



**Enfoque educativo STEM para desarrollar la capacidad creativa en los estudiantes de cuarto semestre de Ingeniería Mecánica, asignatura Electrotecnia en la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, periodo académico noviembre 2020-abril 2021, modalidad presencial**

Benavides Jiménez, Gustavo Ernesto

Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Maestría en Docencia Universitaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Magíster en Docencia Universitaria

Ing. Guanoluiza Cedillo Elemberto Norberto, Mgs.

29 de noviembre de 2022



Avance4.1.pdf

Scanned on: 17:40 August 29, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	1815
Words with Minor Changes	688
Paraphrased Words	957
Omitted Words	0



Website | Education | Businesses

Firma:



Firmado electrónicamente por:  
ELEMBER NORBERTO  
GUANOLUIZA CEDILLO

**Ing. Guanoluiza Cedillo Eember Norberto, Mgs.**

**Director**



**Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología**

**Centro de Posgrados**

### **Certificación**

Certifico que el trabajo de titulación: **“Enfoque educativo STEM para desarrollar la capacidad creativa en los estudiantes de cuarto semestre de Ingeniería Mecánica, asignatura Electrotecnia en la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, periodo académico noviembre 2020-abril 2021, modalidad presencial”** fue realizado por el señor **Benavides Jiménez, Gustavo Ernesto**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 29 de noviembre de 2022

Firma:



Firmado electrónicamente por:  
ELEMNER NORBERTO  
GUANOLUIZA CEDILLO

**Ing. Guanoluiza Cedillo Elemner Norberto, Mgs.**

**Director**

**C.C.: 170714507-2**



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

### Responsabilidad de Autoría

Yo **Benavides Jiménez, Gustavo Ernesto**, con cédula de ciudadanía N° 171705723-4, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Enfoque educativo STEM para desarrollar la capacidad creativa en los estudiantes de cuarto semestre de Ingeniería Mecánica, asignatura Electrotecnia en la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, periodo académico noviembre 2020-abril 2021, modalidad presencial** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 29 de noviembre de 2022

Firma:

**Benavides Jiménez, Gustavo Ernesto**

**C.C.: 171705723-4**



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

### Autorización de Publicación

Yo **Benavides Jiménez, Gustavo Ernesto**, con cédula de ciudadanía N° 171705723-4, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Enfoque educativo STEM para desarrollar la capacidad creativa en los estudiantes de cuarto semestre de Ingeniería Mecánica, asignatura Electrotecnia en la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, periodo académico noviembre 2020-abril 2021, modalidad presencial** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 29 de noviembre de 2022

Firma:

**Benavides Jiménez, Gustavo Ernesto**

**C.C: 171705723-4**

### **Dedicatoria**

A mi adorada Ceci, cuya inagotable fe, motivación, paciencia y pleno soporte constituyeron el motor que impulsó mi transitar por este viaje.

A mi gran familia –especialmente a mi madre Marcia, Ernesto mi padre, y a mi hermano Juan– por su amor, apoyo e incontables orientaciones; y por entender mis periódicas ausencias.

A quienes enfrentaron esta pandemia con valentía, creatividad, perseverancia y solidaridad.

Y a nuestros amados luceros, que parpadearon durante aquellas memorables temporadas.

## Agradecimientos

A la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, su Centro de Posgrados y al Departamento de Ciencias Humanas y Sociales, por ofertar esta maestría donde alimenté mi vocación como educador y bebí mi espíritu de aprendiz incesante.

A las y los Docentes de la Maestría en Docencia Universitaria –MDU, por alentar mi travesía con su experiencia y consejos.

A la Dra. Mónica Cerda, al Mgs. Elemer Guanoluiza y al Dr. Sergio Castillo, por su gestión, consejos, orientación y valiosísimos comentarios al revisar este trabajo. Mi más sincera gratitud.

Al Docente y Estudiantes de la asignatura Electrotecnia, por su gentil colaboración y predisposición a lo largo del presente estudio.

Al Dr. Saturnino de la Torre, renombrado catedrático universitario y prolífico investigador español. Su apoyo fue crucial para explorar –con paso firme– la capacidad creativa del ser humano.

Al Ing. Jairo Botero Espinosa –docente e investigador colombiano– por su orientación para comprender la educación STEM, sus principios, implicaciones y potencialidades.

Al Dr. Richard Felder, prestigioso docente e investigador estadounidense, cuyas contribuciones a la enseñanza STEM permitieron concretar varios propósitos de este trabajo.

A mis colegas de la Honorable Cohorte XIX de la MDU, por su compañerismo y amistad en algunos casos, que me impulsaron a continuar en esta fascinante aventura.

A Paola Santacruz, Tamara Bustos y Paulina Jáuregui del Museo Interactivo de Ciencia, por brindarme las facilidades para culminar esta investigación.

A Dios, por manifestarse a través de todas estas personas.

## Índice de Contenidos

<b>Certificado Antiplagio</b> .....	<b>2</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de Autoría</b> .....	<b>4</b>
<b>Autorización de Publicación</b> .....	<b>5</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>6</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>7</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>18</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>19</b>
<b>Capítulo I: Planteamiento del Problema de Investigación</b> .....	<b>20</b>
Antecedentes y Planteamiento del Problema .....	20
Formulación del Problema a Resolver .....	22
Preguntas de Investigación .....	22
Objetivos .....	22
<i>Objetivo General</i> .....	22
<i>Objetivos Específicos</i> .....	23
Justificación e Importancia .....	23
<b>Capítulo II: Marco Teórico y Conceptual</b> .....	<b>27</b>
Estado del Arte.....	27
<i>Competencias Profesionales</i> .....	27
<i>Educación STEM y Pensamiento Creativo</i> .....	30
Marco Teórico .....	34
<i>Educación STEM</i> .....	34
Varios Significados y Una Sola Esencia.....	34
La Autenticidad del Enfoque STEM.....	36
Hitos Cronológicos en la Educación STEM. ....	36

Tipología.....	37
<i>STEAM</i> .....	38
<i>STEM+</i> .....	40
Algunas Iniciativas STEM en el Mundo.....	40
<i>Estados Unidos</i> .....	40
<i>Australia</i> .....	41
<i>Ecuador</i> .....	42
Implementación de STEM.....	44
Metodologías STEM.....	46
<i>Aprendizaje basado en problemas – ABP</i> .....	47
<i>Aprendizaje basado en lecciones – ABL</i> .....	48
<i>Aprendizaje orientado a proyectos – AOP/ABPro</i> .....	49
Proyecto Interdisciplinario como Aplicación STEM.....	50
Evaluación de Actividades STEM.....	54
<i>Generalidades</i> .....	54
<i>Consideraciones</i> .....	55
<i>Recomendaciones para Evaluar STEM</i> .....	55
<i>Tipos de Evaluación</i> .....	56
<i>Instrumentos de evaluación</i> .....	56
<i>Competencias Profesionales para el Siglo XXI</i> .....	57
Definiciones.....	57
Clasificación de las habilidades.....	58
<i>Habilidades para una Sociedad Eminentemente Tecnológica</i> .....	59
<i>Habilidades STEM</i> .....	59
<i>Habilidades para el Progreso Social</i> .....	60
<i>Habilidades Proyecto Tuning América Latina</i> .....	60

	10
<i>La Capacidad Creativa</i> .....	62
Definiciones.....	62
Alcance de la Actividad Creativa. ....	64
Medición de la Creatividad. ....	65
<i>Batería de la Creatividad de Guilford.</i> ....	65
<i>Test de Pensamiento Creativo de Torrance (TTCT)</i> .....	65
<i>Test CREA de Corbalán y otros.</i> ....	66
<i>Test de Abreacción para Evaluar la Creatividad (TAEC)</i> .....	66
<b>Capítulo III: Marco Metodológico</b> .....	<b>71</b>
Hipótesis .....	71
<i>Hipótesis de Investigación</i> .....	71
<i>Hipótesis Nula</i> .....	71
Identificación y Definición de las Variables .....	71
<i>Definición Conceptual</i> .....	71
<i>Definición Operacional</i> .....	72
Tipo de Investigación.....	72
Diseño de Investigación .....	72
Métodos de Investigación Aplicados.....	75
Escenario de la Investigación .....	75
Conceptos Estadísticos .....	76
<i>Población</i> .....	76
<i>Muestra</i> .....	76
Técnicas e Instrumentos de Investigación .....	77
<i>Encuesta</i> .....	77
<i>Observación</i> .....	79
<i>Test</i> .....	95

Recolección y Procesamiento de Datos .....	97
<i>Encuestas</i> .....	97
Encuesta de Estilos de Aprendizaje aplicada a los Estudiantes. ....	97
Encuesta sobre Educación STEM aplicada a los Docentes de la ESPE. .....	101
<i>Observación</i> .....	110
Listas de cotejo. ....	110
Rúbricas.....	114
<i>Rúbrica Autoevaluación de Participación Grupal.</i> ....	114
<i>Rúbricas de Coevaluación.</i> ....	115
<i>Rúbrica Evaluación Sumativa Proyecto Interdisciplinario STEM.</i> .....	120
<i>Test</i> .....	121
Rendimiento Académico.....	121
Evaluación de la Creatividad – Pretest TAEC.....	124
Evaluación de la Creatividad - Postest ECG.....	127
Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados.....	134
<i>Encuesta de Estilos de Aprendizaje aplicada a los Estudiantes</i> .....	134
<i>Encuesta sobre Educación STEM aplicada a los Docentes de la ESPE</i> .....	136
<i>Listas de Cotejo</i> .....	137
<i>Rúbricas</i> .....	138
<i>Test</i> .....	140
Rendimiento Académico.....	140
Evaluación de la Creatividad Pretest TAEC- Postest ECG. ....	146
Comprobación de Hipótesis.....	165
<i>Pruebas Necesarias en Test TAEC</i> .....	166

Prueba de Normalidad.....	166
Prueba t de Student. ....	167
Prueba U de Mann-Whitney. ....	173
<i>Pruebas Necesarias en Test ECG</i> .....	174
Prueba de Normalidad.....	174
Prueba t de Student. ....	175
Prueba U de Mann-Whitney. ....	178
<b>Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	<b>180</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>185</b>
<b>Apéndices</b> .....	<b>192</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b>	<i>Tiempos de Adopción y Tecnologías asociadas a la Educación STEM+</i>	40
<b>Tabla 2</b>	<i>Estructura del Proyecto Interdisciplinario</i>	51
<b>Tabla 3</b>	<i>Modelo en Cinco Pasos del Proceso de Diseño en Ingeniería</i>	52
<b>Tabla 4</b>	<i>Relación entre Habilidades STEM y Habilidades para el Progreso Social</i>	60
<b>Tabla 5</b>	<i>Lista de Competencias Transversales para América Latina</i>	61
<b>Tabla 6</b>	<i>Operacionalización de las Variables de Estudio</i>	73
<b>Tabla 7</b>	<i>Distribución de la Población Involucrada en el Estudio</i>	76
<b>Tabla 8</b>	<i>Expertos para la validación de cuestionario STEM</i>	79
<b>Tabla 9</b>	<i>Lista de Cotejo para Primera y Segunda Etapas del Diseño en Ingeniería</i>	80
<b>Tabla 10</b>	<i>Lista de Cotejo para la Tercera Etapa del Diseño en Ingeniería</i>	81
<b>Tabla 11</b>	<i>Lista de Cotejo para la Cuarta Etapa del Diseño en Ingeniería</i>	83
<b>Tabla 12</b>	<i>Rúbrica Autoevaluación de Participación Grupal</i>	83
<b>Tabla 13</b>	<i>Rúbrica de Coevaluación Líder a cada Miembro del Grupo</i>	85
<b>Tabla 14</b>	<i>Rúbrica de Coevaluación Grupo al Líder</i>	89
<b>Tabla 15</b>	<i>Rúbrica de Evaluación Sumativa del Proyecto Interdisciplinario STEM</i>	93
<b>Tabla 16</b>	<i>Ponderación de Estilos de Aprendizaje</i>	100
<b>Tabla 17</b>	<i>Cumplimiento Primera y Segunda Etapas del Proyecto Interdisciplinario</i>	111
<b>Tabla 18</b>	<i>Cumplimiento Tercera Etapa del Proyecto Interdisciplinario</i>	112
<b>Tabla 19</b>	<i>Cumplimiento Cuarta Etapa del Proyecto Interdisciplinario</i>	113
<b>Tabla 20</b>	<i>Puntajes Autoevaluación Participación Grupal</i>	114
<b>Tabla 21</b>	<i>Puntajes Coevaluación Líder al Grupo</i>	116
<b>Tabla 22</b>	<i>Puntajes Coevaluación Grupo al Líder</i>	118
<b>Tabla 23</b>	<i>Puntajes Evaluación Sumativa Prototipo Proyecto Interdisciplinario STEM</i>	120
<b>Tabla 24</b>	<i>Resumen Calificaciones de Estudiantes en Asignatura Electrotecnia</i>	121
<b>Tabla 25</b>	<i>Puntajes Absolutos de Creatividad en Estudiantes – Pretest TAEC</i>	126

<b>Tabla 26</b> <i>Puntajes Relativos de Creatividad en Estudiantes – Pretest TAEC</i> .....	127
<b>Tabla 27</b> <i>Puntajes Absolutos de Creatividad en Estudiantes – Postest ECG</i> .....	130
<b>Tabla 28</b> <i>Puntajes Relativos de Creatividad en Estudiantes - Postest ECG</i> .....	131
<b>Tabla 29</b> <i>Puntajes Absolutos de Creatividad en Estudiantes – Pretest y Postest</i> .....	132
<b>Tabla 30</b> <i>Puntajes Relativos de Creatividad en Estudiantes – Pretest y Postest</i> .....	133
<b>Tabla 31</b> <i>Niveles en los Estilos de Aprendizaje</i> .....	134
<b>Tabla 32</b> <i>Estadígrafos de Calificaciones Primer Parcial en Dos Grupos</i> .....	141
<b>Tabla 33</b> <i>Estadígrafos de Calificaciones Segundo Parcial en Dos Grupos</i> .....	142
<b>Tabla 34</b> <i>Estadígrafos de Calificaciones Tercer Parcial en Dos Grupos</i> .....	144
<b>Tabla 35</b> <i>Estadígrafos de Abreacción para TAEC en Dos Grupos</i> .....	146
<b>Tabla 36</b> <i>Estadígrafos de Originalidad para TAEC en Dos Grupos</i> .....	148
<b>Tabla 37</b> <i>Estadígrafos de Elaboración para TAEC en Dos Grupos</i> .....	150
<b>Tabla 38</b> <i>Estadígrafos de Conectividad para TAEC en Dos Grupos</i> .....	152
<b>Tabla 39</b> <i>Estadígrafos de Fantasía para TAEC en Dos Grupos</i> .....	153
<b>Tabla 40</b> <i>Estadígrafos de Habilidad Gráfica para TAEC en Dos Grupos</i> .....	155
<b>Tabla 41</b> <i>Estadígrafos de Abreacción para ECG en Dos Grupos</i> .....	156
<b>Tabla 42</b> <i>Estadígrafos de Originalidad para ECG en Dos Grupos</i> .....	158
<b>Tabla 43</b> <i>Estadígrafos de Elaboración para ECG en Dos Grupos</i> .....	159
<b>Tabla 44</b> <i>Estadígrafos de Conectividad para ECG en Dos Grupos</i> .....	161
<b>Tabla 45</b> <i>Estadígrafos de Fantasía para ECG en Dos Grupos</i> .....	162
<b>Tabla 46</b> <i>Estadígrafos de Habilidad Gráfica para ECG en Dos Grupos</i> .....	164
<b>Tabla 47</b> <i>Pruebas Estadísticas de Normalidad en Datos TAEC para Dos Grupos</i> .....	166
<b>Tabla 48</b> <i>Estadísticas de Grupo para Muestras Independientes en TAEC</i> .....	168
<b>Tabla 49</b> <i>Prueba T de Student para Muestras Independientes Dos Grupos en TAEC</i> .....	169
<b>Tabla 50</b> <i>Prueba U de Mann-Whitney para Muestras Independientes en TAEC</i> .....	173
<b>Tabla 51</b> <i>Pruebas Estadísticas de Normalidad en Datos ECG para Dos Grupos</i> .....	174

<b>Tabla 52</b> <i>Estadísticas de Grupo para Muestras Independientes en ECG</i> .....	175
<b>Tabla 53</b> <i>Prueba T de Student para Muestras Independientes Dos Grupos en ECG</i> .....	176
<b>Tabla 54</b> <i>Prueba U de Mann-Whitney para Muestras Independientes en ECG</i> .....	178

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Pirámide STEAM</i> .....	39
<b>Figura 2</b> <i>Habilidades STEM y para una Sociedad Eminentemente Tecnológica</i> .....	59
<b>Figura 3</b> <i>Niveles de Conceptualización de la Creatividad</i> .....	69
<b>Figura 4</b> <i>Encuesta de Estilos de Aprendizaje aplicada a los Estudiantes</i> .....	78
<b>Figura 5</b> <i>Encuesta sobre Educación STEM aplicada a Docentes de la ESPE</i> .....	80
<b>Figura 6</b> <i>Test de Abreacción para Evaluar la Creatividad – TAEC</i> .....	98
<b>Figura 7</b> <i>Test de Evaluación de la Creatividad Gráfica – ECG</i> .....	99
<b>Figura 8</b> <i>Distribución porcentual de los estilos de aprendizaje</i> .....	101
<b>Figura 9</b> <i>Grado Académico de Docentes Encuestados</i> .....	102
<b>Figura 10</b> <i>Experiencia en Docencia Universitaria</i> .....	102
<b>Figura 11</b> <i>Cátedras Impartidas por Docentes Encuestados</i> .....	102
<b>Figura 12</b> <i>Docentes que han Escuchado acerca de la Educación STEM</i> .....	103
<b>Figura 13</b> <i>Frecuencia integración de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas</i> .....	103
<b>Figura 14</b> <i>Aplicabilidad de STEM en el Contexto Universitario</i> .....	104
<b>Figura 15</b> <i>Habilidades más Importantes a Desarrollar en Estudiantes Universitarios</i> .....	105
<b>Figura 16</b> <i>Frecuencia de Promoción del Pensamiento Creativo en Estudiantes</i> .....	105
<b>Figura 17</b> <i>Estrategias utilizadas por los Docentes para Estimular la Creatividad en Estudiantes</i> .....	106
<b>Figura 18</b> <i>Grado de Importancia en Desarrollar la Creatividad en Docentes y Estudiantes</i> ...	107
<b>Figura 19</b> <i>Estrategias más Efectivas utilizadas por los Docentes en Clase</i> .....	108
<b>Figura 20</b> <i>Nivel de Importancia de la Innovación en la Enseñanza Universitaria</i> .....	108
<b>Figura 21</b> <i>Grado de Autonomía en Docentes para Impartir Cátedra e Innovar en la Enseñanza</i> .....	109
<b>Figura 22</b> <i>Estrategias Didácticas STEM Utilizadas por Docentes Encuestados</i> .....	109
<b>Figura 23</b> <i>Enfoques Andragógicos con que se Identifican los Docentes</i> .....	110

<b>Figura 24</b>	<i>Gráfica de Cumplimiento Primera y Segunda Etapas del Proyecto</i>	111
<b>Figura 25</b>	<i>Gráfica de Cumplimiento Tercera Etapa del Proyecto Interdisciplinario</i>	112
<b>Figura 26</b>	<i>Gráfica de Cumplimiento Cuarta Etapa del Proyecto Interdisciplinario</i>	113
<b>Figura 27</b>	<i>Autoevaluación Participación Grupal por Criterios</i>	115
<b>Figura 28</b>	<i>Comparación Porcentual de Coevaluación Líder al Grupo por Criterios</i>	117
<b>Figura 29</b>	<i>Comparación Porcentual de Coevaluación Grupo al Líder por Criterios</i>	119
<b>Figura 30</b>	<i>Comparación Evaluación Sumativa Prototipo Proyecto Interdisciplinario</i>	121
<b>Figura 31</b>	<i>Comparación entre Estudiantes por Calificaciones Acumuladas</i>	123
<b>Figura 32</b>	<i>Tendencia de Calificaciones Parciales Estudiantes de Electrotecnia</i>	123
<b>Figura 33</b>	<i>Distribución de Calificaciones Primer Parcial en Dos Grupos</i>	142
<b>Figura 34</b>	<i>Distribución de Calificaciones Segundo Parcial en Dos Grupos</i>	144
<b>Figura 35</b>	<i>Distribución de Calificaciones Tercer Parcial en Dos Grupos</i>	145
<b>Figura 36</b>	<i>Distribución Valores de Abreacción para TAEC en Dos Grupos</i>	148
<b>Figura 37</b>	<i>Distribución Valores de Originalidad para TAEC en Dos Grupos</i>	150
<b>Figura 38</b>	<i>Distribución Valores de Elaboración para TAEC en Dos Grupos</i>	151
<b>Figura 39</b>	<i>Distribución Valores de Conectividad para TAEC en Dos Grupos</i>	153
<b>Figura 40</b>	<i>Distribución Valores de Fantasía para TAEC en Dos Grupos</i>	154
<b>Figura 41</b>	<i>Distribución Valores de Habilidad Gráfica para TAEC en Dos Grupos</i>	156
<b>Figura 42</b>	<i>Distribución Valores de Abreacción para ECG en Dos Grupos</i>	157
<b>Figura 43</b>	<i>Distribución Valores de Originalidad para ECG en Dos Grupos</i>	159
<b>Figura 44</b>	<i>Distribución Valores de Elaboración para ECG en Dos Grupos</i>	160
<b>Figura 45</b>	<i>Distribución Valores de Conectividad para ECG en Dos Grupos</i>	162
<b>Figura 46</b>	<i>Distribución Valores de Fantasía para ECG en Dos Grupos</i>	163
<b>Figura 47</b>	<i>Distribución Valores de Habilidad Gráfica para ECG en Dos Grupos</i>	165

## Resumen

Este trabajo aborda una de las problemáticas de la educación superior en nuestro país: la escasa innovación en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Se propone a la educación STEM como una opción para reorientar la formación profesional, encaminándola hacia una ciudadanía responsable y propositiva que enfrenta los problemas de su entorno. Para ello, se han explorado las competencias transversales necesarias en estudiantes universitarios, resaltando aquellas habilidades y destrezas para la vida y el ejercicio profesional. Una de estas competencias corresponde a la capacidad creativa, que de acuerdo con la literatura revisada debe desarrollarse durante la formación estudiantil.

En este sentido, se ha verificado cómo incide la aplicación del enfoque STEM en el pensamiento creativo de los estudiantes de cuarto semestre de Ingeniería Mecánica, asignatura Electrotecnia de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, en el periodo académico noviembre 2020 - abril 2021, modalidad presencial.

Para verificar este supuesto se aplicó un cuasi experimento durante el curso y período académico descritos, encontrándose aspectos muy relevantes, no solo para comprobar la hipótesis planteada, sino para entender mejor los procesos de enseñanza-aprendizaje en entornos virtuales, característicos de esta pandemia.

Esta investigación contribuye además a la reflexión y perfeccionamiento de los criterios de evaluación de desempeño en estudiantes universitarios; a superar los esquemas enfocados exclusivamente en las calificaciones, y a una aproximación más humanista del modelo basado en competencias.

*Palabras clave:* innovación educativa, enfoque STEM/STEAM, competencias transversales, creatividad, pensamiento divergente.

### **Abstract**

This work addresses one of the problems of higher education in our country: the lack of innovation in teaching-learning processes. STEM education is proposed as an option to reorient professional training, directing it towards responsible and purposeful citizenship that faces the problems of its environment. For this, the necessary transversal competences in university students have been explored, highlighting those abilities and skills for life and professional practice. One of these competencies corresponds to creative ability, which according to the reviewed literature must be developed during student training.

In this sense, it has been verified how the application of the STEM approach affects the creative thinking of students in the fourth semester of Mechanical Engineering, Electrotechnics subject of the Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, in the academic period November 2020 - April 2021, face-to-face modality.

To verify this assumption, a quasi-experiment was applied during the course and academic period described, finding very relevant aspects, not only to verify the hypothesis, but also to better understand the teaching-learning processes in virtual environments, characteristic of this pandemic.

This research also contributes to the reflection and improvement of performance evaluation criteria in university students; to overcome schemes focused exclusively on qualifications, and to a more humanistic approach to the competency-based model.

*Keywords:* educational innovation, STEM/STEAM approach, transversal skills, creativity, divergent thinking.

## Capítulo I: Planteamiento del Problema de Investigación

En este capítulo se analizan y describen algunos aspectos introductorios que permitieron contextualizar, formular y delimitar el problema de esta investigación: los antecedentes, las preguntas de investigación y sus objetivos. Se argumenta además, la pertinencia de este estudio a través de la justificación e importancia, fundamentada en varios trabajos de investigación revisados en forma preliminar y selectiva.

### Antecedentes y Planteamiento del Problema

En la función sustantiva de la docencia se han detectado al menos cinco problemas en la Educación Superior: dificultad para ofrecer acceso universal, problemas en la calidad, falta de pertinencia en la oferta curricular, descuido en la formación humanística, y desarraigo de los vínculos e integración social. En cuanto al tercer problema, varios estudios como el *Global Challenge Inside Report* consideran a la “cuarta revolución industrial” como una de las principales razones que demanda la formación de docentes y profesionales en nuevas competencias tecnológicas (Licandro & Yepes Chisco, 2018). Al respecto la UNESCO (1998) manifiesta que, hoy en día los docentes de la educación superior deberían enfocarse en promover el auto aprendizaje de sus alumnos, en lugar de ser vistos exclusivamente como pozos de ciencia; en este sentido es fundamental una actualización y mejora de las competencias pedagógicas de los docentes, estimulando su innovación permanente tanto en contenidos como en metodologías.

En consonancia con estos criterios, “Innovación para la excelencia” es el lema a través del cual la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE pregona la importancia de estar a la vanguardia para contribuir a la nación con servicios de calidad; pero, como lo resaltan Quizhpe Salinas, Gómez Cabrera, & Aguilar Salazar (2016) “no es suficiente innovar, sino que es preciso institucionalizar la innovación” (p. 299).

En este contexto, Quizhpe Salinas, Gómez Cabrera, & Aguilar Salazar (2016) recalcan que la universidad debe evolucionar en los procesos de enseñanza-aprendizaje, tomando en

cuenta los avances de la ciencia, el tipo de contenidos, los nuevos enfoques educativos y las metodologías centradas en el estudiante, concibiendo a los docentes como guías o facilitadores en el aula.

A pesar de estas consideraciones, aún se observa en la educación superior cierta resistencia y temor al cambio, debido sobre todo a posturas tradicionalistas y poco flexibles tanto en las instituciones como en algunos docentes; lastimosamente, en estos escenarios el cambio no se puede articular. Para que las universidades en el Ecuador mejoren sus índices de innovación, se necesita desarrollar una cultura de la investigación, actualizar las planificaciones curriculares y las estructuras académicas, aspectos donde los docentes tienen la posibilidad de influir, renovando los enfoques de la enseñanza-aprendizaje y explorando nuevas posibilidades acerca de cómo pueden aprender mejor sus estudiantes (Quizhpe Salinas et al., 2016).

En este sentido UNESCO (2015) plantea que los docentes deben formarse continuamente, para facilitar los procesos de aprendizaje, promover entornos respetuosos y seguros donde se favorezcan la autonomía y el autoestima de los estudiantes, recurrir a múltiples estrategias pedagógicas, y trabajar en equipo con otros docentes para abordar los problemas del entorno de manera sistémica e interdisciplinaria.

Para Zambrano R. (2016) un diseño curricular adecuado y el aprendizaje basado en la solución de problemas reales durante la formación universitaria, permitirán a los estudiantes afrontar los desafíos del presente siglo en los ámbitos de la complejidad, la formación en competencias, la transdisciplinariedad y la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) con las redes sociales.

De acuerdo a Botero Espinosa (2018), un enfoque congruente con las premisas expuestas y que busca promover la innovación, la capacidad creativa y el emprendimiento en las aulas corresponde a la educación STEM (siglas en inglés de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), cuyo eje articulador transversal lo constituye la ingeniería, a través de

metodologías activas como el ABP (Aprendizaje basado en problemas) o el ABPro (Aprendizaje basado en proyectos).

En tal virtud, la presente investigación se centra en aplicar el enfoque educativo STEM para desarrollar la capacidad creativa en los estudiantes de cuarto semestre de Ingeniería Mecánica, asignatura Electrotecnia en la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, en el periodo académico noviembre 2020 - abril 2021, modalidad presencial.

### **Formulación del Problema a Resolver**

¿Cómo incide la aplicación del enfoque educativo STEM en el pensamiento creativo de los estudiantes de cuarto semestre de Ingeniería Mecánica, asignatura Electrotecnia de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, en el periodo académico noviembre 2020 – abril 2021, modalidad presencial?

### **Preguntas de Investigación**

¿Qué nivel de conocimientos poseen los docentes universitarios acerca del enfoque educativo STEM?

¿Cuál es el grado de cumplimiento de los resultados de aprendizaje de los estudiantes involucrados en actividades STEM?

¿Cómo influye la aplicación del enfoque educativo STEM en el rendimiento académico de los estudiantes universitarios?

¿Cuál es la capacidad creativa de los estudiantes universitarios, antes y después de la aplicación del enfoque educativo STEM?

### **Objetivos**

#### ***Objetivo General***

Incidencia de la aplicación del enfoque educativo STEM en el pensamiento creativo de los estudiantes de cuarto semestre de Ingeniería Mecánica, asignatura Electrotecnia de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, periodo académico noviembre 2020 - abril 2021, modalidad presencial.

### **Objetivos Específicos**

Examinar el nivel de conocimientos que poseen los docentes universitarios acerca del enfoque educativo STEM.

Determinar el grado de cumplimiento de los resultados de aprendizaje de los estudiantes involucrados en actividades STEM.

Identificar cómo influye la aplicación del enfoque educativo STEM en el rendimiento académico de los estudiantes universitarios.

Evaluar la capacidad creativa de los estudiantes universitarios, antes y después de la aplicación del enfoque educativo STEM.

### **Justificación e Importancia**

La aplicación del enfoque educativo STEM para desarrollar el pensamiento creativo en los estudiantes universitarios, es una investigación que aborda la calidad e innovación en la educación superior, enmarcándose en los criterios de pertinencia, actualidad y trascendencia científica.

Desde una mirada holística la universidad es un sistema complejo donde convergen varios aspectos de índole educativa, científica, social, institucional, entre otros. A esta visión se suma un requerimiento desde el Estado y la sociedad en general, que demanda a las Instituciones de Educación Superior (IES) asegurar la excelencia y la calidad en forma continua, para que puedan responder efectivamente a los más altos intereses de su nación. En este sentido, la calidad es un aspecto que no debe obviarse en el ámbito educativo, más aún si se trata de la prestación de un servicio público (Del Campo Villares, Ferreiro, & Camino Santos, 2012).

Según el enfoque pedagógico del principio de calidad educativa expresado por la UNESCO en (CACES, 2018), una educación es considerada de calidad cuando es buena didácticamente, centrándose en los procesos de enseñanza-aprendizaje y en los estudiantes. En forma tácita, los docentes están involucrados en estos procesos, tal como se afirma en

(CACES, 2019) al referirse a la docencia como un proceso de interacción entre profesores y estudiantes. Se puede afirmar entonces que estos dos actores son mutuamente incluyentes, es decir, no puede existir el uno sin el otro; en este sentido, también hay una dualidad entre la calidad y la innovación educativa.

En este contexto, es importante resaltar el interés que ha despertado en la última década el enfoque educativo STEM, como una alternativa para enseñar, aprender y hacer ciencia; a través de proyectos interdisciplinarios, los estudiantes realizan conexiones entre lo visto en clase y el mundo real. De acuerdo a la National Science Foundation de los EEUU, es urgente formar profesionales para la era de la información y la sociedad del conocimiento en la que nos encontramos actualmente. Esta recomendación también tiene eco en el marco legal ecuatoriano, concretamente en la Ley Orgánica de Educación Superior, Art 8. Literales b), d) y f) que expresan algunos fines de la Educación Superior como: “formar profesionales con espíritu reflexivo que aporten el desarrollo del país en los campos científico, tecnológico y pedagógico, promoviendo el desarrollo sustentable nacional” (Asamblea Nacional, 2018, p. 4).

A pesar que este enfoque educativo está ampliamente difundido y aplicado en la educación media y el bachillerato en algunos países (en el nuestro aún no se consolida su esencia, especialmente en el sistema de educación pública), en el ámbito universitario varios autores como (Borrego & Henderson, 2014) demuestran que este enfoque merece ser considerado para potenciar la creatividad, el pensamiento crítico, la resolución de problemas y otras habilidades en los estudiantes universitarios.

A pesar de que la movilidad y las actividades presenciales son limitadas por efectos de la pandemia, el acceso a la información y fuentes de consulta actualmente es posible realizarlo a través de repositorios institucionales en línea, tanto de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE como de otras instituciones académicas. Las herramientas en línea disponibles al momento, también permitirán la optimización de recursos en esta investigación, especialmente en lo que se refiere a la toma y análisis de datos para comprobar la hipótesis.

Los beneficiarios directos de esta investigación serán, en primera instancia, los estudiantes de cuarto semestre de Ingeniería Mecánica, asignatura Electrotecnia del periodo académico mencionado, así como los docentes de esta asignatura que apliquen el enfoque educativo STEM en el desarrollo de su planificación curricular, sin embargo, en el mediano plazo la intención es promover, según los resultados obtenidos, la extensión de este enfoque educativo hacia otros niveles ulteriores que conforman la malla curricular de la carrera elegida por los estudiantes.

Las actuales circunstancias de índole sanitaria, socio-económica, inclusive política que afronta el mundo entero por efectos de la pandemia, requieren profesionales que, a lo largo de su formación universitaria, hayan desarrollado las competencias necesarias para plantear soluciones viables y sostenibles que mejoren la situación de su entorno. (Ferreira & Gomes Lima, 2013) sostienen esta afirmación en su estudio, cuando citan y contextualizan los resultados del Proyecto Tuning América Latina: Innovación Educativa y Social (2011-2014), en el cual un grupo de países consolidó un listado de 27 competencias transversales que deben desarrollarse en los estudiantes universitarios. De todas éstas, se ha seleccionado a la capacidad creativa, tomando en consideración lo manifestado por uno de los catedráticos entrevistados, así como también las recomendaciones de Botero Espinosa (2018) y Benavides Castillo (2014) quienes consideran que identificar, plantear y resolver problemas con creatividad es una de las competencias que deben ser desarrolladas durante la formación académica de los estudiantes.

Es preciso aclarar que las competencias tienen una dimensión compleja, cuyas características y temporalidad las hace verificables en el mediano y largo plazo; su implantación es progresiva, conforme los estudiantes avanzan en su proceso de formación (Maldonado, 2016); debido a que este estudio se enfocará en un periodo académico, se ha seleccionado para el análisis un nivel de concreción de las competencias, como lo son las capacidades, pues como lo señala Tobón (2010) en Palau de la Rosa (2014), las capacidades

son un componente de las competencias. Se establecerá además un vínculo entre la capacidad creativa con los resultados de aprendizaje de la asignatura de Electrotecnia.

(Carbonell-Carrera, Saorin, Melian-Diaz, & De la Torre-Cantero, 2019) resaltan la importancia de potenciar la capacidad creativa en los estudiantes, pues existe una estrecha relación entre la creatividad y la ingeniería. Estos autores manifiestan que el pensamiento creativo es una de las habilidades esenciales que requieren los ingenieros; sin embargo, varios sectores de la educación formal no suelen evaluar el rendimiento académico en función de estas habilidades, pues los docentes no están acostumbrados a incorporar la creatividad en la evaluación o en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Como se puede apreciar, la presente investigación también enfrenta la problemática de la deserción y repitencia estudiantil, explorando nuevas posibilidades de innovación en los procesos de enseñanza-aprendizaje dentro del contexto universitario, en donde los estudiantes planteen soluciones a problemas reales de la sociedad, como parte de las actividades de su formación profesional y con el acompañamiento ineludible de sus docentes.

## **Capítulo II: Marco Teórico y Conceptual**

Este capítulo está estructurado en dos partes: la primera de ellas consiste en un estado del arte o de la cuestión, con un breve resumen de los principales trabajos acerca de las variables involucradas en el tema planteado, el cual proporcionó las aproximaciones teóricas necesarias para abordar la investigación. En la segunda parte se desarrolla con profundidad las dos variables del presente estudio: por un lado, la educación STEM y por otro la creatividad, habilidad que forma parte de las competencias profesionales para el siglo XXI.

### **Estado del Arte**

Se presentan a continuación los principales trabajos revisados hasta el momento, relacionados de alguna manera con las variables de este estudio y que sirvieron como referencia para la presente investigación:

### ***Competencias Profesionales***

A partir de un estudio descriptivo Jácome, Galeas, Sangacha y Puente (2016) argumentan varias características de situaciones de aprendizaje, analizadas a través de un ejemplo en la práctica docente de estudiantes que se forman como futuros profesores de Educación Física, para los niveles primario y secundario de enseñanza, en Cuba. En esta situación pretenden potenciar el desarrollo de las siguientes competencias: a) Competencia genérica: Trabajo en grupos; b) Competencia específica: Diálogo cooperativo en la solución ética y responsable de conflictos morales en la práctica profesional.

La situación de aprendizaje se desarrolla durante una sesión de trabajo de los estudiantes con su tutor. Las sesiones de trabajo se realizan durante el periodo de práctica docente, con una frecuencia quincenal y una duración de 2 horas y 30 minutos. Cada tutor atiende hasta 15 estudiantes. Se trabaja además el diálogo cooperativo como herramienta esencial del profesor en el cumplimiento de su función orientadora del estudiante, ante conflictos morales que se presentan en su desempeño durante la práctica docente.

Entre sus principales recomendaciones está que se debe considerar el criterio de la complejidad al momento de diseñar situaciones de aprendizaje en la enseñanza universitaria, a fin de que los estudiantes desarrollen competencias genéricas y específicas al plantear soluciones a los problemas.

Alpizar Muni (2008) hace una valoración de las más importantes tipologías de competencias que en la actualidad se aplican en diversos países y regiones, con el objetivo de lograr un acercamiento a la realidad de su posible implementación. También refiere algunas experiencias logradas en el desarrollo de la primera fase de un proyecto de implementación de este enfoque curricular, como parte de una reforma que fue aplicada en la Universidad Estatal de Bolívar, en Guaranda, Ecuador.

El autor hace una descripción de las diferentes fases por las que atravesó el Proyecto de Reforma Curricular por Competencias y Créditos Académicos en la mencionada universidad; luego de varios encuentros participativos con actores internos y externos de la Universidad Estatal de Bolívar, lograron identificar y jerarquizar un total de 24 competencias genéricas o transversales, alineadas a la misión y visión de la Institución, las cuales debían caracterizar los perfiles de carrera en 5 facultades.

Una de las contribuciones más importantes de este trabajo consiste en el abordaje individual de las 24 competencias, definiéndolas en forma consensuada y estableciendo para cada una de ellas los respectivos resultados de aprendizaje, en 3 niveles de complejidad. Finalmente, el autor describe cómo este trabajo continuó, a nivel de carreras siguiendo una metodología similar, con la determinación de las competencias específicas para cada una de las profesiones.

Solanes Puchol, Núñez Núñez y Rodríguez Marín (2012) evidencian la elaboración de un instrumento para evaluar las competencias adquiridas y el grado potencial de inserción en el mercado laboral de los estudiantes universitarios. Con esta intención, elaboran un cuestionario inicial con 52 ítems de respuesta graduada y lo aplicaron a 94 estudiantes de cuarto curso de la

Licenciatura de Psicología de una universidad española. Luego de varios análisis, se obtiene un cuestionario de 45 ítems, con una consistencia interna de 0,92, distribuidos en seis factores (competencias), que explican el 53,15 % de la varianza total. Las competencias que se analizaron fueron: 2 instrumentales, 2 sistemáticas y 1 interpersonal.

Otro de los aportes significativos de este estudio, constituye la recopilación de las competencias profesionales más valoradas por empleadores, alumnos y docentes en Europa. Si bien estos resultados se generaron en otro continente, constituyen un marco de referencia global, para contextualizar al caso latinoamericano y ecuatoriano.

Finalmente, los autores concluyen que la herramienta generada en este estudio puede ser utilizada para fines específicos, tanto en las empresas que requieran contratar profesionales, así como en las instituciones de educación superior que deseen fortalecer sus programas de formación académica.

Álvarez Pérez, López Aguilar, González Ramallal, González Morales y Peláez Alba (2017) realizan un análisis cualitativo de una muestra representativa de guías docentes de cuatro títulos de la Universidad de La Laguna en Tenerife, España, para determinar cómo se asociaban los resultados de aprendizaje y las competencias genéricas en los estudiantes y, a partir de los resultados obtenidos, diseñaron una guía práctica con directrices y ejemplos concretos para abordar los resultados de aprendizaje en competencias genéricas.

La población que fue objeto de este estudio estuvo conformada por 111 guías docentes de cuatro carreras de esta universidad: Derecho, Economía, Enfermería y Pedagogía. El diseño muestral utilizado correspondió a una muestra probabilística estratificada según la titulación, obteniéndose una muestra de 87 guías docentes. A partir de un ajuste hicieron el análisis de 84 guías docentes con un margen de error del 5,3 % y un nivel de confianza del 95,0 % (Álvarez Pérez et al., 2017).

Una de las contribuciones más destacadas de este trabajo es que, los autores lograron identificar algunos de los problemas y dificultades por las que atraviesan los docentes

universitarios, al momento de plantear los resultados de aprendizaje en función de las correspondientes competencias genéricas.

