p. 73). La revisión de este permite tener una visión amplia de la temática y problema a investigar.

Para Rivas (2011), “una buena revisión del estado del arte debe abarcar como mínimo la consulta de libros, tesis de maestría y doctorado, revistas científicas, revistas de divulgación, periódicos, ponencias en congresos (proceedings) y entrevistas a investigadores que dominen el tema” (p. 41). En el caso de la revisión realizada en el Curso de Graduación, donde se vincularon diferentes asignaturas, no se encontraron estudios que relacionaran integrales, campos vectoriales, propiedades y ecuaciones de mecánicas de fluidos en un solo punto, lo que conllevó a que se buscara información por separado y después se complementara esta con ayuda de los asesores que durante todo el proceso fueron pieza clave, para aclarar dudas.

## 2.4 Crear y validar un instrumento de recolección de datos

En el trabajo interdisciplinario no se aplicaron entrevistas ni encuestas, sino que se utilizó “la guía de levantamiento de información documental: para investigaciones cuantitativas cuyos sujetos de investigación son documentos” (Rivas, 2011, p. 44). Este análisis documental se realizó mediante diferentes fuentes, principalmente libros y tesis. En algunos casos se analizaba de la siguiente manera:

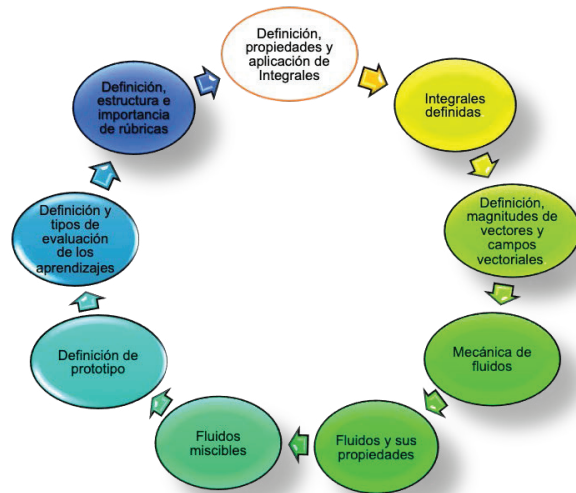


Figura 5. Análisis documental  
Nota. Extraído de (Mairena Mairena et al, 2022, p. 15).

El análisis documental constituye un proceso ideado por el individuo como medio para organizar y representar el conocimiento registrado en los documentos, cuyo índice de producción excede sus posibilidades de lectura y captura. La acción de este proceso se centra en el análisis y síntesis de los datos plasmados en dichos soportes mediante la aplicación de lineamientos o normativas de tipo lingüístico; a través de las cuales se



extrae el contenido sustantivo que puede corresponder a un término concreto o a conjuntos de ellos tomados aisladamente, o reunidos en construcciones discursivas. Por consiguiente, su finalidad es facilitar la aproximación cognitiva del sujeto al contenido de las fuentes de información. (Peña y Pirela, 2007, p. 59)

## 2.5 Construir y validar modelos

Para este trabajo interdisciplinario se utilizaron modelos físicos, matemáticos y conceptuales, para poder dar respuestas a los temas y problemas de investigación presentados en torno a integrales definidas, dobles, de superficie e incluso de línea, dentro de un campo vectorial donde actúa un fluido. Estos modelos se pueden demostrar teóricamente con la resolución de problemas, y de manera práctica y experimental con las simulaciones y realización del trabajo práctico experimental.

Un modelo es una explicación simplificada de la realidad. Un modelo consta de dos reglas de operación básicas: 1) Reglas de representación de entradas y salidas. A partir de datos de entrada y de un proceso intermedio el modelo proporciona resultados finales que constituyen una representación de la realidad. 2) Reglas de estructura interna, que definirán si el modelo es determinista cuando a una entrada de datos le corresponda una salida, y no determinista si a unos datos de entrada corresponden distintos datos de salida. (Rivas, 2011, p. 44)

Un modelo matemático parte de una teoría en el sentido de que es un modelo de esa teoría. Esto significa que es un sistema que ignora los principios básicos de esta teoría (llamados axiomas). En otras palabras, un modelo matemático es un "objeto" que se usa como ejemplo para representarlo o, en algunos casos, una instancia especial separada de la encarnación (interpretación) de esta teoría. Usando este sentido típico, los diversos conjuntos numéricos (natural, racional, real...) son buenos ejemplos de estructuras abstractas sin contenido, que se construyen o no.