### ***Educación STEM y Pensamiento Creativo***

Freire, Rivela y Freire (2016) realizan un estudio de tipo descriptivo en el cual esbozan los retos que un modelo educativo debe enfrentar en el siglo XXI y presentan lo que ya está sucediendo en torno a ellos. Resaltan la preocupación sobre la carencia de experiencias de innovación educativa en el ámbito universitario, especialmente en nuestro país, para el cual presentan un posicionamiento estratégico basado en una interrelación entre la innovación, el aprendizaje, la creatividad y el emprendimiento como elementos vitales para concebir un nuevo modelo de educación universitaria.

En lo referente a STEM, estos autores citan posturas como la del MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) donde consideran que, para transformar la economía del siglo XXI es fundamental incorporar a los procesos de enseñanza-aprendizaje a la creatividad, acompañando a la ciencia y tecnología. En este sentido, los ensayistas señalan que la innovación está fuertemente relacionada con STEM, pero es necesario incorporar también arte y diseño en los procesos creativos.

Finalmente, los autores exploran las relaciones entre STEM, innovación y emprendimiento en el *movimiento maker*, considerado unas de las tendencias que está redefiniendo la relación de la sociedad con la tecnología y, cuya consecuencia más directa ha sido la creación de los espacios de creación o *makerspaces* en algunas universidades del mundo.

Borrego y Henderson (2014) describen los objetivos, las hipótesis y la lógica subyacente de las estrategias de cambio seleccionadas en el estudio, con énfasis en los entornos de educación superior STEM, dirigido a un público conformado por agentes de cambio, líderes e investigadores.

Los autores parten de una problemática que se manifiesta en las bajas tasas de implementación de las pedagogías STEM en educación superior, a pesar de que se ha consolidado en el tiempo una base sólida de conocimientos acerca de su efectividad en estudiantes de pregrado; una de las explicaciones, según los investigadores es que, a pesar de existir teorías y estudios que evidencian la necesidad de estos cambios, aún sigue siendo inaccesible esta información para los líderes y tomadores de decisiones en educación superior.

La organización de este estudio descriptivo se basa en el modelo de las cuatro categorías de estrategias de cambio desarrollado por Henderson, Beach y Finkelstein (2011). Los autores describen ocho estrategias (dos por cada categoría) de potencial relevancia práctica para la educación STEM; en cada estrategia presentan un resumen con referencias clave, discuten su aplicabilidad a la educación superior en STEM, proporcionan un ejemplo de educación STEM y discuten sus implicaciones.

Finalmente, ponen a consideración los resultados de su trabajo como una guía referencial, para que los agentes de cambio puedan liderar más iniciativas de cambio en la educación superior y fortalezcan simultáneamente la teoría vigente, en base a modelos compartidos de trabajo como el presentado en este artículo, el cual es en esencia una propuesta de innovación en las IES, desde un punto de vista sistémico.

Tuyarot & Arriassecq (2015) evidencian los resultados de aplicar el aprendizaje basado en proyectos, una de las metodologías activas utilizadas en la educación STEM, en la asignatura Física II para estudiantes de ingeniería mecatrónica del Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais ubicado en el Municipio Juiz de Fora, en Brasil.

La metodología utilizada en este trabajo se fundamentó en la enseñanza-aprendizaje de la física a través de proyectos, en el marco de la teoría de la enseñanza para la comprensión; este trabajo se basó en una amplia revisión de la literatura y en la propia experiencia de una de las autoras, concluyendo que el aprendizaje para la comprensión –mediante la enseñanza por proyectos– es totalmente viable en la educación superior.

Uno de los resultados más significativos de este trabajo fue el nivel de apropiación e involucramiento que mostraron los estudiantes en el proyecto, valorando de forma positiva la estrategia didáctica implementada, a la vez que instaron a que en otras asignaturas de su instituto se trabaje de la misma manera. También, las autoras destacan que esta metodología activa permite contextualizar el aprendizaje, promoviendo un escenario donde los estudiantes dialogan para resolver los problemas y así afianzar los conocimientos que constan en la planificación curricular.

Saorín, De La Torre, Melián, Meier y Lifante (2015) analizan la importancia que tiene la creatividad en la enseñanza de la ingeniería en los estudiantes universitarios, un aspecto que cada vez ha cobrado más importancia para algunos países, aunque este enfoque aún no se ha generalizado de la forma deseable.

Los profesionales describen un experimento llevado a cabo con 107 alumnos de tres carreras de Ingeniería y Bellas Artes. Durante los periodos 2013-2014 y 2014-2015, midieron la creatividad de alumnos de los primeros semestres en la Universidad de La Laguna y la Universidad de Valencia en España, con el llamado Test de Abreacción de la Creatividad. Este test es un instrumento utilizado para comparar la creatividad en distintos países y personas sin importar el idioma, ya que es posible adaptarlo a cualquier cultura (Saorín et al., 2015). Asimismo, ha resultado ser muy útil para comprobar el progreso de la creatividad en un grupo de alumnos; de esta forma, se pueden obtener resultados más objetivos en torno a la creatividad que poseen los alumnos y compararlo con estudios de carácter creativo.

Este estudio concluye que, es importante generar actividades orientadas a desarrollar la creatividad en los estudiantes de ingeniería, debido a que estos no obtuvieron tan buenos resultados en el test aplicado, a diferencia de los alumnos de Bellas Artes.

J. L. Martín, Martínez, Fernández y Bravo (2016) presentan una investigación en la que, 36 estudiantes del Liceo Técnico Profesional de una zona muy vulnerable de Chile realizaron

un taller de robótica, siguiendo una metodología activa de Aprendizaje Basado en Proyectos, utilizando Arduino.

El proceso de aprendizaje para estos estudiantes duró cinco semanas, con dos sesiones de cuatro horas cada semana, es decir 10 sesiones en total; en la quinta sesión se presentó el proyecto que deberían realizar, consistente en la creación de una casa inteligente. Los estudiantes formaron grupos de cuatro personas y a cada una le es asignado un rol; en las siguientes sesiones, los estudiantes trabajaron diseñando y programando sus proyectos con la supervisión de un experto; en las últimas dos sesiones, los proyectos fueron terminados y se presentaron al resto de compañeros de clase en una exposición oral.

Antes y después de este estudio los autores analizaron (a través de pre y post-test) el rendimiento académico, así como la creatividad, el pensamiento sistemático, la resolución de problemas y el trabajo en equipo en los estudiantes. Por ejemplo, para evaluar la creatividad, se basaron en la herramienta TAEC o Test de Abreacción para Evaluar la Creatividad.

En este caso de estudio, los autores encontraron que la creatividad mostró un incremento significativo, resultado que era coherente con los estudios revisados previamente; mientras, el pensamiento sistemático también dejó ver un incremento significativo, aunque el crecimiento fue menor respecto al de la creatividad. La resolución de problemas, al igual que la creatividad, dejó ver un incremento bastante revelador; de otra parte, el trabajo en equipo no expuso diferencias significativas.

En lo referente al rendimiento académico, solamente en la asignatura de Matemáticas se evidenció un incremento significativo respecto a Inglés, Sociedad y Lenguaje; para este análisis, los autores establecieron dos cohortes de estudiantes: una con el grupo que se benefició de la experiencia de aprendizaje basado en proyectos con Arduino y, la otra con el grupo de estudiantes de los 3 años académicos anteriores.

En Carbonell-Carrera et al. (2019) se describe la realización de un taller de creatividad para encontrar múltiples soluciones a un problema planteado, utilizando pensamiento divergente.

El taller consistió en una actividad de modelado CAD 3D, donde 72 estudiantes de ingeniería debían proporcionar diferentes soluciones de diseño 3D a partir de una forma en dos dimensiones; los estudiantes cursaban la asignatura ingeniería gráfica, de la licenciatura en ingeniería agrícola y zonas rurales de la Universidad de La Laguna, en Tenerife, España.

Los autores evaluaron nueve componentes diferentes de la creatividad; de esta forma, no solo obtuvieron una medida genérica de la creatividad, sino que también monitorizaron después del taller, la evolución de los estudiantes en cada uno de los componentes de la creatividad, por separado.

En base a los resultados obtenidos, los autores pudieron concluir que es posible mejorar la creatividad a través del enfoque educativo STEM, donde la ingeniería cumple un papel esencial para fortalecer los procesos de aprendizaje.

## **Marco Teórico**

### ***Educación STEM***

**Varios Significados y Una Sola Esencia.** STEM es un acrónimo anglosajón que involucra Science (Ciencia), Technology (Tecnología), Engineering (Ingeniería) y Mathematics (Matemáticas); pero es mucho más que solo un conjunto de 4 letras diferentes.

Tsupros, Kohler, & Hallinen (2009) citados en Vásquez Giraldo (2014) hacen alusión a los criterios de Morrison y otros, afirmando que la educación STEM es un enfoque interdisciplinario para el aprendizaje, donde se combinan los conocimientos con la vida real en contextos que favorecen conexiones entre las instituciones educativas, las comunidades y el ámbito laboral, desarrollando en los estudiantes las competencias necesarias para los nuevos tiempos.

En este punto, Tsupros considera que STEM en realidad es una aproximación transdisciplinaria, ya que propicia la integración de las cuatro disciplinas al momento de abordar una problemática específica, reconociendo las múltiples facetas y aportes desde la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas.

Para Gómez Quintero, STEM define más bien una “tendencia educativa y significativamente colaborativa” para integrar los conocimientos en cuatro áreas con un propósito claramente definido, concibiendo sistemas que evidencien principios científicos, expresados a través de las matemáticas y desarrollados a través de la ingeniería y la tecnología (2017, p. 77).

Entre los autores más destacados en la literatura se encuentran Vásquez, Sneider y Comer (2013), citados en Botero Espinosa (2018), quienes por su parte conciben a STEM como un “acercamiento interdisciplinario hacia el aprendizaje”, lo cual puede entenderse como una manera de ver la realidad desde una perspectiva educativa integradora de cuatro disciplinas en “experiencias rigurosas y relevantes para los estudiantes” (2018, p. 50).

La relevancia y rigurosidad en la experiencia educativa son dos características imprescindibles. La primera procura que se establezcan vínculos entre la realidad y los conocimientos abordados en el aula; en tanto que, la segunda se relaciona estrechamente con las oportunidades para retar y desafiar a los estudiantes, propiciando el desarrollo de sus potencialidades.

Por tanto, a pesar de la diversidad que puede haber en cuanto a las definiciones de STEM, es importante no perder de vista la esencia de este enfoque educativo, implícita en las siguientes características que Martini y Chiarella (2017) claramente expresan:

- La enseñanza-aprendizaje de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas es integradora, evitando abordar estas áreas del conocimiento en forma individual o aislada. Esto implica la existencia de un diálogo de contenidos entre dos disciplinas (al menos) durante la formación estudiantil.

- La ingeniería, incluida sus procesos creativos, se enfoca en el desarrollo del conocimiento científico para aplicarlo en la solución de diferentes situaciones.

**La Autenticidad del Enfoque STEM.** A pesar de las numerosas iniciativas que han emprendido varias instituciones de educación formal y no formal en el ámbito de la ciencia y la tecnología, no todo lo que se ve puede ser considerado como educación STEM. Al respecto, el Dr. Rodger Bybee, prominente investigador y líder en el ámbito educativo a nivel mundial, menciona que la educación STEM tiene el riesgo de ser implementada en forma inadecuada o de ser subvalorada (Botero Espinosa, 2018).

Por esta razón, conviene aclarar que la educación STEM no corresponde a ninguna de las siguientes situaciones:

- La ingeniería y tecnología son consideradas como algo adicional dentro de la planificación curricular.
- La tecnología hace alusión exclusivamente a la informática o a la ofimática.
- Los espacios de experimentación y el método científico no son importantes.
- Las matemáticas no son parte de la formación en ciencias.
- Solamente quienes desean convertirse en científicos o ingenieros se educan en STEM.
- La educación STEM se vincula estrechamente con el ámbito laboral.
- La educación en ingeniería o tecnología es innecesaria en una planificación curricular.
- La linealidad y la escasa flexibilidad son las características del aprendizaje en una actividad del estilo *hands-on* o manos a la obra.
- El aprendizaje basado en proyectos y los espacios de creación no requieren de otros componentes para reflejar una educación STEM (Botero Espinosa, 2018).

**Hitos Cronológicos en la Educación STEM.** Por extraño que parezca, el término STEM ya se venía conceptualizando desde hace algún tiempo. Desde los años 70, varios países, especialmente los industrializados, empezaron a detectar la necesidad de educar a las personas en todos los niveles de manera interdisciplinaria, combinando la tecnología, la

ingeniería, la ciencia y las matemáticas. Su objetivo era formar profesionales que puedan liderar proyectos para potenciar el desarrollo económico de estas naciones. Este propósito evidentemente no fue tan sencillo, pues existía poco personal con ese tipo de habilidades, especialmente para la enseñanza (Vásquez Giraldo, 2014).

En la década de los 90, la *National Science Foundation* (Fundación Nacional de Ciencias en los Estados Unidos de Norteamérica) propuso el término SMET, pero no tuvo mucha acogida y fue la Dra. Judith A. Ramaley, ex directora de la División de Educación y Recursos Humanos en la NSF, quien impulsó la modificación del término a STEM. Tuvo que pasar casi una década más, para que el gobierno de los Estados Unidos convirtiera a STEM en una política educativa federal; luego de analizar los puntajes obtenidos por los estudiantes de secundaria en las pruebas *PISA* (Programme for International Student Assessment o Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes, impulsado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) del año 2009. Los resultados fueron muy preocupantes pues en comparación con otros países, Estados Unidos estuvo por debajo del promedio mundial (PISA, 2009) citado en (Botero Espinosa, 2018).

Esta situación alarmó al gobierno del entonces presidente Barack Obama, quien en enero del año 2011, expuso al Congreso de los Estados Unidos la prioridad nacional de financiar la preparación de docentes y estudiantes en las áreas de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, a fin de alcanzar “un nivel de investigación y desarrollo que no se ha visto desde los tiempos de la carrera espacial” (Obama, 2011, como se citó en Botero Espinosa, 2018).

A partir de este momento, tuvieron lugar una serie de acontecimientos e iniciativas que paulatinamente fueron consolidando el compromiso de ese país con la educación STEM; más adelante se expondrán otros hitos al mostrar otras iniciativas STEM en el resto del mundo.

**Tipología.** STEM ha recibido varias intervenciones conceptuales con el paso del tiempo. Así, algunos estudios han buscado proporcionarle una mejor vinculación con el

contexto de aplicación y otras, una mirada más amplia que permita la inclusión de varias disciplinas y formas de comprender la realidad. Las variantes que han logrado posicionarse en el ámbito educativo han sido las siguientes:

**STEAM.** Se le atribuye la creación de este término a la Dra. Georgette Yakman, licenciada en ciencias y tecnología en la educación, con maestría en Educación STEM y con experiencia en diseño arquitectónico. Aunque, en un inicio STEAM se enfocó en la educación primaria, su gran acogida dio lugar a que tenga también aceptación en el resto de niveles de la educación (Vásquez Giraldo, 2014).

El eje principal de esta acepción lo constituyen las artes, a fin de promover el desarrollo del pensamiento lógico y creativo, muy necesarios para la solución de los problemas complejos de nuestra realidad. Sin embargo, es importante realizar una aclaración al respecto: la “A” no solo hace referencia a las artes plásticas sino a lo que en el idioma anglosajón se conoce como *liberal arts* o artes liberales.

Para la Universidad San Francisco de Quito, por ejemplo, las artes liberales comprenden a la Sociología, Antropología, Literatura, Historia, Historia del Arte, Filosofía, entre otras; en esta misma línea, la Dra. Yakman afirma que STEAM abarca los siguientes campos del conocimiento: Estudios Sociales, Ciencias, Matemáticas, Lenguas, Tecnología, Ingeniería, Música, Bellas Artes, Educación Física (Botero Espinosa, 2018).

Botero Espinosa recalca que “todo hace parte del nivel de integración de STEM”, aunque STEAM proporciona un trasfondo significativo para cada una de las áreas mencionadas por la Dra Yakman. Por tanto, si a través de STEM se consigue el mayor nivel de integración de disciplinas y asignaturas, “no es necesario pensar en modelos alternativos” (2018, p.55)

STEAM es un marco educativo de referencia y soporte para la enseñanza de todas las disciplinas y el aprendizaje de cualquier tema, puesto que provee de un eje transversal que vincula todas las temáticas. En consecuencia, STEAM promueve una comprensión más integral de la cultura y la evolución sociológica mediante las artes liberales (Vásquez Giraldo, 2014).

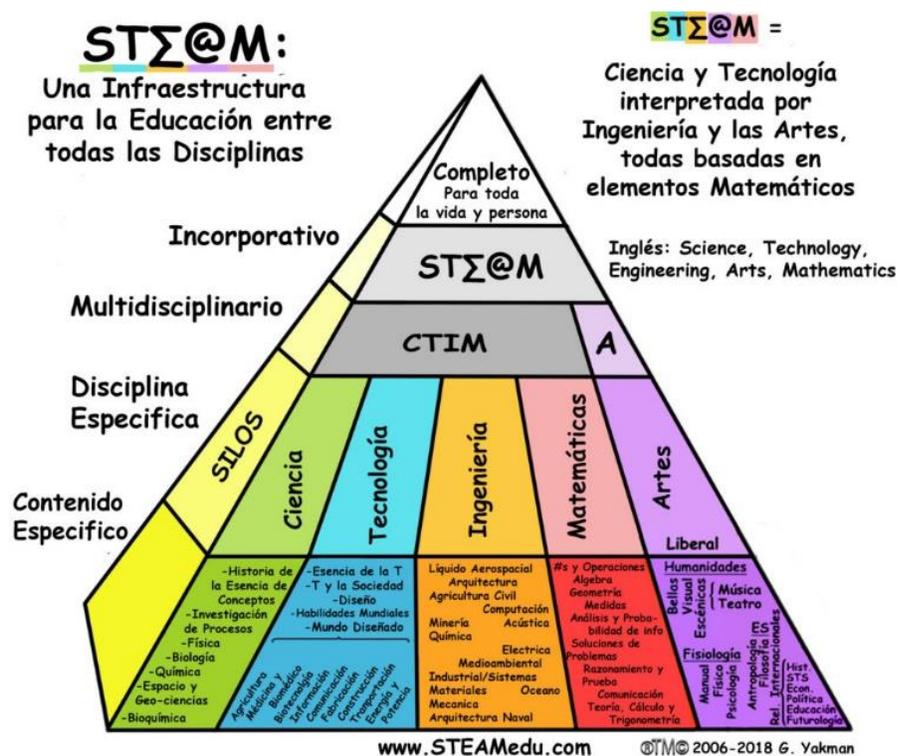
La Figura 1 permite visualizar lo anterior, considerando a STEAM como un marco o infraestructura educativa.

Como se puede observar, en esta pirámide se representan varios estados de integración conceptual, empezando desde la base con el nivel más puntual o específico que corresponde a los contenidos; en el siguiente nivel se encuentran las disciplinas de las cuales se desprenden dichos contenidos específicos; hasta llegar al máximo nivel o cúspide, donde impera una visión más holística y compleja de la realidad.

Esta pirámide representa además un modelo teórico sustentado en las investigaciones realizadas por la Dra. Georgette Yakman en 2006, donde busca correlacionar las áreas temáticas entre sí y los mundos del desarrollo social y empresarial (Yakman, 2015).

**Figura 1**

*Pirámide STEAM*



*Nota.* Traducida al español por Natalia Neria Retamal y Ana María Retamal, de la original elaborada por la Dra. Georgette Yakman.

**STEM+.** Es una variante de la educación STEM, cuyo signo “+” denota la incorporación de las Tecnologías de la Información y Comunicación -TIC enfocadas en Cyberlearning.

En el contexto, donde el avance tecnológico es vertiginoso, el informe “Perspectiva Tecnológica para la Educación STEM+ 2012-2017” elaborado por la *New Media Consortium*, el Centro Superior para la Enseñanza Virtual, el Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control de la Universidad Nacional de Educación a Distancia de España, y la Sociedad de Educación del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos-IEEE, presentaron una lista de las doce tecnologías más importantes para este tipo de educación. En la Tabla 1 se resumen algunas de ellas, en función del tiempo en que serían adoptadas por los usuarios:

**Tabla 1**

*Tiempos de Adopción y Tecnologías asociadas a la Educación STEM+*

Tiempo de adopción	Un año o menos	Dos a tres años	Cuatro a cinco años
<b>Tecnologías</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Informática en la nube</li> <li>▪ Entornos colaborativos.</li> <li>▪ Aplicaciones móviles.</li> <li>▪ Redes sociales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Realidad aumentada.</li> <li>▪ Análisis del aprendizaje.</li> <li>▪ Cursos masivos y Abiertos online.</li> <li>▪ Entornos personales de aprendizaje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inteligencia colectiva.</li> <li>▪ Internet de las Cosas.</li> <li>▪ Interfaces naturales de usuario.</li> <li>▪ Tecnología para llevar puesta.</li> </ul>

*Nota.* Recuperada de *Hacia un perfil docente para el desarrollo del pensamiento computacional basado en educación STEM para la media técnica en desarrollo de software* (p.27), por A.L. Vásquez Giraldo, 2014, Universidad EAFIT.

### **Algunas Iniciativas STEM en el Mundo.**

**Estados Unidos.** En el apartado sobre la historia de STEM se describieron sus inicios en esta nación. Luego de que Barack Obama, presidente de dicho país en el año 2011,

expusiera al Congreso de los Estados Unidos la prioridad nacional de invertir en la formación estudiantil y profesional basada en la educación STEM, para posicionar al país en el campo científico y tecnológico, varios acontecimientos tuvieron lugar casi de manera sucesiva.

El gobierno impulsó el “Plan Federal Estratégico de Cinco Años para la Educación STEM”, con la finalidad de implementar de forma más efectiva la educación STEM en los colegios de Estados Unidos. Este plan tiene la participación activa del Departamento de Educación Estadounidense, la Fundación Nacional de Ciencia –NSF– por sus siglas en inglés y el Instituto Smithsonian. También se fijó el objetivo de entrenar a cien mil profesores en las áreas de STEM, hasta el año 2021; para lo cual se creó la coalición *100Kin10*, que en inglés significa Cien Mil Docentes en Diez Años.

En el año 2012, de forma paralela el Consejo Nacional de Investigación –NRC– desarrolló el “Marco de referencia de educación preescolar a grado 12 para la enseñanza de las ciencias”, documento con el cual se busca lograr distintas aproximaciones a los estudiantes, y proporcionarles un mejor sentido a lo que aprenden. Esto produjo a su vez, la publicación de los Estándares de Ciencia para la Próxima Generación –NGSS– en inglés, que constituyen un hito muy importante, pues marcan una evolución radical de los estándares antiguos hacia la educación del siglo XXI.

Finalmente, en el año 2015 el presidente Obama suscribió la *Every Student Succeed Act* o ley ESSA por sus siglas en inglés, un nuevo cuerpo legal de educación a través del cual el gobierno norteamericano garantiza al sistema educativo los recursos necesarios para la formación de profesores en STEM, sin importar los cambios de gobierno. Esto demuestra que para el gobierno de los EE.UU. la educación STEM es un compromiso esencial para promover el desarrollo económico del país (Botero Espinosa, 2018).

**Australia.** Debido a la disminución de ingenieros y científicos en los últimos años, el gobierno de este país impulsó, en 2013, un estudio denominado *STEM: Country Comparisons, International Comparisons of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM)*

*Education*, en el cual analizó las experiencias de otros países con respecto a la situación de las áreas STEME este trabajo fue desarrollado por cuatro instituciones académicas de Australia las cuales se encuentran agrupadas en la *Australian Council of Learned Academies –ACOLA–* o Consejo Australiano de Academias Intelectuales; a partir de este estudio, el gobierno australiano decidió:

- Establecer a STEM como una necesidad nacional.
- Empezar una reforma educativa nacional basada en una investigación en educación.
- Trabajar de manera cooperativa con los entes gubernamentales y privados.

En este mismo estudio, se describe la situación de STEM en otros países del mundo, los cuales han obtenido los mejores resultados en las pruebas internacionales PISA, razón por la cual son considerados como referentes: Corea del Sur, Reino Unido, Israel, Alemania, China, Taiwán, Japón, Singapur, Canadá, Finlandia, Francia y Brasil (Botero Espinosa, 2018).

**Ecuador.** Durante la última década en nuestro país, la educación STEM ha despertado paulatinamente el interés de varios investigadores, docentes y autoridades, a través de iniciativas individuales o colectivas.

A nivel regional, la primera de ellas es *EDUCASTEM*, una Red Latinoamericana de Conocimiento sobre la Educación en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, a nivel pre-escolar, primario y secundario en las Américas. Coordinada por el Departamento de Desarrollo Humano, Educación y Empleo de la Organización de los Estados Americanos–OEA, esta iniciativa incorpora “una red regional de profesionales involucrados en la Educación STEM; un mapa que identifica y visualiza prácticas innovadoras; y coordina misiones técnicas de cooperación horizontal entre instituciones gubernamentales, académicas, privadas y de la sociedad civil de los Estados miembros” (Organización de los Estados Americanos, 2014).

La primera de estas misiones técnicas se llevó a cabo entre Ecuador y México, del 26 al 30 de mayo de 2014 en la ciudad de Loja; las entidades involucradas por cada país fueron, el Programa Adopte un Talento A.C.–PAUTA, de México y la Universidad Técnica Particular de

Loja–UTPL,,en Ecuador. Como resultado de esta cooperación, expertos de PAUTA visitaron Loja y capacitaron a 33 docentes y formadores de docentes sobre técnicas innovadoras de enseñanza en educación STEM; treinta kits de ciencia y matemáticas fueron entregados a los docentes que participaron de este entrenamiento y, cerca de doscientos estudiantes de educación primaria se beneficiaron de las sesiones de práctica de los docentes capacitados.

La segunda iniciativa a nivel local es la *Coalición STEM*, conformada en el año 2018 por varias instituciones y organismos públicos y privados: Ministerio de Educación, Universidad Nacional de Educación, Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología, La Red de Mujeres Científicas, La Academia Nacional de Ciencias, Comunidad de Divulgadores del Conocimiento Científico y Ancestral del Ecuador, La Cámara Nacional de la Pequeña y Mediana Empresa, Fundación CRISFE, La Asociación Ecuatoriana de Software, Parque Tecnológico Machángarasoft y el Instituto Santa Fe.

El objetivo central de esta iniciativa, según Mónica Reinoso viceministra de Gestión Educativa en ese año, era “impulsar una educación STEM por medio de una serie de acciones y programas que busquen sensibilizar a la comunidad educativa, generar alianzas, apoyar y mejorar los procesos educativos con énfasis en la Educación General Básica” (Ministerio Educación Ecuador, 2018).

En este sentido, se llevaron a cabo una serie de eventos académicos masivos al estilo de charlas, conferencias y seminarios con varios expertos, dirigidas a estudiantes de Educación General Básica y Bachillerato. Para fortalecer estas actividades, la *Coalición STEM* firmó una alianza con la Organización de Estados Iberoamericanos OEI, “con el objetivo de despertar el interés, motivar vocaciones y reflexión sobre estudios STEM, a través del debate y la difusión de la ciencia de manera dinámica y lúdica”, a través del proyecto *La Ciencia con Boca*. Cerca de 2 600 asistentes y treinta expositores fueron parte de este último proyecto. (Organización de Estados Iberoamericanos, 2019).

Finalmente, la tercera iniciativa, también de carácter regional, es *Educación STEM para la Innovación*, impulsada por la Fundación Siemens Stiftung, la cual se ha venido desarrollando durante la pandemia, con un marco temporal de implementación entre diciembre de 2020 y diciembre de 2021, la cual tiene varias líneas de acción:

La primera, es el Programa Educativo Internacional *Experimento*, un repositorio de recursos educativos abiertos de calidad sobre educación STEM, organizados por temas y edades que van desde los cuatro a los dieciocho años; la segunda es una adaptación de métodos educativos en las áreas STEM a través de talleres regionales, cursos *online* de capacitación y perfeccionamiento para docentes, además de la conformación de una red de colaboración entre docentes e instituciones de educación primaria, secundaria o superior; y la tercera que incluye catorce proyectos en siete países de la región: Chile, Colombia, Ecuador, Argentina, México, Perú y Brasil. En el caso de nuestro país, el proyecto lo lidera la Universidad San Francisco de Quito y su objetivo es “incorporar la sabiduría ancestral indígena en los contenidos de educación en desarrollo sostenible para estudiantes de primaria y secundaria” (Fundación Siemens Stiftung, 2021).

**Implementación de STEM.** Para que los procesos de enseñanza-aprendizaje sean más efectivos, acorde a la educación STEM, se deben tomar en cuenta los siguientes principios esenciales:

- ✓ *Intencionalidad.* Las actividades STEM deben tener un propósito claro, concreto y medible. Sus intenciones responden a los objetivos y resultados de aprendizaje de la planificación curricular de la carrera, del nivel y de las asignaturas en el ámbito universitario, por ejemplo.
- ✓ *La educación STEM no es el currículo ni el plan de estudios.* Se relaciona con la manera en que se presenta a los estudiantes los contenidos en el aula. Esto implica a su vez la realización de algún tipo de adaptación al currículo, priorizando los tópicos a ser abordados.

- ✓ *Enfocarse en la integración.* La integración de asignaturas favorece la profundización en los conceptos por parte de los estudiantes, pues se trasciende del aprendizaje superficial que contempla datos o información, a la construcción de conocimiento basada en una experiencia vivencial y memorable.
- ✓ *Establecer la relevancia.* Es decir, se debe lograr que los contenidos presentados a los estudiantes tengan una conexión o vínculo estrecho con problemas de la cotidianidad, ya sea del país o de la región. En este sentido, será imperioso llevar a cabo una priorización de los contenidos, enfocando la atención en algunos temas y descartando otros menos pertinentes.
- ✓ *El desarrollo de las habilidades del siglo XXI como prioridad en la ejecución de las actividades.* Lo cual parte de la premisa de que no es solo importante el impartir conocimiento actualizado y útil, sino además, promover que los estudiantes desarrollen capacidades para desenvolverse con solvencia, tanto en el plano personal como profesional.
- ✓ *Desafiar a los estudiantes.* Los desafíos y retos contribuyen a que los estudiantes activen su curiosidad e interés a lo largo de su formación, pero es importante balancear estos componentes en las actividades de aprendizaje, para evitar que se aburran o se frustren.
- ✓ *Combinarlo todo.* Los aprendizajes se fortalecen cuando los estudiantes tienen la oportunidad de encontrar por ellos mismos las soluciones a los problemas planteados, además pueden divulgar su experiencia en el aula. Esta combinación refuerza el protagonismo de los aprendices, en una suerte de cambio de roles entre estudiantes y docentes.

En palabras simples, estos principios se pueden resumir en prácticas cotidianas que pueden llevar a cabo los docentes con sus alumnos, como por ejemplo: buscar pretextos para el descubrimiento, alentar a que los estudiantes salgan solos de sus dificultades, dar más valor

a las preguntas que a las respuestas, poner en valor el conocimiento previo de los estudiantes, mirar al error como una oportunidad de aprendizaje, y proponer actividades siempre nuevas (Botero Espinosa, 2018).

**Metodologías STEM.** Las metodologías activas a través de las cuales se pone de manifiesto la educación STEM están fundamentadas en el aprendizaje constructivista, contextual, experimental y pertenecen a las teorías más progresistas de la psicología cognitiva y del aprendizaje (Guerra, Mesa, & González, 2017). En este contexto, las actividades que se desarrollen deben cumplir lo que Botero Espinosa (2018) llama *especificaciones de una actividad STEM*:

a) *Pregunta esencial.* Debe ser inquietante, atractiva e interesante con la finalidad de motivar la curiosidad de los estudiantes.

b) *Objetivos del aprendizaje.* Responden a la planificación curricular buscando que se logren aprendizajes de largo plazo para que el conocimiento permanezca en los estudiantes por el resto de su vida.

c) *Conocimientos previos.* Es el bagaje conceptual y de experiencias que los estudiantes poseen, y que le permite a quien ejerce la docencia, conocer la situación y condiciones en las que se encuentran sus estudiantes.

d) *Nuevos conceptos fundamentales.* Es importante establecer previamente los conceptos clave para que el aprendizaje sea más significativo y perdure. Esto se obtiene al momento de plantear los objetivos, resaltando los conocimientos más importantes que aportará la actividad a implementarse.

e) *Resultados.* Como se dijo anteriormente, es recomendable que se generen durante el periodo académico espacios en los cuales el grupo estudiantil comparta sus resultados y experiencias a sus compañeros, docentes, directivos, padres de familia, etc.

f) *Asignaturas involucradas.* Es importante que cuando se planifique la actividad se definan las asignaturas que formarán parte de la integración; así se conseguirá el cumplimiento

de los objetivos de aprendizaje STEM, y se podrá coordinar la transversalización de contenidos con los responsables de las cátedras.

*g) La ingeniería como elemento transversal.* Botero Espinosa (2018) hace hincapié en la necesidad de motivar a que los estudiantes aborden los problemas como ingenieros, incorporando en las actividades STEM el proceso de diseño utilizado en ingeniería; de esta manera se contribuirá al desarrollo de las habilidades STEM, de las cuales se hablará más adelante.

Si se toma como ejemplo un proceso de diseño en ingeniería de cinco pasos, las etapas son definir el problema y hacer preguntas, imaginar, planear, crear y mejorar (Botero Espinosa, 2018).

Existen varias metodologías o estrategias didácticas recomendadas por algunos autores para llevar a la práctica la educación STEM. Botero Espinosa (2018) y Sánchez Restrepo & Hernández Osorio (2018) sugieren utilizar el aprendizaje basado en: problemas, lecciones, proyectos, retos, la indagación, el juego y la gamificación; el *design thinking* o pensamiento de diseño; el diseño de ingeniería. La elección de una u otra dependerá de la edad de los estudiantes, los contenidos a ser abordados, los recursos disponibles y las habilidades a ser desarrolladas. En esta investigación se profundiza en las tres primeras estrategias didácticas.

***Aprendizaje basado en problemas – ABP.*** Se lo conoce también como PBL, acrónimo anglosajón de Problem-Based Learning, y busca que los estudiantes se responsabilicen por la construcción de su propio conocimiento y desarrollo cognitivo, activando y contextualizando su aprendizaje a partir de problemas que por lo general son tomados de la realidad y suelen estar mal estructurados. La motivación y participación de los estudiantes aumenta, debido a que este aprendizaje toma en cuenta sus experiencias previas.

A finales de los años 60, tuvieron lugar las primeras experiencias del ABP en la educación superior, con la Universidad de Mc-Master en Canadá, 1969; Universidad de Roskilde en Dinamarca, 1972; Universidad de Aalborg en Dinamarca, 1974; y en la Universidad

de Maastricht en Holanda, 1974. En las universidades de McMaster y Maastricht, la resolución de problemas se organizó en torno a casos, mientras que en las universidades de Roskilde y Aalborg se lo realizó en torno a proyectos. A pesar de estas diferencias en cuanto al abordaje, son comunes los principios fundamentales del aprendizaje, más centrado en el alumnado haciendo más efectiva la relación entre la teoría y la práctica.

Según (Guerra et al., 2017) el ABP en ingeniería requiere considerar el aprendizaje como un proceso en dos niveles:

- *Fundamental (formativo)*. El cual promueve la construcción del conocimiento a través del estudio personal y la resolución de problemas estructurados en forma individual o grupal, con supervisión, andamiajes y retroalimentación docente en la sala de clases.
- *Profesional*. En el que los estudiantes desarrollan experticia a través de la resolución de problemas abiertos, no estructurados, que requieren la integración de conocimientos variados y contextualizados en aplicaciones reales de la ingeniería. (p. 106)

***Aprendizaje basado en lecciones – ABL***. Tradicionalmente la enseñanza se ha centrado en los docentes, quienes proporcionan información para que el alumnado memorice o reproduzca en diferentes situaciones de evaluación; sin embargo para que los aprendizajes sean significativos y duraderos, es importante realizar con los estudiantes actividades interdisciplinarias que Botero Espinosa (2018) denomina actividades manos a la obra, *hands-on*, o lecciones basadas en problemas. Estas actividades se centran en resolver problemas durante unas pocas sesiones, con una duración entre dos a cuatro horas por cada sesión.

Para desarrollar una actividad de tipo ABL con efectividad se recomienda que el alcance y los objetivos de la lección sean claramente expuestos a los estudiantes; diseñar actividades que promuevan la colaboración y el trabajo en equipo; realizar un monitoreo constante del trabajo que realiza el alumnado; procurar que cada estudiante tenga un rol específico durante el desarrollo de las actividades (Botero Espinosa, 2018).

***Aprendizaje orientado a proyectos – AOP/ABPro.*** Al igual que el ABP, es una metodología activa de enseñanza-aprendizaje fundamentada en el constructivismo (Purzer, Strobel, Cardella, 2014) citado en (Botero Espinosa, 2018); en el ámbito de la educación STEM, es considerada una herramienta esencial de la instrucción y su presencia es amplia en el estudio de las ingenierías a nivel mundial. Dentro de la educación superior, su planificación toma en cuenta los objetivos profesionales de la carrera universitaria (Navarro, Pérez, & Marco, 2008).

La planificación del aprendizaje por proyectos está compuesta de varias fases que consideran los objetivos y el perfil profesional, los temas y tipos de proyectos, las propuestas de los proyectos, la realización del proyecto y la evaluación de los logros de aprendizaje (Navarro et al., 2008). Estos son los aportes del AOP en la instrucción:

- Las clases están centradas en el estudiante mientras que los docentes se convierten en guías del proceso de aprendizaje.
- Los estudiantes adquieren mayor autonomía en su aprendizaje.
- Se despierta la curiosidad y el interés del alumnado por profundizar en los conocimientos.
- Se promueve el desarrollo del pensamiento crítico y la capacidad de resolver problemas en los estudiantes.
- Tanto docentes como estudiantes toman actitudes activas en los procesos de enseñanza-aprendizaje.
- El alumnado desarrolla hábitos de auto aprendizaje continuo que le servirán para el resto de su vida.
- Estudiantes y profesores se convierten en aliados durante el proceso educativo.

Y éstas las recomendaciones para una actividad de tipo AOP:

- ❖ Un docente liderará el proyecto acompañado por docentes de las asignaturas que forman parte de la actividad STEM.

- ❖ La evaluación a los estudiantes se realizará en función de todas las actividades que formen parte del proyecto.
- ❖ Los miembros del proyecto deben conocer con claridad cuál es su rol específico, para poder evidenciar su desempeño en función de los resultados.
- ❖ Los temas de los proyectos deben estar vinculados con la cotidianidad y ser presentados de forma atractiva. Esto hará más fácil la selección por parte de los estudiantes.
- ❖ La meta de las actividades basadas en proyectos debe ser entendible y concreta para que éstos puedan evidenciar un desempeño o un producto.
- ❖ Un proyecto será exitoso si es participativo y considera las habilidades de cada estudiante, asignándole una responsabilidad determinada.
- ❖ Los docentes deben gestionar el progreso del proyecto, la carga de trabajo y el cumplimiento de los plazos.
- ❖ La asesoría de los docentes cuyas asignaturas están involucradas en el proyecto permitirá que los estudiantes tengan las debidas orientaciones. En este punto es clave el rol del docente como un facilitador, para que sean los alumnos quienes generen las soluciones.

**Proyecto Interdisciplinario como Aplicación STEM.** En base al fundamento teórico expuesto, se seleccionó como metodología activa el Aprendizaje Orientado a Proyectos. La actividad STEM del presente estudio consiste en un proyecto interdisciplinario, que vincula los contenidos de los programas analíticos de las asignaturas Electrotecnia, Metrología y Ciencias de los Materiales Aplicada.

En la Tabla 2 se detalla la estructura, componentes y especificaciones de la actividad STEM que realizó el grupo experimental en la presente investigación.

Por su parte, en la Tabla 3 se puede apreciar una de las metodologías de la ingeniería aplicada para resolver problemas de la vida real.

**Tabla 2***Estructura del Proyecto Interdisciplinario STEM*

<b>Especificación STEM</b>	<b>Descripción</b>
<b>Pregunta esencial</b>	¿Cómo optimizar el consumo de energía eléctrica en el sector industrial?
<b>Objetivo(s) del aprendizaje</b>	Desarrollar conocimientos y habilidades necesarias para implementar sistemas eléctricos básicos.
<b>Conocimientos previos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Matemática Superior;</li> <li>▪ Estadística;</li> <li>▪ Dibujo Mecánico Asistido por Computador;</li> <li>▪ Ciencias de los Materiales;</li> <li>▪ Soldadura</li> </ul>
<b>Nuevos conceptos fundamentales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Analizar circuitos eléctricos resistivos en corriente continua, corriente alterna y circuitos magnéticos utilizando métodos conocidos.</li> <li>▪ Manejar instrumentos de medición y software de simulación en la implementación de circuitos eléctricos básicos.</li> <li>▪ Revisar aspectos generales de instalaciones eléctricas de bajo voltaje para el uso de la energía eléctrica en aplicaciones industriales.</li> </ul>

Especificación STEM	Descripción
<b>Resultado</b>	Maqueta de una nave industrial domótica (inteligente) utilizando arduino.
<b>Asignaturas involucradas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Electrotecnia;</li> <li>▪ Metrología;</li> <li>▪ Ciencias de los Materiales Aplicada.</li> </ul>
<b>La ingeniería como elemento transversal</b>	<p>Proceso de diseño [modelo de 5 pasos]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Definir el problema y hacer preguntas</li> <li>▪ Imaginar</li> <li>▪ Planear</li> <li>▪ Crear</li> <li>▪ Mejorar</li> </ul>

*Nota.* Adaptación basada en *Educación STEM: Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender* (p.202), por J. Botero, 2018, STEM Educación Colombia.