El modelo físico puede referirse a la edificación de teoría (modelo matemático) de un sistema físico. Asimismo, existen simulaciones de fenómenos cotidianos, que poseen aspectos del comportamiento de sistemas físicos complejos, donde se toman en cuenta diferentes leyes, ecuaciones y el llamado análisis físico, para la comprensión de la ciencia.

## 2.6 Dominar técnicas de análisis de datos

En el proceso, se fortalecieron habilidades en técnicas meramente cualitativas y de simulación, esto, ya que se hizo un gran análisis descriptivo de la solución

de problemas, retomando o creando un método de solución, así como también la descripción de la construcción y demostración de ecuaciones, leyes y principios como el de Pascal, continuidad en forma diferencial e integral, Bernoulli, entre otros. Para reforzar estos conceptos se presentan las siguientes definiciones conceptuales.

Técnicas cualitativas: "Estas técnicas están asociadas a la fenomenología, la corriente de la ciencia que postula que la conducta humana, lo que la gente dice y hace, es producto del modo en que define su mundo" (Rivas, 2011, p. 46). Prácticamente la fenomenología tiene la labor de interpretar los fenómenos, en el caso de los estudios realizados analizando las diferentes variables como presión, volumen, temperatura, peso, masa, viscosidad, entre otras, siendo la técnica fundamental utilizada, como se mencionó anteriormente, el análisis de contenido.

Técnicas de simulación: "Los programas de simulación pretenden simular la realidad reproduciendo con exactitud sistemas complejos en intervalos de tiempo que tienen ciclos largos que sería imposible de contemplar" (Rivas, 2011, p. 47). En las investigaciones realizadas se utilizaron simuladores de fenómenos físicos como:

PhET: Es un recurso de gran valor didáctico son las divertidas e interactivas simulaciones divertidas e interactivas gratuitas basados en investigaciones 48 del proyecto PhET de la Universidad de Colorado. Algunas usan Flash otras usan Java, en cualquier caso ambas están disponibles como descargas libres para todos los sistemas operativos. (Peña, 2012, citado por Vargas, 2020, pp. 47-48)

Fluidflow: La teoría matemática del medio continuo es un modelo idealizado y una abstracción para estudiar el comportamiento de los fluidos y sólidos a una escala superior a la atómica, donde se considera que los sistemas estudiados conservan sus características en todo punto, y en todo punto hay sistema; bajo esta consideración se establecen las ecuaciones de conservación de masa, impulso y energía que permiten analizar el sistema y establecer las ecuaciones que lo gobiernan. (Guerra-Mazo et al., 2016, p. 103)

Para Herrera (2020), el uso de software educativo para realizar simulaciones de fenómenos experimentales "permite en los estudiantes la mejor comprensión de los contenidos, ya que se vincula la teoría con la práctica de forma virtual" (p. 22).

## 2.7 La redacción científica

Esta es una de las competencias investigativas que más difícil se les hace a los estudiantes, esto por estar

acostumbrados a redactar como hablan, o bien por no tener un estilo de redacción definido, que les permita fortalecer la redacción científica sin necesidad de copiar y pegar. Otro aspecto fundamental es la manera de citar: en ocasiones se toman ideas de autores y esto no se citan, cayendo en el denominado plagio académico.

Son tres los aspectos fundamentales que deben desarrollarse para dominar esta competencia. Aprender las técnicas de citación científica, aprender el estilo de redacción científica y conocer la estructura de los trabajos de investigación científicos más comunes: la de la tesis de investigación y la del artículo científico. (Rivas, 2011, p. 48)

Las normas APA utilizadas en el proceso investigativo interdisciplinario fueron las de su séptima edición, esto por ser la versión más actualizada, lo que además permite un estilo propio y científico, de acuerdo a los estándares internacionales para trabajos investigativos. Según Rivas (2011), "hay que recordar que la idea central de la redacción científica es que la honestidad intelectual es fundamental para la ética de un científico" (p. 48), donde la intención es reconocer siempre las ideas de otros autores y complementar con el aporte que se da. Sin lugar a dudas con las 14 investigaciones realizadas por los estudiantes se darán muchos aportes a las ciencias exactas.