### Tabla 3

*Modelo en Cinco Pasos del Proceso de Diseño en Ingeniería*

<b>La ingeniería como elemento transversal</b>	
<i>Etapa de diseño</i>	<i>Roles y Acciones</i>
<b>Definir el problema y hacer preguntas</b>	<p>Estudiantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar en grupo la pregunta esencial y descomponerla en partes manejables.</li> <li>• Registro en bitácora (cuaderno físico)</li> <li>• Aclarar con docentes alcance y restricciones del proyecto.</li> </ul>

---

**La ingeniería como elemento transversal**


---

*Etapa de diseño*
*Roles y Acciones*


---

**Imaginar**

Docente:

- Realizar evaluación diagnóstica (habilidades y contenidos) en estudiantes.
- Verificar con estudiantes entendimiento del problema.

Estudiantes:

- Recopilar información de conceptos que involucra el proyecto.
- Lluvia de ideas individuales y grupales (concepto central).
- Definir un modelo gráfico o físico según concepto central.
- Registro en bitácora.

Docente:

- Evaluación formativa (avances).

Estudiantes:

- Realizar esquemas/planos/bocetos preliminares.
- Definir listas de materiales con especificaciones.
- Obtener un presupuesto base.
- Registro en bitácora.

**Planear**

Docente:

- Evaluación formativa (avances).

Estudiantes:

**Crear**

- Prototipado (construcción) de la solución.
-

---

### La ingeniería como elemento transversal

*Etapa de diseño*

*Roles y Acciones*

---

#### Mejorar

- Cada integrante debe tener un rol.
- Probar prototipo.
- Registro en bitácora.

Docente:

- Evaluación formativa (avances).
- Retroalimentación.

Estudiantes:

- Hacer correcciones/mejoras al diseño.  
Verificar todo el proceso.
- Probar nuevamente.
- Registro en bitácora.
- Presentación de proyecto.

Docente:

- Evaluación sumativa.
  - Retroalimentación.
- 

*Nota.* Adaptación basada en *Educación STEM: Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender* (p.131), por J. Botero, 2018, STEM Educación Colombia.

#### **Evaluación de Actividades STEM.**

**Generalidades.** Contrario al estereotipo negativo que se ha creado en torno a la evaluación, la educación STEM contribuye a que se diluya esa percepción, ya que los estudiantes estarán todo el tiempo en un estado permanente de instrucción-evaluación, y en un ambiente donde muestran interés y curiosidad por lo que están estudiando (Botero Espinosa, 2018).

Para orientar el proceso de evaluación Vásquez, Sneider y Comer (2013) citados en Botero Espinosa (2018) recomiendan considerar dos marcos de referencia:

- Un buen ambiente de aprendizaje integral u holístico, con las siguientes características:
  - Centrado en el aprendiz
  - Centrado en el conocimiento
  - Centrado en la evaluación
- Planeación de actividades STEM que evidencien lo que los estudiantes han aprendido y pueden hacer, a través de las siguientes preguntas:
  - ¿Los estudiantes aprendieron los conceptos?
  - ¿En el rol de docente, cómo lo puedo saber?
  - ¿Qué tan profundo es su conocimiento?
  - ¿Qué tan bien pueden aplicar los estudiantes este conocimiento?

**Consideraciones.** En la educación STEM la evaluación puede enfocarse desde diferentes aspectos. Uno de ellos constituye la medición de las especificaciones de una actividad STEM (pregunta esencial, objetivos del aprendizaje STEM, conocimientos previos, nuevos conceptos fundamentales, resultados, asignaturas involucradas y la ingeniería como columna vertebral), tratando de responder además las cuatro preguntas del apartado anterior.

Otro aspecto importante es la evaluación de los objetivos de aprendizaje STEM, planteados en el diseño de la actividad; estos objetivos representan la esencia en la construcción del conocimiento del estudiante (Botero Espinosa, 2018).

Finalmente, un tercer aspecto tiene que ver con los momentos en los que se realizarán las mediciones; existen tres momentos clave en los que se llevarán a cabo: antes, durante y al terminar la actividad STEM. Estos hitos en la evaluación se relacionan estrechamente con los tipos de evaluación que se describirán más adelante.

**Recomendaciones para Evaluar STEM.** Vásquez, Sneider y Comer (2013) citados en Botero Espinosa (2018) hacen las siguientes sugerencias, para que la evaluación de una actividad STEM sea realmente efectiva:

- ✓ Para que los resultados obtenidos no sean tan inesperados, es importante que los estudiantes entiendan desde el inicio cómo y con qué criterios serán evaluados en su desempeño.
- ✓ La actividad STEM debe ser lo suficientemente flexible para que los estudiantes puedan evidenciar su desempeño y conocimientos.
- ✓ Llevar a cabo una evaluación preliminar, pre-test o diagnóstica. Esto ayudará a los docentes a establecer el punto de partida adecuado para diseñar las actividades STEM.
- ✓ Generar las oportunidades para que los estudiantes se autoevalúen y se reten para mejorar continuamente su desempeño.

***Tipos de Evaluación.*** Se consideran tres tipos de evaluación:

*Evaluación diagnóstica.* Este tipo de evaluación no tiene el objetivo de calificar, pero permite al docente detectar la preparación de sus estudiantes para emparejar el nivel de la clase.

*Evaluación formativa.* El objetivo de esta evaluación es realizar un seguimiento permanente de la instrucción, aplicando mediciones intermedias que permitan detectar algunas falencias para mejorarlas; el rol del docente durante esta evaluación es orientar y favorecer la continuidad del proceso de aprendizaje.

*Evaluación sumativa.* Consiste en una medición cuantitativa/cualitativa de los conocimientos y capacidades de los estudiantes; se la realiza al finalizar la unidad de aprendizaje STEM.

***Instrumentos de evaluación.*** Tomando en cuenta las consideraciones y recomendaciones señaladas anteriormente, así como el tipo de actividad STEM que se esté implementando, se puede utilizar como instrumentos de evaluación: listas de chequeo, rúbricas, pruebas rápidas en clase, mapas, auto evaluaciones, evaluaciones entre estudiantes, organizadores gráficos, mapas conceptuales, portafolios, conferencias, informes, modelos físicos, entre otros (Botero Espinosa, 2018).

En el marco metodológico del presente plan se presentarán los instrumentos seleccionados para realizar la evaluación STEM.

### ***Competencias Profesionales para el Siglo XXI***

**Definiciones.** En varios ámbitos, –especialmente el educativo y laboral– es constantemente abordado el término *competencia*; es posible encontrar en la literatura varias definiciones que intentan aproximarse a su significado, desde diferentes perspectivas. Para Tobón (2008) por ejemplo, las competencias son concebidas como:

Procesos complejos de desempeño con idoneidad en determinados contextos, integrando diferentes saberes (saber ser, saber hacer, saber conocer y saber convivir), para realizar actividades y/o resolver problemas con sentido de reto, motivación, flexibilidad, creatividad, comprensión y emprendimiento, dentro de una perspectiva de procesamiento metacognitivo, mejoramiento continuo y compromiso ético, con la meta de contribuir al desarrollo personal, la construcción y afianzamiento del tejido social, la búsqueda continua del desarrollo económico-empresarial sostenible y, el cuidado y protección del ambiente y de las especies vivas. (p. 5)

Por su parte, Letelier citado en Barrales Villegas (2012) considera que, desde la formación integral del individuo, las competencias “son capacidades individuales que permiten realizar tareas u obtener ciertos logros en forma eficiente y eficaz. Entre sus componentes están los conocimientos, las habilidades, destrezas, actitudes, rasgos personales” (p. 25-26).

En esa misma línea, para González & González (2008) la competencia “es una configuración compleja que integra en su estructura y funcionamiento conocimientos, habilidades, motivos y valores que se expresan en la eficiencia del desempeño profesional” (p. 205).

A pesar de la diversidad en las definiciones, se evidencian ciertos rasgos comunes que caracterizan a una competencia: su dimensión compleja; la integración de habilidades,

conocimientos y actitudes de los individuos; y los escenarios donde las competencias se ponen de manifiesto, ya sea en situaciones cotidianas, novedosas, desafiantes o complicadas.

Se ha podido evidenciar también en la literatura, que para definir a las competencias algunos autores acuden a otros términos estrechamente relacionados entre sí, y que por lo general se los confunde: las capacidades, las destrezas y las habilidades. Es preciso aclarar entonces la diferencia e interrelación entre ellos:

Desde un enfoque socio-formativo, Tobón (2015) considera que las destrezas están contenidas en las habilidades, y que estas dos a su vez forman parte de las capacidades. Para este autor, las capacidades “son desempeños cognitivos, afectivos y/o psicomotrices generales, a partir del desarrollo de las aptitudes” (p.106). Al ser vistas como una posibilidad, las capacidades no implican que quien las tenga vaya a actuar correctamente; no así las competencias, que sí conducen a la actuación idónea y ética; por todo esto, las capacidades son consideradas uno de los componentes de las competencias.

Por su parte el portal Koideas (2020) ha definido estos términos de una forma más concreta y comprensible. La capacidad es considerada “el potencial de aprender a realizar una acción concreta”, y está relacionada con aptitudes propias del ser humano; la habilidad en tanto, es una “capacidad innata del ser humano para realizar algo con destreza, en el momento de la práctica”. Finalmente, una competencia es la habilidad, que gracias a una práctica constante y sostenida en el tiempo, es realizada por las personas con experticia y excelencia.

Como se puede ver las capacidades, habilidades, destrezas y competencias corresponden a diferentes fases o etapas del proceso de desarrollo que las personas experimentan en diferentes situaciones de su vida.

**Clasificación de las habilidades.** En lo que respecta a la tipología de las habilidades, se ha podido encontrar una interesante variedad de criterios para clasificarlas. Por pertinencia y novedad se han considerado los siguientes:

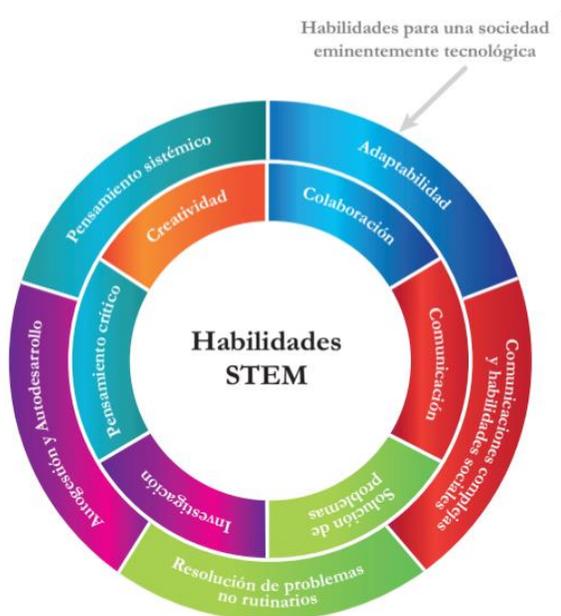
**Habilidades para una Sociedad Eminentemente Tecnológica.** La Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos o *National Academy of Science* en inglés, Arthur Eisenkraft de la Universidad de Massachusetts y un grupo de expertos en ciencias de la educación liderados por éste último, determinaron un conjunto de habilidades que son requeridas para una fuerza laboral eminentemente tecnológica. Entre éstas se encuentran la adaptabilidad, las comunicaciones complejas y habilidades sociales, la resolución de problemas no rutinarios, la autogestión y el autodesarrollo, así como el pensamiento sistémico (Botero Espinosa, 2018).

**Habilidades STEM.** De manera compacta, para Botero Espinosa (2018) las habilidades que pretende desarrollar la educación STEM son: el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la investigación, la creatividad y la comunicación.

Existe una estrecha relación entre las habilidades STEM y las que se requieren para una sociedad eminentemente tecnológica, como se puede observar en la Figura 2:

**Figura 2**

*Habilidades STEM y para una Sociedad Eminentemente Tecnológica*



*Nota.* Recuperada de *Educación STEM: Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender* (p. 46), por J. Botero, 2018, STEM Educación Colombia.

El pensamiento sistémico, por ejemplo, es una habilidad compleja que requiere de la creatividad y del pensamiento crítico; la resolución de problemas no rutinarios necesita de la habilidad para resolver problemas, y también de la habilidad para investigar. En otras palabras, las habilidades STEM son esenciales para una sociedad tecnológica.

**Habilidades para el Progreso Social.** Por su parte la OCDE en sus “Habilidades para el progreso social” o *Skills for a Social Progress* en inglés, organiza las habilidades en dos grupos. Una interrelación entre esta clasificación y las habilidades STEM se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla 4**

*Relación entre Habilidades STEM y Habilidades para el Progreso Social*

Habilidades STEM	Habilidades según la OCDE
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pensamiento crítico</li> <li>▪ Solución de problemas</li> <li>▪ Investigación</li> <li>▪ Colaboración</li> <li>▪ Comunicación</li> <li>▪ Creatividad</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><i>Cognitivas</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Socioemocionales</i></p>

*Nota.* Adaptación basada en *Educación STEM: Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender* (p.47), por J. Botero, 2018, STEM Educación Colombia.

**Habilidades Proyecto Tuning América Latina.** Es una iniciativa independiente de las universidades de varios países latinoamericanos y europeos. Está integrado además por 230 académicos y responsables de educación superior de Latinoamérica, entre los que se encuentra Ecuador. El objetivo general de este proyecto es “contribuir a la construcción de un Espacio de Educación Superior en América Latina a través de la convergencia curricular” (Tuning Academy, 2014).

Se desarrolló en tres fases: la primera que correspondió al periodo 2004-2007, la segunda entre 2006-2008, y la tercera en el periodo 2011-2014 durante la cual se potenció la

innovación educativa y social. En ésta última, sus miembros lograron consolidar un listado de 27 competencias genéricas o transversales para América Latina, el mismo que se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 5**

*Lista de Competencias Transversales para América Latina*

<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>
Capacidad de abstracción, análisis y síntesis	Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente	Capacidad de motivar y conducir hacia metas comunes
Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica	Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas	Compromiso con la preservación del medio ambiente
Capacidad para organizar y planificar el tiempo	Capacidad crítica y autocrítica	Compromiso con su medio sociocultural
Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión	Capacidad para actuar en nuevas situaciones	Valoración y respeto por la diversidad y multiculturalidad
Responsabilidad social y compromiso ciudadano	<b>Capacidad creativa</b>	Habilidad para trabajar en contextos internacionales
Capacidad de comunicación oral y escrita	Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas	Habilidad para trabajar en forma autónoma
Capacidad de comunicación en un segundo idioma	Capacidad para tomar decisiones	Capacidad para formular y gestionar proyectos
Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación	Capacidad de trabajo en equipo	Compromiso ético
Capacidad de investigación	Habilidades interpersonales	Compromiso con la calidad

*Nota.* Adaptada de *Competencias Genéricas de América Latina*, por Tuning Academy, 2014, <http://tuningacademy.org/tuning-latin-america-iii/?lang=en>

De acuerdo a Solanes Puchol et al. (2012), el Proyecto Tuning clasifica a las competencias en las siguientes categorías:

✚ Transversales o genéricas. Conocidas así por ser comunes a la mayoría de las profesiones u oficios. Estas a su vez se clasifican en:

- *Instrumentales*. También denominadas como metodológicas o procedimentales. Por ejemplo, la capacidad de análisis y síntesis, de organización y planificación, de gestión de información, pertenecen a esta subcategoría.
- *Interpersonales*. Están relacionadas directamente con las habilidades sociales como la capacidad para trabajar en equipo, el compromiso ético, y en general, el manejo de las relaciones interpersonales.
- *Sistémicas*. Como su nombre lo indica, son capacidades relativas a todos los sistemas y hacen referencia a las cualidades individuales de las personas. Aquí se encuentran: el aprendizaje autónomo, la adaptación a nuevas situaciones, la creatividad y el liderazgo, por citar algunos ejemplos.

✚ Específicas. En esta segunda categoría se encuentran todas aquellas que una persona necesita desarrollar para ejercer una profesión específica.

Este cuarto criterio para clasificar a las competencias es el que ha sido tomado como referencia, para elegir a la creatividad como la variable dependiente en el presente estudio.

### ***La Capacidad Creativa***

**Definiciones.** Tatarkievicz citado en Saorín et al. (2015) hace un breve recorrido por la historia del término creatividad destacando cuatro etapas principales:

- ✓ *Primera*. Durante casi un milenio este término no existió. En el imperio romano se utilizaba la palabra *creator* para referirse a un padre o a un fundador.
- ✓ *Segunda*. Mil años después el término *creator* fue acuñado en la Teología para referirse a Dios.

- ✓ *Tercera.* En el siglo XIX dicho término es utilizado en el arte, dando a entender que significaba ‘propiedad de los artistas’, apareciendo la palabra *creatividad* para referirse a sus obras.
- ✓ *Cuarta.* Desde el siglo XX la creatividad ya denota varios aspectos de la cultura humana: ciencia, política, arte, tecnología, religión, etc.

Alonso Monreal citado en Saorín et al. (2015) define a la creatividad como “la capacidad de utilizar la información y los conocimientos de forma nueva, y de encontrar soluciones divergentes para los problemas” (p. 41).

Por su parte, De la Torre (1997) define a la creatividad como “la capacidad y actitud para generar ideas y comunicarlas; es también la energía potencial para llevar a cabo cambios en nuestro entorno cotidiano” (p. 8). Esta capacidad se relaciona además con otras cualidades “como la iniciativa, autonomía, innovación, calidad, el auto aprendizaje, aprendizaje constructivo o a través de la práctica” (Martín et al., 2016, p. 2).

La estrecha relación entre el pensamiento creativo y la ingeniería se evidencia en Carbonell-Carrera et al. (2019), quienes conciben a la creatividad como “una forma de pensar que aporta nuevas ideas, originales y fáciles de aplicar de manera funcional y práctica” (p. 1).

Al explorar la literatura existente, se ha podido encontrar una amplia variedad de definiciones sobre la creatividad, en función de la diversidad de teorías y puntos de vista disponibles. Es tal su complejidad intrínseca, que De la Torre (1997) la considera “un fenómeno polisémico, multidimensional y de significación plural” (p. 56). Esto significa que se hace necesario abordar a la creatividad desde varios ámbitos como el neurobiológico, psicológico, organizativo y pedagógico. Por ello, la creatividad es planteada desde cuatro dimensiones básicas: persona, proceso, medio y producto (De la Torre, 1997).

A pesar de la diversidad de concepciones, varios autores coinciden al afirmar que “todo ser humano es creativo en cierto modo y grado” (De la Torre, 1997, p. 57). En resumen, la

creatividad es un constructo que contempla varios procesos de orden cognitivo, afectivo, neurológicos, sociales y de comunicación, entre otros (Saorín et al., 2015).

**Alcance de la Actividad Creativa.** Con la finalidad de orientar el entendimiento acerca de lo que implica realmente un proceso creativo, De la Torre (1997) plantea y desarrolla estas cinco pautas referenciales:

a) *Es intrínsecamente humano.* A pesar del revolucionario avance científico y tecnológico que se ha logrado actualmente en los campos de la electrónica, la informática y robótica, para ejecutar tareas complejas, repetitivas o peligrosas con elevada rapidez y precisión, no se puede atribuir la cualidad de “creativos” a los procesos que llevan a cabo dispositivos y máquinas, por más sofisticadas que éstas sean. “La creatividad es un potencial humano (...) y está por encima de los procesos mecánicos; está en la mente de quien imagina y diseña esos mecanismos o programas” (p. 58). Tampoco aplica a los comportamientos inusuales o extraordinarios de los animales, quienes carecen del sentido de los valores para transformar el contexto en el que se encuentran.

b) *Posee direccionalidad e intencionalidad.* La creatividad no es algo que ocurra al azar, sino una virtud personal que se puede dirigir a voluntad. Para encontrar la solución previamente se debe haber definido el problema, luego de atravesar un proceso crítico y oscuro donde convergen las intenciones, las ideas y la incertidumbre.

c) *Transforma el medio.* La mente creativa a diferencia de la reproductora, busca modificar el entorno circundante y problemático, el cual es captado a través de los sentidos. Un legado o aporte personal se convierte entonces en el testigo de dicha intervención, y evidencia que “el potencial creativo se equipara con el potencial transformador” (p. 59), no solamente en el ámbito intelectual sino también en el personal.

d) *Está estrechamente vinculado con la comunicación.* Aunque puede aparecer la creatividad sin estar presente la comunicación, la primera no se consume si no tiene lugar la

transmisión. “La elucubración, la ensoñación, la fantasía, pueden ser momentos positivos de la creatividad si se transforman y comunican” (p. 59).

e) *Posee originalidad o novedad.* Debido a que la originalidad fue el primer aspecto que se tomó en cuenta para identificar a las personas creativas, el promover las ideas inverosímiles, raras y poco convencionales favorece el pensamiento creativo. Cabe aclarar que, no necesariamente lo novedoso implica que sea creativo; algunos comportamientos extravagantes, injustificados o ridículos no pueden considerarse como buenos ejemplos de una actividad creativa.

**Medición de la Creatividad.** El interés por cuantificar de alguna manera el nivel de creatividad de las personas en diferentes situaciones tiene un pasado muy interesante. Saorín et al. (2015) cuentan que el origen de los test de creatividad se remonta a la Segunda Guerra Mundial, cuando J.P. Guilford, psicólogo de la Universidad de California, estudió la forma de seleccionar pilotos para la fuerza aérea que respondan de forma creativa ante situaciones de emergencia, para salvar su vida y la integridad del avión; luego de esta investigación, se publicaron más de un centenar de instrumentos diseñados para evaluar la creatividad.

Como se puede notar, existe una variedad considerable de herramientas para medir el nivel de creatividad. En Saorín et al. (2015) se ha podido encontrar un valioso aporte ya que describe los cuatro test más utilizados en España:

**Batería de la Creatividad de Guilford.** Analiza los factores esenciales del pensamiento divergente, asociado directamente con la creatividad. Considera los rasgos de fluidez, flexibilidad, originalidad, elaboración y sensibilidad.

**Test de Pensamiento Creativo de Torrance (TTCT).** Se caracteriza por tener un manejo metodológico más accesible y proveer resultados más fiables. Los rasgos que considera en las mediciones son fluidez, flexibilidad, originalidad, elaboración, inventiva y penetración.

**Test CREA de Corbalán y otros.** Este test mide la capacidad de los individuos para formular preguntas como un indicador único de la creatividad. Es flexible pues se lo puede aplicar a individuos desde los 6 años en adelante, hombres y mujeres, y es aplicable en los ámbitos clínico, educativo y organizacional, en las artes, el diseño y la publicidad.

**Test de Abreacción para Evaluar la Creatividad (TAEC).** Fue creado por el catedrático español Saturnino De la Torre; es un test gráfico-inductivo de compleción de figuras incompletas, muy versátil pues permite su aplicación en individuos de diferentes edades – desde los 5 años hasta la edad adulta– y puede ser utilizado por cualquier facilitador sin conocimientos previos sobre el tema. De la Torre (1995) resalta además la sencillez de este instrumento ya que no presenta dificultades en su aplicación o en su realización, otorgándoles a las personas total libertad sobre las maneras de realizarlo; en este sentido, dicho autor no restringe tampoco el entorno de su aplicación, sea éste presencial o virtual.

Permite valorar, a través del estímulo gráfico, doce factores de la creatividad: resistencia al cierre, originalidad, elaboración, fantasía, conectividad (integración creativa), habilidad gráfica, alcance imaginativo, expansión figurativa, riqueza expresiva, morfología de la imagen y estilo creativo. A partir de los criterios en De la Torre (1995) y De la Torre & Violant (2006) se definen a continuación los primeros seis factores, decisión que será ampliada más adelante en el marco metodológico:

**Resistencia al cierre.** O *abreacción*, se define como el control que una persona posee para retardar el intuitivo cierre de aberturas gráficas y así, evitar que le invada la tensión natural para percibir un todo de manera inmediata. Las personas con alta puntuación no necesariamente son creativas en sentido productivo, sino que son capaces de incrementar el potencial de transformación del entorno, trascendiendo a la información recibida; se ha comprobado que las personas que pueden controlar esta tensión natural al cierre inmediato de figuras, tienen mayor flexibilidad perceptiva y actitudinal.

**Originalidad.** Es considerado el factor por antonomasia de la creatividad, es decir, que es tan representativo que algo que tenga la cualidad de “original” podría ser visto hasta cierto punto como sinónimo de “creativo”. Por ello, varios autores miran a este factor como un indicador clave del potencial creativo. Una composición es original cuando no cae en estereotipos o convencionalismos, representaciones redundantes o habituales; por el contrario, se trata de algo ingenioso, inusual, novedoso y sorprendente.

**Elaboración.** Este factor forma parte de los procesos creativos y contribuye a que las ideas primigenias sean más detalladas, atractivas, acabadas y valiosas. La elaboración implica, trascender de los elementos básicos o fundamentales de una representación, enriqueciéndola con elementos complementarios, decorativos y de realce, que le proporcionan mayor valor y complejidad. La elaboración no es algo accidental al producto creativo, ya que supone una mayor dedicación y esfuerzo intencionados por parte de sus creadores.

**Fantasía.** Se define como el poder de la imaginación que transita hacia un contexto imaginario, irreal y fantástico; una capacidad para transformar las imágenes habituales en raras y viceversa; y una representación de algo que no existe, combinando elementos de experiencias pasadas con elementos novedosos; por ello, la fantasía infantil es un indicador del potencial creativo. La fantasía posibilita una exploración hacia los confines del pensamiento divergente, cuestionando hasta dónde una persona está dispuesta a sobrepasar las estructuras establecidas, y convierte lo familiar en algo extraño y singular.

**Conectividad.** Es vista como la más alta manifestación del potencial creativo. Permite evidenciar la inclinación de una persona para conectar ideas e imágenes, para integrar elementos independientes y dispersos en unidades significativas superiores. Una gran parte de los descubrimientos e invenciones se pueden explicar por esta capacidad de superar lo inmediato para encontrar entidades más complejas e integradoras. Se han definido tres niveles en este factor: conectividad lineal, temática y expansiva. La primera corresponde al nivel más básico en el que se relacionan físicamente elementos próximos y que no necesariamente

conduce a la búsqueda de unidades significativas superiores; la conectividad temática ocurre cuando una persona genera un nuevo tema, composición o unidad temática superior con significado propio, a partir de figuras dadas; y, la tercera consiste en la disposición para vencer prejuicios, convencionalismos, marcos de referencia, para encontrar nuevas soluciones a los problemas planteados, su presencia implica expansión mental, iniciativa y aceptación del riesgo, un rasgo característico de la gente creativa.

**Habilidad gráfica.** Este factor se relaciona con el dominio de la habilidad, específicamente vinculada con la representación de elementos visuales. Requiere ejercitación y práctica, de forma similar a como ocurre con otros lenguajes. Sin embargo, el dominio de la temática y la habilidad no necesariamente garantizan la capacidad creativa de una persona. La persona que con facilidad y dominio traslada las imágenes mentales al lenguaje gráfico, suele también destacar en los factores de originalidad, conectividad y fluidez gráfica.

El test se fundamenta en dos principios teóricos esenciales: la teoría de la *Gestalt*, y el modelo interactivo y sociocognitivo.

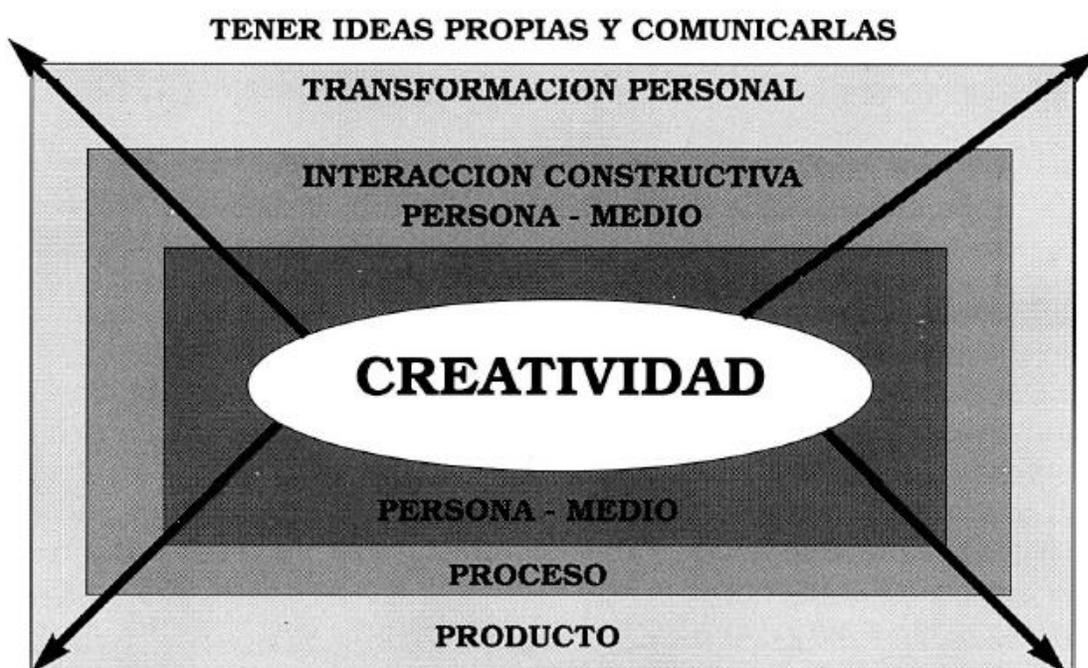
La Gestalt es una escuela de pensamiento que surgió en Alemania a inicios del siglo XX; su impacto más notorio fue en el campo de la psicología, a través de nuevas teorías sobre la percepción, también en el arte; sin embargo, su influencia se extendió ampliamente en la metodología y epistemología de la ciencia (Duero, 2003). De acuerdo con esta teoría “la creatividad comienza con una situación problemática, con la percepción de algo inacabado, con el intento de organizar, en un todo significativo las estructuras observadas” (De la Torre, 1995, pp.14-15).

Cada individuo organiza sistémicamente sus percepciones de diferentes maneras: algunos recurren a situaciones cotidianas o cercanas, y otros plantean nuevas integraciones con originalidad. Es por ello que, en esta teoría la percepción tiene un rol importante en las diferencias individuales, aunque no lo es todo; internamente cada persona posee cierta “tensión” que la motiva a completar, unificar y dar sentido a las percepciones. Saturnino De la

Torre (1995) asocia esta importancia de la percepción en los procesos de transformación y creación, señalando que “el primer paso de un proceso creativo es captar el problema, percibir una situación como problemática, incompleta o mejorable. Es preciso disponer de *imágenes* para que estas se transformen en ideas” (p. 15). Según como percibimos y reorganizamos los estímulos, serán nuestras creaciones posteriores.

### Figura 3

*Niveles de Conceptualización de la Creatividad*



*Nota.* Tomado de *Evaluación de la creatividad: TAEC, un instrumento de apoyo a la Reforma*, por Saturnino De la Torre, 1995.

Por su parte, el modelo interactivo y sociocognitivo se fundamenta a su vez en las teorías cognitivas; en este contexto, De la Torre (1995) manifiesta que “la creatividad es un potencial humano (...) entendido como la capacidad de tener ideas propias y comunicarlas” (p. 19). Las ideas acuden mediante una transformación y en este sentido, el acto creativo puede entenderse como un “proceso de transformación personal del medio”, el cual se da a partir de la interacción entre los diferentes niveles contextuales del individuo y las aptitudes, intereses y

motivaciones personales. La Figura 3 permite visualizar estas interacciones involucradas en el proceso creativo.

Como se puede observar, la creatividad considera el resultado de la interacción entre las dimensiones persona-medio, proceso y producto. Mientras que la primera se enfoca exclusivamente en la relación entre cada persona y su contexto, la segunda y la tercera están asociadas a la interrelación entre individuos y sus respectivos entornos.

### **Capítulo III: Marco Metodológico**

En este capítulo se evidencian las características, componentes y procedimientos inherentes a la investigación del tema planteado, con la finalidad de cumplir los objetivos proyectados y comprobar el planteamiento de la hipótesis. Se presentan también varios análisis e interpretaciones sobre los resultados obtenidos, que contribuyen a entender mejor las variables, sus interrelaciones y el contexto dentro del cual han sido exploradas durante esta investigación.

#### **Hipótesis**

##### ***Hipótesis de Investigación***

La aplicación del enfoque educativo STEM incide en la capacidad creativa de los estudiantes de cuarto semestre de Ingeniería Mecánica, asignatura Electrotecnia de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

##### ***Hipótesis Nula***

La aplicación del enfoque educativo STEM no incide en la capacidad creativa de los estudiantes de cuarto semestre de Ingeniería Mecánica, asignatura Electrotecnia de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

#### **Identificación y Definición de las Variables**

La presente investigación utiliza las siguientes variables:

- Enfoque educativo STEM.
- Capacidad creativa.

##### ***Definición Conceptual***

STEM es un enfoque o acercamiento interdisciplinario, es decir, una manera de ver la realidad desde una perspectiva educativa e integradora de cuatro disciplinas: Ciencia (S), Tecnología (T), Ingeniería (E) y Matemáticas (M), que genere una experiencia trascendental para los estudiantes (Vásquez, Sneider, Comer, 2013) en (Botero Espinosa, 2018).

Según Blanco (2009) citado en Saorín et al. (2015) el pensamiento creativo es la capacidad que hace posible generar alternativas a partir de una información dada, destacando la variedad, cantidad y relevancia de los resultados.

### ***Definición Operacional***

En términos generales, operacionalizar una variable significa realizar un análisis a profundidad sobre ella, extrayendo sus componentes o dimensiones, y sus indicadores. Este proceso se consigue mediante la exploración conceptual de la variable y se realiza durante el desarrollo del marco teórico (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

Para la variable *Enfoque Educativo STEM* se han considerado dos dimensiones: las actividades del docente y las actividades de los estudiantes. Para estos dos actores se han definido las mismas subdimensiones, de acuerdo al proceso de diseño en Ingeniería; sin embargo los indicadores, técnicas e instrumentos para cada uno de ellos son diferentes, tal y como se muestra en la Tabla 6.

En cuanto a la variable Capacidad Creativa, se ha definido solamente la dimensión actividades de los estudiantes, así como la subdimensión factores de la creatividad, cuyos indicadores permiten medir la creatividad a través de los test TAEC y ECG.

### **Tipo de Investigación**

Esta investigación de acuerdo a lo manifestado por Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2014) es de tipo experimental y de carácter cuasi experimental, puesto que se busca determinar el grado de incidencia de la aplicación del enfoque educativo STEM –variable independiente, en el desarrollo del pensamiento creativo de los estudiantes (variable dependiente).

### **Diseño de Investigación**

En el presente estudio, el diseño de la investigación es cuasi experimental, pues de acuerdo a Hernández Sampieri et al. (2014) los sujetos de observación no se asignaron al azar, es decir, los grupos ya estuvieron conformados con anterioridad al experimento.

**Tabla 6***Operacionalización de las Variables de Estudio*

Variable	Conceptualización	Dimensiones	Subdimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
<b>Enfoque educativo STEM</b>	Una aproximación interdisciplinaria hacia el aprendizaje, mirando la realidad desde una perspectiva educativa que incorpora cuatro disciplinas en experiencias de relevancia para los estudiantes (Botero Espinosa, 2018).	Actividades docente	Definir el problema y hacer preguntas	Evaluación diagnóstica de aprendizaje y contenidos	Test	Cuestionarios
			Imaginar	Evaluación formativa	Observación	Lista de cotejo
			Planear	Evaluación formativa	Observación	Lista de cotejo; Rúbrica
			Crear	Evaluación sumativa		
		Actividades estudiantes	Definir el problema y hacer preguntas	Entendimiento del problema	Observación	Lista de cotejo
			Imaginar	Definición de modelo gráfico o físico	Observación	Lista de cotejo
			Planear	Realización de bocetos	Observación	Lista de cotejo; Rúbrica
			Crear	Prototipado y trabajo en equipo		

Variable	Conceptualización	Dimensiones	Subdimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
<b>Capacidad creativa</b>	“Una forma de pensar que aporta nuevas ideas, originales y fáciles de aplicar de manera funcional y práctica” (Carbonell-Carrera et al., 2019, p.1).	Actividades estudiantes	Mejorar	Correcciones a prototipo y presentación	Test (pretest-postest)	TAEC ECG
			Factores de la creatividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Resistencia al cierre</li> <li>▪ Originalidad</li> <li>▪ Elaboración</li> <li>▪ Fantasía</li> <li>▪ Conectividad</li> <li>▪ Alcance imaginativo</li> <li>▪ Expansión figurativa</li> <li>▪ Riqueza expresiva</li> <li>▪ Habilidad gráfica</li> </ul>		

*Nota.* Adaptación basada en *Metodología de la Investigación* (p. 120), por R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y M. del P. Baptista Lucio, 2014, McGraw-Hill, México D.F.

Esta investigación es de tipo transeccional o transversal, ya que se analizó la interrelación de las variables dependiente (pensamiento creativo) e independiente (enfoque educativo STEM) en un momento determinado donde se recolectaron e interpretaron los datos (Hernández Sampieri et al., 2014).

El enfoque de este estudio es cuali-cuantitativo debido a que como lo mencionan Hernández Sampieri et al. (2014) se busca desde lo cualitativo, contextualizar la relación entre el enfoque educativo STEM y el pensamiento creativo en los estudiantes universitarios, y en este proceso, contribuir con nuevas interrogantes a la investigación. En tanto, a partir del enfoque cuantitativo se pretende probar la hipótesis planteada y así corroborar el marco teórico disponible, a partir de la recolección de datos en el periodo académico mencionado.

### **Métodos de Investigación Aplicados**

En esta investigación se utilizó principalmente el método inductivo, ya que a partir de los resultados que se obtuvieron en la comprobación de la hipótesis, se formularon generalizaciones para integrarlas al conocimiento científico sobre las variables analizadas.

### **Escenario de la Investigación**

Debido a la pandemia por el COVID-19, el presente estudio se implementó en un entorno completamente virtual. A través de las herramientas ofimáticas *Gmail*, *Classroom*, *Meet* –entre otras– de la plataforma *Google Suite* a la cual está suscrita la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, el docente de la asignatura Electrotecnia y sus estudiantes se conectaron de forma síncrona y asíncrona para la realización de las clases virtuales, y para la asignación del trabajo autónomo. Mediante la aplicación de mensajería instantánea *WhatsApp*, el docente también creó un grupo para comunicarse con sus estudiantes, ya sea para solventar dudas puntuales o hacer el seguimiento de las tareas por entregar.

El enfoque STEM se concretó a través de un proyecto abordado de manera interdisciplinaria por el grupo experimental, durante el periodo académico noviembre 2020 – abril 2021. El docente de la asignatura Electrotecnia, en coordinación con el autor del presente

estudio, realizó un seguimiento periódico de los avances y dificultades presentadas en los estudiantes durante el desarrollo de dicho proyecto.

## **Conceptos Estadísticos**

### ***Población***

La población estuvo conformada por el docente y los diez estudiantes de la asignatura Electrotecnia, la cual se imparte en el cuarto nivel de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

### ***Muestra***

Debido a que los estudiantes matriculados en Electrotecnia fueron diez, en esta investigación se trabajó con toda la población, y fue organizada como se muestra en la Tabla 7.

Los seis estudiantes del grupo experimental, como los cuatro que pertenecían al grupo de control se conformaron por afinidad, antes de ser sometidos al cuasi-experimento. A pesar de que se planteó el mismo problema a los dos grupos y que, éstos utilizaron la metodología de aprendizaje basada en proyectos, solamente el grupo experimental abordó la problemática planteada de manera interdisciplinaria y holística, lo cual constituye la característica fundamental de la educación STEM.

Por su parte, el grupo de control desarrolló su trabajo siguiendo la metodología tradicional del aprendizaje basado en proyectos, a través de la cual, los estudiantes proporcionaron una solución concreta y específica, sin considerar otras perspectivas o cuestiones relacionadas con el problema planteado.

## **Tabla 7**

*Distribución de la Población Involucrada en el Estudio*

<b>Tipología</b>	<b>Número</b>
<i>Grupo A:</i> Grupo de control	4 estudiantes
<i>Grupo B:</i> Grupo experimental	6 estudiantes
Aplicador	1 docente

## **Técnicas e Instrumentos de Investigación**

### ***Encuesta***

Se utilizaron dos instrumentos como parte de esta técnica. El primero de ellos fue un cuestionario para medir el índice de estilos de aprendizaje de los estudiantes, desarrollado y validado por Felder y Soloman (2007). En la Figura 4 se presenta una parte de esta herramienta, la cual tuvo que ser adaptada y administrada a los estudiantes en un formato digital, debido a la virtualidad en las clases por efecto de la pandemia. El cuestionario completo se podrá encontrar en la sección de Apéndices.

Este instrumento consta de 44 preguntas con dos opciones a elegir (a o b), y permite evaluar las preferencias de aprendizaje en cuatro dimensiones: activa/reflexiva, sensitiva/intuitiva, visual/verbal y secuencial/global; estas dimensiones se basan en el modelo de estilos de aprendizaje formulado por Felder y Silverman (1988). Este cuestionario fue seleccionado básicamente por dos razones: la primera es que a pesar de existir otros instrumentos con propósitos similares, era el más adecuado para aplicar en estudiantes de ingeniería según Tocci (2015), y precisamente la población analizada tuvo esta característica. La segunda razón obedeció a la necesidad de explorar previamente aspectos vinculados con la manera de aprender de los estudiantes, algo que forma parte de la evaluación diagnóstica recomendada por Botero Espinosa (2018) al realizar educación STEM.