Un aspecto que durante el proceso se debe desarrollar son las competencias científicas: "supone hablar de un conjunto de habilidades y destrezas que el profesorado pone en juego en virtud de sacar el máximo rendimiento en el alumnado" (Casey et al.,

2017, p. 31). Siendo estas importantes para la correcta redacción, ubicación y formulación de la investigación. 2.8 Presentación de una ponencia en un congreso científico

Esta competencia trata del saber expresarse en público, compartir resultados, hallazgos nuevos. Con respecto al trabajo interdisciplinario, esto se logró a través de la realización de la Feria del Conocimiento "Un espacio para el intercambio de experiencias científicas en Física".

Se presentaron avances de 15 trabajos del curso de Graduación PEM, en la línea de investigación "Aplicaciones de las Ciencias Exactas", en específico Física y Matemática, con las siguientes temáticas: Estudio de integrales en propiedades de los fluidos con un análisis vectorial, Uso de simuladores y asistente matemático en la demostración de ecuaciones de Mecánica de Fluidos al aplicarse integrales y espacios vectoriales, Prototipos de trabajo práctico experimental para la demostración de ecuaciones de Mecánica de Fluidos y Estado del arte en temáticas de Física. (Facultad Regional Multidisciplinaria, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua [UNAN Managua - FAREM Estelí], 2022, párr. 2)

En este espacio, los estudiantes de tercer año de Física-Matemática compartieron sus resultados con los de quinto año de la misma carrera, esto con el fin de fortalecer competencias investigativas con estudiantes través del intercambio de experiencias creativas, que faciliten la calidad de los aprendizajes.



Figura 6. Feria del Conocimiento "Un Intercambio de Experiencias de Física"  
Nota. Fotografías tomadas por el autor



También, realizaron su defensa del trabajo final a través de la elaboración de videos, en donde se explicaban diferentes demostraciones, uso de simulaciones y trabajos experimentales. A continuación, se detallan algunos ejemplos:

El teorema de Bernoulli explica muchos fenómenos de la vida cotidiana, debido a que el movimiento de fluidos es algo muy usual. Sin embargo, en condiciones controladas, este fenómeno se puede evidenciar de una manera más notoria.

### La ecuación de Bernoulli.

$$(1) \quad P_1 + \frac{1}{2} \rho_L v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho_L v_2^2, \text{ se agrupan los términos semejantes}$$

$$(2) \quad P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho_L v_2^2 - \frac{1}{2} \rho_L v_1^2, \text{ siendo } P_1 - P_2 = (\rho_M - \rho_L)gh$$

$$(3) \quad (\rho_M - \rho_L)gh = \frac{1}{2} \rho_L v_2^2 - \frac{1}{2} \rho_L v_1^2, \text{ multiplicando por dos ambos términos, y dividiendo la ecuación por } \rho_L, \text{ se obtiene}$$

$$(4) \quad 2 \left( \frac{\rho_M}{\rho_L} - 1 \right) gh = v_2^2 - v_1^2,$$

$$(5) \quad 2 \left( \frac{\rho_M}{\rho_L} - 1 \right) gh = v_1^2 \left( \frac{v_2^2}{v_1^2} - 1 \right), \text{ como } A_1 v_1 = A_2 v_2, \text{ o } \frac{v_2}{v_1} = \frac{A_1}{A_2}$$

$$(6) \quad \text{si } b = \frac{A_1}{A_2}, \text{ y } r = \frac{\rho_M}{\rho_L}$$

$$(7) \quad 2(r - 1) = v_1^2(b^2 - 1), \text{ despejando } v_1, \text{ se obtiene}$$

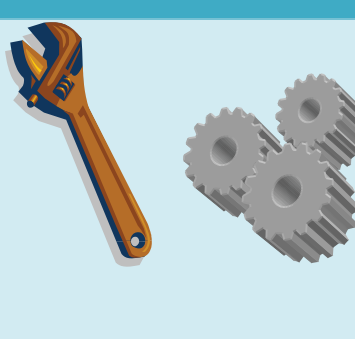
$$v_1 = \sqrt{\frac{2(r - 1)}{(b^2 - 1)}}$$

Obteniendo como resultado una ecuación que permite conocer la rapidez de un fluido en movimiento. Estos dispositivos se utilizan mucho en el sector industrial para medir con precisión los gastos, medir caudales, incluso en los atomizadores y en el mechero Bunsen.