El segundo instrumento consistió en un cuestionario de base semiestructurada, diseñado para examinar el nivel de conocimientos que poseen los docentes universitarios acerca de la educación STEM; debido a que la población y muestra definidas en este estudio eran bastante específicas, los docentes encuestados fueron aquellos que impartieron cátedra en el tercero y cuarto nivel de Ingeniería Mecánica en el periodo académico noviembre 2020 - abril 2021.

Este cuestionario, diseñado por el autor de esta investigación, está conformado por 15 preguntas organizadas en tres bloques: información personal, concepciones acerca de STEM y

concepciones sobre innovación en la enseñanza-aprendizaje. La mayoría de preguntas son de opción múltiple, y otras están basadas en una escala de valoración de Likert de cinco opciones. Con la finalidad de garantizar la validez en el instrumento diseñado, fue necesario someterlo a la revisión y juicio de expertos, entre los cuales estuvieron dos docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE y tres profesionales externos, tal y como se resume en la Tabla 8.

## Figura 4

### Encuesta de Estilos de Aprendizaje aplicada a los Estudiantes

#### Estilos de Aprendizaje

El siguiente es un cuestionario para evaluar las preferencias en las cuatro dimensiones del modelo de estilos de aprendizaje de Felder-Silverman. Fue actualizado por R. M. Felder y B. A. Soloman de la Universidad Estatal de Carolina del Norte, y adaptado por Gustavo Benavides, estudiante de Maestría en Docencia Universitaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

**\*Obligatorio**

1. Correo \*

\_\_\_\_\_

2. Nombres y apellidos \*

\_\_\_\_\_

3. ¿Has realizado antes este test? \*

Marca solo un óvalo.

Sí

No

Me es difícil recordar

4. ¿Por qué crees que es importante conocer nuestros estilos de aprendizaje? \*

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### Recomendaciones

Procura responder de manera espontánea, es decir, no meditar mucho. Solo puedes elegir una respuesta para cada pregunta, y debes responder a todas las preguntas antes de poder enviar el formulario. Si ambas respuestas a una pregunta parecen aplicarse a ti, elige la que se aplique con más frecuencia en todas tus experiencias.

No te tomará más de 15 minutos. Cuando hayas seleccionado las respuestas a las 44 preguntas, haz clic en el botón "Enviar" al final del formulario. Tus respuestas y perfil de estilo de aprendizaje se almacenarán con fines estrictamente educativos. ¡Adelante!

5. 1. Entiendo mejor un tema después de que: \*

Marca solo un óvalo.

a) Lo pruebo

b) Lo pienso

6. 2. Prefiero que me consideren: \*

Marca solo un óvalo.

a) Realista

b) Innovador/a

7. 3. Cuando pienso en lo que hice ayer, es más probable que recuerde: \*

Marca solo un óvalo.

a) Una imagen

b) Palabras

8. 4. Tengo la tendencia a: \*

Marca solo un óvalo.

a) Comprender los detalles de un tema, pero me puede resultar confusa su estructura general

b) Comprender la estructura general, pero pueden parecer confusos sus detalles.

*Nota.* Tomado de *Cuestionario Índice de Estilos de Aprendizaje* por R. M. Felder y B. A. Soloman, 2007, Universidad Estatal de Carolina del Norte, <https://www.webtools.ncsu.edu/learningstyles/>

**Tabla 8***Expertos para la validación de cuestionario STEM*

<b>Expertos</b>	<b>Institución</b>
Dra. Mónica Cerda	Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.
Mgs. Elemer Guanoluiza	Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.
Dr. Jorge Silva	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
MSc. Paola Santacruz	Red Ecuatoriana de Mujeres Científicas.
Mgs. Paulina Jáuregui	Universidad de las Américas.

Al igual que el primer instrumento, este cuestionario fue adaptado y administrado a los docentes en formato digital, utilizando la plataforma Google Forms. En la Figura 5 se puede apreciar una muestra de esta encuesta, y en la sección de Apéndices se podrá encontrar el cuestionario completo.

### **Observación**

Dos tipos de instrumentos se emplearon en esta técnica: el primero de ellos fue un conjunto de tres listas de cotejo, utilizadas para realizar un seguimiento al proyecto interdisciplinario desarrollado por los estudiantes, y verificar específicamente las etapas del proceso de diseño en ingeniería.

El objetivo de la primera lista de cotejo fue verificar el entendimiento del núcleo del problema, así como el desarrollo de un proceso creativo adecuado por parte de los estudiantes; esto se puede observar en la Tabla 9 y Tabla 10.

El objetivo de esta segunda lista de cotejo fue evaluar la modelación gráfica como un medio para comunicar, de forma adecuada, las aproximaciones a la solución del problema planteado.

Y finalmente, el objetivo de la tercera lista de cotejo que se puede observar en la Tabla 11 fue constatar que todos los integrantes del grupo tengan actividades asignadas, y que esto contribuya favorablemente en la construcción del prototipo para resolver el problema planteado.

## Figura 5

### Encuesta sobre Educación STEM aplicada a los Docentes de la ESPE

#### STEM en la Educación Universitaria

Esta encuesta es parte de una investigación realizada por Gustavo Benavides, maestrante en Docencia Universitaria por la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, para explorar algunos aspectos sobre la educación STEM en el ámbito universitario. Le tomará de 5 a 7 minutos completarla.

Cuando haya finalizado, no olvide dar un clic en el botón "Enviar" al final del formulario. Sus respuestas serán analizadas con fines estrictamente académicos y educativos. Muchas gracias por su colaboración.

Se ha registrado el correo del encuestado (**null**) al enviar este formulario.  
\*Obligatorio

1. Correo \*

\_\_\_\_\_

Información Personal

2. 1. ¿Cuál es su último grado académico alcanzado? \*

Marca solo un óvalo.

Licenciatura/Ingeniería

Maestría

Doctorado

Postdoctorado

3. 2. ¿Cuál es su experiencia en docencia universitaria? \*

Marca solo un óvalo.

Menos de un año

De uno a cinco años

De seis a diez años

Entre once y quince años

Entre dieciséis y veinte años

Más de veinte años

4. 3. ¿Qué asignatura/s imparte? \*

Selecciona todos los que correspondan.

Metrología

Electrotecnia

Termodinámica

Ciencias de los Materiales Aplicada

Mecánica de Materiales

Dinámica

Métodos Numéricos

Matemática Superior

Estadística

Soldadura

Estática

Dibujo Mecánico Asistido por Computador

Otro:  \_\_\_\_\_

Concepciones acerca de STEM

STEM es un enfoque metodológico interdisciplinario, con una perspectiva que integra cuatro disciplinas (siglas en inglés): Ciencia (S), Tecnología (T), Ingeniería (E) y Matemáticas (M). Su objetivo es generar una experiencia trascendental para los estudiantes (Vásquez, Sneider, Comer, 2013).

## Tabla 9

### Lista de Cotejo para Primera y Segunda Etapas del Diseño en Ingeniería

Definición del Problema y Formulación de Preguntas	Cumplimiento		Observaciones
	Sí	No	
1. El grupo presenta en algún formato la descomposición de la pregunta esencial en partes analizables (p.e. mapas mentales, organizadores gráficos, etc.)			
2. Los estudiantes evidencian sus inquietudes en relación a los contenidos, el alcance o las restricciones del proyecto.			

Definición del Problema y Formulación de Preguntas	Cumplimiento		Observaciones
	Sí	No	
3. Es claro para cada estudiante el rol que está cumpliendo dentro del proyecto.			
4. El grupo ha entendido la razón fundamental del problema planteado, o se está dispersando.			
<b>Imaginación</b>			
5. Resulta efectivo el método de lluvia de ideas, o los estudiantes están utilizando modelos adecuados para expresar de manera eficiente las ideas.			
6. Los estudiantes evidencian el desarrollo de varios tipos de soluciones al problema planteado.			
7. Han recopilado los estudiantes información de conceptos involucrados en el proyecto.			
8. Se evidencia la participación individual y grupal de los estudiantes en la elaboración de la lluvia de ideas u otros métodos.			
9. El grupo ha logrado definir un modelo, gráfico o físico, en base al concepto central del problema.			

**Tabla 10**

*Lista de Cotejo para la Tercera Etapa del Diseño en Ingeniería*

Planeación	Cumplimiento		Observaciones
	Sí	No	
1. El grupo ha incluido todas las especificaciones de la solución al problema planteado.			

- 
2. Se evidencian aspectos del problema sin resolver en el planteamiento realizado por los estudiantes.
  3. Es posible evidenciar esquemas/planos/bocetos preliminares como parte de la solución planteada por el grupo.
  4. El grupo ha logrado definir una lista de materiales con especificaciones, así como un presupuesto base en la solución.
  5. Los estudiantes han demostrado el proceso de planeación al igual que las etapas previas en una bitácora.
- 

Como se puede observar, estas listas de cotejo se caracterizan por tener claramente definidos: un objetivo de evaluación, varios criterios o dimensiones, indicadores, una escala dicotómica (sí/no), y un campo para registrar observaciones.

En la sección de Apéndices se podrá encontrar estas listas de cotejo con la información obtenida.

El segundo tipo de instrumento en esta técnica de observación, fue un conjunto de tres rúbricas a través de las cuales se realizó una valoración cuantitativa, así como una retroalimentación a los estudiantes, respecto a la solución solicitada en el proyecto interdisciplinario, y de otras habilidades en los estudiantes, como por ejemplo el trabajo en equipo.

El objetivo de la primera rúbrica, que se puede observar en la Tabla 12, fue evidenciar el grado de colaboración y trabajo en equipo de los estudiantes en el proyecto, desde una perspectiva de autoexploración y automejora.

A su vez la segunda rúbrica de la Tabla 13 estaba compuesta de dos partes: la primera tenía el objetivo de evaluar el grado de colaboración y trabajo en equipo de cada estudiante en el proyecto, desde la perspectiva de quien desempeñó el rol de liderazgo en cada grupo.

**Tabla 11***Lista de Cotejo para la Cuarta Etapa del Diseño en Ingeniería*

Creación	Cumplimiento		Observaciones
	Sí	No	
1. Todos los integrantes del grupo han colaborado entre sí de manera eficiente para desarrollar el prototipo.			
2. Los estudiantes han presentado alguna dificultad para realizar el prototipo en base a las etapas previas. Según sea el caso, indicar en observaciones.			
3. Algún/a integrante del grupo ha mostrado problemas para entender los conceptos durante esta etapa.			
4. El grupo ha evidenciado alguna prueba preliminar en la elaboración del prototipo, los errores detectados y las soluciones tentativas a los mismos.			
5. Los estudiantes han demostrado el proceso de creación al igual que las etapas previas en una bitácora.			

**Tabla 12***Rúbrica Autoevaluación de Participación Grupal*

Aspecto a Evaluar	4	3	2	1	Puntaje
<b>Cooperación</b>	Trabajo en armonía con todos los miembros del equipo y	A veces trabajo en armonía con los miembros del equipo y	Trabajo en armonía con todos los miembros del equipo. Ellos	No trabajo en armonía con el grupo de trabajo. Los demás	

Aspecto a Evaluar	4	3	2	1	Puntaje
	apoyo de forma equitativa al grupo.	apoyo de forma equitativa al grupo.	hacen la mayor parte del trabajo.	miembros del equipo hacen el trabajo.	
<b>Participación</b>	Participo activamente y me mantengo concentrado en las tareas del equipo.	Casi siempre participo y me concentro en las tareas del equipo.	Participo en las actividades, pero tengo dificultades para concentrarme en las tareas del equipo.	No participo en las actividades. Tengo dificultades para concentrarme en las tareas del equipo.	
<b>Escuchar</b>	Escucho atentamente a mis compañeros y hago preguntas referentes a sus ideas.	Escucho la mayor parte del tiempo a mis compañeros. No hago comentarios adicionales a sus ideas.	escucho las ideas de mis compañeros. Estoy ansioso por compartir mi conocimiento y algunas veces los interrumpo.	mucha atención a lo que dicen mis compañeros. Tengo mis propias ideas y quiero ser escuchado siempre.	
<b>Hacer comentarios constructivos</b>	Hago comentarios constructivos siempre.	Casi siempre hago comentarios constructivos.	Hago comentarios constructivos solo en los casos en que me preguntan.	No hago comentarios constructivos.	

Aspecto a Evaluar	4	3	2	1	Puntaje
<b>Liderazgo</b>	Me gusta asumir el liderazgo del equipo con la intención de ayudar al grupo para asumir las tareas.	Casi siempre asumo el liderazgo del equipo con fines de ayudar a los demás a participar en las tareas.	Puedo asumir el liderazgo del equipo, pero prefiero hacer las cosas por mí mismo.	Prefiero ser un miembro más del equipo. No me gusta asumir el liderazgo.	
<b>Compromiso con el trabajo del equipo</b>	Siempre estoy concentrado y no necesito que me llamen la atención para participar.	La mayor parte del tiempo estoy concentrado y a veces me llamen la atención para participar.	Me han llamado la atención para participar en las actividades.	Siempre me llaman la atención por no participar en las actividades.	

*Nota.* Tomada de *Educación STEM: Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender* (p.246), por J. Botero, 2018, STEM Educación Colombia.

**Tabla 13**

*Rúbrica de Coevaluación Líder a cada Miembro del Grupo*

Aspecto a Evaluar	4	3	2	1	Puntaje
<b>Eficacia del grupo</b>	Repetidamente controla la eficacia del	Repetidamente controla la eficacia del	Ocasionalmente controla la eficacia del	Rara vez controla la eficacia del grupo y no	

Aspecto a Evaluar	4	3	2	1	Puntaje
<b>Calidad del Trabajo</b>	grupo y hace sugerencias para que sea más efectivo.	grupo y trabaja para que el grupo sea más efectivo.	grupo y trabaja para que sea más efectivo.	trabaja para que éste sea más efectivo.	
<b>Trabajo en equipo</b>	Proporciona trabajo de la más alta calidad.	Proporciona trabajo de calidad	Proporciona trabajo que, ocasionalmente, necesita ser comprobado o editado por otros miembros del grupo para asegurar su calidad.	Proporciona trabajo que, por lo general, necesita ser comprobado o editado por otros para asegurar su calidad.	
	Casi siempre escucha, comparte y apoya el esfuerzo de otros. Trata de mantener la unión de los miembros trabajando en grupo.	Usualmente escucha, comparte y apoya el esfuerzo de otros. No causa "problemas" en el grupo.	A veces escucha, comparte y apoya el esfuerzo de otros, pero algunas veces no es un buen miembro del grupo.	Rara vez escucha, comparte y apoya el esfuerzo de otros. Frecuentemente no es un buen miembro del grupo.	

Aspecto a Evaluar	4	3	2	1	Puntaje
<b>Gestión del Tiempo</b>	Utiliza bien el tiempo durante todo el proyecto para asegurar que las cosas estén hechas a tiempo. El grupo no tiene que ajustar la fecha límite o trabajar en las responsabilidades por la demora de esta persona.	Utiliza bien el tiempo durante todo el proyecto, pero pudo haberse demorado en un aspecto. El grupo no tiene que ajustar la fecha límite o trabajar en las responsabilidades por la demora de esta persona.	Tiende a demorarse, pero siempre tiene las cosas hechas para la fecha límite. El grupo no tiene que ajustar la fecha límite o trabajar en las responsabilidades por la demora de esta persona.	Rara vez tiene las cosas hechas para la fecha límite y el grupo ha tenido que ajustar la fecha límite o trabajar en las responsabilidades de esta persona porque el tiempo ha sido manejado inadecuadamente.	
<b>Resolución de Problemas</b>	Busca y sugiere soluciones a los problemas.	Refina soluciones sugeridas por otros.	No sugiere o refina soluciones, pero está dispuesto a tratar soluciones propuestas por otros.	No trata de resolver problemas o ayudar a otros a resolverlos. Deja a otros hacer el trabajo.	

Aspecto a Evaluar	4	3	2	1	Puntaje
<b>Enfoque de trabajo</b>	Esta persona se mantiene enfocada en el trabajo que se necesita hacer. Muy autodirigida.	La mayor parte del tiempo se enfoca en el trabajo que se necesita hacer. Otros miembros del grupo pueden contar con esta persona.	Algunas veces se enfoca en el trabajo que se necesita hacer. Otros miembros del grupo deben algunas veces regañar, empujar y recordarle a esta persona que se mantenga enfocada.	Rara vez se enfoca en el trabajo que se necesita hacer. Deja que otros hagan el trabajo.	
	Proporciona siempre ideas útiles cuando participa en el grupo y en la discusión en clase. Es un líder definido que contribuye con mucho esfuerzo.	Por lo general, proporciona ideas útiles cuando participa en el grupo y en la discusión en clase. Un miembro fuerte del grupo que se esfuerza.	Algunas veces proporciona ideas útiles cuando participa en el grupo y en la discusión en clase. Un miembro satisfactorio del grupo que hace lo que se le pide.	Rara vez proporciona ideas útiles cuando participa en el grupo y en la discusión en clase. Puede rehusarse a participar.	

Aspecto a Evaluar	4	3	2	1	Puntaje
<b>Actitud</b>	Nunca critica públicamente el proyecto o el trabajo de otros. Siempre tiene una actitud positiva hacia el trabajo.	Rara vez critica públicamente el proyecto o el trabajo de otros. A menudo tiene una actitud positiva hacia el trabajo.	Ocasionalmente critica en público el proyecto o el trabajo de otros miembros del grupo. Tiene una actitud positiva hacia el trabajo.	Con frecuencia critica en público el proyecto o el trabajo de otros miembros del grupo. A menudo tiene una actitud positiva hacia el trabajo.	

*Nota.* Adaptada de *Rubistar: Create Rubrics for your Project-Based Learning Activities*, por ALTEC at University of Kansas, 2000-2008, en <http://rubistar.4teachers.org/index.php>

La segunda parte de la rúbrica de coevaluación, que se observa en la Tabla 14, tenía por objetivo evaluar el desempeño de quien tuvo el rol de liderazgo en cada grupo, a partir de una apreciación objetiva del resto de integrantes.

**Tabla 14**

*Rúbrica de Coevaluación Grupo al Líder*

Aspecto a Evaluar	4	3	2	1	Puntaje
<b>Eficacia del grupo</b>	Repetidamente la persona líder controla la eficacia del grupo y hace	Repetidamente controla la eficacia del grupo y trabaja para	Ocasionalmente controla la eficacia del grupo y trabaja para	Rara vez la persona líder controla la eficacia del grupo y no trabaja para	

<b>Aspecto a Evaluar</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>Puntaje</b>
	sugerencias para que sea más efectivo.	que el grupo sea más efectivo.	que sea más efectivo.	que éste sea más efectivo.	
<b>Motivación y calidad del trabajo</b>	La persona líder motiva al grupo a realizar trabajo de la más alta calidad.	Motiva al grupo a realizar trabajo de calidad	Proporciona ocasionalmente motivación al grupo para alentar calidad en su trabajo	No proporciona mínima al grupo para alentar calidad en su trabajo.	
<b>Trabajo en equipo</b>	Casi siempre escucha, comparte y apoya el esfuerzo de otros. Trata de mantener la unión de los miembros trabajando en grupo.	Usualmente escucha, comparte y apoya el esfuerzo de otros. No causa "problemas" en el grupo.	A veces escucha, comparte y apoya el esfuerzo de otros, pero algunas veces no es un buen líder del grupo.	Rara vez escucha, comparte y apoya el esfuerzo de otros. Frecuentemente no es un buen líder del grupo.	
<b>Resolución de Problemas</b>	Busca y sugiere soluciones a los problemas.	Refina soluciones sugeridas por otros.	No sugiere o refina soluciones, pero está dispuesto a tratar soluciones propuestas	No trata de resolver problemas o ayudar a otros a resolverlos. Deja a otros hacer el trabajo.	

Aspecto a Evaluar	4	3	2	1	Puntaje
<b>Enfoque en el liderazgo</b>	Esta persona se mantiene enfocada en el trabajo que se necesita hacer. Toma siempre la iniciativa.	La mayor parte del tiempo se enfoca en el trabajo que se necesita hacer. El grupo puede contar con esta persona.	Algunas veces se enfoca en el trabajo que se necesita hacer. Otros miembros del grupo deben algunas veces regañar, empujar y recordarle a esta persona que se mantenga enfocada en el liderazgo.	Rara vez se enfoca en el trabajo que se necesita hacer. Deja que otros tomen la iniciativa.	

Aspecto a Evaluar	4	3	2	1	Puntaje
<b>Contribuciones</b>	Proporciona siempre ideas útiles cuando participa en el grupo y en la discusión en clase. Es un líder definido que contribuye con mucho esfuerzo.	Por lo general, proporciona ideas útiles cuando participa en el grupo y en la discusión en clase. Un miembro fuerte del grupo que se esfuerza.	Algunas veces proporciona ideas útiles cuando participa en el grupo y en la discusión en clase. Un miembro satisfactorio del grupo que hace lo que se le pide.	Rara vez proporciona ideas útiles cuando participa en el grupo y en la discusión en clase. Puede rehusarse a participar.	
	Nunca critica públicamente el proyecto o el trabajo de otros. Siempre tiene una actitud positiva hacia el trabajo.	Rara vez critica públicamente el proyecto o el trabajo de otros. A menudo tiene una actitud positiva hacia el trabajo.	Ocasionalmente critica en público el proyecto o el trabajo de otros miembros del grupo. Tiene una actitud positiva hacia el trabajo.	Con frecuencia critica en público el proyecto o el trabajo de otros miembros del grupo. A menudo tiene una actitud positiva hacia el trabajo.	
<b>Actitud</b>					

*Nota.* Adaptada de *Rubistar: Create Rubrics for your Project-Based Learning Activities*, por ALTEC at University of Kansas, 2000-2008, en <http://rubistar.4teachers.org/index.php>

Finalmente, a través de la rúbrica que se muestra en la Tabla 15 fue posible evaluar el prototipo presentado por los estudiantes como solución al problema planteado, a partir de algunos parámetros que se enfocaron en el proceso y los resultados.

Como se puede notar, tanto las listas de cotejo, como las rúbricas de coevaluación y autoevaluación permitieron llevar a cabo una evaluación formativa, donde el enfoque en los procesos es más prioritario que los resultados en sí.

También es importante resaltar que, estos dos instrumentos –rúbricas y listas de cotejo– son aplicables al grupo experimental y al grupo de control, ya que los dos trabajan con metodologías parecidas. Lo que permite evaluar y comparar el desempeño de estos dos grupos a lo largo del proyecto.

**Tabla 15**

*Rúbrica de Evaluación Sumativa del Proyecto Interdisciplinario STEM*

<b>Aspecto a Evaluar</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>Puntaje</b>
<b>Presentación general</b>	Los terminados del producto son de alta calidad. Los detalles del producto son ejemplares.	Los terminados del producto son de buena calidad. No se prestó suficiente atención a los detalles.	Los terminados del producto son aceptables. No se prestó atención a los detalles.	Los terminados del producto son de baja calidad No se prestó atención a los detalles.	

Aspecto a Evaluar	4	3	2	1	Puntaje
<b>El modelo refleja la solución planteada</b>	La funcionalidad del modelo demuestra la solución del problema a través de la solución planteada por los estudiantes.	La funcionalidad del modelo demuestra la solución del problema pero no todos los aspectos de la solución fueron implementa- dos	La funcionalidad del modelo demuestra solo de manera superficial la solución del problema y no todos los aspectos de la solución fueron implementa- dos	El modelo no demuestra la solución del problema.	
<b>Cumplimient o especif. producto</b>	Se cumplen todas las especificacio- nes del producto.	Se cumplen parcialmente las especificacio- nes del producto. El equipo dejó una	Solo se cumplen algunas especificacio- nes técnicas, el producto no deja oportunidad	El producto no cumple las especificacio- nes técnicas es necesario hacer todo el proceso de diseño en	

Aspecto a Evaluar	4	3	2	1	Puntaje
<b>Creatividad e inventiva</b>		oportunidad de mejora abierta para su rediseño.	para modificaciones para completar las especificaciones técnicas	ingeniería para desarrollar un nuevo modelo.	
	El modelo demuestra un alto grado de creatividad y de soluciones recursivas. Supera las especificaciones técnicas originales.	El modelo demuestra un alto grado de creatividad y de soluciones recursivas.	El modelo presenta la solución al problema. Hay poca evidencia de desarrollo creativo por encima de lo esperado.	El modelo presenta la solución al problema. No hay evidencia de desarrollo creativo por encima de lo esperado.	

*Nota.* Tomada de *Educación STEM: Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender* (p.244), por J. Botero, 2018, STEM Educación Colombia.

### **Test**

Esta técnica fue seleccionada para medir la variable dependiente de esta investigación, es decir la capacidad creativa de los estudiantes. El instrumento utilizado fue el Test de Abreacción para Evaluar la Creatividad –TAEC–, administrado antes y después de la realización del proyecto interdisciplinario STEM, es decir, en la modalidad pre test – post test.

Por extraño que parezca el término, la *abreacción* no es más que la resistencia que un individuo presenta para cerrar inmediatamente las aberturas de las figuras que observa (De la Torre, 1995).

El TAEC es un test gráfico-inductivo con una duración variable entre 5 y 30 minutos, o inclusive más. Se compone de 12 figuras con un total de 36 aberturas, en posiciones, formas y señales diversas. Este instrumento ha servido para comparar, con relativa sencillez, la creatividad en diferentes latitudes y personas de diferente lengua y cultura. Ha resultado muy útil también para comprobar el progreso de la creatividad en un grupo de alumnos (Saorín et al., 2015). La intención de esta prueba, como bien lo aclara De la Torre (1995), “no es medir la creatividad como un atributo cuantificable de la personalidad, ni ofrecer un coeficiente numérico semejante al coeficiente intelectual” (p. 14); más bien contribuye a valorar la creatividad desde diferentes perspectivas y proponer categorías para diferenciar a las personas, a partir de sus potencialidades.

En la Figura 6 se puede apreciar este instrumento, aplicado antes de que los estudiantes lleven a cabo el proyecto interdisciplinario STEM.

En cuanto a la **validez y confiabilidad de esta prueba**, De la Torre (1995) hizo en su obra un análisis de la consistencia interna, encontrando un alto nivel de correlación y consistencia entre los componentes que estructuran el test, con un *Alpha de Cronbach* y *Alpha Estandarizado* de 0,80 y 0,86, respectivamente. Como bien lo señala dicho autor, el nivel de correlación entre los componentes del test será más elevado cuanto más varíen los grupos muestrales, y con un mayor número de individuos evaluados. Debido a que el tamaño de la muestra y la población son muy pequeños en esta investigación (diez estudiantes), no se ha calculado el Alfa de Cronbach. Sin embargo, se esperarían valores similares a los obtenidos por De la Torre (1995) con un mayor tamaño de la muestra.

Una de las principales desventajas de la técnica pretest – posttest, como lo señala Mejía Mejía (2005), es que los resultados del posttest pueden estar influenciados por el primero,

debido a que éste es aplicado nuevamente con el mismo grupo objetivo. Para minimizar estos efectos, se decidió aplicar como posttest la Evaluación de la Creatividad Gráfica –ECG–, una prueba sencilla elaborada también por Saturnino de la Torre, con la finalidad de “simplificar el proceso de aplicación y corrección del Test de Abreacción para Evaluar la Creatividad (TAEC); está basada en los mismos supuestos teóricos y pretende identificar el potencial creativo de los sujetos en el ámbito de la expresión gráfica” (De la Torre & Violant, 2006, p. 411).

Esto significa que las dos pruebas son similares desde un punto de vista teórico, pues se fundamentan en los mismos principios de la Gestalt, el enfoque socio-cognitivo y el pensamiento complejo referido a la creatividad. Comparten además algunos factores para medir la creatividad: abreacción o resistencia al cierre, originalidad, elaboración, conectividad, fantasía y habilidad gráfica; por ello, serán éstos los factores que se analizarán para verificar la hipótesis planteada.

Es importante recalcar que De la Torre no restringe los entornos de aplicación de estos test, lo cual significa que pueden ser administrados en forma presencial o virtual, y de manera individual o colectiva; las únicas recomendaciones que Saturnino De la Torre comparte es que estos instrumentos sean presentados como actividades lúdicas asociadas al juego, nunca como test. Y también dicho autor recomienda registrar el tiempo utilizado en los test por las personas que están siendo evaluadas.

En la Figura 7 se puede apreciar el test ECG, aplicado a los estudiantes al culminar el proyecto interdisciplinario STEM.

## **Recolección y Procesamiento de Datos**

### ***Encuestas***

**Encuesta de Estilos de Aprendizaje aplicada a los Estudiantes.** Una vez que todos los estudiantes ingresaron la información solicitada en el aplicativo digital del cuestionario, se procedió a registrar en la Tabla 16 las puntuaciones obtenidas de cada estudiante en las diferentes dimensiones de aprendizaje.

## Figura 6

### Test de Abreacción para Evaluar la Creatividad – TAEC

Nombre y Apellido: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Tiempo empleado: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** Pon a prueba tu creatividad, realizando dibujos con estas figuras. Tómate el tiempo que necesites, y anótalo al finalizar. No olvides enviarlo a tu profesor.



*Nota.* Tomado de *Evaluación de la creatividad: TAEC, un instrumento de apoyo a la Reforma*, por Saturnino De la Torre, 1995.

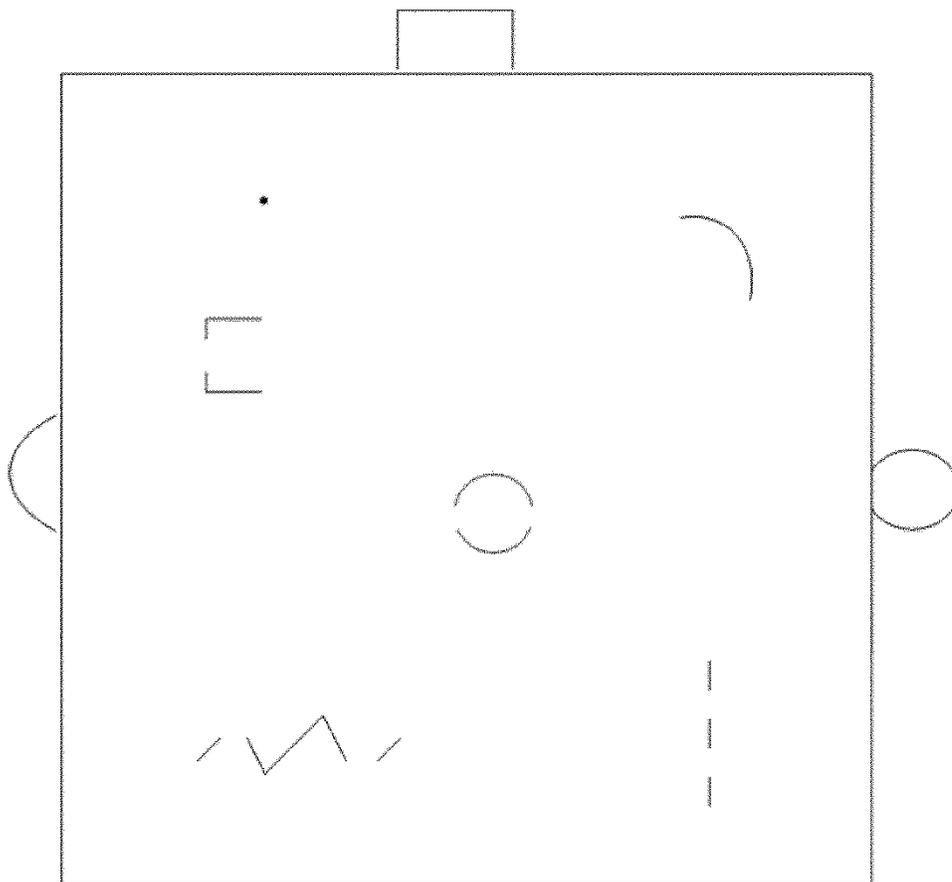
**Figura 7***Test de Evaluación de la Creatividad Gráfica – ECG*

Nombre y Apellido: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Tiempo empleado: \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** Realiza un dibujo con estas figuras. *No olvides* anotar el tiempo empleado y enviarlo a tu profesor.



*Nota.* Tomado de *Comprender y Evaluar la Creatividad: Cómo investigar y evaluar la creatividad*, Volumen 2, por Saturnino De la Torre, 2006.

**Tabla 16***Ponderación de Estilos de Aprendizaje*

<b>Estudiante</b>	<b>Estilos de Aprendizaje</b>							
	Activo	Reflexivo	Sensitivo	Intuitivo	Visual	Verbal	Secuencial	Global
<b>1</b>	-	3	1	-	9	-	1	-
<b>2</b>	-	5	7	-	5	-	-	5
<b>3</b>	-	3	-	1	-	1	1	-
<b>4</b>	1	-	1	-	-	1	1	-
<b>5</b>	5	-	5	-	3	-	-	1
<b>6</b>	-	1	9	-	-	3	1	-
<b>7</b>	-	3	9	-	7	-	1	-
<b>8</b>	3	-	5	-	5	-	-	5
<b>9</b>	-	5	9	-	3	-	-	5
<b>10</b>	5	-	1	-	3	-	1	-
<b>Número estudiantes</b>	4	6	9	1	7	3	6	4
<b>Moda</b>	5	3	1 9	1	3	1	1	5
<b>Media Aritmética</b>	3.5000	3.3333	5.2222	1.0000	5.0000	1.6667	1.0000	4.0000
<b>Mediana</b>	4.0000	3.0000	5.0000	1.0000	5.0000	1.0000	1.0000	5.0000

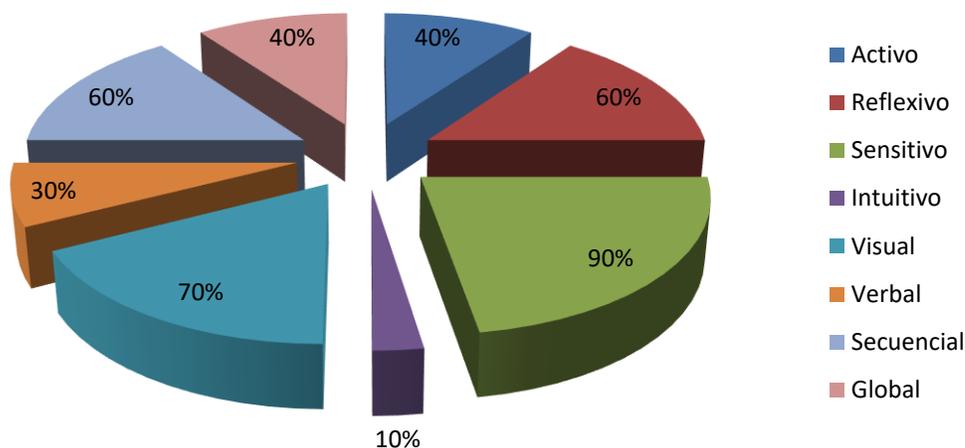
Como se puede ver en la Tabla 16, cada estudiante ha sido catalogado en cuatro dimensiones de aprendizaje según las respuestas que proporcionó en el cuestionario, y sus puntajes individuales permiten determinar su estilo de aprendizaje dominante. La última fila corresponde al número de estudiantes por cada estilo de aprendizaje; con estos datos se elaboró el gráfico que se muestra en la Figura 8, donde se observa la distribución porcentual de estudiantes por cada estilo.

En dicho gráfico se observan los estilos de aprendizaje predominantes del curso. En primer lugar, se ubicó el estilo sensitivo con un 90 %; en segundo y tercer lugar se ubicaron los estilos visual, reflexivo y secuencial, respectivamente. A continuación, se ubicaron los estilos

activo, global y verbal. Finalmente, el estilo intuitivo con apenas el 10 % fue el que menos presencia tuvo entre los estudiantes.

### Figura 8

*Distribución porcentual de los estilos de aprendizaje*



**Encuesta sobre Educación STEM aplicada a los Docentes de la ESPE.** Este instrumento fue administrado de manera digital entre los docentes de tercero y cuarto semestre de Ingeniería Mecánica, debido a que la población de análisis –los estudiantes– pertenecía a estos niveles. Apenas seis de los quince profesores contactados llenaron este cuestionario; sin embargo, la información obtenida fue muy valiosa para cumplir uno de los objetivos de la investigación.

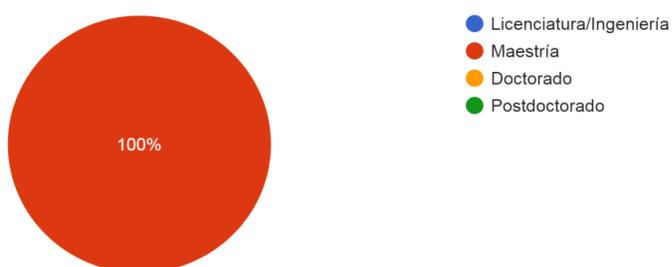
La Figura 9, Figura 10 y Figura 11 corresponden a los aspectos básicos explorados en los docentes, como por ejemplo su formación académica, experiencia en docencia universitaria y las asignaturas que impartieron durante el periodo de estudio.

Como se puede observar en estas tres figuras, la totalidad de los docentes encuestados tiene estudios de cuarto nivel con el grado de maestría. En lo que se refiere a la experiencia el

83,3 % de los profesores, quienes llenaron la encuesta tiene más de veinte años ejerciendo la docencia, es decir, cinco profesores; en tanto que solo un docente lleva entre once y quince años. En lo referente a las cátedras impartidas, el 50 % de los docentes encuestados dicta la materia de Soldadura; un 33,3 % de los profesores imparte Mecánica de Materiales, y el resto de las materias tiene por lo menos a un docente de los encuestados.

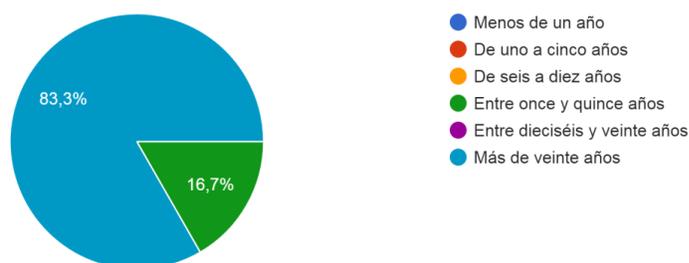
**Figura 9**

*Grado Académico de Docentes Encuestados*



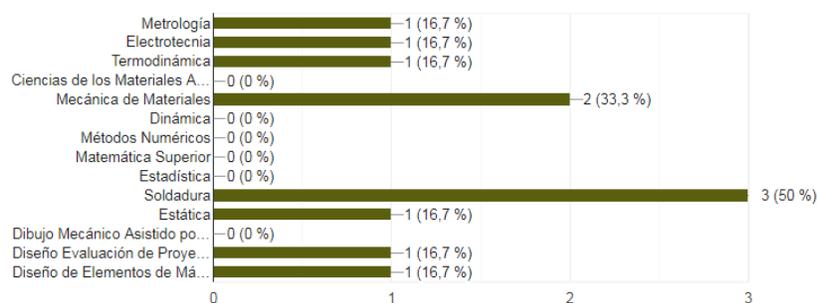
**Figura 10**

*Experiencia en Docencia Universitaria*



**Figura 11**

*Cátedras Impartidas por Docentes Encuestados*

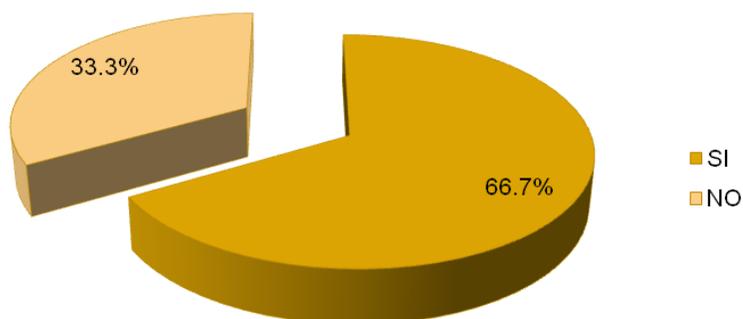


Por otra parte, dentro de la misma encuesta, las siguientes siete figuras permiten visualizar algunas concepciones que tienen los docentes acerca de la educación STEM.

En la Figura 12 se puede apreciar por ejemplo, que uno de cada tres docentes encuestados –un 33,3 %– no han escuchado acerca de la educación STEM; en tanto que, el 66,7 % –dos de cada tres profesores– sí han oído acerca de este enfoque.

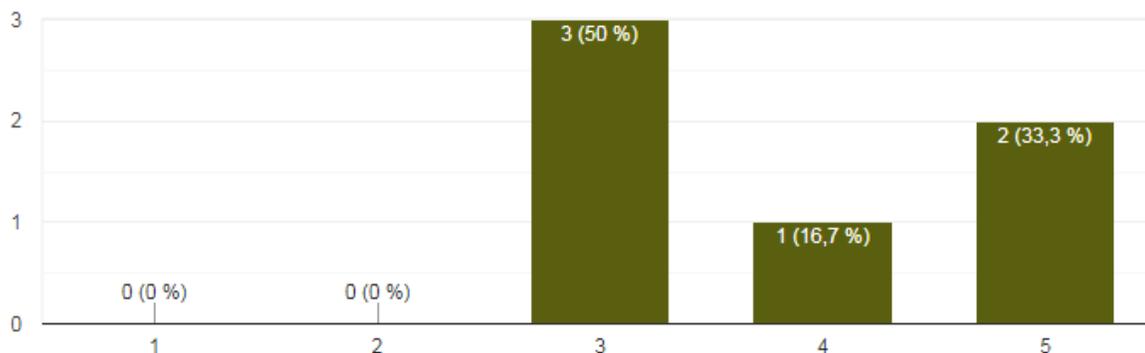
**Figura 12**

*Docentes que han Escuchado acerca de la Educación STEM*



**Figura 13**

*Frecuencia integración de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en actividades*



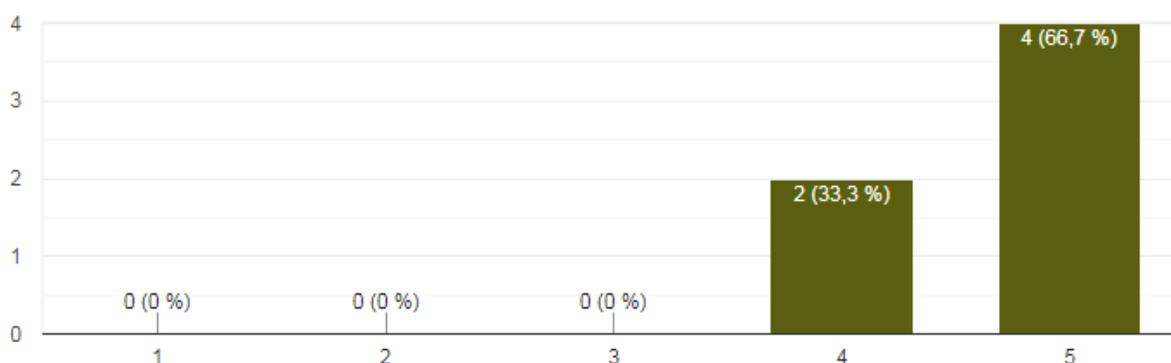
*Nota.* En esta gráfica los valores extremos tienen el siguiente significado: 1=nunca; 5=siempre.

Las posiciones intermedias significan: 2=casi nunca; 3=a veces; 4=casi siempre.

La Figura 13 muestra por su parte que un 50 % de los docentes –tres profesores– han realizado, en ocasiones una integración de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en las actividades académicas con sus estudiantes. Mientras, un docente, que representa el 16,7 %, afirma haber realizado este tipo de integraciones; el 33,3 % –dos docentes– han llevado a cabo una integración de tipo STEM.

### Figura 14

#### *Aplicabilidad de STEM en el Contexto Universitario*



*Nota.* En esta gráfica los valores extremos tienen el siguiente significado: 1=totalmente en desacuerdo; 5= totalmente de acuerdo. Las posiciones intermedias significan: 2=parcialmente en desacuerdo; 3=ni en desacuerdo ni de acuerdo; 4=parcialmente de acuerdo.

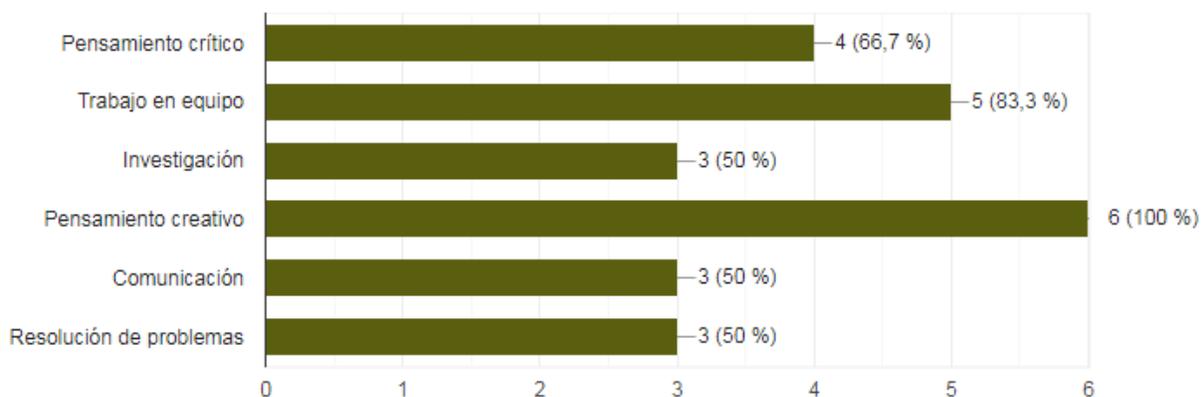
Se puede observar en la Figura 14 que, un 33,3 % de los docentes encuestados –dos profesores– están parcialmente de acuerdo en que es aplicable la educación STEM en el contexto universitario; mientras que el 66,7 % –cuatro docentes– afirman estar totalmente de acuerdo en la aplicabilidad de la educación STEM en la universidad.

Las respuestas representadas en la Figura 15, permiten observar cuatro grupos: el primero de ellos muestra que el 50 % de los docentes encuestados –tres profesores– consideran que los estudiantes universitarios necesitan desarrollar la capacidad para investigar, comunicar y resolver problemas. Un segundo grupo conformado por cuatro docentes y que representa el 66,7 %, afirma que es importante desarrollar el pensamiento crítico en los

estudiantes. Un tercer grupo de cinco docentes –el 83,3 %– afirma que es necesario promover en los educandos el trabajo en equipo. Finalmente, todos los docentes encuestados coinciden en que es importante desarrollar el pensamiento creativo en sus estudiantes.

**Figura 15**

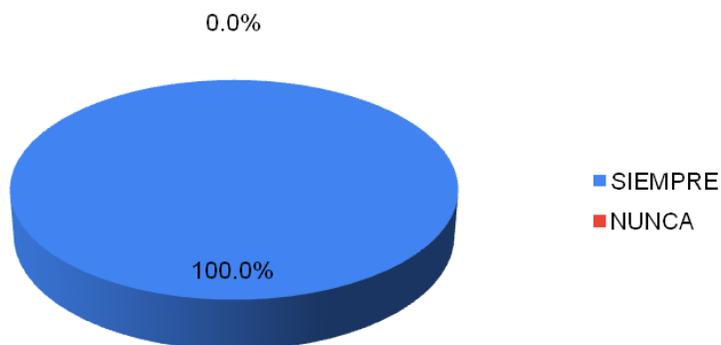
*Habilidades más Importantes a Desarrollar en Estudiantes Universitarios*



En la Figura 16 se puede apreciar que los profesores demuestran una clara tendencia positiva a favor del pensamiento creativo. Prácticamente el 100 % de los docentes encuestados afirman que favorecen el pensamiento creativo a través de las actividades que realizan con sus estudiantes.

**Figura 16**

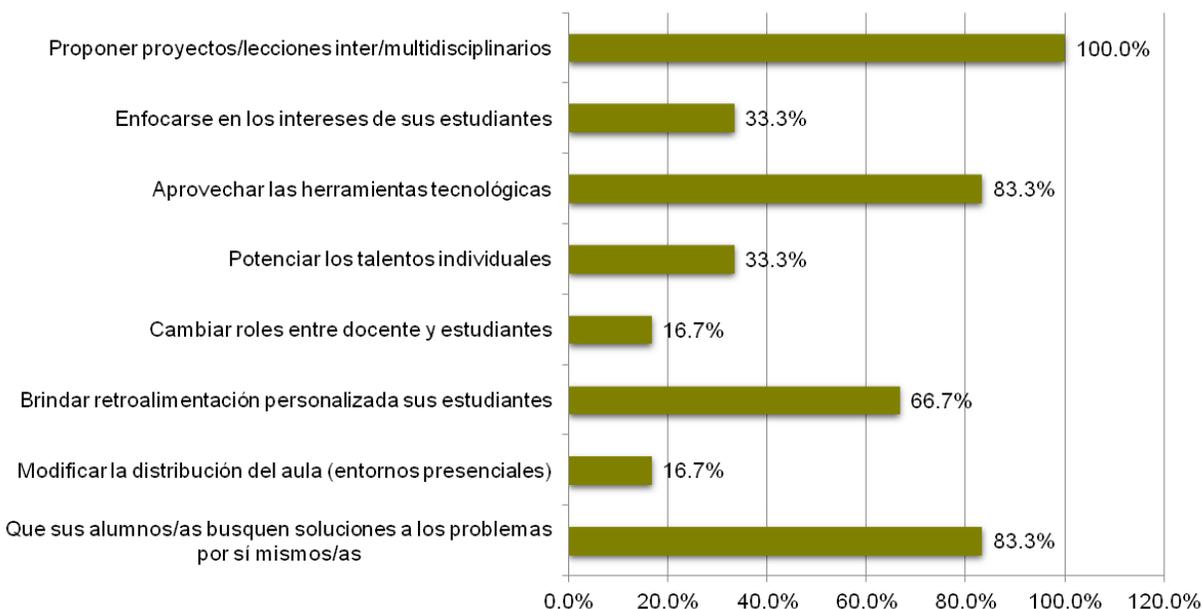
*Frecuencia de Promoción del Pensamiento Creativo en Estudiantes*



En cuanto a las estrategias utilizadas por los docentes para estimular la creatividad, en la Figura 17 se pueden observar cinco grupos. El primero de ellos corresponde a un 16,7 % y se refiere a cambiar los roles entre docente y estudiantes, y modificar la distribución del aula en entornos presenciales; un docente por cada una de estas estrategias. El segundo grupo corresponde al 33.3 % –dos profesores por estrategia– que dice enfocarse en los intereses de sus estudiantes, y en potenciar los talentos individuales.

**Figura 17**

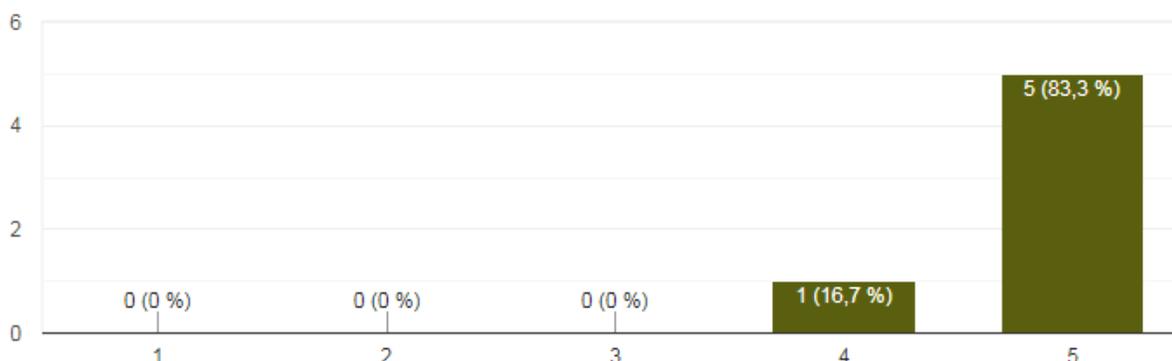
*Estrategias utilizadas por los Docentes para Estimular la Creatividad en Estudiantes*



Un tercer grupo afirma brindar retroalimentación personalizada a sus estudiantes, y representa el 66.7 % de los encuestados. En un cuarto grupo se ubica el 83,3 % de los docentes, que respectivamente dicen aprovechar las herramientas tecnológicas e incentivar a que sus alumnos/as busquen soluciones a los problemas por sí mismos. Finalmente, la totalidad de los docentes encuestados dice proponer a sus estudiantes proyectos o lecciones inter y multidisciplinarios.

## Figura 18

### Grado de Importancia en Desarrollar la Creatividad en Docentes y Estudiantes



*Nota.* En esta gráfica los valores extremos tienen el siguiente significado: 1=no es importante; 5=muy importante. Las posiciones intermedias significan: 2=poco importante; 3=indeciso; 4=importante.

En la Figura 18 se observa que cinco docentes, que representan el 83,3 %, consideran muy importante desarrollar la creatividad en docentes y estudiantes; en tanto que un docente – el 16,7 %– afirma que es importante.

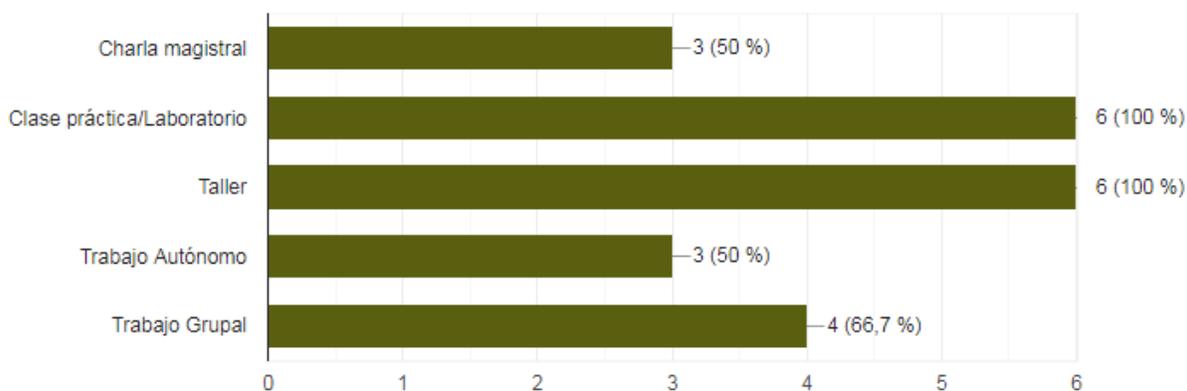
Finalmente, las cinco figuras siguientes corresponden a las concepciones sobre innovación en la enseñanza-aprendizaje que tienen los docentes encuestados.

La Figura 19 permite observar tres grupos en cuanto a las estrategias que los docentes consideran como las más efectivas con sus estudiantes: el primer grupo, que representa el 50% con tres docentes por cada estrategia, utiliza la charla magistral y el trabajo autónomo; un segundo grupo de 4 docentes que representa el 66,7 % considera al trabajo grupal como una estrategia efectiva. Por último, todos los docentes encuestados consideran que las estrategias más efectivas en clase son el taller y la clase práctica o el laboratorio.

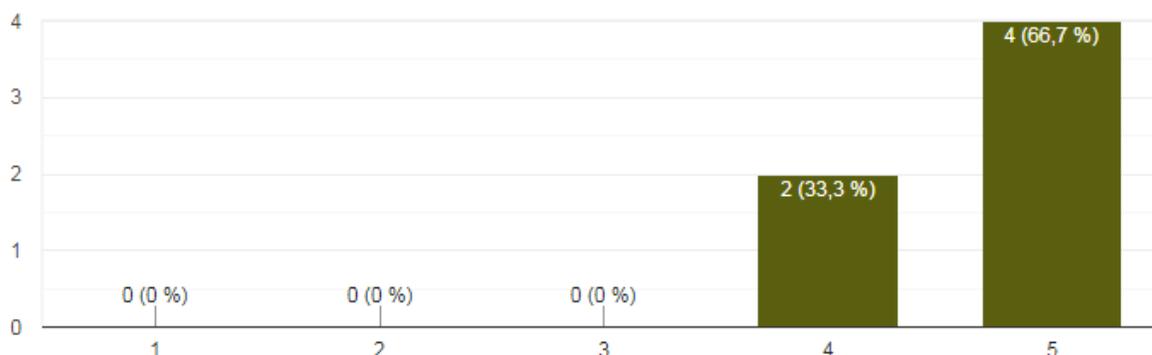
La Figura 20 permite evidenciar que dos de cada tres docentes, el 66,7 %, considera que es muy importante la innovación en la enseñanza universitaria; en tanto que, el 33,3 % – conformado por 2 docentes– piensa que solo es importante.

**Figura 19**

*Estrategias más Efectivas utilizadas por los Docentes en Clase*

**Figura 20**

*Nivel de Importancia de la Innovación en la Enseñanza Universitaria*



*Nota.* En esta gráfica los valores extremos tienen el siguiente significado: 1=no es importante; 5=muy importante. Las posiciones intermedias significan: 2=poco importante; 3=indeciso; 4=importante.

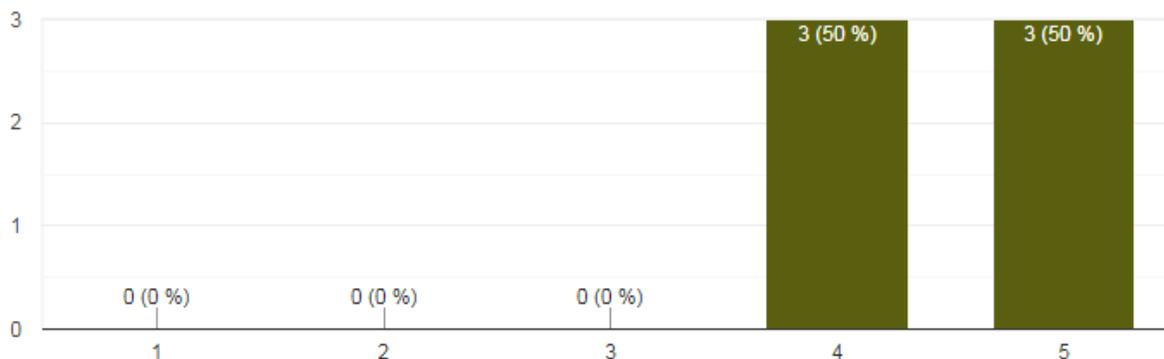
Como se puede observar en la Figura 21, tres docentes de los encuestados –el 50 %– considera que tienen un alto y muy alto grado de autonomía, respectivamente, para impartir cátedra e innovar en sus procesos de enseñanza.

En lo referente a las metodologías activas de aprendizaje, conocidas también como estrategias didácticas en el ámbito de la educación STEM, la Figura 22 permite evidenciar que la totalidad de docentes encuestados buscan que sus estudiantes tengan un aprendizaje basado en problemas; cinco docentes que representan el 83,3 % denotan interés por el

aprendizaje basado en proyectos; el 50 % de docentes –tres profesores– han incursionado en el aprendizaje basado en casos. Y, un docente que representa el 16,7 % le interesa que sus estudiantes experimenten un aprendizaje por descubrimiento.

**Figura 21**

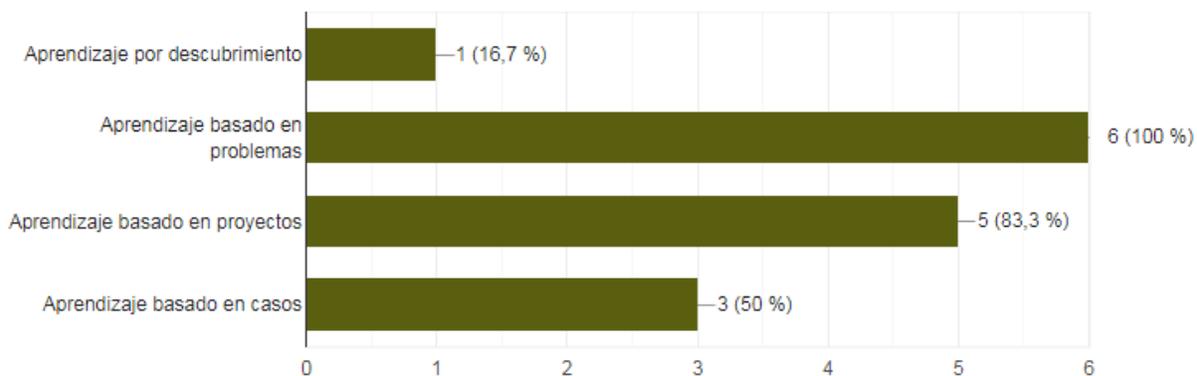
*Grado de Autonomía en Docentes para Impartir Cátedra e Innovar en la Enseñanza*



*Nota.* En esta gráfica los valores extremos tienen el siguiente significado: 1=muy bajo; 5=muy alto. Las posiciones intermedias significan: 2=bajo; 3=ni bajo ni alto; 4=alto.

**Figura 22**

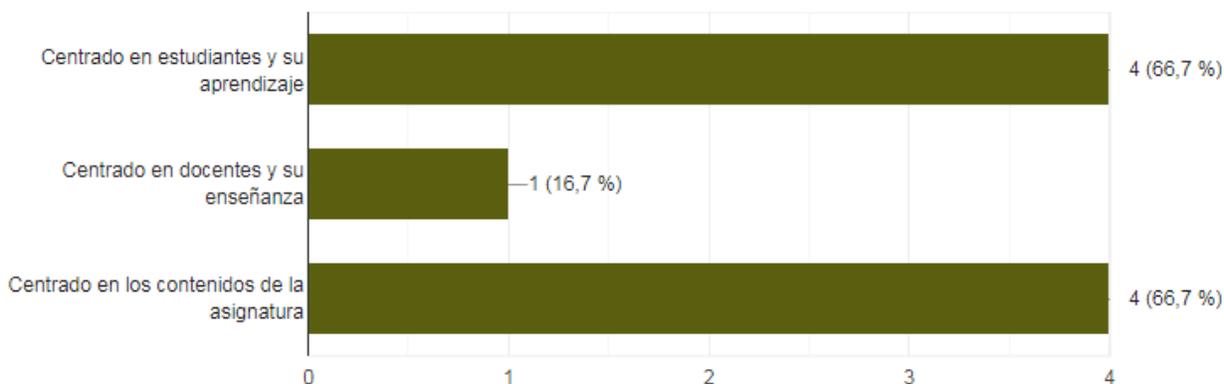
*Estrategias Didácticas STEM Utilizadas por Docentes Encuestados*



A través de la Figura 23 se puede observar que dos de cada tres docentes encuestados tienen un enfoque andragógico, centrado en los estudiantes y su aprendizaje, así como en los contenidos de la asignatura, lo cual representa el 66,7 %, respectivamente. Mientras, apenas un docente –que representa el 16,7 %– afirma tener un enfoque centrado en los docentes y su enseñanza.

**Figura 23**

*Enfoques Andragógicos con que se Identifican los Docentes*



### **Observación**

Tal y como se aclaró en el apartado correspondiente a las técnicas e instrumentos de investigación, las listas de cotejo y las rúbricas fueron aplicadas a los dos grupos, tanto el experimental como el de control, ya que era necesario evaluar y comparar el desempeño de todos los estudiantes a lo largo del proyecto. Esto fue posible hacerlo ya que los dos grupos trabajaron con metodologías similares, es decir, con el aprendizaje basado en proyectos – ABPro.

**Listas de cotejo.** La Tabla 17 evidencia el grado de cumplimiento de la primera y segunda etapas del proceso de diseño en ingeniería, en el marco del proyecto interdisciplinario STEM.

Como se puede observar, en la etapa Desarrollo del Problema el grupo de control logró un cumplimiento del 50 %; mientras, el grupo experimental logró un 75 %. En la etapa de Imaginación se puede apreciar que, el grupo de control la cumplió en un 60 %, en tanto que el grupo experimental la realizó en un 80 %. En la Figura 24 se muestra una representación gráfica del cumplimiento de la primera y segunda etapas del diseño en ingeniería, por parte de los estudiantes.

En la Tabla 18 se puede observar el grado de cumplimiento de la etapa de *planeación*, la tercera del proyecto interdisciplinario:

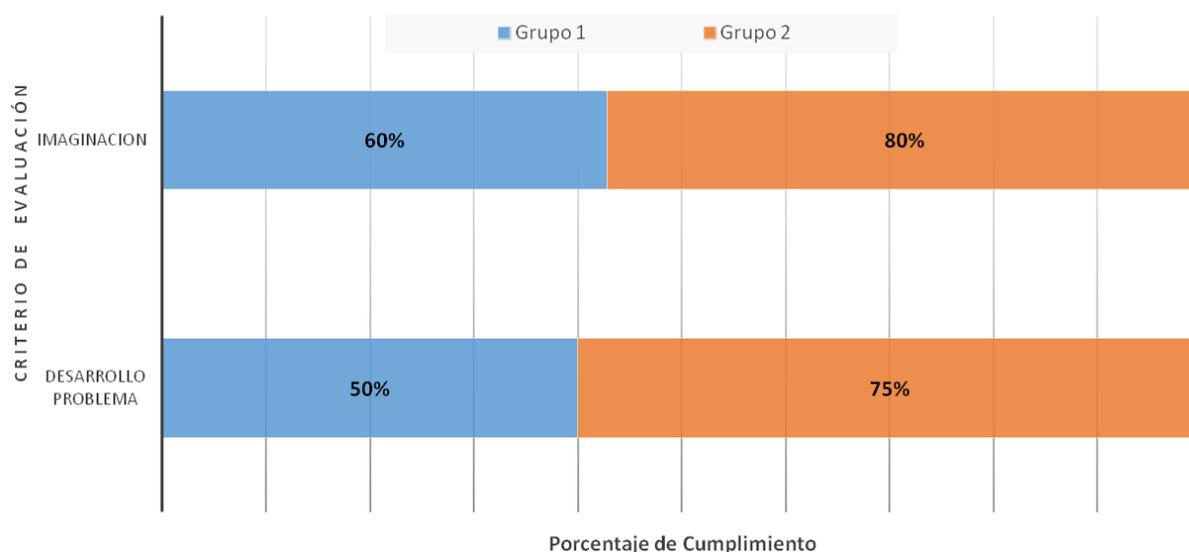
**Tabla 17**

*Cumplimiento Primera y Segunda Etapas del Proyecto Interdisciplinario*

Objetivo Específico 1	Criterio de Evaluación	Grupo Control	Grupo Experimental
Verificar el entendimiento del núcleo del problema, así como el desarrollo de un proceso creativo adecuado por parte de los estudiantes.	Desarrollo del Problema	50 %	75 %
	Imaginación	60 %	80 %

**Figura 24**

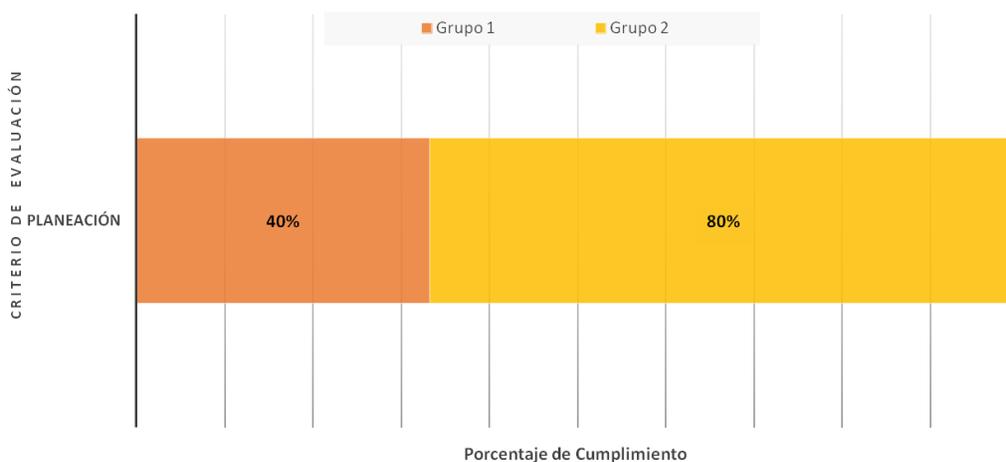
*Gráfica de Cumplimiento Primera y Segunda Etapas del Proyecto Interdisciplinario*



**Tabla 18***Cumplimiento Tercera Etapa del Proyecto Interdisciplinario*

Objetivo Específico 2	Criterio de Evaluación	Grupo Control	Grupo Experimental
Evaluar la modelación gráfica como un medio para comunicar, de forma adecuada, las aproximaciones a la solución del problema planteado.	Planeación	40 %	80 %

Como se muestra en la Tabla 18, el grupo de control logró un cumplimiento del 40 % en la fase de planeación, mientras que el grupo experimental consiguió un 80 %. Estos porcentajes de cumplimiento se pueden observar de forma gráfica en la Figura 25:

**Figura 25***Gráfica de Cumplimiento Tercera Etapa del Proyecto Interdisciplinario*

La Tabla 19 muestra el grado de cumplimiento de la cuarta etapa del proyecto interdisciplinario, por parte de los dos grupos de estudiantes. El grupo de control efectuó la etapa de *creación* con un 20 % de cumplimiento; por su parte el grupo experimental obtuvo un 60 %.

En la Figura 26 se puede apreciar el grado de cumplimiento de la etapa de creación para los grupos.

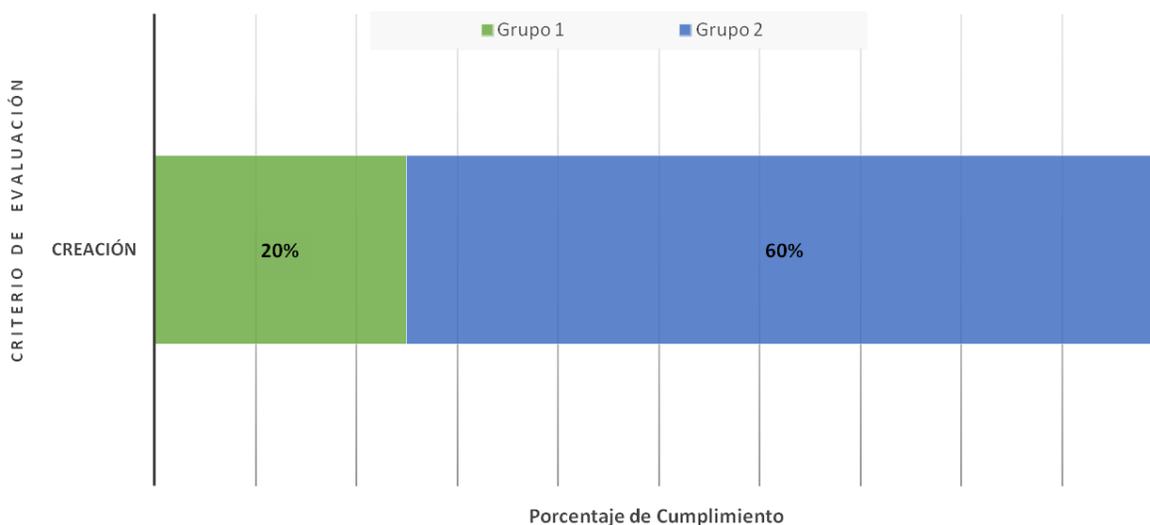
**Tabla 19**

*Cumplimiento Cuarta Etapa del Proyecto Interdisciplinario*

Objetivo Específico 3	Criterio de Evaluación	Grupo Control	Grupo Experimental
Constatar que todos los integrantes del grupo tengan actividades asignadas, y que esto contribuya favorablemente en la construcción del prototipo para resolver el problema planteado.	Creación	20 %	60 %

**Figura 26**

*Gráfica de Cumplimiento Cuarta Etapa del Proyecto Interdisciplinario*



## Rúbricas.

**Rúbrica Autoevaluación de Participación Grupal.** En la Tabla 20 se resume la valoración cuantitativa –puntajes– que cada estudiante realizó de su desempeño en cuanto a la colaboración y el trabajo en equipo dentro del proyecto, de acuerdo a seis criterios establecidos en la rúbrica correspondiente.

En esta tabla se observa que de mayor a menor y en promedio, los criterios que obtuvieron los primeros lugares fueron *Escuchar* con un 95%, seguido de *Cooperación* y *Compromiso con el trabajo del equipo* que obtuvieron los dos un 93%, y en tercer lugar se ubicó *Participación* con un 80 %. En cuarto lugar, se encuentra el criterio *Liderazgo* con un 73%; finalmente, en quinto lugar, se posicionó el criterio *Comentarios Constructivos* con un 68%.

La Figura 27 por su parte, muestra en forma gráfica a cada uno de los seis criterios de la autoevaluación, con sus respectivos porcentajes.

**Tabla 20**

*Puntajes Autoevaluación Participación Grupal*

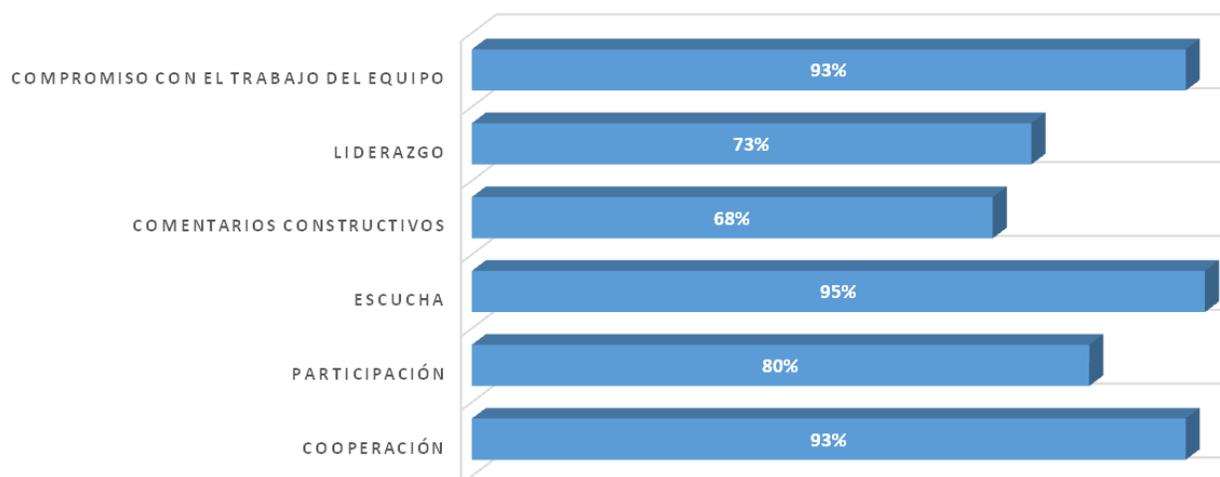
<b>Criterio a Evaluar</b>	Cooperación	Participación	Escuchar	Comentarios constructivos	Liderazgo	Compromiso con el trabajo del equipo
Estud. 1	4	4	4	3	4	4
Estud. 2	4	3	4	0	4	4
Estud. 3	4	4	4	3	4	4
Estud. 4	4	3	4	3	3	4
Estud. 5	4	3	4	3	0	4
Estud. 6	4	3	4	2	3	4
Estud. 7	4	3	3	3	4	4
Estud. 8	3	3	4	3	2	3
Estud. 9	3	3	3	3	2	3
Estud. 10	3	3	4	4	3	3

<b>Criterio a Evaluar</b>	Cooperación	Participación	Escuchar	Comentarios constructivos	Liderazgo	Compromiso con el trabajo del equipo
Total	37	32	38	27	29	37
Promedio	3.70	3.20	3.80	2.70	2.90	3.70
% Criterio Evaluación	93%	80%	95%	68%	73%	93%

Se puede visualizar que, en promedio, el criterio mejor puntuado corresponde al de *Escuchar*, y el de menor puntuación fue *Comentarios Constructivos*.

### Figura 27

#### Autoevaluación Participación Grupal por Criterios



**Rúbricas de Coevaluación.** En la Tabla 21 se muestran las valoraciones de desempeño que los líderes realizaron a cada integrante de sus respectivos grupos, evaluando la colaboración y el trabajo en equipo dentro del proyecto, según ocho criterios establecidos en la rúbrica correspondiente.

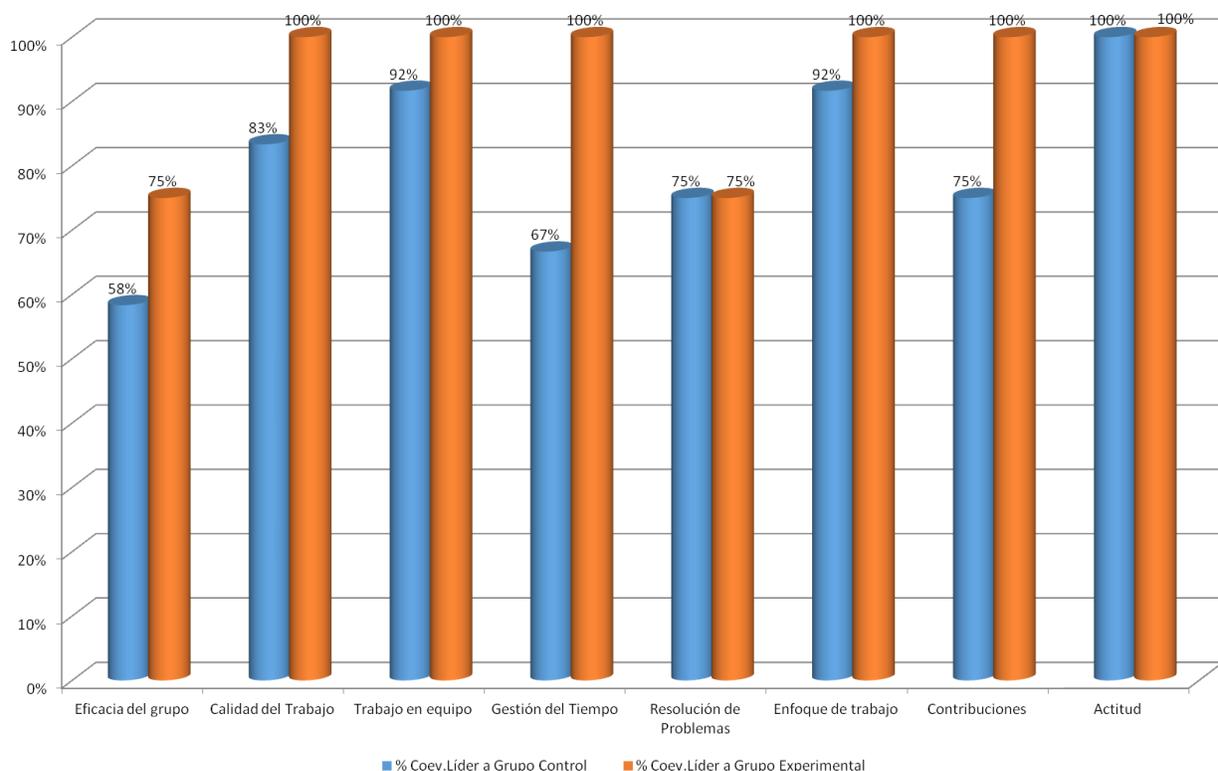
Como se puede observar, los estudiantes han sido organizados en sus respectivos grupos, tanto de control como experimental. Al tratarse de una coevaluación, no constan en esta tabla los estudiantes que cumplieron el rol de líderes en sus grupos.

**Tabla 21***Puntajes Coevaluación Líder al Grupo*

<b>Grupo</b>	<b>Criterio a evaluar</b>	Eficacia del grupo	Calidad del trabajo	Trabajo en equipo	Gestión del tiempo	Resolución de problemas	Enfoque de trabajo	Contribuciones	Actitud
<b>Control</b>	Estud. 8	2	3	4	3	3	4	3	4
	Estud. 9	2	3	3	2	2	3	3	4
	Estud. 5	3	4	4	3	4	4	3	4
	Total	2.33	3.33	3.67	2.67	3.00	3.67	3.00	4.00
	% Coev.								
	Líder 1 a Grupo 1	58%	83%	92%	67%	75%	92%	75%	100%
<b>Experimental</b>	Estud. 2	3	4	4	4	3	4	4	4
	Estud. 3	3	4	4	4	3	4	4	4
	Estud. 4	3	4	4	4	3	4	4	4
	Estud. 10	3	4	4	4	3	4	4	4
	Estud. 6	3	4	4	4	3	4	4	4
	Total	3.00	4.00	4.00	4.00	3.00	4.00	4.00	4.00
	% Coev.								
	Líder 2 a Grupo 2	75%	100%	100%	100%	75%	100%	100%	100%

**Figura 28**

*Comparación Porcentual de Coevaluación Líder al Grupo por Criterios*



En la Figura 28 se aprecia una comparación porcentual entre el grupo de control y el experimental, respecto a las valoraciones que cada líder realizó a sus colegas de grupo, de acuerdo a los ocho criterios de la rúbrica correspondiente.

Como se puede observar, en los criterios *Resolución de Problemas* y *Actitud*, los dos grupos presentan coincidencias en su valoración, con un 75 % y 100 %, respectivamente. En los seis criterios restantes, la valoración del grupo experimental supera a la del grupo de control.

Por otra parte, en la Tabla 22 se pueden observar los resultados de la evaluación de desempeño realizada por cada estudiante a su respectivo líder de grupo, de acuerdo a siete criterios.