En pocas palabras este principio establece que en regiones estrechas, la presión del fluido disminuye,

creando una fuerza de succión que permite a un determinado líquido elevarse, como en los casos del mechero Bunsen<sup>3</sup> y los atomizadores<sup>4</sup>. También es importante afirmar que estos aparatos no disipan mucha energía cuando la presión varía, por lo que miden la presión de una forma más oportuna. Lo explicado anteriormente es parte del principio físico destacado en el trabajo experimental.

Tabla 3. Materiales para un trabajo práctico experimental | Ecuación de Bernoulli  
Nota. Extraído de (Méndez López et al, 2022, p. 47)






Materiales	
➤ 2 botellas de moderada anchura de 24,5 cm de largo y la base de 8 cm de diámetro.	
➤ 1 jeringa de 20 ml	
➤ 1 tubo o conducto cilíndrico de hule de 68 cm de largo y 1,2 cm de diámetro.	
➤ PBC, pegamento para tubos, cola o pega "loca"	
➤ 2 barras de carbonato de 5 g	
➤ Navaja o tijera	
➤ Agua (1/4) de litro	
➤ Secadora para el cabello	

<sup>3</sup> Es un instrumento utilizado en los laboratorios científicos para calentar, esterilizar o proceder a la combustión de muestras o reactivos químicos.

<sup>4</sup> Es un utensilio que se emplea para producir una fina pulverización de un líquido, mediante una bomba manual

Siendo el procedimiento el siguiente:

Tabla 4. Procedimiento para un trabajo práctico experimental | Ecuación de Bernoulli  
 Nota. Extraído de (Méndez López et al, 2022, p. 48)

Procedimientos	
➤ Cortar el fondo de ambas botellas.	
➤ Hacer un pequeño agujero en la superficie de una de las botellas y en la jeringa.	
➤ Extraer el tubo de las jeringas.	
➤ Conectar ambas botellas mediante una de las jeringas.	
➤ Conectar el tubo al agujero de la botella y de la jeringa.	
➤ Hacer pasar líquido por el tubo.	
➤ Pegar todas las superficies cortadas o ensambladas, con PBC.	
➤ Hacer fluir aire desde la botella grande a la pequeña, con la secadora.	
➤ Observar el resultado.	

Para Herrera y Córdoba (2023):

Una de las competencias científicas que se desarrolló con el trabajo Práctico Experimental es la capacidad de aplicar los fundamentos teóricos y prácticos de Física, para desarrollar habilidades y destrezas en la construcción y utilización de instrumentos, técnicas y

estrategias metodológicas para la enseñanza del Trabajo Práctico Experimental. (p. 6)

Algunos de los problemas inéditos que presentaron los estudiantes se resumen en los siguientes, los cuales fueron extraídos de (Rodríguez Díaz et al, 2022, pp. 39-40)

### Problema 1

Un tanque en forma de paraboloides elíptico tiene ecuación  $x^2 + y^2 = z$  y se encuentra dentro de un cilindro que tiene como ecuación  $x^2 + y^2 = 3$ . Si este es llenado por un fluido (agua) en 50 minutos a través de una tubería de 10 cm de diámetro, determinar:

- Volumen ( $V$ ) del tanque en ( $m^3$ )
- Caudal ( $Q$ ) del agua en la tubería en  $m^3/s$
- Velocidad del agua de la tubería en ( $m/s$ )
- Densidad ( $\rho$ ) del agua contenida en el tanque en  $kg/m^3$

### Soluciones:

- Volumen del cilindro:  $9\pi m^3$
- Volumen del paraboloides elíptico:  $9/2 \pi m^3$
- Velocidad del agua en la tubería:  $0.6m/s$
- Caudal de agua de la tubería:  $3\pi/200m^3/s$
- Densidad del agua contenida en el tanque:  $1000kg/m^3$

## Problema 2

Un recipiente en forma de paraboloides elíptico que abre hacia el eje negativo de las Y tiene como ecuación  $z = 2 - x^2 - y^2$  y está recortado por el plano  $z = 0$ , el cual está lleno de aceite vegetal comestible. Determine:

Volumen del recipiente.

Densidad del aceite contenido en el recipiente si su masa es de 1444 kg.

En cuánto tiempo se vaciaría el recipiente si le sacan el aceite por un orificio de 4 centímetros de diámetro y sale con una velocidad de 2 m/s.

### Soluciones:

Volumen del recipiente =  $\frac{1}{2}\pi \text{ m}^3$

Densidad del aceite contenido en el recipiente =  $919.74 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Tiempo de vaciado del recipiente = 155.5 segundos

En el caso de las simulaciones se tiene:

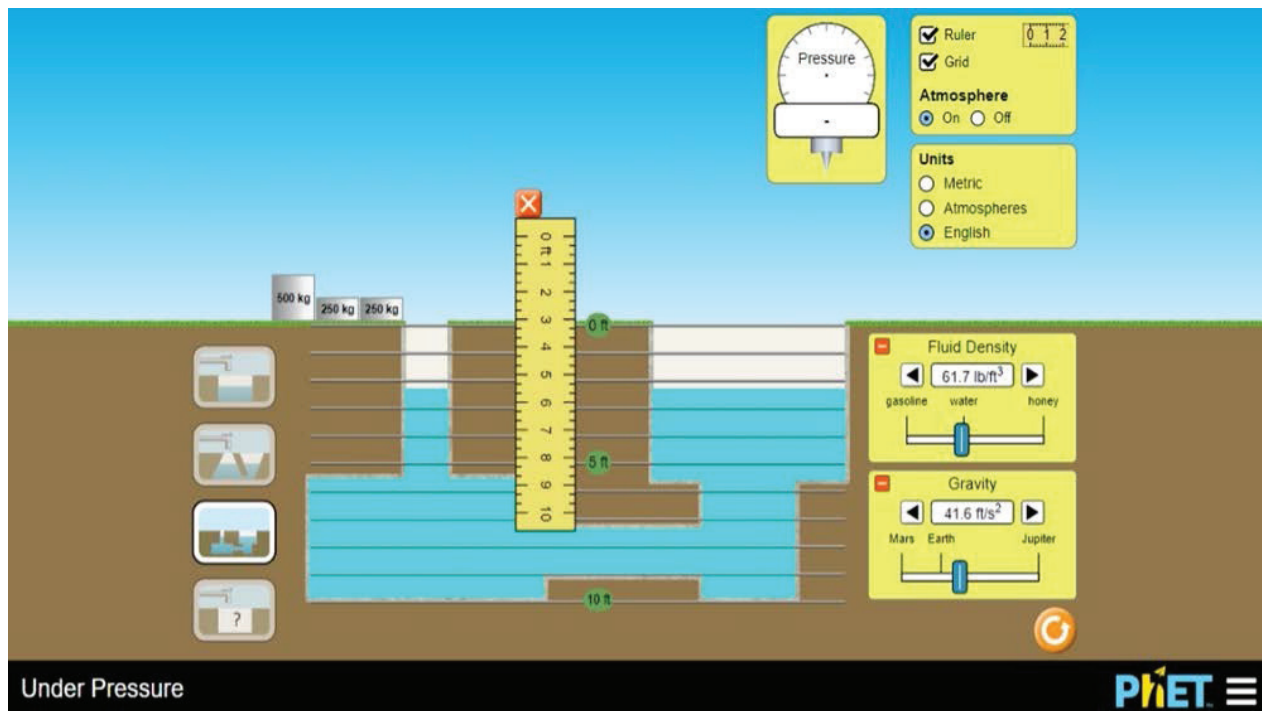


Figura 7. Simulación

Nota: Extraído de (Muños Vallecillo y Martínez González, 2022, p. 58)