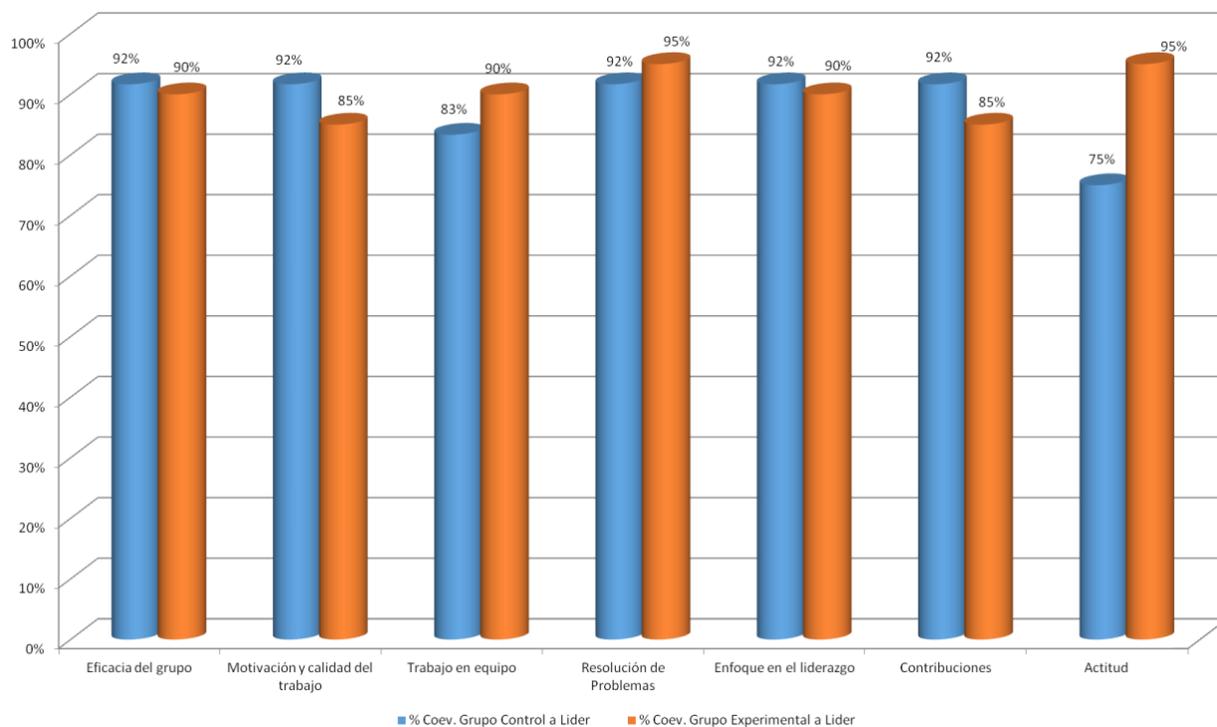
**Tabla 22***Puntajes Coevaluación Grupo al Líder*

<b>Grupo</b>	<b>Criterio a Evaluar</b>	Eficacia del grupo	Motivación y calidad del trabajo	Trabajo en equipo	Resolución de Problemas	Enfoque en el liderazgo	Contribuciones	Actitud
<b>Control</b>	Estud. 8	4	3	3	4	4	4	3
	Estud. 9	3	4	3	3	3	3	3
	Estud. 5	4	4	4	4	4	4	3
	Total	3.67	3.67	3.33	3.67	3.67	3.67	3.00
	% Coev. Grupo 1 a Líder 1	92%	92%	83%	92%	92%	92%	75%
<b>Experimental</b>	Estud. 2	4	4	4	4	4	4	4
	Estud. 3	4	3	4	4	4	4	4
	Estud. 4	4	3	3	3	4	3	3
	Estud. 10	3	4	4	4	3	3	4
	Estud. 6	3	3	3	4	3	3	4
	Total	3.60	3.40	3.60	3.80	3.60	3.40	3.80
	% Coev. Grupo 2 a Líder 2	90%	85%	90%	95%	90%	85%	95%

Se ha organizado también a los estudiantes en la Tabla 22 según su pertenencia al grupo de control o al grupo experimental. Los líderes de cada grupo están ubicados de forma implícita, por ser los evaluadores.

**Figura 29**

*Comparación Porcentual de Coevaluación Grupo al Líder por Criterios*



En la Figura 29 se aprecia una comparación porcentual entre el grupo de control y el experimental, respecto a las valoraciones que cada estudiante realizó a su líder de grupo, según los siete criterios de la rúbrica correspondiente.

Se puede apreciar que, en cuatro de los siete criterios, –*Eficacia del Grupo, Motivación y Calidad del Trabajo, Enfoque en el Liderazgo y Contribuciones*–, la valoración es mayor en el grupo de control hacia su líder respecto al grupo experimental. En tanto que en los criterios restantes: *Trabajo en Equipo, Resolución de Problemas y Actitud*, la valoración del grupo a su líder es mayor en el grupo experimental respecto al grupo de control.

**Rúbrica Evaluación Sumativa Proyecto Interdisciplinario STEM.** Los puntajes que obtuvo cada grupo al momento de presentar su prototipo para resolver el planteamiento del Proyecto Interdisciplinario STEM, se pueden visualizar en la Tabla 23.

El docente de la asignatura Electrotecnia evaluó el prototipo considerando cuatro criterios establecidos en la rúbrica correspondiente. Como se puede observar, los puntajes fueron otorgados a cada grupo y no de manera individual a cada estudiante.

**Tabla 23**

*Puntajes Evaluación Sumativa Prototipo Proyecto Interdisciplinario STEM*

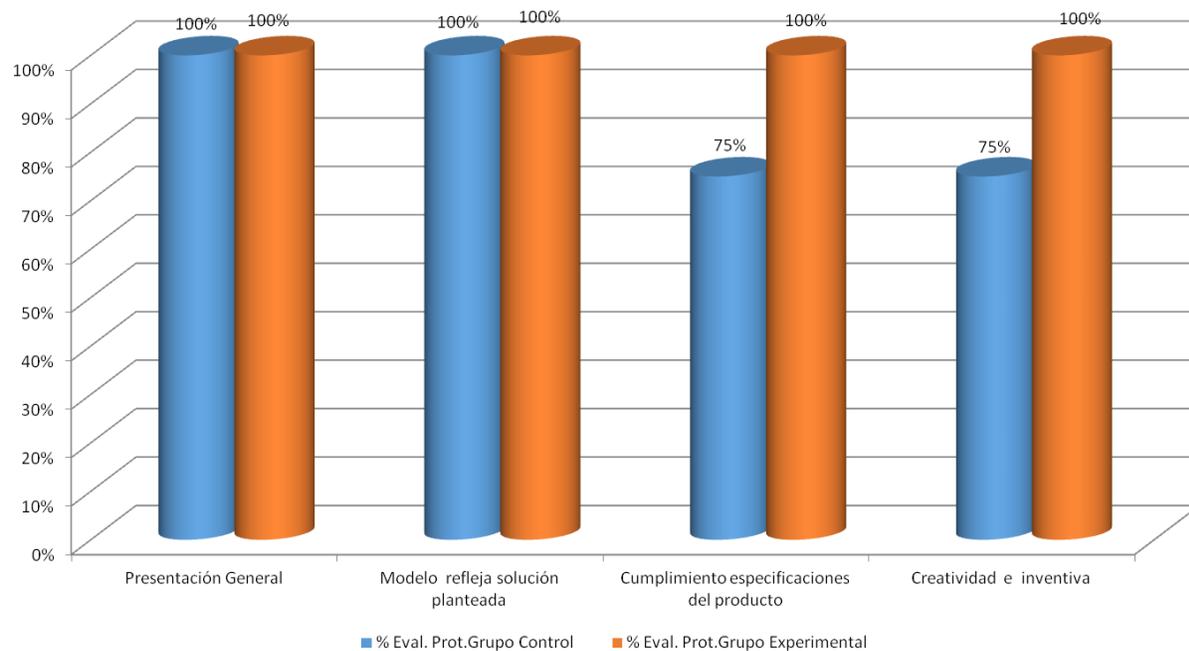
<b>Criterio a Evaluar</b>	Presentación General	Modelo refleja solución planteada	Cumplimiento especificaciones del producto	Creatividad e inventiva
Grupo Control	4	4	3	3
Grupo Experimental	4	4	4	4
% Eval. Prototipo Grupo Control	100%	100%	75%	75%
% Eval. Prototipo Grupo Experimental	100%	100%	100%	100%

La Figura 30 muestra por su parte, una comparación de las valoraciones obtenidas por cada grupo en la presentación de su prototipo. Se puede observar que los grupos de control y experimental obtuvieron la máxima puntuación en los dos primeros criterios *Presentación General* y *Modelo Refleja Solución Planteada*; no obstante, en los criterios *Cumplimiento Especificaciones del Producto* y *Creatividad e Inventiva* solamente el grupo experimental

obtuvo el máximo puntaje, mientras que el grupo de control alcanzó tres de cuatro puntos, lo que representa el 75 %.

**Figura 30**

*Comparación Evaluación Sumativa Prototipo Proyecto Interdisciplinario*



### Test

**Rendimiento Académico.** En la Tabla 24 se presenta un resumen de las calificaciones obtenidas por los estudiantes de la asignatura Electrotecnia en los tres parciales del periodo noviembre 2020 - abril 2021.

**Tabla 24**

*Resumen Calificaciones de Estudiantes en Asignatura Electrotecnia*

ESTUDIANTES	CALIFICACIONES		
	Primer Parcial	Segundo Parcial	Tercer Parcial
Estudiante 1	18.13	18.03	16.13
Estudiante 2	16.83	17.33	15.88
Estudiante 3	15.33	17.98	14.88
Estudiante 4	15.42	16.80	15.38
Estudiante 5	14.54	17.35	15.25

ESTUDIANTES	CALIFICACIONES		
	Primer Parcial	Segundo Parcial	Tercer Parcial
Estudiante 6	15.58	17.45	16.63
Estudiante 7	16.88	18.50	15.50
Estudiante 8	16.79	17.10	15.25
Estudiante 9	15.38	16.05	14.75
Estudiante 10	18.46	18.40	16.63
Media aritmética	16.33	17.50	15.63
Mediana	16.19	17.40	15.44
Moda	-	-	15.25

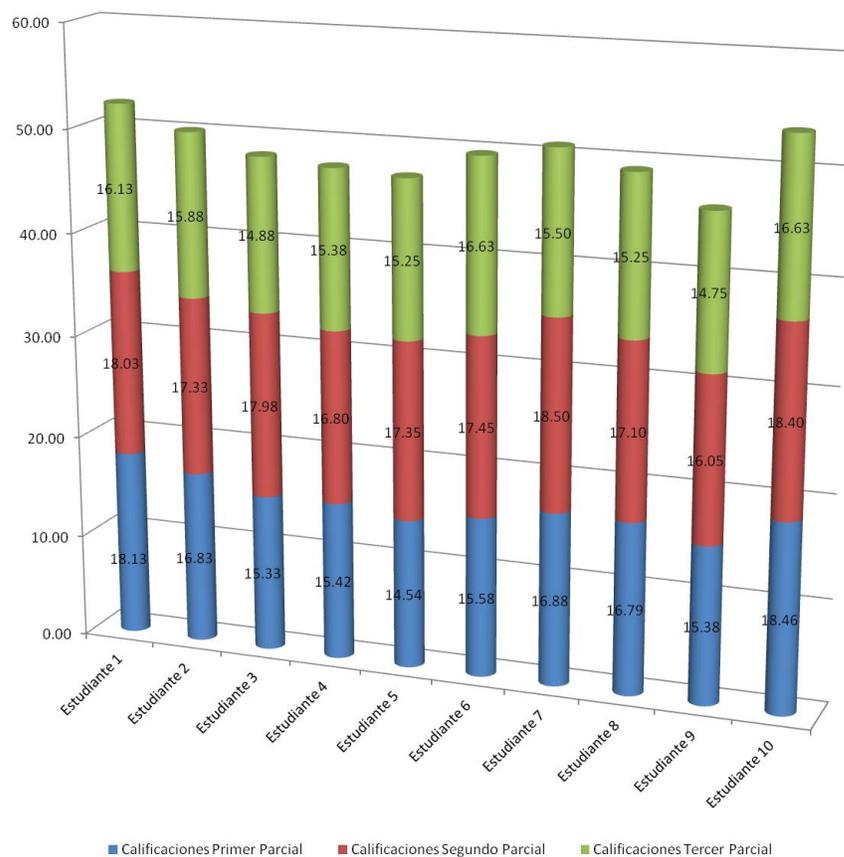
Como se puede observar, se han calculado también la media aritmética, la mediana y la moda en este conjunto de calificaciones; así, los valores más altos de media y mediana corresponden a las calificaciones del segundo parcial, mientras que las más bajas están asociadas con el tercer parcial. En lo referente a la moda, el único valor que se repite en dos ocasiones se encuentra en el tercer parcial.

Por su parte, la Figura 31 expone una comparación gráfica de las calificaciones por cada estudiante, acumuladas a lo largo del periodo académico. Esta representación permite observar que tres estudiantes lograron acumular más de cincuenta puntos en los tres parciales; otros tres estudiantes estuvieron bastante cerca de cumplir con los cincuenta puntos; y cuatro estudiantes superaron sin dificultad los cuarenta y cinco puntos.

Por último, la Figura 32 muestra en forma gráfica la variación y tendencia de las calificaciones en el primero, segundo y tercer parciales, según lo obtenido por cada estudiante de la asignatura Electrotecnia, en el periodo correspondiente. Se observa claramente que las calificaciones del segundo parcial fueron superiores a las del primero y tercer parciales, y en general, las calificaciones del tercer parcial presentaron una tendencia hacia la baja. Asimismo, se visualizan puntos de intersección de las calificaciones de los tres parciales en tres estudiantes (1, 4 y 10).

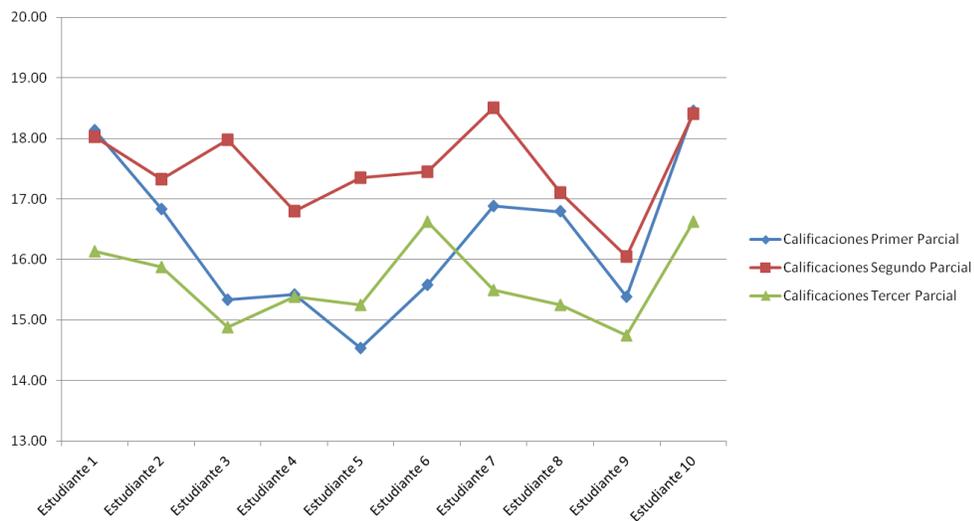
**Figura 31**

*Comparación entre Estudiantes por Calificaciones Acumuladas*



**Figura 32**

*Tendencia de Calificaciones Parciales Estudiantes de Electrotecnia*



**Evaluación de la Creatividad – Pretest TAEC.** Con ayuda del docente de la asignatura Electrotecnia se aplicó este test a cada uno de los estudiantes del curso. Este instrumento estuvo compuesto de doce figuras, agrupadas en cuatro bloques, de tres gráficos cada uno. Siguiendo las recomendaciones proporcionadas por De la Torre (1995), las instrucciones de este test fueron sencillas, comprensibles y neutrales, para evitar que los estudiantes sean influenciados con algún criterio, o limiten su propio accionar durante la evaluación.

La creatividad de los estudiantes se midió en este test a través de los siguientes factores: *abreacción* o resistencia al cierre, originalidad, elaboración, conectividad, fantasía y habilidad gráfica. Para cuantificar cada uno de estos factores se otorgaron puntajes según los criterios emitidos por De la Torre (1995):

*Resistencia al cierre.* Recibe un punto cada abertura no cerrada en el gráfico, o si se realizó un cierre indirecto a través de lazos, arcos amplios, sierras, líneas prolongadas o cierres originales sin enlazar los extremos.

*Originalidad.* De acuerdo al criterio cuantitativo de respuesta inusual utilizado por Torrance, Guilford y otros autores citados en De la Torre (1995), este factor se puntúa como sigue: 0 puntos si la imagen está representada por más de tres individuos en el grupo; 1 punto si la imagen está representada por tres personas en el grupo; 2 puntos si la imagen está representada por dos individuos; y 3 puntos si la imagen no ha sido representada en el grupo.

*Elaboración.* Empleando una estrategia analítica y cuantitativa, se valora cada figura por separado en una escala de 0 a 3 puntos, por tanto la puntuación máxima será de 36 puntos. Rige el siguiente criterio: 0 puntos si solo se han añadido trazos suficientes para que pueda ser reconocido el objeto; o si se han realizado trazos inconexos; 1 punto si se han incorporado elementos decorativos repetitivos para dar una imagen más acabada del objeto, como por ejemplo cenefas, lazos, sierras, puntos, rayas, etc.; 2 puntos si la creación ha trascendido del

adorno general, incorporando más detalles en la composición; 3 puntos si se observan elementos secundarios y de ampliación del objeto, con un elevado grado de ornamentación.

*Conectividad.* Para valorar este factor se comprueba si el sujeto presenta en cada gráfico una composición independiente, o si integra algunos de los gráficos por parejas, buscando formar unidades significativas superiores y agrupadas en una sola composición. En este sentido, se otorgan 3 puntos si entre las figuras existe al menos una asociación temática; 6 puntos si dos figuras se encuentran enlazadas mediante trazos; y 9 puntos si son tres las figuras enlazadas. Si se observa una sola composición que incorpora las doce figuras, este factor recibirá 36 puntos en total. Cuando se evidencia una conexión temática entre representaciones de figuras cercanas, aunque cada figura dé a entender que son objetos independientes, se valorará con uno o dos puntos según el grado de conexión observado.

*Fantasía.* La puntuación máxima será de 36 puntos. Se utilizará una escala de 0 a 3 puntos para cada figura, mediante una estrategia analítica y cuantitativa: 0 puntos cuando la figura es fiel reflejo de un ser u objeto familiar bien conocido; 1 punto cuando se añaden características nuevas a un objeto familiar como los anteriores, pero sigue dominando el mundo de la realidad; 2 puntos cuando la composición se aparta considerablemente de una realidad que sigue siendo fácilmente reconocida; 3 puntos cuando se trata de objetos extraños o inusuales en la cultura de la persona evaluada.

*Habilidad Gráfica.* Cada figura se evalúa conforme a una escala de 0 a 3 puntos: 0 puntos si se observa un repaso o repetición de rayas, lo que se interpreta como inseguridad en el trazo; 1 punto si la representación es correcta aunque no se observan técnica ni precisión en los trazos; 2 puntos si además de representaciones correctas se evidencia precisión en los trazos o el uso de ciertas técnicas; y 3 puntos cuando están presentes en la figura: fluidez en la transmisión del objeto, precisión, firmeza, seguridad, rapidez y técnica en los trazos.

Mediante la aplicación de estos criterios se obtuvieron los puntajes que se muestran en las siguientes tabulaciones. Por ejemplo, en la Tabla 25 se observan los puntajes de cada

estudiante de la asignatura Electrotecnia en el primer test de creatividad –pretest. En este instrumento se evaluaron seis factores cuyo puntaje máximo en cada uno era treinta y seis, con excepción de la resistencia al cierre que tenía un puntaje límite de treinta y cinco. También se aprecia en esta tabla una columna junto a cada estudiante que permite identificar el grupo al que perteneció; así, el grupo experimental estuvo conformado por los estudiantes E1, E2, E3, E4, E6 y E10; mientras que al grupo de control pertenecieron los estudiantes E5, E7, E8 y E9.

**Tabla 25**

*Puntajes Absolutos de Creatividad en Estudiantes – Pretest TAEC*

Grupo	Estudiante	FACTOR					Hab. gráfica
		Resistencia al cierre	Originalidad	Elaboración	Conectividad	Fantasía	
Experimental	E1	25	25	16	24	19	14
	E2	20	31	19	21	11	15
	E3	24	29	20	4	15	14
	E4	17	27	25	6	16	26
	E6	18	26	23	8	16	19
	E10	27	22	31	8	10	17
Control	E5	25	33	18	4	15	10
	E7	22	26	23	2	12	20
	E8	26	24	24	4	17	22
	E9	19	35	32	12	31	25

Por su parte, los resultados que se presentan en la Tabla 26 corresponden a los valores relativos de cada uno de los puntajes anteriores, los mismos que se obtuvieron de la división entre cada valor absoluto respecto al máximo de cada factor. Estas fracciones decimales se calcularon con la finalidad de realizar análisis posteriores de manera porcentual.

**Tabla 26***Puntajes Relativos de Creatividad en Estudiantes – Pretest TAEC*

Grupo	Estudiante	Resistencia al cierre	FACTOR				Hab. gráfica
			Originalidad	Elaboración	Conectividad	Fantasía	
Experimental	E1	0.7143	0.6944	0.4444	0.6667	0.5278	0.3889
	E2	0.5714	0.8611	0.5278	0.5833	0.3056	0.4167
	E3	0.6857	0.8056	0.5556	0.1111	0.4167	0.3889
	E4	0.4857	0.7500	0.6944	0.1667	0.4444	0.7222
	E6	0.5143	0.7222	0.6389	0.2222	0.4444	0.5278
	E10	0.7714	0.6111	0.8611	0.2222	0.2778	0.4722
Control	E5	0.7143	0.9167	0.5000	0.1111	0.4167	0.2778
	E7	0.6286	0.7222	0.6389	0.0556	0.3333	0.5556
	E8	0.7429	0.6667	0.6667	0.1111	0.4722	0.6111
	E9	0.5429	0.9722	0.8889	0.3333	0.8611	0.6944

Como se mencionó en el apartado correspondiente a los instrumentos de recolección de datos, el postest fue distinto al pretest para evitar que los estudiantes reproduzcan las mismas soluciones (efecto aprendizaje) y se puedan evidenciar cambios significativos luego del cuasi experimento. Sin embargo, tanto el primer test como el segundo estuvieron basados en los mismos principios teóricos –la Gestalt–, midieron además, los seis factores de creatividad ya mencionados.

**Evaluación de la Creatividad - Postest ECG.** Como se mencionó en las herramientas de recolección de datos, el postest que se aplicó fue la Evaluación de la Creatividad Gráfica – ECG, diseñada también por Saturnino De la Torre. En este instrumento se tomaron en cuenta las mismas consideraciones que en el pretest, procurando neutralidad, sencillez y claridad en las instrucciones, dirigidas a los estudiantes. A diferencia del primer instrumento, este postest estuvo compuesto de nueve figuras: seis trazos ubicados al interior de un recuadro y tres en la parte exterior del mismo.

De manera análoga, la creatividad fue evaluada a partir de los seis factores mencionados, cambiando los puntajes máximos y tomando en cuenta los siguientes criterios:

*Resistencia al cierre.*- Se otorga un punto por cada figura que se ha dejado abierta o cerrada indirectamente, tomando en cuenta solamente las cinco figuras abiertas al interior del recuadro. Considerando todas las aberturas de cada una de estas figuras –exceptuando el punto que carece de valor– la puntuación máxima será de nueve, que corresponde al número de aberturas de las figuras dentro del recuadro.

*Originalidad.*- Se valora con un punto a cada una de las nueve figuras, cuando los trazos en cada una de ellas presentan cierta novedad, rareza, simbolismo, etc. No se asigna puntaje si la repetición de las figuras supera el 2 %, o los trazos realizados corresponden a estereotipos, dibujos sin sentido o prolongaciones de los trazos originales. Si se observa unidad temática de todas las figuras o parte de ellas, se valorará la originalidad en su conjunto, estableciendo tres niveles: 0 a 3 puntos –baja originalidad; 4 a 6 puntos –originalidad media; 7 a 9 puntos –originalidad relevante.

*Elaboración.*- Se asigna un punto por cada figura con elementos decorativos o de detalle que trascienden los trazos básicos o elementales. Ante una representación global, también existen tres categorías: 0 a 3 puntos –baja elaboración; 4 a 6 puntos –elaboración media; 7 a 9 puntos –alta elaboración. En todo caso, la máxima puntuación será también de nueve.

*Conectividad.*- En este test en particular se evaluaron los tres niveles: conectividad lineal, temática y expansiva. En el caso de la primera, se puntúa en función del número de líneas o enlaces entre las figuras dadas, considerando las conexiones entre las seis figuras internas y las tres externas, sin importar si la composición es real o abstracta. La puntuación será cero si se observan dibujos independientes en cada figura; si por el contrario, se han interconectado todas las figuras, la puntuación será de nueve. La inclusión de las figuras

externas indica *flexibilidad perceptiva y actitudinal* para la integración de lo distante, evidenciando que existe actitud y potencia en la creatividad de la persona evaluada.

Por su parte, la *conectividad temática*, se refiere a establecer una conexión imaginativa o conceptual entre elementos más allá del trazo físico visible. Se asigna un punto por cada figura integrada en un tema; se puntúa cero cuando los dibujos son independientes entre sí, desde un punto de vista temático. Si se evidencia una composición temática con las tres figuras internas, se valora con seis puntos; y si se han incluido también las figuras externas, se puntuará con nueve.

Por último, al evaluar la *conectividad expansiva*, se asignan tres puntos a cada una de las figuras exteriores, que han sido incluidas desde un punto de vista temático. Se puntúa con cero si ninguna ha sido tomada en cuenta. Se pueden evidenciar las actitudes, predisposiciones y bloqueos socioculturales o socio-afectivos de las personas evaluadas, según la presencia o ausencia de este indicador.

*Fantasía.*- Recibe un punto cada representación con elementos fantásticos. Si se observa unidad temática en los trazos se realiza una valoración en su conjunto, estableciendo tres niveles: 0 a 3 puntos, realista o familiar; 4 a 6 puntos –extraño en cierto aspecto; 7 a 9 puntos, fantasioso.

*Habilidad Gráfica.*- Este indicador se hace evidente en la firmeza de los trazos y la definición clara del objeto representado; para la valoración correspondiente, se considera una escala desde el cero al nueve; Se valora con cero puntos la falta de habilidad que se espera según la edad de la persona; 1 a 3 –habilidad incipiente o baja; 4 a 6 –habilidad media; 7 a 9 –habilidad o destreza superior.

Con estas consideraciones, en la Tabla 27 se muestran los puntajes absolutos de cada estudiante en el postest de creatividad, en función de los seis factores o indicadores descritos anteriormente.

Se observa que el factor de *conectividad* presenta tres valores, uno por cada nivel considerado en la evaluación: conectividad lineal (L), temática (T) y expansiva (E). Al igual que en el pretest, se observa a los estudiantes organizados en los grupos de control y experimental.

**Tabla 27**

*Puntajes Absolutos de Creatividad en Estudiantes – Postest ECG*

Grupo	Estud.	Resistencia al cierre	Originalidad	FACTOR			
				Elaboración	Conectividad L; T; E	Fantasía	Hab. gráfica
Experimental	E1	7	7	5	2; 9; 9	7	7
	E2	6	8	8	0; 7; 6	3	7
	E3	3	5	5	3; 6; 9	5	6
	E4	5	8	9	2; 6; 6	5	9
	E6	8	7	8	0; 5; 3	6	8
	E10	5	8	9	0; 7; 6	3	9
Control	E5	6	4	5	0; 6; 3	3	3
	E7	7	5	5	2; 8; 6	5	5
	E8	9	6	7	0; 2; 0	3	5
	E9	9	6	8	9;5; 3	7	7

De manera similar a como se procesaron los resultados del pretest, los puntajes de la tabla anterior también se transformaron en fracciones decimales, dividiendo cada uno de los puntajes por el valor máximo de cada factor, en este caso por nueve. Para el caso específico de la conectividad –que posee tres niveles en este test– se calculó la media aritmética entre los tres niveles. Los resultados de este procedimiento se pueden apreciar en la Tabla 28 y en la Tabla 30.

Finalmente, se consolidaron los puntajes del pretest TAEC y el postest ECG combinando la información obtenida en las tablas anteriores. Estos resultados se pueden apreciar claramente en la Tabla 29.

**Tabla 28***Puntajes Relativos de Creatividad en Estudiantes - Postest ECG*

Grupo	Estudiante	FACTOR					
		Resistencia al cierre	Originalidad	Elaboración	Conectividad L, T y E	Fantasía	Habilidad Gráfica
Experimental	E1	0.7778	0.7778	0.5556	0.7407	0.7778	0.7778
	E2	0.6667	0.8889	0.8889	0.4815	0.3333	0.7778
	E3	0.3333	0.5556	0.5556	0.6667	0.5556	0.6667
	E4	0.5556	0.8889	1.0000	0.5185	0.5556	1.0000
	E6	0.8889	0.7778	0.8889	0.2963	0.6667	0.8889
Control	E10	0.5556	0.8889	1.0000	0.4815	0.3333	1.0000
	E5	0.6667	0.4444	0.5556	0.3333	0.3333	0.3333
	E7	0.7778	0.5556	0.5556	0.5926	0.5556	0.5556
	E8	1.0000	0.6667	0.7778	0.0741	0.3333	0.5556
	E9	1.0000	0.6667	0.8889	0.6296	0.7778	0.7778

**Tabla 29***Puntajes Absolutos de Creatividad en Estudiantes – Pretest TAEC y Postest ECG*

Grupo	Estudiante	FACTOR											
		Resistencia al cierre		Originalidad		Elaboración		Conectividad		Fantasía		Habilidad Gráfica	
		TAEC	ECG	TAEC	ECG	TAEC	ECG	TAEC	ECG	TAEC	ECG	TAEC	ECG
Experimental	E1	25	7	25	7	16	5	24	6.67	19	7	14	7
	E2	20	6	31	8	19	8	21	4.33	11	3	15	7
	E3	24	3	29	5	20	5	4	6.00	15	5	14	6
	E4	17	5	27	8	25	9	6	4.67	16	5	26	9
	E6	18	8	26	7	23	8	8	2.67	16	6	19	8
	E10	27	5	22	8	31	9	8	4.33	10	3	17	9
Control	E5	25	6	33	4	18	5	4	3.00	15	3	10	3
	E7	22	7	26	5	23	5	2	5.33	12	5	20	5
	E8	26	9	24	6	24	7	4	0.67	17	3	22	5
	E9	19	9	35	6	32	8	12	5.67	31	7	25	7

Tabla 30

Puntajes Relativos de Creatividad en Estudiantes – Pretest TAEC y Postest ECG

GRUPO	Estudiante	FACTOR											
		Resistencia al cierre		Originalidad		Elaboración		Conectividad		Fantasía		Habilidad Gráfica	
		TAEC	ECG	TAEC	ECG	TAEC	ECG	TAEC	ECG	TAEC	ECG	TAEC	ECG
Experimental	E1	0.7143	0.7778	0.6944	0.7778	0.4444	0.5556	0.6667	0.7407	0.5278	0.7778	0.3889	0.7778
	E2	0.5714	0.6667	0.8611	0.8889	0.5278	0.8889	0.5833	0.4815	0.3056	0.3333	0.4167	0.7778
	E3	0.6857	0.3333	0.8056	0.5556	0.5556	0.5556	0.1111	0.6667	0.4167	0.5556	0.3889	0.6667
	E4	0.4857	0.5556	0.7500	0.8889	0.6944	1.0000	0.1667	0.5185	0.4444	0.5556	0.7222	1.0000
	E6	0.5143	0.8889	0.7222	0.7778	0.6389	0.8889	0.2222	0.2963	0.4444	0.6667	0.5278	0.8889
Control	E10	0.7714	0.5556	0.6111	0.8889	0.8611	1.0000	0.2222	0.4815	0.2778	0.3333	0.4722	1.0000
	E5	0.7143	0.6667	0.9167	0.4444	0.5000	0.5556	0.1111	0.3333	0.4167	0.3333	0.2778	0.3333
	E7	0.6286	0.7778	0.7222	0.5556	0.6389	0.5556	0.0556	0.5926	0.3333	0.5556	0.5556	0.5556
	E8	0.7429	1.0000	0.6667	0.6667	0.6667	0.7778	0.1111	0.0741	0.4722	0.3333	0.6111	0.5556
	E9	0.5429	1.0000	0.9722	0.6667	0.8889	0.8889	0.3333	0.6296	0.8611	0.7778	0.6944	0.7778

## **Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados**

### ***Encuesta de Estilos de Aprendizaje aplicada a los Estudiantes***

Los puntajes de la Tabla 16 motivan varias reflexiones; por un lado, la ubicación del estilo sensitivo en primer lugar denota según Felder & Brent (2016), que la mayoría de los estudiantes tienen la tendencia a confiar en la memorización y los métodos que les resultan más conocidos y familiares, y a prestarle menos atención al pensamiento innovador y a la comprensión. Esta situación se corresponde con el estilo menos predominante del curso –el intuitivo– que además es el opuesto al sensitivo. Esta interpretación es muy importante, pues sugiere que nueve de cada diez estudiantes necesitan estrategias didácticas que los motiven a pensar creativamente, a innovar y abandonar por un momento sus prácticas habituales para resolver situaciones novedosas y complejas.

Respecto a los estilos de aprendizaje visual, reflexivo y secuencial que se ubicaron en segundo y tercer lugar con el 70 % y 60 %, respectivamente, es pertinente resaltar la importancia de que estos encuentren un balance y se equilibren con sus estilos opuestos – verbal, activo, global–, para que los estudiantes aprendan de manera significativa y desarrollen paulatinamente otro tipo de habilidades.

Por otro lado, para comprender mejor el significado de los puntajes obtenidos, Felder & Soloman (2007) han establecido tres rangos, dentro de los cuales se puede medir el grado o nivel de los estilos de aprendizaje, ya sea de un estudiante o de un curso. Estos rangos se los puede observar en la Tabla 31.

**Tabla 31**

*Niveles en los Estilos de Aprendizaje*

<b>Puntaje</b>	<b>Significado</b>
<b>1 a 3</b>	Bastante equilibrado en la dimensión, con una ligera preferencia por una u otra categoría.

Puntaje	Significado
<b>5 a 7</b>	Preferencia moderada por una de las categorías de esa dimensión. Es posible que aprenda con menos facilidad en un entorno que no aborde esa preferencia.
<b>9 a 11</b>	Tiene una fuerte preferencia por una categoría de esa dimensión. Es posible que tenga dificultades para aprender en un entorno que no aborda esa preferencia.

*Nota.* Basado en *Cuestionario Índice de Estilos de Aprendizaje* por R. M. Felder y B. A. Soloman, 2007, Universidad Estatal de Carolina del Norte, <https://www.webtools.ncsu.edu/learningstyles/>

Los estadígrafos moda, media aritmética y mediana de la Tabla 16 también permiten ampliar el análisis. El primero de ellos –la moda– evidencia el nivel de estilo de aprendizaje que más se repite en el curso; se puede observar por ejemplo que, en el estilo activo el valor que más se repite es el 5, lo cual significa que dentro de ese estilo hay una predominancia de nivel moderado. Se observa también que el estilo intuitivo, verbal y secuencial tienen el valor de 1; por tanto, tienen una predominancia de nivel equilibrado. Un dato curioso ocurre con el estilo sensitivo, en el que se observa que los valores que más se repiten son el 1 y el 9, lo cual lleva a pensar que existe una predominancia entre dos niveles opuestos, uno equilibrado y otro fuerte.

Para evitar ambigüedades debido a que se observan valores extremos, se calculó además de la media aritmética también la mediana, estadígrafo que proporciona una mayor confiabilidad en el análisis global del curso; en promedio se puede observar que, el estilo sensitivo, visual y global son los que más destacan con un nivel moderado, mientras que el estilo intuitivo, verbal y secuencial son los más equilibrados. El estilo reflexivo tiene también un nivel moderado con un puntaje de 3. El estilo activo, con un puntaje de 4, se excluye del nivel equilibrado sin llegar aún al moderado.

La descripción de cada uno de los estilos y dimensiones de aprendizaje se encuentra detallada en Felder & Soloman (2007).

### ***Encuesta sobre Educación STEM aplicada a los Docentes de la ESPE***

La información de carácter introductorio recolectada en las tres primeras preguntas de la encuesta, permitió evidenciar que, más de las dos terceras partes de los docentes encuestados tenía una amplia experiencia en la docencia universitaria, con una formación a nivel de maestría. Estos aspectos contribuyen a la reflexión acerca del tipo de docentes que se involucran completamente en los procesos educativos, y cómo su formación incide de alguna forma, en sus perspectivas sobre la innovación en la enseñanza.

En lo referente a las concepciones que presentaron los docentes encuestados sobre la educación STEM, se pueden formular algunas reflexiones. En términos generales, la tendencia indica que los docentes han escuchado acerca de la educación STEM y, sin conocer a profundidad sobre ella, han realizado de forma esporádica una integración de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en las actividades con sus estudiantes; por ende, dos de cada tres docentes encuestados –la mayoría– coincide en que sí es aplicable la educación STEM en el contexto universitario.

Por otro lado, según los docentes encuestados, las tres habilidades que más necesitan desarrollar los estudiantes universitarios son –en este orden– el pensamiento creativo, el trabajo en equipo y el pensamiento crítico. En este sentido, los docentes coincidieron que estimulan con frecuencia la creatividad de sus estudiantes, a través de diferentes estrategias, entre las cuales destacan –en este orden– los proyectos interdisciplinarios, el aprovechamiento de las herramientas tecnológicas, el incentivar a que los estudiantes busquen por sí mismos la solución a los problemas, y la retroalimentación personalizada. Por último, la gran mayoría de los docentes encuestados coincidió en que es muy importante desarrollar la creatividad, tanto en estudiantes como en docentes.

En cuanto a los aspectos metodológicos de la enseñanza, los docentes encuestados se pronunciaron a favor de estrategias activas de aprendizaje como el taller, la clase práctica, el laboratorio y el trabajo grupal; mientras tanto, como estrategias didácticas STEM los docentes

afirmaron que priorizan con sus estudiantes el aprendizaje basado en problemas, proyectos y casos. Finalmente, la mayoría de docentes encuestados se pronunció a favor de la importancia que tiene la innovación en la enseñanza universitaria, y que para ello cuentan con un grado de autonomía relativamente alto para impartir cátedra e innovar sus prácticas docentes, con un enfoque mayoritariamente centrado en los estudiantes y su aprendizaje, así como en los contenidos de las asignaturas a impartirse.

### **Listas de Cotejo**

Las tres listas de cotejo tienen elementos interesantes. En primer lugar, para cada una de ellas se ha definido un objetivo específico, cuyo cumplimiento contribuye al objetivo de aprendizaje formulado en la estructura del proyecto interdisciplinario (Véase la Tabla 2).

En segundo lugar, cada una de las etapas del proceso de diseño en ingeniería se convirtió en un criterio de evaluación, de tal manera que pueda ser valorada por el docente de la asignatura, tanto para el grupo 1 (control) como para el grupo 2 (experimental).

Haciendo una comparación de los resultados obtenidos en las tres listas de cotejo, se puede observar que el grupo experimental logró mejores puntuaciones de cumplimiento en cada una de las etapas y objetivos, respecto al grupo de control. En ninguna de las tres etapas observadas el grupo experimental obtuvo el 100 %, pero sí estuvo bastante cerca en las etapas de imaginación y planeación, con un 80 % de cumplimiento. El porcentaje más bajo para este grupo fue en la etapa de creación, con un 60 %.

En lo que respecta al grupo de control, el grado de cumplimiento más bajo lo obtuvo en la etapa de creación, con un 20 %; en tanto que la valoración más alta la recibió en la etapa de imaginación, alcanzando un 60 %.

Se puede concluir, que para los dos grupos –control y experimental–, la etapa de mejor cumplimiento fue la de *imaginación*, y la de más baja valoración fue la etapa de *creación*.

## **Rúbricas**

La información expuesta en la Tabla 20 y en la Figura 27 motiva algunas interpretaciones. Si desde una perspectiva de autoexploración y auto mejora el criterio mejor puntuado fue *Escuchar*, significa que una considerable cantidad de estudiantes del curso escuchó atentamente a sus compañeros e intercambió preguntas y comentarios acerca de sus ideas; fomentando el diálogo, la empatía y el desarrollo de ciertas habilidades de comunicación. Sin embargo, debido a que el criterio *Comentarios Constructivos* fue el de más baja puntuación en promedio, se puede inferir también que pocos estudiantes consideraron que su opinión orientada a la resolución de las dificultades sea frecuente.

Especial atención merece también el criterio *Liderazgo*, el cual se ubicó en penúltimo lugar. Este criterio recibió en promedio una valoración cercana al 75 %, lo cual significa que los estudiantes –según su criterio personal– casi siempre asumen este rol cuando se les solicita, pero por lo general prefieren realizar sus tareas individuales, sin interesarse realmente por liderar al grupo.

En cuanto a las rúbricas de coevaluación, fue necesario realizar tres análisis comparativos entre los dos grupos del curso –control y experimental– para explorar mejor el comportamiento y las habilidades de los estudiantes, en el contexto del proyecto interdisciplinario.

En el primero de ellos, la coevaluación que hizo el líder a cada miembro de su equipo, el grupo experimental superó al de control en los criterios *Eficacia del Grupo*, *Calidad del Trabajo*, *Trabajo en Equipo*, *Gestión del Tiempo*, *Enfoque de Trabajo* y *Contribuciones*. Este resultado es positivo pues, el grupo experimental demostró un mejor desempeño en las tres cuartas partes del total de los criterios, en un 75 %. Por otro lado, en los criterios donde obtuvieron desempeños similares –como en *Resolución de Problemas* y *Actitud*–, es importante destacar la valoración del 75 % y 100 %, respectivamente. Con respecto al primero se puede inferir que los estudiantes, de acuerdo a sus líderes, refinaron o perfeccionaron las soluciones sugeridas

por otros compañeros, demostrando interés por mejorar las actividades del proyecto. Y en cuanto al segundo criterio, el porcentaje máximo obtenido en *Actitud* significa que los dos grupos demostraron siempre –según sus líderes– una actitud positiva hacia el trabajo, sin criticar públicamente el proyecto ni el trabajo de sus compañeros.

Si se observa minuciosamente cada criterio de la Figura 28, se puede apreciar que en cuatro de ellos –*Trabajo en Equipo, Resolución de Problemas, Enfoque de Trabajo y Actitud*– la diferencia de las valoraciones entre cada grupo es baja, del 0 % al 8 %; en dos criterios –*Eficacia del Grupo y Calidad del Trabajo*– la diferencia porcentual entre los dos grupos es media; mientras, en los criterios –*Gestión del Tiempo y Contribuciones*– la diferencia entre los dos grupos es significativa, con un 33 % y 25 %, respectivamente.

En referencia al segundo, la coevaluación en la que cada estudiante evaluó el desempeño de su líder de grupo, mostró que el grupo de control superó al experimental en cuatro de siete criterios, es decir, en el 57,1 % de los criterios; en tanto que, el grupo experimental fue superior al de control en apenas tres de siete criterios, es decir, en el 42,9 % de los criterios. Aunque el margen no es muy significativo, pues apenas hay catorce puntos porcentuales, los resultados evidencian que hubo mayor liderazgo en el grupo de control respecto al grupo experimental, según los estudiantes que trabajaron con sus respectivos líderes.

Al observar detenidamente cada criterio de la Figura 29 se aprecia que en los seis primeros no existe una diferencia significativa entre los dos grupos. Sin embargo, la diferencia en el último criterio –*Actitud*– sí es considerable, pues mientras en el grupo experimental la valoración alcanzó un 95 %, en el grupo de control la estimación fue del 75 %, es decir, una diferencia de 20 puntos porcentuales.

En el tercero, que refleja la evaluación sumativa del prototipo presentado en el proyecto interdisciplinario STEM, se puede observar en la Figura 30 que en los dos primeros criterios –*Presentación General y Modelo refleja la solución planteada*– el grupo de control y el

experimental no presentan diferencias porcentuales pues alcanzaron el 100 %; no obstante, en los dos últimos criterios –*Cumplimiento Especificaciones del Producto* y *Creatividad e Inventiva*– la diferencia porcentual entre los dos grupos sí es considerable, con un margen del 25 %.

### **Test**

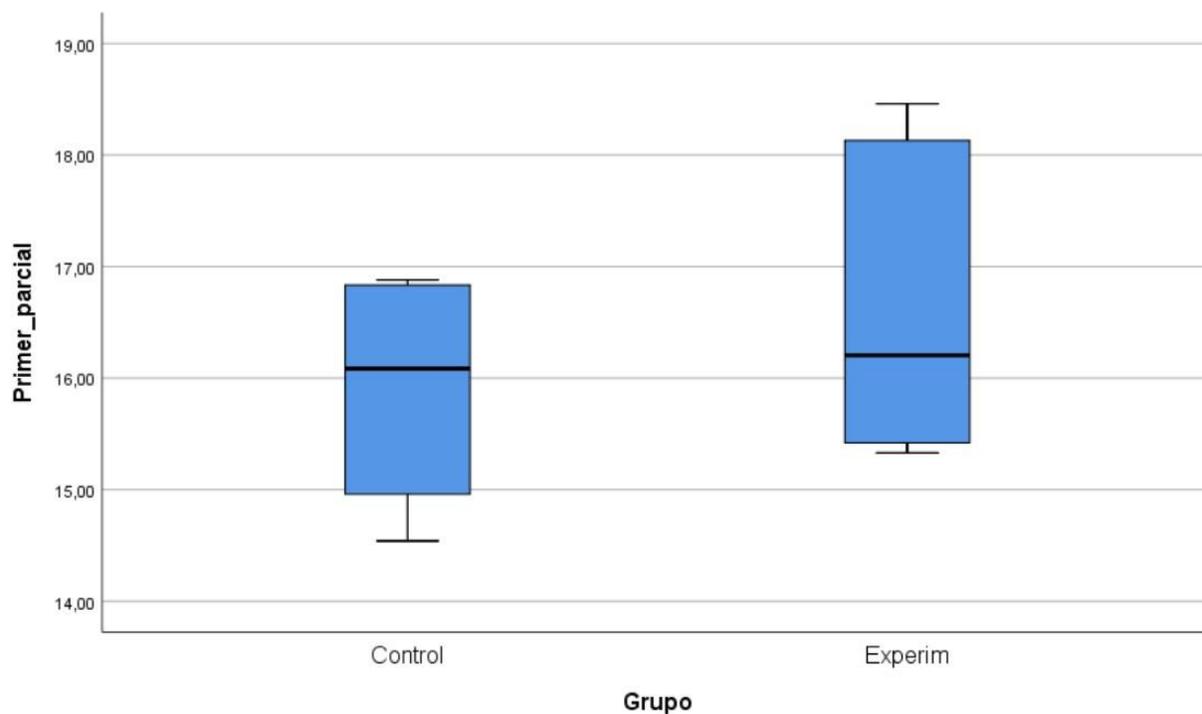
**Rendimiento Académico.** Primero, es necesario mencionar los aspectos más relevantes en el contexto del rendimiento académico. Las calificaciones obtenidas por los estudiantes en cada parcial, fueron el resultado de combinar el proyecto interdisciplinario STEM con la planificación curricular de la asignatura Electrotecnia. Durante el primero y segundo parciales, el proyecto interdisciplinario se encontraba en las fases preliminares –donde se definía el problema y se planeaban las posibles soluciones– y, por tanto, la carga de trabajo para los estudiantes no fue tan rigurosa. Sin embargo, cuando el proyecto se encontraba en las fases de creación, desarrollo y mejoramiento del prototipo, los estudiantes vieron incrementado el nivel de exigencia de la asignatura. Esta situación, que ocurrió durante el tercer parcial, influyó en el rendimiento académico de los estudiantes y en la disminución de sus calificaciones.

En segundo lugar, el análisis realizado corresponde a una visión general de todo el curso; sin embargo, es necesario identificar cómo influyó la aplicación del enfoque STEM en el rendimiento académico de cada grupo de estudiantes, es decir, el grupo de control y el grupo experimental. Con este propósito se presenta a continuación un análisis detallado de cada parcial, a través de tablas que resumen los estadísticos descriptivos para cada grupo de estudiantes; y de diagramas de cajas y bigotes que facilitan la comparación de las distribuciones de calificaciones en cada grupo.

Tabla 32

*Estadígrafos de Calificaciones Primer Parcial en Dos Grupos*

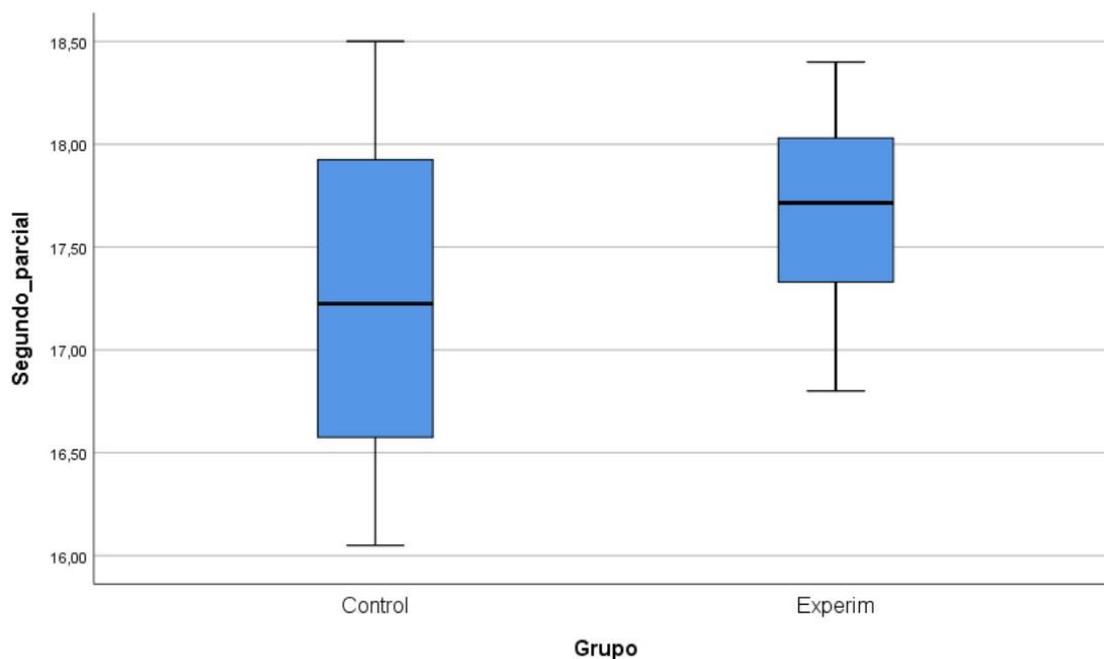
Componente	Grupo	Estadístico	Desv. Error			
Primer_parcial	Control	Media	15,8975	,56807		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	14,0896		
			Límite superior	17,7054		
		Media recortada al 5%		15,9183		
		Mediana		16,0850		
		Varianza		1,291		
		Desv. Desviación		1,13614		
		Mínimo		14,54		
		Máximo		16,88		
		Rango		2,34		
		Rango intercuartil		2,11		
		Asimetría		-,446	1,014	
		Curtosis		-3,429	2,619	
		Primer_parcial	Experimental	Media	16,6250	,57432
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	15,1487
	Límite superior			18,1013		
Media recortada al 5%				16,5950		
Mediana				16,2050		
Varianza				1,979		
Desv. Desviación				1,40679		
Mínimo				15,33		
Máximo				18,46		
Rango				3,13		
Rango intercuartil				2,81		
Asimetría				,489	,845	
Curtosis				-2,214	1,741	

**Figura 33***Distribución de Calificaciones Primer Parcial en Dos Grupos***Tabla 33***Estadísticos de Calificaciones Segundo Parcial en Dos Grupos*

Componente	Grupo	Estadístico	Desv. Error
Segundo_parcial	Control	Media	17,2500
		95% de intervalo de confianza para la media	
		Límite inferior	15,6495
		Límite superior	18,8505
		Media recortada al 5%	17,2472
		Mediana	17,2250
		Varianza	1,012
		Desv. Desviación	1,00582
		Mínimo	16,05
		Máximo	18,50
		Rango	2,45
Rango intercuartil	1,90		

Componente	Grupo	Estadístico	Desv. Error	
		Asimetría	,146	1,014
		Curtosis	1,207	2,619
		Media	17,6650	,23660
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	17,0568 18,2732
		Media recortada al 5%	17,6722	
	<b>Experimental</b>	Mediana	17,7150	
		Varianza	,336	
		Desv. Desviación	,57954	
		Mínimo	16,80	
		Máximo	18,40	
		Rango	1,60	
		Rango intercuartil	,93	
		Asimetría	-,336	,845
		Curtosis	-,702	1,741

Como se puede apreciar en la Figura 33, el grupo experimental obtuvo ligeramente –en promedio– mejores calificaciones en el primer parcial respecto al grupo de control. Así lo reflejan los valores de los cuartiles, las medianas y los límites inferior y superior en cada grupo. La ubicación de las medianas permite concluir que las calificaciones son más simétricas en el grupo de control que en el experimental; en este último la mediana tiene un sesgo inferior y se aproxima al primer cuartil, es decir, al 25% de las calificaciones. Se observa también que el mayor rango intercuartílico corresponde al del grupo experimental, y por tanto tiene una mayor dispersión de sus datos. Se concluye que la distribución de las calificaciones no es normal en ninguno de los grupos.

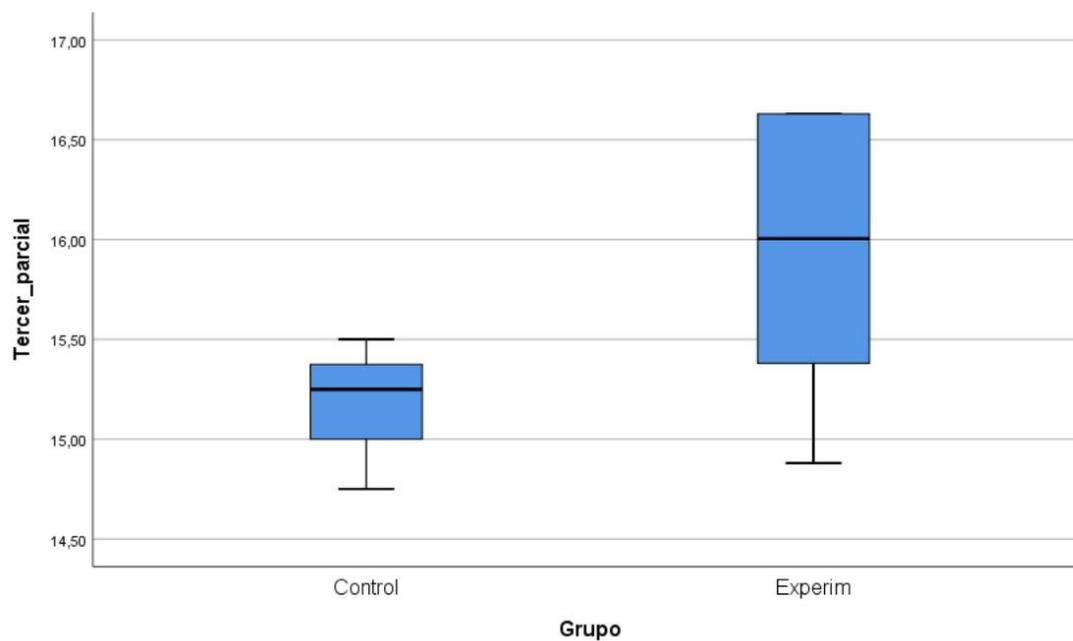
**Figura 34***Distribución de Calificaciones Segundo Parcial en Dos Grupos***Tabla 34***Estadísticos de Calificaciones Tercer Parcial en Dos Grupos*

Componente	Grupo	Estadístico	Desv. Error	
Tercer_parcial	Control	Media	15,1875	,15729
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	
		Límite superior	15,6881	
		Media recortada al 5%	15,1944	
		Mediana	15,2500	
		Varianza	,099	
		Desv. Desviación	,31458	
		Mínimo	14,75	
		Máximo	15,50	
		Rango	,75	
		Rango intercuartil	,56	
		Asimetría	-1,129	1,014

Componente	Grupo	Estadístico		Desv. Error	
		Curtosis		2,227	2,619
	Experimental	Media		15,9217	,28443
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	15,1905	
			Límite superior	16,6528	
		Media recortada al 5%		15,9402	
		Mediana		16,0050	
		Varianza		,485	
		Desv. Desviación		,69672	
		Mínimo		14,88	
		Máximo		16,63	
		Rango		1,75	
		Rango intercuartil		1,37	
		Asimetría		-,505	,845
		Curtosis		-,995	1,741

**Figura 35**

*Distribución de Calificaciones Tercer Parcial en Dos Grupos*



La Figura 34 muestra que en el segundo parcial la distribución de las calificaciones es más simétrica en el grupo de control que en el grupo experimental, ya que el valor de la mediana en el primer grupo se ubica prácticamente en el centro de la distribución, a diferencia del segundo grupo donde la mediana tiene un ligero sesgo superior. Se observa también que – en promedio– el grupo experimental obtuvo mejores calificaciones respecto al grupo de control, y que el rango intercuartílico de éste último es mayor que el del grupo experimental, lo que implica una mayor dispersión de sus datos.

Por su parte la Figura 35 muestra, que la distribución de calificaciones es más simétrica en el grupo experimental que en el grupo de control. Se aprecia también que la mediana del grupo de control tiene un sesgo superior, mientras que en el grupo experimental se encuentra prácticamente en el centro de la distribución. En promedio, las calificaciones del grupo experimental fueron mejores que las del grupo de control, y según el rango intercuartílico, se observa una mayor dispersión de datos en el grupo experimental.

**Evaluación de la Creatividad Pretest TAEC- Postest ECG.** A partir de los puntajes que se pueden apreciar en la Tabla 30, se ha realizado un análisis gráfico de cada uno de los factores para evaluar la creatividad, entre el grupo de control y el grupo experimental, en los test TAEC y ECG. Adicionalmente, se han calculado los estadígrafos de tendencia central y variabilidad para cada factor, cuyos resultados se pueden visualizar en las siguientes tablas y figuras:

**Tabla 35**

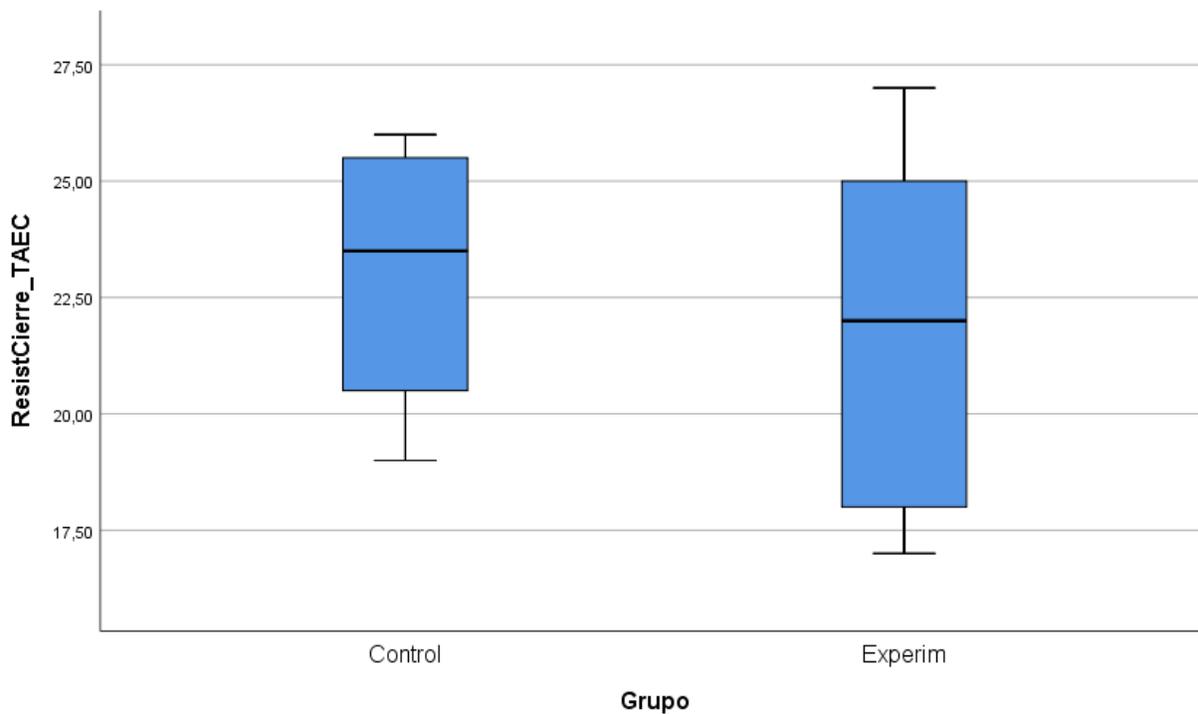
*Estadígrafos de Abreacción para TAEC en Dos Grupos*

Factor	Grupo		Estadístico	Desv. Error
ResistCierre _TAEC	Control	Media	23,0000	1,58114
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	17,9681
		Límite superior	28,0319	

Factor	Grupo	Estadístico	Desv. Error	
		Media recortada al 5%	23,0556	
		Mediana	23,5000	
		Varianza	10,000	
		Desv. Desviación	3,16228	
		Mínimo	19,00	
		Máximo	26,00	
		Rango	7,00	
		Rango intercuartil	6,00	
		Asimetría	-,632	1,014
		Curtosis	-1,700	2,619
		Media	21,8333	1,66166
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	17,5619 26,1048
		Media recortada al 5%	21,8148	
		Mediana	22,0000	
		Varianza	16,567	
		Desv. Desviación	4,07022	
		Mínimo	17,00	
		Máximo	27,00	
		Rango	10,00	
		Rango intercuartil	7,75	
		Asimetría	,020	,845
		Curtosis	-2,148	1,741

**Figura 36**

*Distribución Valores de Abreacción para TAEC en Dos Grupos*

**Tabla 36**

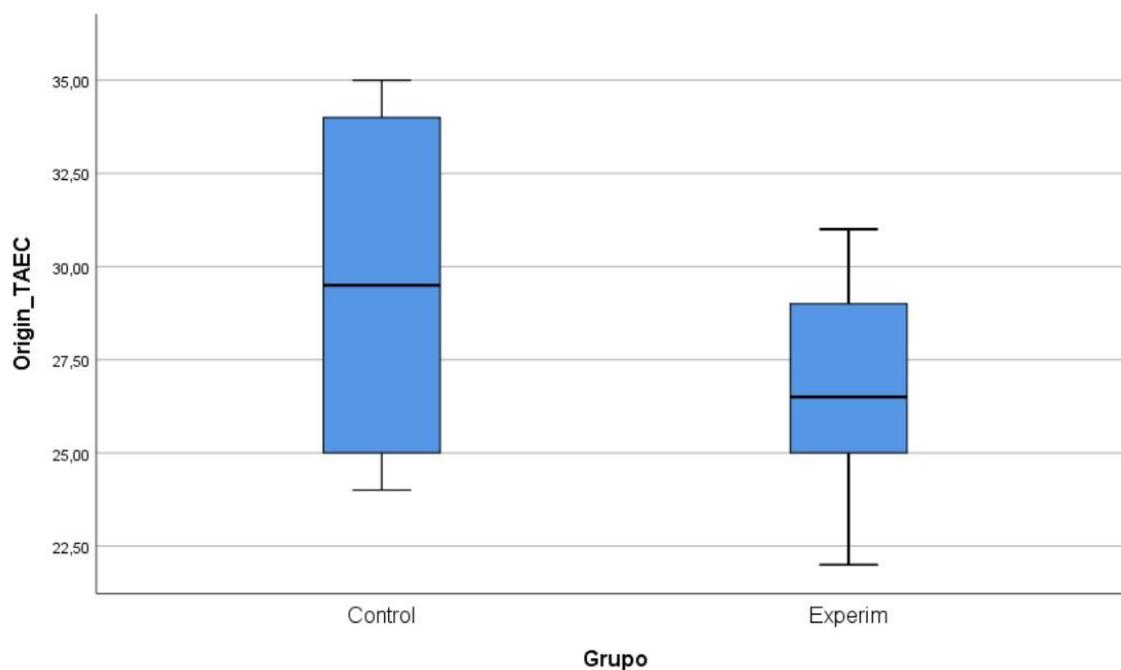
*Estadígrafos de Originalidad para TAEC en Dos Grupos*

Factor	Grupo	Estadístico	Desv. Error
Origin_TAEC	Control	Media	29,5000
		95% de intervalo de confianza para la media	
		Límite inferior	21,0301
		Límite superior	37,9699
		Media recortada al 5%	29,5000
		Mediana	29,5000
		Varianza	28,333

Factor	Grupo	Estadístico	Desv. Error	
		Desv. Desviación	5,32291	
		Mínimo	24,00	
		Máximo	35,00	
		Rango	11,00	
		Rango intercuartil	10,00	
		Asimetría	,000	1,014
		Curtosis	-4,655	2,619
		Media	26,6667	1,28236
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	23,3703 29,9631
		Media recortada al 5%	26,6852	
	<b>Experimental</b>	Mediana	26,5000	
		Varianza	9,867	
		Desv. Desviación	3,14113	
		Mínimo	22,00	
		Máximo	31,00	
		Rango	9,00	
		Rango intercuartil	5,25	
		Asimetría	-,120	,845
		Curtosis	-,034	1,741

**Figura 37**

*Distribución Valores de Originalidad para TAEC en Dos Grupos*

**Tabla 37**

*Estadígrafos de Elaboración para TAEC en Dos Grupos*

Factor	Grupo	Estadístico	Desv. Error
	<b>Control</b>	Media	24,2500
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	15,0287
		Límite superior	33,4713
Media recortada al 5%			24,1667
Mediana			23,5000
Varianza			33,583
Desv. Desviación			5,79511
Mínimo			18,00
Máximo			32,00
Rango			14,00
Rango intercuartil			10,75

Factor	Grupo	Estadístico	Desv. Error		
Elab_TAEC	Experimental	Asimetría	,751	1,014	
		Curtosis	1,679	2,619	
		Media	22,3333	2,15510	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	16,7935 27,8732	
		Media recortada al 5%	22,2037		
		Mediana	21,5000		
		Varianza	27,867		
		Desv. Desviación	5,27889		
		Mínimo	16,00		
		Máximo	31,00		
		Rango	15,00		
		Rango intercuartil	8,25		
		Asimetría	,747	,845	
		Curtosis	,470	1,741	

**Figura 38**

*Distribución Valores de Elaboración para TAEC en Dos Grupos*

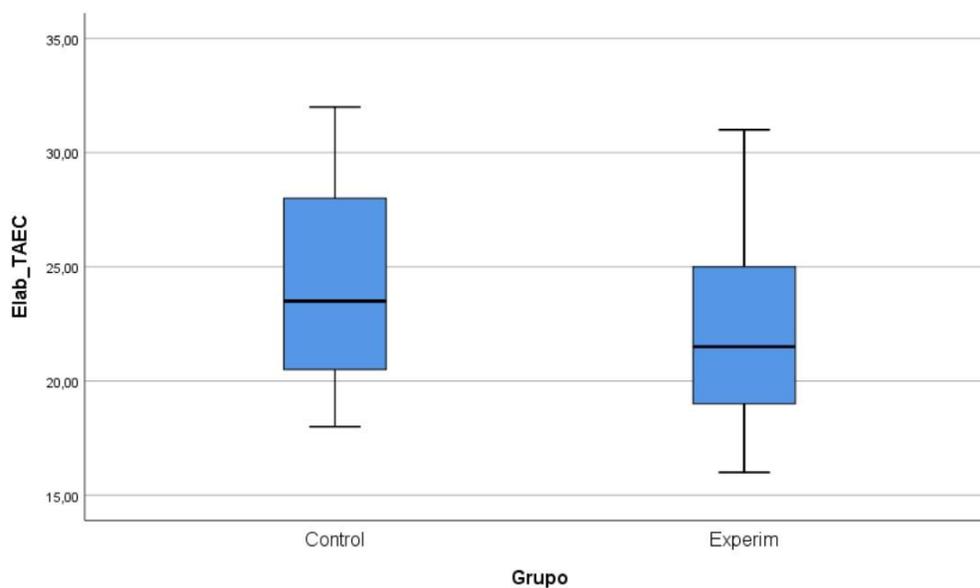


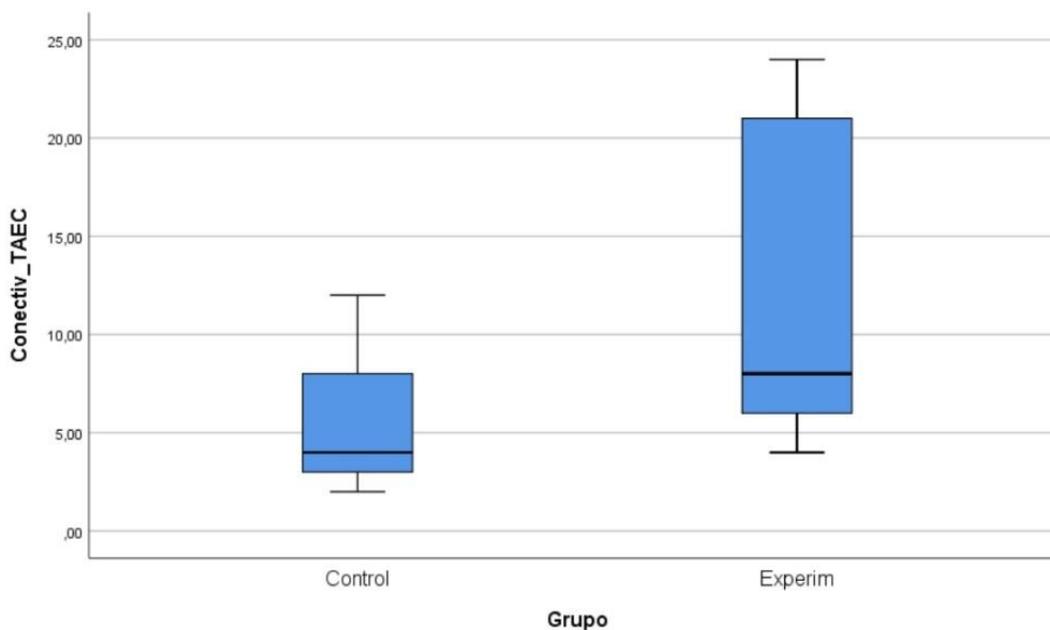
Tabla 38

*Estadígrafos de Conectividad para TAEC en Dos Grupos*

Factor	Grupo	Estadístico	Desv. Error		
	<b>Control</b>	Media	5,5000	2,21736	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	-1,5566 12,5566	
		Media recortada al 5%	5,3333		
		Mediana	4,0000		
		Varianza	19,667		
		Desv. Desviación	4,43471		
		Mínimo	2,00		
		Máximo	12,00		
		Rango	10,00		
		Rango intercuartil	7,50		
		Asimetría	1,720	1,014	
		Curtosis	3,265	2,619	
<b>Conectiv_TAEC</b>		<b>Experimental</b>	Media	11,8333	3,44883
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,9678 20,6988
	Media recortada al 5%		11,5926		
	Mediana		8,0000		
	Varianza		71,367		
	Desv. Desviación		8,44788		
	Mínimo		4,00		
	Máximo		24,00		
	Rango		20,00		
	Rango intercuartil		16,25		
	Asimetría		,885	,845	
	Curtosis		-1,532	1,741	

**Figura 39**

*Distribución Valores de Conectividad para TAEC en Dos Grupos*

**Tabla 39**

*Estadísticos de Fantasía para TAEC en Dos Grupos*

Factor	Grupo	Estadístico	Desv. Error	
Fantasia_TAEC	Control	Media	18,7500	4,21060
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	
		Media recortada al 5%	18,4444	
		Mediana	16,0000	
		Varianza	70,917	
		Desv. Desviación	8,42120	
		Mínimo	12,00	
		Máximo	31,00	
		Rango	19,00	
		Rango intercuartil	14,75	
		Asimetría	1,644	1,014

Factor	Grupo	Estadístico	Desv. Error		
	Experimental	Curtosis	2,939	2,619	
		Media	14,5000	1,38444	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	10,9412 18,0588	
		Media recortada al 5%	14,5000		
		Mediana	15,5000		
		Varianza	11,500		
		Desv. Desviación	3,39116		
		Mínimo	10,00		
		Máximo	19,00		
		Rango	9,00		
		Rango intercuartil	6,00		
		Asimetría	-,277	,845	
		Curtosis	-1,061	1,741	

**Figura 40**

*Distribución Valores de Fantasía para TAEC en Dos Grupos*

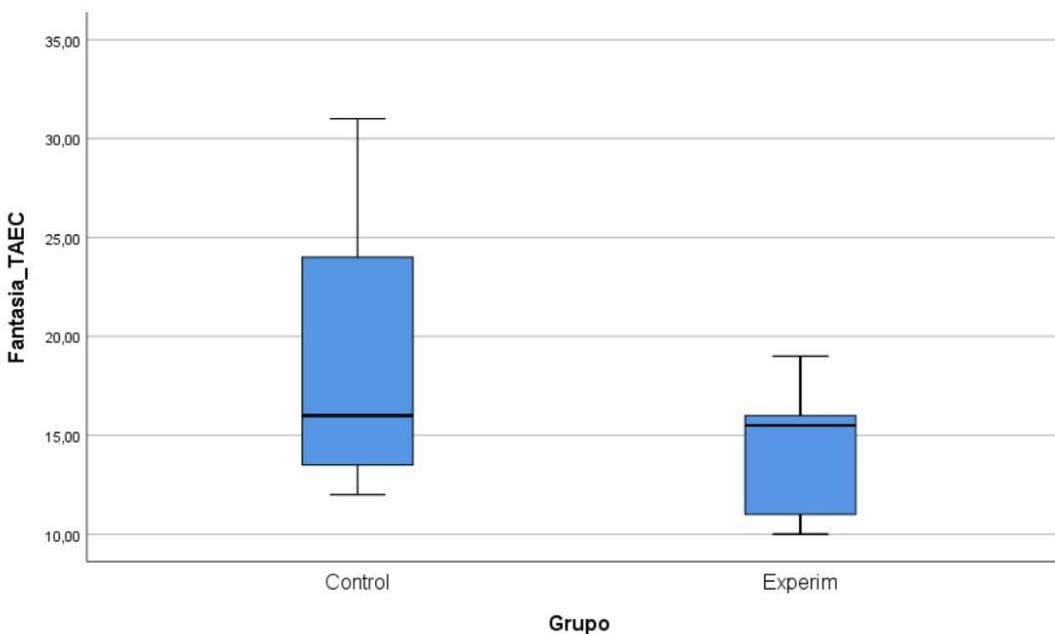


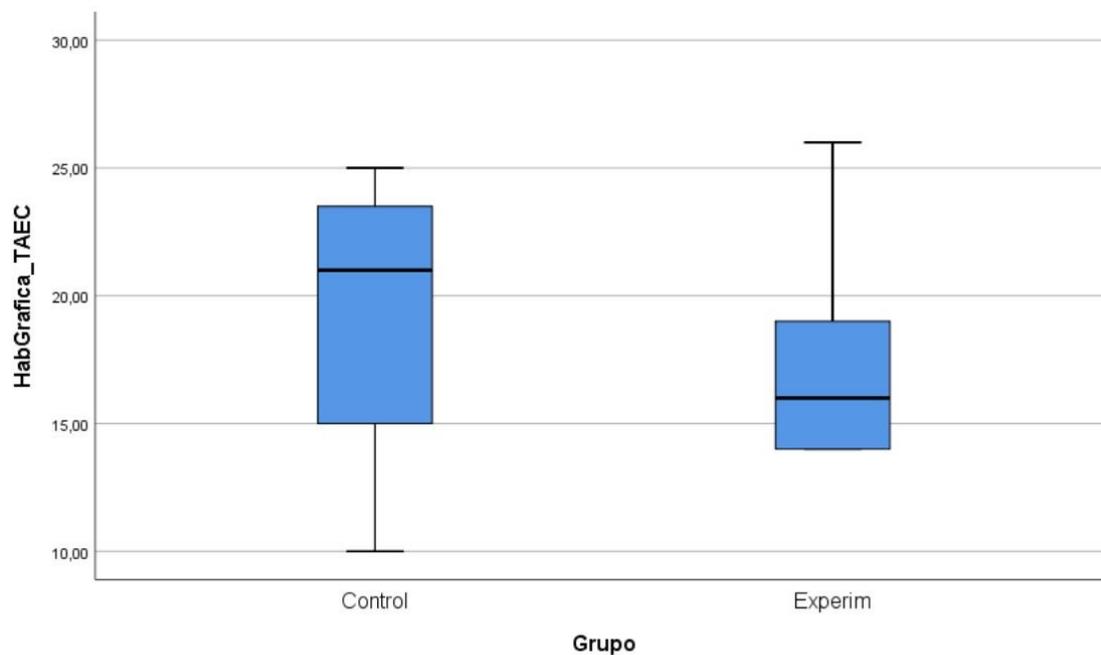
Tabla 40

*Estadígrafos de Habilidad Gráfica para TAEC en Dos Grupos*

Factor	Grupo		Estadístico	Desv. Error	
	Control	Media	19,2500	3,25000	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	8,9070 29,5930	
		Media recortada al 5%		19,4444	
		Mediana		21,0000	
		Varianza		42,250	
		Desv. Desviación		6,50000	
		Mínimo		10,00	
		Máximo		25,00	
		Rango		15,00	
		Rango intercuartil		11,75	
		Asimetría		-1,408	1,014
		Curtosis		2,319	2,619
<b>HabGrafica_TAEC</b>		Experimental	Media	17,5000	1,87528
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	12,6794 22,3206
	Media recortada al 5%			17,2222	
	Mediana			16,0000	
	Varianza			21,100	
	Desv. Desviación			4,59347	
	Mínimo			14,00	
	Máximo			26,00	
	Rango			12,00	
	Rango intercuartil			6,75	
	Asimetría			1,597	,845
	Curtosis			2,499	1,741

**Figura 41**

*Distribución Valores de Habilidad Gráfica para TAEC en Dos Grupos*

**Tabla 41**

*Estadígrafos de Abreacción para ECG en Dos Grupos*

Factor	Grupo	Estadístico	Desv. Error		
ResistCierre_ECG	Control	Media	7,7500	,75000	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	5,3632	
			Límite superior	10,1368	
		Media recortada al 5%		7,7778	
		Mediana		8,0000	
		Varianza		2,250	
		Desv. Desviación		1,50000	
		Mínimo		6,00	
		Máximo		9,00	
		Rango		3,00	
		Rango intercuartil		2,75	

Factor	Grupo	Estadístico	Desv. Error
		Asimetría	1,014
		Curtosis	2,619
		Media	5,6667
		95% de intervalo de confianza para la media	
		Límite inferior	3,8289
		Límite superior	7,5044
		Media recortada al 5%	5,6852
		Mediana	5,5000
		Varianza	3,067
		Desv. Desviación	1,75119
		Mínimo	3,00
		Máximo	8,00
		Rango	5,00
		Rango intercuartil	2,75
		Asimetría	,845
		Curtosis	1,741

**Figura 42**

*Distribución Valores de Abreacción para ECG en Dos Grupos*

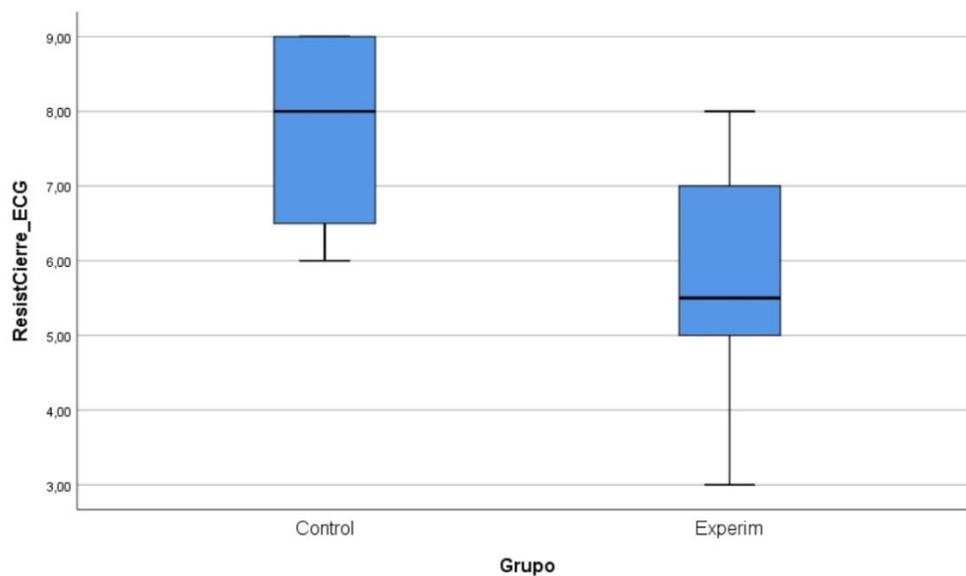


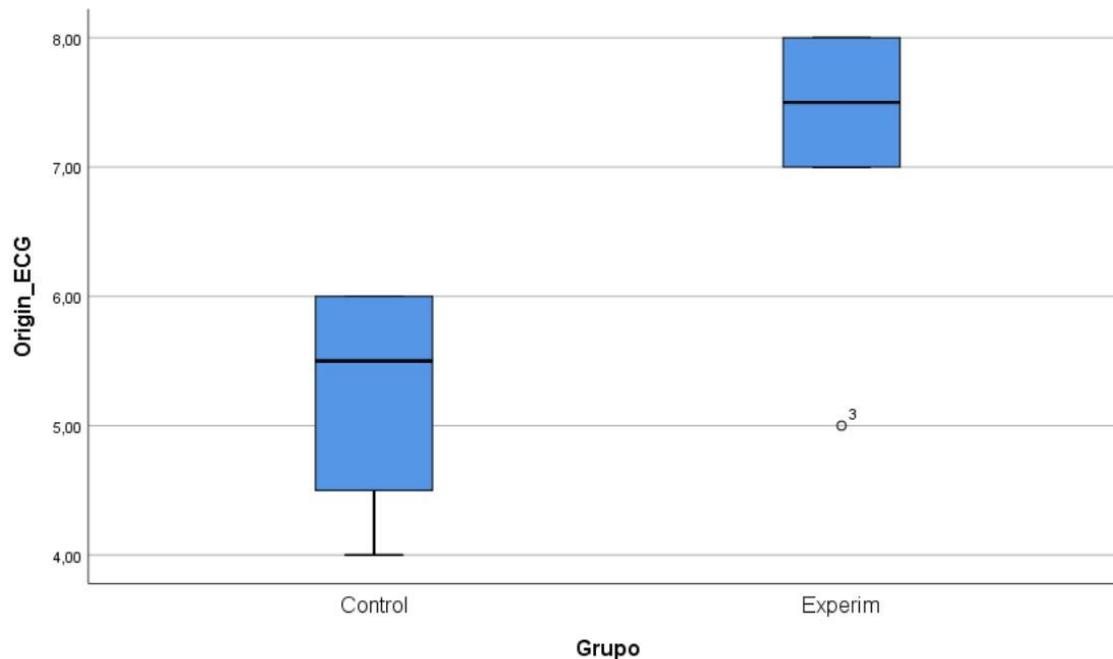
Tabla 42

*Estadígrafos de Originalidad para ECG en Dos Grupos*

Factor	Grupo	Estadístico	Desv. Error		
Origin_ECG	Control	Media	5,2500 ,47871		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	3,7265 6,7735	
		Media recortada al 5%		5,2778	
		Mediana		5,5000	
		Varianza		,917	
		Desv. Desviación		,95743	
		Mínimo		4,00	
		Máximo		6,00	
		Rango		2,00	
		Rango intercuartil		1,75	
		Asimetría		-0,855 1,014	
		Curtosis		-1,289 2,619	
		Experimental	Media		7,1667 ,47726
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	5,9398 8,3935
	Media recortada al 5%			7,2407	
	Mediana			7,5000	
	Varianza			1,367	
	Desv. Desviación			1,16905	
	Mínimo			5,00	
	Máximo			8,00	
	Rango			3,00	
	Rango intercuartil			1,50	
	Asimetría		-1,586 ,845		
Curtosis		2,552 1,741			