Es importante mencionar que, en este proceso interdisciplinario, también se consideró la parte de la evaluación por competencias mediante la elaboración de rúbricas. A continuación, se presenta el modelo de una de ellas:

Tabla 5. Rúbrica de evaluación  
 Nota. Extraído de (Delgadillo Tijerino et al, 2022, pp. 48-49)

<b>Criterios</b>	<b>Excelente</b> Cumple a cabalidad los criterios propuestos	<b>Bueno</b> Incluye conocimientos básicos y algunos errores gramaticales	<b>A mejorar</b> No cumple con la organización requerida y presenta errores gramaticales	<b>Valor</b>
<b>1. Presentación.</b> 1.1 Nombre de la universidad. 1.2 Logo de la universidad. 1.3 Nombres de los tutores. 1.4 Nombres de los integrantes. 1.5 Nombres de los asesores en la investigación. 1.6 Fecha de la entrega (fecha establecida).	(9pts)	(7pts)	(5pts)	
<b>2. Temas.</b> 2.1 Posee un tema específico. 2.2 Tema delimitado (se encuentra delimitado según corresponde). 2.3 Línea de investigación.	(6pts)	(4pts)	(2pts)	
<b>3. Índice.</b> 3.1 Cumplimiento de la estructura establecida por los asesores. 3.2 Secuencia de temática.	(6pts)	4pts)	(2pts)	
<b>4. Resumen.</b> 4.1 Redacción. 4.2 Ortografía. 4.3 Logística (al añadir ideas).	(6pts)	(6pts)	(3pts)	
<b>5. Introducción.</b> 5.1 Cumplimiento de los tres movimientos: introducción, desarrollo, conclusión. 5.1.1 Coherencia y redacción del tema a desarrollar.	(8pts)	(6pts)	(3pts)	
<b>6. Objetivos.</b> 6.1 Utilización del verbo correctamente. 6.2 Secuencia de la elaboración según las actividades orientadas.	(7pts)	(5pts)	(3pts)	
<b>7. Justificación.</b> 7.1 Redacción y lógica en la descripción. 7.2 Gramática.	(7pts)	(5pts)	(3pts)	
<b>8. Referente teórico.</b> 8.1 Organización correcta. 8.2 Fuentes informativas. 8.3 Fórmulas insertadas. 8.4 Títulos a las imágenes y fuentes. 8.5 Redacción.	(8pts)	(6pts)	(4pts)	
<b>9. Marco teórico.</b> 9.1. Conceptos sobre el tipo de estudio. 9.2. Organización de encabezados según su importancia.	(8pts)	(6pts)	(4pts)	
<b>10. Recolección de información.</b> 10.1. Uso de fuentes confiables. 10.2. Utilizar APA7 correctamente para citar	(7pts)	(5pts)	(3pts)	
<b>11. Análisis de información y análisis de resultado.</b> 11.1. Describe el proceso práctico realizado. 11.2. Gramática. 11.3. Organización de ideas según el escrito. 11.4. Originalidad.	(8pts)	(6pts)	(3pts)	
<b>12. Conclusiones.</b> 12.1. Se cumplió con los objetivos propuestos 12.2. Redacción y ortografía.	(7pts)	(5pts)	(3pts)	
<b>13. Recomendaciones.</b> 13.1. Posee destinatario. 13.2. Concuera con las conclusiones y análisis del documento.	(5pts)	(4pts)	(2pts)	
<b>14. Referente bibliográfico.</b> 14. Fuentes confiables. 14.2 Está compuesto por un autor, fecha y URL (según si es digital).	(8pts)	(6pts)	(4pts)	
<b>Total</b>				

## 2.9 Conocimiento de idiomas y sensibilidad sobre arte y cultura universales

Según Rivas (2011):

Esta competencia es en realidad una meta competencia y está asociada a la comprensión de un lenguaje universal que nos da la capacidad de comunicarnos con investigadores de otros países. Aunque el español es una lengua poderosa hablada por casi 500 millones de habitantes y es de hecho la lengua que se habla de manera oficial en más países (26), 75% de la literatura y de lo que se publica en la red está en inglés. Es por ello que este idioma se ha convertido en el latín de nuestros tiempos. (p. 51)

Esta metacompetencia se logró con algunos grupos de investigación, ya que la bibliografía en español era muy limitada, e incluso algunos simuladores se encontraban en otro idioma, lo que implicó desarrollar habilidades comunicativas a través del uso de traductores y diccionarios digitales.

## 3. Conclusiones

A continuación, se muestran las principales conclusiones a las que se llegaron luego de realizada la experiencia.

La interdisciplinariedad en investigación es una oportunidad que debe ser aprovechada para el desarrollo de competencias, necesarias en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Analizar los problemas de manera holística, pero investigando desde la perspectiva de varias áreas, permite contestar intrigas a realidades integradas que solo pueden verse y descubrirse bajo diferentes maneras de percepción y evaluación, como la terapia interdisciplinaria. Esto incluye el acto de interpretar, a través de varias ramas del conocimiento, la transmisión de técnicas y métodos de una disciplina a otra, junto con los objetos de estudio en cada disciplina.

Las conexiones entre disciplinas son una forma de facilitar la adquisición de habilidades de investigación, ya que tanto los estudiantes como los profesores se centran en un objetivo común. Este vínculo se relaciona con el nuevo enfoque por competencias que está trabajando la UNAN-Managua, en el cual se obtiene el producto final y se combina con todos los componentes del semestre.

En cuanto al proceso del trabajo investigativo, se puede constatar que ha sido un reto, debido a que insta a los grupos investigadores a un desarrollo de indagación amplio por parte de la combinación de asignaturas, lo que tiende a ser un poco complejo al momento de organizar las ideas y de llevar a cabo el planteamiento

de ejercicios, simulaciones y experimentos totalmente nuevos o adaptados, pero es importante recalcar que, gracias a este proceso se adquirió en los estudiantes un pensamiento más crítico y lógico del estudio físico y matemático.



## Referencias

- Casey, A., Goodyear, V., y Armour, K. (2017). *Digital technologies and learning in physical education*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315670164>
- Delgadillo Tijerino, E. L., Torrez Silva, X. M., y Espinoza Martínez, E. D. (2022). *Prototipo de trabajo práctico experimental en la demostración de la ecuación de Euler y el principio de conservación de la energía al aplicarse integrales y vectores*. Trabajo de Curso de Graduación para optar al grado de Profesor de Educación Media en Física-Matemática, UNAN Managua, FAREM Estelí, Nicaragua.
- Facultad Regional Multidisciplinaria, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. (2022, 31 de octubre). *Feria del conocimiento «Un espacio para el intercambio de experiencias científicas en Física»*. <https://farem.unan.edu.ni/notas-informativas/feria-del-conocimiento-un-espacio-para-el-intercambio-de-experiencias-cientificas-en-fisica/>
- Guerra-Mazo, M. L., García-Buitrago, M. V., y Rodríguez-Acevedo, E. (2016). Estudio comparativo de flujo de fluido a través de una placa de orificio usando las ecuaciones de Stokes y de Navier-Stokes. *Revista Facultad de Ingeniería*, 25(42), 99-110. <https://doi.org/10.19053/01211129.4633>
- Herrera, C. J. (2020). Aprendizaje en las asignaturas “Electricidad” y “Termodinámica y Física Estadística” en tiempos de pandemia. *Revista Multi-Ensayos*, 7(13), 14-25. <https://doi.org/10.5377/multiensayos.v7i13.10748>
- Herrera, C. J. (2022). Metodologías para el aprendizaje por competencias de Ecuaciones Diferenciales aplicadas en Física al utilizar tecnología en la carrera Física Matemática. *Revista Torreón Universitario*, 11(32), 33-44. <https://doi.org/10.5377/rtu.v11i32.15065>
- Herrera, C. J., y Córdoba, D. J. (2023). Competencias Científicas y Tecnológicas en el Trabajo Práctico Experimental de Electricidad. *Revista Multi-Ensayos*, 9(17), 3-18. <https://doi.org/10.5377/multiensayos.v9i17.15737>
- Herrera, C. J., y Hernández, D. A. (2021). Enseñanza y aprendizaje de la Física y Matemática Superior en Tiempos de Pandemia. *Revista Multi-Ensayos*, 7(14), 2-8. <https://doi.org/10.5377/multiensayos.v7i14.12000>
- Huincahue, J. (2022). Interdisciplina en Educación Matemática – Características genuinas de la práctica interdisciplinar académica. *Revista Chilena de Educación Matemática | Sociedad Chilena de Educación Matemática*, 14(2), 59-68. <https://doi.org/10.46219/rechiem.v14i2.104>
- Mairena Mairena, F. J., Zeledón Mairena, Y. N., y Gutiérrez Herrera, A. d. (2022). *Prototipo de Trabajo Práctico Experimental en la demostración de existencia de fluidos Miscibles desde el cálculo vectorial*. Trabajo de Seminario de Graduación para optar al grado de Profesor de Educación Media en Física-Matemática, UNAN Managua - FAREM Estelí, Estelí, Nicaragua.
- Méndez López, H. A., Quiroz González, O. E., y Orozco López, K. J. (2022). *Prototipo de trabajo experimental en la demostración de la Ecuación de Bernoulli al aplicarse integrales y vectores*. Trabajo de Seminario de Graduación para optar al grado de Profesor de Educación Media en Física-Matemática, UNAN Managua - FAREM Estelí, Estelí, Nicaragua.
- Mendioroz Lacabra, A., Napal Fraile, M., y Peñalva Vélez, A. (2022). La competencia investigativa del profesorado en formación: percepciones y desempeño. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, (24), 1-14. <https://doi.org/10.24320/redie.2022.24.e28.4182>
- Molina, N. P. (2005). Herramientas para Investigar ¿Qué es un Estado del Arte? *Revista Ciencia y Tecnología para la salud Visual y Ocular*, (5), 73-75. <https://doi.org/10.19052/sv.1666>
- Núñez, N. (2019). Enseñanza de la competencia investigativa: percepciones y evidencias de los estudiantes universitarios. *Revista Espacios*, 40(41), 26-42.
- Muños Vallecillo, L. O., y Martínez González, Y. Y. (2022). *Uso de simuladores y asistente matemático en la demostración del principio de Pascal al aplicarse integrales y vectores*. Trabajo de Seminario de Graduación para optar al grado de Profesor de Educación Media en Física-Matemática, UNAN Managua. FAREM Estelí, Nicaragua.
- Parra, H. (2020). La interdisciplinariedad como espacio para el desarrollo del horizonte matemático en profesores en ejercicio. *I Congreso Virtual Iberoamericano Sobre Formación de Profesores de Matemática, Ciencias y Tecnología*, 45-53.
- Peña, T., y Pirela, J. (2007). La complejidad del análisis documental. *Revista Información, cultura y sociedad*, (16), 55-81.
- Rivas, L. A. (2011). Las nueve competencias de un investigador. *Revista Investigación Administrativa*, 40(108), 34-54. <https://doi.org/10.35426/IAv40n108.03>
- Rodríguez Díaz, J. E., Rivera González, E. M., y Altamirano Vásquez, F. J. (2022). *Integrales dobles en el cálculo de la densidad de circulación de fluidos en un campo vectorial*. Trabajo de Seminario de Graduación para optar al grado de Profesor de Educación Media en Física-Matemática, UNAN Managua - FAREM Estelí, Nicaragua.

Tarrillo, M. Y. (2022). *Estrategias pedagógicas para el desarrollo de competencias investigativas en los docentes: Revisión sistemática* [Tesis doctoral, Universidad César Vallejos, Trujillo, Perú]. Repositorio UCV. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/85388/Tarrillo\\_FMY-SD.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/85388/Tarrillo_FMY-SD.pdf?sequence=1)

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. (2021). *Las Líneas y Sub-líneas de Investigación de la UNAN-Managua*. Vicerrectorado de Investigación, Posgrado y Extensión Universitaria | Dirección De Investigación.

Vargas, J. P. (2020). *Utilización de simulador PhET para el aprendizaje de las leyes de Newton* [Trabajo de licenciatura, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio digital UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21810/1/T-UCE-0010-FIL-933.pdf>