**Figura 43**

*Distribución Valores de Originalidad para ECG en Dos Grupos*

**Tabla 43**

*Estadígrafos de Elaboración para ECG en Dos Grupos*

Factor	Grupo	Estadístico	Desv. Error		
Elab_ECG	Control	Media	6,2500	,75000	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		3,8632
		Límite superior	8,6368		
		Media recortada al 5%	6,2222		
		Mediana	6,0000		
		Varianza	2,250		
		Desv. Desviación	1,50000		
		Mínimo	5,00		
		Máximo	8,00		
		Rango	3,00		
		Rango intercuartil	2,75		
		Asimetría	,370		1,014

Factor	Grupo	Estadístico	Desv. Error		
		Curtosis	-3,901	2,619	
	<b>Experimental</b>	Media	7,3333	,76012	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	5,3794 9,2873	
		Media recortada al 5%	7,3704		
		Mediana	8,0000		
		Varianza	3,467		
		Desv. Desviación	1,86190		
		Mínimo	5,00		
		Máximo	9,00		
		Rango	4,00		
		Rango intercuartil	4,00		
		Asimetría	-,723	,845	
		Curtosis	-1,875	1,741	

**Figura 44**

*Distribución Valores de Elaboración para ECG en Dos Grupos*

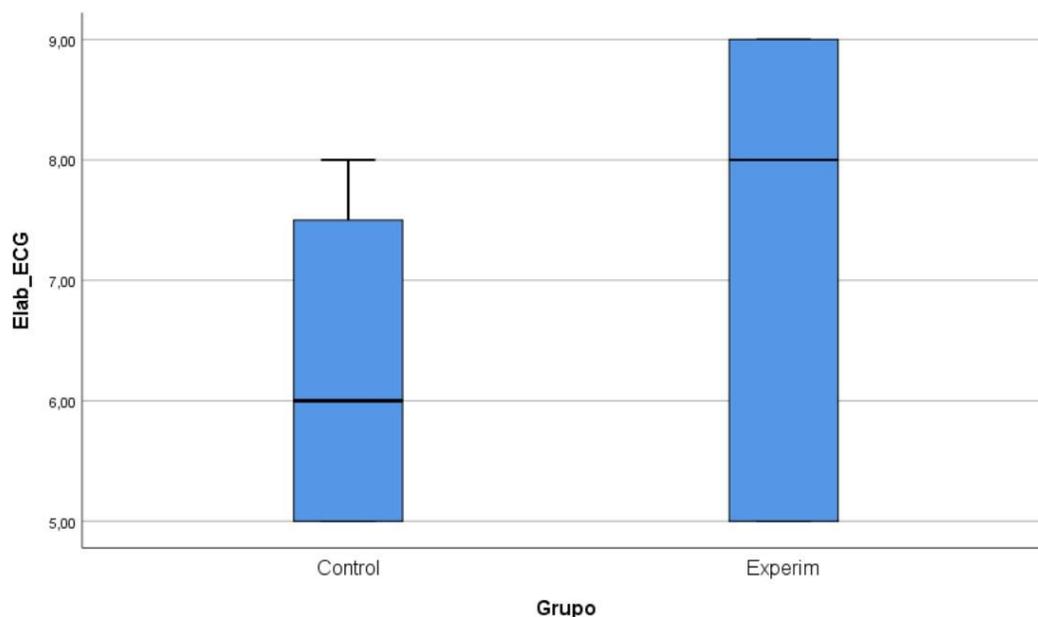


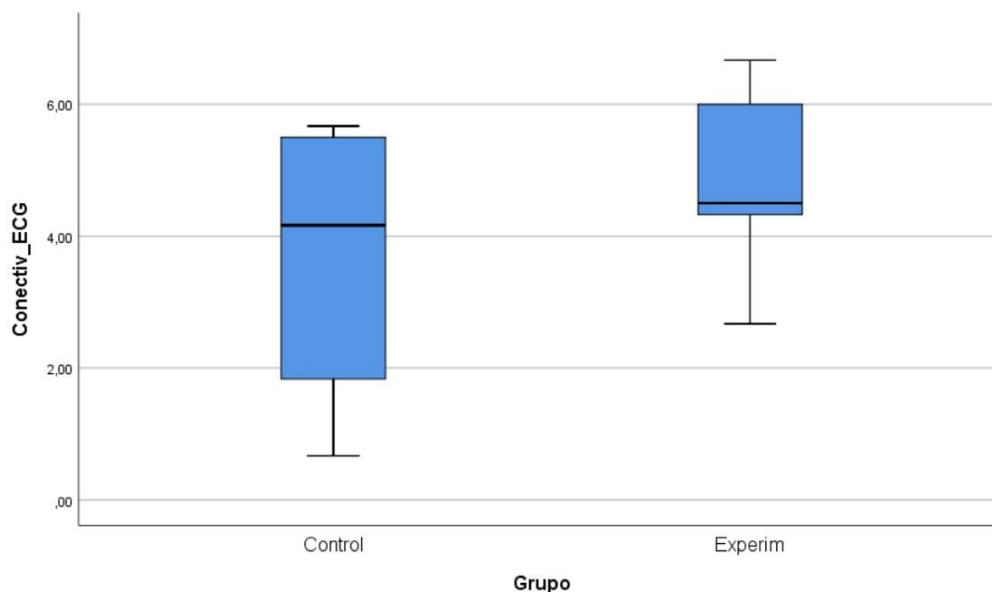
Tabla 44

*Estadígrafos de Conectividad para ECG en Dos Grupos*

Factor	Grupo		Estadístico	Desv. Error		
Conectiv_ECG	Control	Media	3,6675	1,16206		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	-,0307 7,3657		
		Media recortada al 5%		3,7228		
		Mediana		4,1650		
		Varianza		5,401		
		Desv. Desviación		2,32411		
		Mínimo		,67		
		Máximo		5,67		
		Rango		5,00		
		Rango intercuartil		4,33		
		Asimetría		-,776	1,014	
		Curtosis		-1,544	2,619	
		Experimental	Media		4,7783	,57532
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	3,2994 6,2572	
	Media recortada al 5%			4,7904		
	Mediana			4,5000		
	Varianza			1,986		
	Desv. Desviación			1,40923		
	Mínimo			2,67		
	Máximo			6,67		
	Rango			4,00		
	Rango intercuartil			2,25		
	Asimetría		-,103	,845		
Curtosis		-,061	1,741			

**Figura 45**

*Distribución Valores de Conectividad para ECG en Dos Grupos*

**Tabla 45**

*Estadígrafos de Fantasía para ECG en Dos Grupos*

<b>Factor</b>	<b>Grupo</b>	<b>Estadístico</b>	<b>Desv. Error</b>
		Media	4,5000
		95% de intervalo de confianza para la media	
		Límite inferior	1,4530
		Límite superior	7,5470
		Media recortada al 5%	4,4444
		Mediana	4,0000
		Varianza	3,667
		Desv. Desviación	1,91485
		Mínimo	3,00
		Máximo	7,00
		Rango	4,00
		Rango intercuartil	3,50
		Asimetría	,855
		Curtosis	-1,289
			1,014
			2,619
<b>Fantasía_ECG</b>	<b>Control</b>		

Factor	Grupo	Estadístico	Desv. Error		
	Experimental	Media	4,8333	,65405	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,1521	
			Límite superior	6,5146	
		Media recortada al 5%		4,8148	
		Mediana		5,0000	
		Varianza		2,567	
		Desv. Desviación		1,60208	
		Mínimo		3,00	
		Máximo		7,00	
		Rango		4,00	
		Rango intercuartil		3,25	
		Asimetría		-,041	,845
		Curtosis		-1,311	1,741

**Figura 46**

*Distribución Valores de Fantasía para ECG en Dos Grupos*

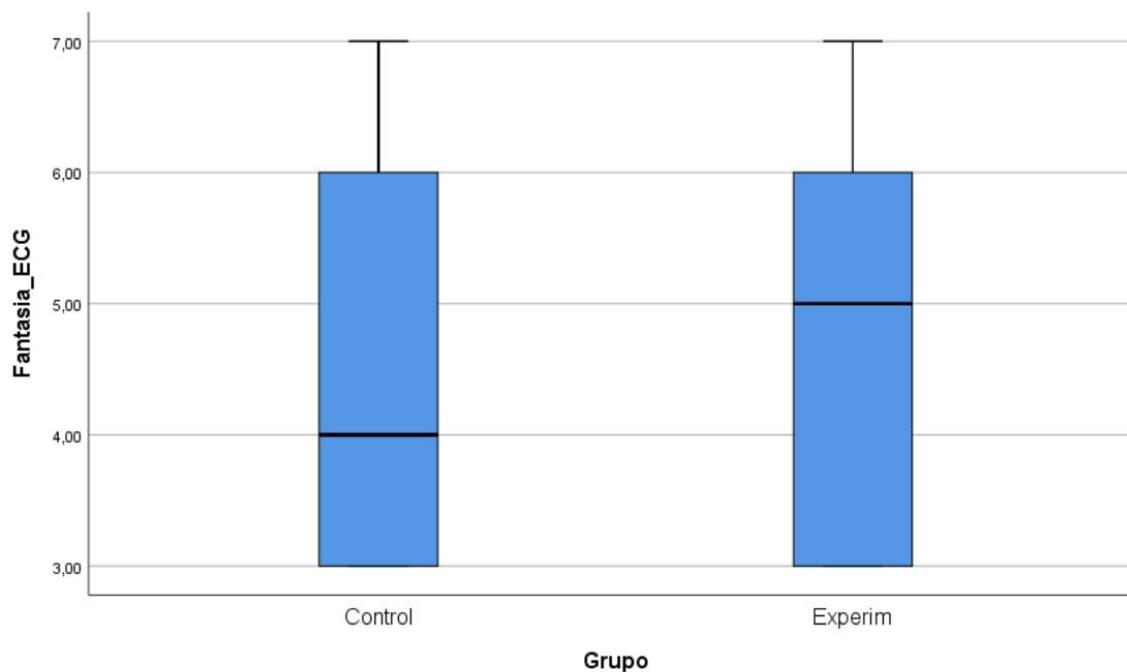


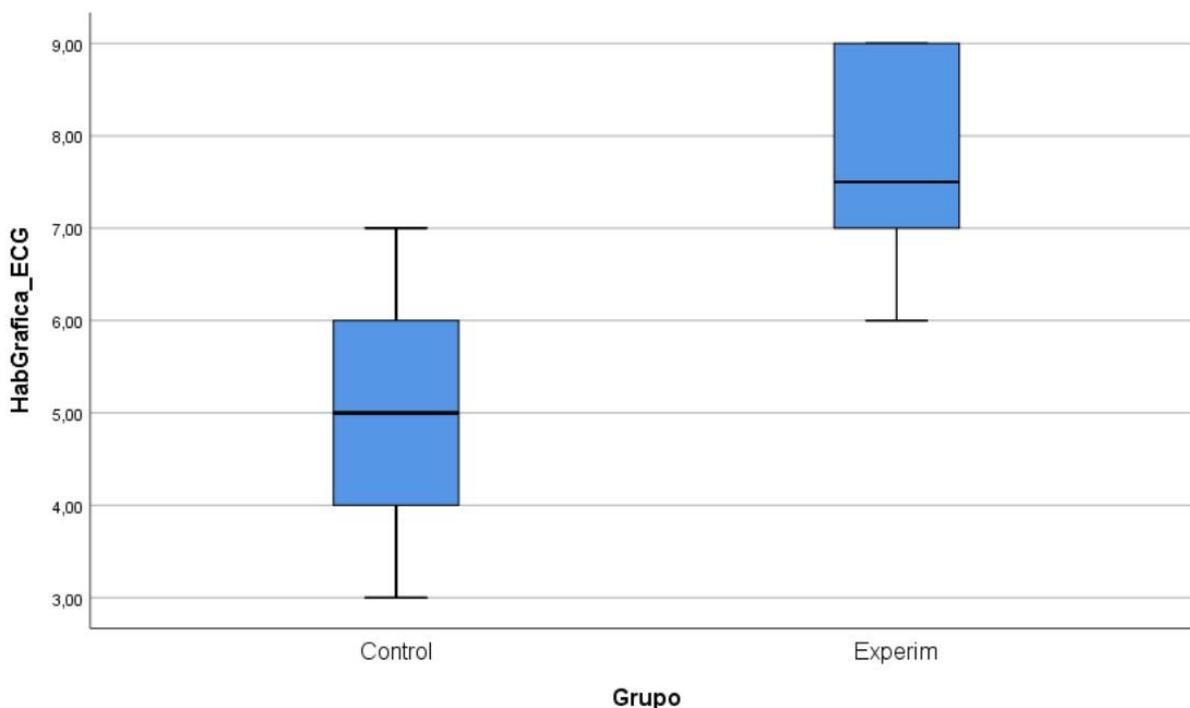
Tabla 46

*Estadígrafos de Habilidad Gráfica para ECG en Dos Grupos*

Factor	Grupo		Estadístico	Desv. Error		
	Control	Media	5,0000	,81650		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,4015 7,5985		
		Media recortada al 5%		5,0000		
		Mediana		5,0000		
		Varianza		2,667		
		Desv. Desviación		1,63299		
		Mínimo		3,00		
		Máximo		7,00		
		Rango		4,00		
		Rango intercuartil		3,00		
		Asimetría		,000	1,014	
		Curtosis		1,500	2,619	
<b>HabGrafica_ECG</b>		Experimental	Media	7,6667	,49441	
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	6,3957 8,9376	
			Media recortada al 5%		7,6852	
	Mediana			7,5000		
	Varianza			1,467		
	Desv. Desviación			1,21106		
	Mínimo			6,00		
	Máximo			9,00		
	Rango			3,00		
	Rango intercuartil			2,25		
	Asimetría			-,075	,845	
	Curtosis			-1,550	1,741	

**Figura 47**

*Distribución Valores de Habilidad Gráfica para ECG en Dos Grupos*



### Comprobación de Hipótesis

A partir de los datos obtenidos en la Tabla 29 para el grupo experimental y el grupo de control, y los criterios emitidos por Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2014), en relación al análisis estadístico inferencial, es necesario seleccionar el método más adecuado para comprobar la hipótesis. Existen básicamente dos tipos de análisis estadísticos: los análisis paramétricos y los no paramétricos.

Los primeros requieren en esencia tres condiciones: que la distribución poblacional de la variable dependiente sea normal; que el nivel de medición de las variables sea por intervalos o razón; y, que las dos o más poblaciones en análisis tengan una dispersión similar en sus distribuciones, es decir, una varianza homogénea.

Por su parte, los análisis no paramétricos tienen las siguientes consideraciones: la mayoría de ellos permiten que las distribuciones no sean normales; y las variables pueden

referirse a datos nominales u ordinales, por tanto, no requieren que sean medidas por intervalos o de razón.

Debido a que las escalas de los test TAEC y ECG aplicados al grupo experimental y de control no son matemáticamente equivalentes, la comprobación de hipótesis se realizará en dos momentos: el primero, considerando los datos obtenidos en el test TAEC, y el segundo, con los resultados proporcionados por el test ECG.

### **Pruebas Necesarias en Test TAEC**

**Prueba de Normalidad.** Se procede a determinar entonces si la distribución poblacional de la variable dependiente –la capacidad creativa– es normal, ejecutando para ello la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk en el paquete estadístico SPSS; varios autores recomiendan efectuar esta prueba cuando las muestras tienen un número inferior a 50 individuos. Los resultados, que se pueden observar en la Tabla 47, permiten determinar la normalidad de la distribución de los datos según los siguientes criterios:

P-valor  $\geq \alpha$ , se acepta  $H_0 \rightarrow$  La variable tiene una distribución normal.

P-valor  $< \alpha$ , se acepta  $H_1 \rightarrow$  La variable NO tiene una distribución normal.

$\alpha =$  nivel de significancia o significación, cuyo valor para el presente estudio es del 5 % (0,05 en formato de proporción), con un intervalo de confianza del 95 %.

**Tabla 47**

*Pruebas Estadísticas de Normalidad en Datos TAEC para Dos Grupos*

Factor	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig. (P-valor)
ResistCierre_TAEC	,182	10	,200*	,923	10	,378
Origin_TAEC	,177	10	,200*	,955	10	,732
Elab_TAEC	,159	10	,200*	,932	10	,471
Conectiv_TAEC	,268	10	,040	,821	10	,026

Factor	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig. (P-valor)
Fantasia_TAEC	,246	10	,087	,808	10	,018
HabGrafica_TAEC	,132	10	,200*	,965	10	,843

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

El programa estadístico SPSS ha calculado dos tipos de prueba, sin embargo, el análisis se centrará en los resultados de Shapiro-Wilk; como se puede observar, prácticamente todos los P-valores son mayores o iguales al nivel  $\alpha$  establecido en 0,05 exceptuando los factores de conectividad y fantasía, que corresponden a 0,026 y 0,018, respectivamente. Se concluye entonces, que para todos los factores cuya significancia fue mayor o igual que  $\alpha$ , su distribución es normal y por tanto, permite la aplicación de un análisis paramétrico. Para los factores de conectividad y fantasía, donde se observan P-valores menores a 0,05 se concluye que la distribución no es normal y por tanto, se aplicará un análisis no paramétrico para estos factores.

El análisis paramétrico en los factores de resistencia al cierre, originalidad, elaboración y habilidad gráfica se aplicará a través de la prueba t de Student para muestras independientes; mientras que para los factores de conectividad y fantasía se utilizará el análisis no paramétrico mediante una prueba análoga conocida como Prueba U de Mann-Whitney.

**Prueba t de Student.** Al considerar un intervalo de confianza de 95 % y un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ , el criterio de decisión para aceptar o rechazar hipótesis será el siguiente:

P-valor  $\geq \alpha$ , se acepta  $H_0 \rightarrow$  La aplicación del enfoque educativo STEM NO  
incide en la capacidad creativa de los estudiantes.

P-valor  $< \alpha$ , se acepta  $H_1 \rightarrow$  La aplicación del enfoque educativo STEM incide  
en la capacidad creativa de los estudiantes.

Los resultados de esta prueba estadística para los grupos experimental y de control se muestran en las siguientes tablas:

**Tabla 48**

*Estadísticas de Grupo para Muestras Independientes en TAEC*

	<b>Grupo</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Desviación</b>	<b>Desv. Error promedio</b>
ResistCierre_TAEC	Experimental	6	21,8333	4,07022	1,66166
	Control	4	23,0000	3,16228	1,58114
Origin_TAEC	Experimental	6	26,6667	3,14113	1,28236
	Control	4	29,5000	5,32291	2,66145
Elab_TAEC	Experimental	6	22,3333	5,27889	2,15510
	Control	4	24,2500	5,79511	2,89756
HabGrafica_TAEC	Experimental	6	17,5000	4,59347	1,87528
	Control	4	19,2500	6,50000	3,25000

Se puede observar en la Tabla 49, que existe homogeneidad de las varianzas en los cuatro factores de acuerdo a la Prueba de Levene.

También se aprecia que, al asumir igualdad de varianzas, los factores *resistencia al cierre, originalidad, elaboración y habilidad gráfica* presentan P-valores [Sig. (bilateral)] mayores que el nivel  $\alpha = 0,05$ . Por tanto, para estos factores se acepta la hipótesis nula, en la cual se establece que la aplicación del enfoque educativo STEM NO incide en la capacidad creativa de los estudiantes.

Tabla 49

Prueba T de Student para Muestras Independientes Dos Grupos en TAEC

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias							
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
								Inferior	Superior	
ResistCierre_TAEC	Se asumen									
	varianzas iguales	1,340	,281	-,481	8	,643	-1,16667	2,42420	-6,75688	4,42354
ResistCierre_TAEC	No se									
	asumen varianzas iguales			-,509	7,671	,625	-1,16667	2,29371	-6,49566	4,16233

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior	
<b>Origin_TAEC</b>	Se asumen varianzas iguales	4,361	,070	-1,071	8	,315	-2,83333	2,64510	-8,93293	3,26627
	No se asumen varianzas iguales			-,959	4,412	,387	-2,83333	2,95428	-10,74234	5,07567

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior		Superior
<b>Elab_TAEC</b>	Se asumen varianzas iguales	,004	,954	-,542	8	,603	-1,91667	3,53615	-10,07104	6,23770
	No se asumen varianzas iguales			-,531	6,114	,614	-1,91667	3,61113	-10,71284	6,87951

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior	
HabGrafica_TAEC	Se asumen varianzas iguales	,400	,545	-,503	8	,628	-1,75000	3,47798	-9,77024	6,27024
	No se asumen varianzas iguales			-,466	4,998	,661	-1,75000	3,75222	-11,39668	7,89668

**Prueba U de Mann-Whitney.** Se considera un intervalo de confianza del 95 % y un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ . El criterio de decisión para aceptar o rechazar hipótesis será el siguiente:

P-valor  $\geq \alpha$ , se acepta  $H_0 \rightarrow$  La aplicación del enfoque educativo STEM NO incide en la capacidad creativa de los estudiantes.

P-valor  $< \alpha$ , se acepta  $H_1 \rightarrow$  La aplicación del enfoque educativo STEM incide en la capacidad creativa de los estudiantes.

**Tabla 50**

*Prueba U de Mann-Whitney para Muestras Independientes en TAEC*

		<b>Rangos</b>		
	Grupo	N	Rango promedio	Suma de rangos
Conectiv_TAEC	Experimental	6	6,67	40,00
	Control	4	3,75	15,00
	Total	10		
Fantasia_TAEC	Experimental	6	4,92	29,50
	Control	4	6,38	25,50
	Total	10		
<b>Estadísticos de prueba<sup>a</sup></b>				
		<b>Conectiv_TAEC</b>	<b>Fantasia_TAEC</b>	
U de Mann-Whitney		5,000	8,500	
W de Wilcoxon		15,000	29,500	
Z		-1,516	-,751	
Sig. asintótica(bilateral)		,130	,453	
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]		,171 <sup>b</sup>	,476 <sup>b</sup>	

a. Variable de agrupación: Grupo

b. No corregido para empates.

La Tabla 50 está compuesta de dos partes: la primera comprende los rangos de los valores en las dos variables de análisis, tanto para el grupo de control como para el experimental. En la segunda parte se resumen los estadísticos de prueba inferencial; como se

puede observar, los P-valores o de significación exacta para los factores conectividad y fantasía son mayores que  $\alpha = 0,05$ , y por tanto se acepta también la hipótesis nula.

### **Pruebas Necesarias en Test ECG**

**Prueba de Normalidad.** De manera similar a como se comprobó la normalidad en la distribución de datos para TAEC, se mantendrán los siguientes criterios:

P-valor  $\geq \alpha$ , se acepta  $H_0 \rightarrow$  La variable tiene una distribución normal.

P-valor  $< \alpha$ , se acepta  $H_1 \rightarrow$  La variable NO tiene una distribución normal.

$\alpha =$  nivel de significancia o significación, cuyo valor para el presente estudio es del 5 % (0,05 en formato de proporción), con un intervalo de confianza del 95 %.

**Tabla 51**

*Pruebas Estadísticas de Normalidad en Datos ECG para Dos Grupos*

Factor	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig. (P-valor)
ResistCierre_ECG	,115	10	,200*	,953	10	,699
Origin_ECG	,168	10	,200*	,908	10	,268
Elab_ECG	,264	10	,046	,808	10	,018
Conectiv_ECG	,199	10	,200*	,946	10	,622
Fantasia_ECG	,251	10	,075	,840	10	,044
HabGrafica_ECG	,183	10	,200*	,942	10	,573

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

#### a. Corrección de significación de Lilliefors

Como se puede observar, los factores resistencia al cierre, originalidad, conectividad y habilidad gráfica presentan P-valores mayores que 0,05; por tanto, para éstos se acepta la hipótesis nula, se concluye que las variables tienen una distribución normal y por tanto se puede utilizar un análisis paramétrico mediante la t de Student. Sin embargo, en elaboración y fantasía se observan P-valores inferiores al  $\alpha$ , razón por la cual se concluye que para estos

factores la variable no tiene una distribución normal, lo cual implica utilizar un análisis no paramétrico mediante la Prueba U de Mann-Whitney.

**Prueba t de Student.** Considerando un intervalo de confianza del 95 % y un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ , el criterio de decisión para aceptar o rechazar hipótesis será el siguiente:

P-valor  $\geq \alpha$ , se acepta  $H_0 \rightarrow$  La aplicación del enfoque educativo STEM NO incide en la capacidad creativa de los estudiantes.

P-valor  $< \alpha$ , se acepta  $H_1 \rightarrow$  La aplicación del enfoque educativo STEM incide en la capacidad creativa de los estudiantes.

**Tabla 52**

*Estadísticas de Grupo para Muestras Independientes en ECG*

	<b>Grupo</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Desviación</b>	<b>Desv. Error promedio</b>
<b>ResistCierre_ECG</b>	Experimental	6	5,6667	1,75119	,71492
	Control	4	7,7500	1,50000	,75000
<b>Origin_ECG</b>	Experimental	6	7,1667	1,16905	,47726
	Control	4	5,2500	,95743	,47871
<b>Conectiv_ECG</b>	Experimental	6	4,7783	1,40923	,57532
	Control	4	3,6675	2,32411	1,16206
<b>HabGrafica_ECG</b>	Experimental	6	7,6667	1,21106	,49441
	Control	4	5,0000	1,63299	,81650

Según la Tabla 53 existe homogeneidad de las varianzas en los factores. Asumiendo igualdad de varianzas, la *resistencia al cierre* y la *conectividad* presentan P-valores [Sig. (bilateral)] mayores que el nivel  $\alpha=0,05$ . Para estos factores se acepta la hipótesis nula, y por tanto la aplicación del enfoque educativo STEM NO incide en la capacidad creativa de los estudiantes. Sin embargo, los factores *originalidad* y *habilidad gráfica* tienen P-valores [Sig. (bilateral)] menores que 0,05; en estos factores se rechaza la hipótesis nula y se comprueba que la aplicación del enfoque educativo STEM incide en la capacidad creativa de los estudiantes.

Tabla 53

Prueba T de Student para Muestras Independientes Dos Grupos en ECG

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior		Superior
<b>ResistCierre_ECG</b>	Se asumen varianzas iguales	,026	,876	-1,943	8	,088	-2,08333	1,07246	-4,55643	,38977
	No se asumen varianzas iguales			-2,011	7,308	,083	-2,08333	1,03615	-4,51264	,34598
<b>Origin_ECG</b>	Se asumen varianzas iguales	,042	,843	2,713	8	,027	1,91667	,70649	,28749	3,54584
	No se asumen varianzas iguales			2,835	7,489	,023	1,91667	,67598	,33913	3,49420

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior	
<b>Conectiv_ECG</b>	Se asumen varianzas iguales	1,943	,201	,952	8	,369	1,11083	1,16669	-1,57955	3,80121
	No se asumen varianzas iguales			,857	4,489	,435	1,11083	1,29667	-2,33978	4,56144
<b>HabGrafica_ECG</b>	Se asumen varianzas iguales	,000	1,000	2,984	8	,017	2,66667	,89365	,60591	4,72743
	No se asumen varianzas iguales			2,794	5,185	,037	2,66667	,95452	,23910	5,09423

**Prueba U de Mann-Whitney.** Considerando un intervalo de confianza del 95 % y un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$  se han realizado los respectivos cálculos resumidos en la Tabla 54. El criterio de decisión para aceptar o rechazar hipótesis será el siguiente:

P-valor  $\geq \alpha$ , se acepta  $H_0 \rightarrow$  La aplicación del enfoque educativo STEM NO incide en la capacidad creativa de los estudiantes.

P-valor  $< \alpha$ , se acepta  $H_1 \rightarrow$  La aplicación del enfoque educativo STEM incide en la capacidad creativa de los estudiantes

**Tabla 54**

*Prueba U de Mann-Whitney para Muestras Independientes en ECG*

	Grupo	Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
<b>Elab_ECG</b>	Exp.	6	6,33	38,00
	Control	4	4,25	17,00
	Total	10		
<b>Fantasia_ECG</b>	Exp.	6	5,75	34,50
	Control	4	5,13	20,50
	Total	10		
Estadísticos de prueba <sup>a</sup>				
		Elab_ECG	Fantasia_ECG	
U de Mann-Whitney		7,000	10,500	
W de Wilcoxon		17,000	20,500	
Z		-1,118	-,335	
Sig. asintótica(bilateral)		,264	,737	
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]		,352 <sup>b</sup>	,762 <sup>b</sup>	

a. Variable de agrupación: Grupo

b. No corregido para empates.

La Tabla 54 está compuesta de dos partes: la primera comprende los rangos de los valores en las dos variables de análisis, tanto para el grupo de control como para el experimental. En la segunda parte se resumen los estadísticos de prueba inferencial; como se

puede observar, los P-valores o de significación exacta para los factores elaboración y fantasía son mayores que  $\alpha = 0,05$  y por tanto se acepta también la hipótesis nula.

Luego de los análisis paramétricos y no paramétricos realizados en los grupos de control y experimental para los test TAEC y ECG, se concluye que la hipótesis de investigación se ha cumplido en los factores **originalidad y habilidad gráfica** de la capacidad creativa; es decir, la aplicación del enfoque STEM incidió *significativamente* en la capacidad de los estudiantes para crear composiciones ingeniosas, inusuales, novedosas, sorprendentes; y para trasladar las imágenes mentales a un lenguaje gráfico, visual.

Respecto a los otros factores la incidencia no fue estadísticamente significativa, y por tal razón, se hace necesaria la diversificación de estrategias activas de aprendizaje al implementar STEM en contextos universitarios.

## Conclusiones y Recomendaciones

La educación STEM llegó a nuestro país para quedarse, sin embargo, las iniciativas descritas se deben perfeccionar con un adecuado seguimiento, y tener la continuidad que todo proceso educativo requiere. Las investigaciones en el Ecuador acerca de STEM deben multiplicarse a todo nivel, ya que aún son incipientes las publicaciones indexadas que se han encontrado sobre este tema.

Por otra parte, varios autores que han sido revisados coinciden en la necesidad de profundizar las investigaciones para entender mejor el pensamiento creativo. Resultaron muy interesantes algunos puntos de vista –como el de Saturnino de la Torre, en cuyos trabajos se revela el estrecho vínculo entre la creatividad y la comunicación. En ellas se concluye, que no son suficientemente creativos los individuos que conservan para sí las ideas geniales, sino quienes además logran interactuar –a través de estas ideas– con su entorno social más cercano.

En lo referente al **primer objetivo** de este trabajo, dos de cada tres docentes encuestados han escuchado acerca del enfoque STEM, y en esta misma proporción ratificaron la aplicabilidad del enfoque STEM en el contexto universitario. Aunque se pudo detectar que no todos conocen a detalle el significado, esencia e implicaciones de la educación STEM, el 50 % de los docentes encuestados afirmó haber realizado, ocasionalmente, varias aproximaciones STEM a través de las estrategias didácticas que utilizan con sus estudiantes. Según la misma encuesta, el 100 % de los docentes encuestados coincidió en que es importante desarrollar el pensamiento creativo de los estudiantes; el 83 % consideró que es importante el trabajo en equipo; el 67 % de los docentes, al desarrollo del pensamiento crítico; y finalmente el 50 % le dio importancia a la capacidad para investigar, comunicar y resolver problemas.

En esta investigación también se cumplieron tres tipos de evaluación educativa: en primer lugar, la *evaluación diagnóstica*, que tuvo lugar a través de las encuestas y sus respectivos cuestionarios, tanto para explorar los estilos de aprendizaje de los estudiantes,

como para indagar los conocimientos entorno a la educación STEM en los docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. La exploración de los estilos de aprendizaje brindó información relevante sobre los estudiantes del curso. Para cumplir los objetivos y resultados de aprendizaje planteados, el enfoque STEM recomendaba realizar este diagnóstico de los estudiantes, no solamente en los contenidos sino también en sus distintas maneras de aprender. Esta información permitió conocer además qué estilos de aprendizaje se debían potenciar en los educandos, para contribuir con el perfil de egreso de la carrera de Ingeniería Mecánica.

En segundo lugar, se encuentra la *evaluación formativa*, que permitió al docente retroalimentar a sus estudiantes durante el desarrollo del proyecto interdisciplinario, utilizando la técnica de la observación y sus respectivas herramientas (listas de cotejo y rúbricas). Finalmente, se ubica la *evaluación sumativa*, que se concretó mediante rúbricas, tanto para evaluar el prototipo del proyecto interdisciplinario como el desempeño de los estudiantes, por parte del docente.

El cumplimiento del **segundo objetivo** de este trabajo se evidenció a través de las tres listas de cotejo utilizadas, ya que cada una de ellas tenía un objetivo asociado a un resultado de aprendizaje; asimismo, cada una de las etapas del proceso de diseño en ingeniería se convirtió en un criterio de evaluación, de tal manera que pueda ser valorada por el docente de la asignatura en los dos grupos de estudiantes.

En general, el grupo experimental logró mejores puntuaciones de cumplimiento en cada una de las etapas de diseño y objetivos de aprendizaje, respecto al grupo de control. En ninguna de las tres etapas observadas el grupo experimental obtuvo el 100%, pero sí estuvo bastante cerca en las etapas de imaginación y planeación, con un 80 % de cumplimiento; el porcentaje más bajo para este grupo ocurrió en la etapa de creación, con un 60 %. En lo que respecta al grupo de control, el grado de cumplimiento más bajo lo obtuvo en la etapa de creación, con un 20 %; en tanto que la valoración más alta la recibió en la etapa de

imaginación, alcanzando un 60 %. En conclusión, para los dos grupos –control y experimental–, la etapa de mejor cumplimiento fue la de *imaginación*, y la de más baja valoración fue la etapa de *creación*.

Por su parte, el desarrollo de las competencias genéricas en los estudiantes debe ser una aspiración en cada nivel de las carreras profesionales; aunque algunas herramientas y contenidos los podrían aprender durante el periodo académico, otras habilidades podrían perfeccionarlas en cursos complementarios de la universidad.

En lo referente al cumplimiento del **tercer objetivo**, se presentaron algunos aspectos relevantes. A nivel de todo el curso, las calificaciones de los estudiantes en el segundo parcial fueron superiores a las del primero y tercer parciales, mientras que las calificaciones del tercer parcial presentaron una tendencia hacia la baja.

Las calificaciones de los estudiantes en cada parcial, fueron el resultado de combinar el proyecto interdisciplinario STEM con la planificación curricular de la asignatura Electrotecnia. Durante el primero y segundo parciales, el proyecto interdisciplinario se encontraba en las fases preliminares –donde se definía el problema y se planeaban las posibles soluciones–, por tanto, la carga de trabajo para los estudiantes no fue tan rigurosa; sin embargo, cuando el proyecto se encontraba en las fases de creación, desarrollo y mejoramiento del prototipo, los estudiantes vieron incrementado el nivel de exigencia de la asignatura. Esta situación, que ocurrió durante el tercer parcial, influyó en el rendimiento académico de los estudiantes y en la disminución de sus calificaciones.

El hecho de que los estudiantes hayan presentado una disminución de sus calificaciones –especialmente en el tercer parcial– no indica necesariamente que la realización de un proyecto interdisciplinario STEM sea perjudicial, sino que representa más bien el indicio de algunas cosas que se pueden mejorar; por ejemplo, es muy importante que la planificación curricular de la asignatura considere también la carga horaria que demandará el proyecto interdisciplinario STEM en todas sus fases, a fin de evitar que tanto el docente como los

estudiantes desborden la carga horaria establecida para la asignatura y el nivel correspondiente.

La comparación de las calificaciones en cada parcial de los dos grupos de estudiantes permitió observar que –en general– los estudiantes del grupo experimental fueron mejores que los del grupo de control; esta diferencia se hizo más notoria en el segundo y tercer parciales, cuando la implementación del enfoque STEM estuvo más afianzada en los estudiantes.

Para evidenciar el cumplimiento del **cuarto objetivo**, es decir, los cambios resultantes de la aplicación del enfoque STEM, fue necesario realizar un análisis entre el grupo experimental y el grupo de control en cada uno de los dos test, TAEC y ECG. A pesar de que estos instrumentos están fundamentados en los mismos principios teóricos, no tienen las mismas escalas, y por tanto no son equivalentes desde un punto de vista matemático.

Con ayuda de los diagramas de caja y bigotes se pudo determinar que al momento de aplicar el instrumento TAEC, el grupo de control era mejor que el experimental en cinco de los seis factores de creatividad, con excepción del factor de conectividad; luego de la implementación del enfoque STEM y de aplicar el instrumento ECG, se observó que el grupo experimental fue mejor –más creativo– en cinco de los seis factores; en este caso la excepción ocurrió en el factor de abreacción o resistencia al cierre. Por lo tanto, se recomienda incorporar a los sílabos actividades y estrategias didácticas que fortalezcan las habilidades asociadas con cada uno de los factores de la creatividad.

Algunos estudiantes del grupo de control incrementaron su puntaje en el factor de abreacción del postest ECG, a pesar de no haber sido parte del proyecto interdisciplinario ni del enfoque STEM. La principal circunstancia a la cual se le puede atribuir este caso atípico es el entorno virtual en el que se desarrolló el curso; ya que, a diferencia de la modalidad presencial, en la que se puede controlar mejor la administración de este tipo de instrumentos, la virtualidad puede haber favorecido que cierta información de los test de creatividad se haya

intercambiado entre estudiantes de los dos grupos. Por tanto, las condiciones de aplicación de estos test se deben conocer y controlar mejor por parte de los aplicadores.

En la prueba de hipótesis se pudo evidenciar mejor la incidencia del enfoque educativo STEM en el desarrollo de la capacidad creativa de los estudiantes. Debido a que la creatividad es una variable que se puede medir a través de diferentes factores, era necesario incorporar a cada uno de ellos en el proceso de verificación. Luego de aplicarse el proyecto interdisciplinario en el grupo experimental, dos de los seis factores –*originalidad y habilidad gráfica*– mostraron cambios muy evidentes, convirtiéndose en eventos estadísticamente significativos; esto significa que la aplicación del enfoque STEM incidió *significativamente* en el desarrollo de la capacidad de los estudiantes para crear composiciones ingeniosas, inusuales, novedosas, sorprendentes; y para trasladar las imágenes mentales a un lenguaje gráfico, visual.

Los otros cuatro factores –resistencia al cierre, fantasía y conectividad– no tuvieron cambios significativos, haciéndose necesario explorar otras metodologías activas de aplicación del enfoque STEM en los estudiantes universitarios, como por ejemplo el aprendizaje basado en: problemas, retos, juego y gamificación; o el pensamiento orientado al diseño conocido como *design thinking*, que ha sido implementado en algunos centros de educación superior de reconocido prestigio, como la Universidad de Stanford o el Instituto Tecnológico de Massachusetts –MIT.

## Bibliografía

- Alpizar Muni, J. L. (2008). ¿Profesionales competitivos o competentes? II. Tipología de competencias. *Pedagogía Universitaria*, 13(4), 15.  
[https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Alpizar-3/publication/325321644\\_PROFESIONALES\\_COMPETITIVOS\\_O\\_COMPETENTES\\_II\\_TIPOLOGIA\\_DE\\_COMPETENCIAS\\_COMPETITIVE\\_OR\\_COMPETENT\\_PROFESSIONALS\\_II\\_Competences\\_Typology/links/5b05963e4585157f870927b4/PROFESIONALES-COMPETITIVOS-O-COMPETENTES-II-TIPOLOGIA-DE-COMPETENCIAS-COMPETITIVE-OR-COMPETENT-PROFESSIONALS-II-Competences-Typology.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Alpizar-3/publication/325321644_PROFESIONALES_COMPETITIVOS_O_COMPETENTES_II_TIPOLOGIA_DE_COMPETENCIAS_COMPETITIVE_OR_COMPETENT_PROFESSIONALS_II_Competences_Typology/links/5b05963e4585157f870927b4/PROFESIONALES-COMPETITIVOS-O-COMPETENTES-II-TIPOLOGIA-DE-COMPETENCIAS-COMPETITIVE-OR-COMPETENT-PROFESSIONALS-II-Competences-Typology.pdf)
- Álvarez Pérez, P. R., López Aguilar, D., González Ramallal, M. E., González Morales, M. O., y Peláez Alba, M. P. (2017). Los resultados de aprendizaje en competencias genéricas: guía práctica para su desarrollo en la enseñanza universitaria. *Imaginar y Comprender la Innovación en la Universidad: VII Jornadas de Innovación Educativa de la Universidad de la Laguna*, 189–204.  
<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/6109/LOS%20RESULTADOS%20DE%20APRENDIZAJE%20EN%20COMPETENCIAS%20GENERICAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barrales Villegas, A. (2012). El enfoque educativo basado en competencias, un reto que enfrenta la Universidad Veracruzana. *Educación*, 21(41), 23–39.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5056897>
- Benavides Castillo, L. E. (2014). *Competencias Transversales, Fuente de Mejoramiento de la Empleabilidad de los Graduados en Telecomunicaciones* [Tesis de maestría, Universidad de Especialidades Espíritu Santo].  
<http://repositorio.uees.edu.ec/handle/123456789/161>
- Borrego, M., & Henderson, C. (2014). Increasing the use of evidence-based teaching in STEM higher education: A comparison of eight change strategies. *Journal of Engineering*

- Education*, 103(2), 220–252. <https://doi.org/10.1002/jee.20040>
- Botero Espinosa, J. (2018). *Educación STEM: Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender*. STEM Educación Colombia. <https://www.stemeducol.com/>
- CACES. (2018). *Política de Evaluación Institucional de Universidades y Escuelas Politécnicas en el marco del Sistema de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior*. [https://www.caces.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/12/1.-CACES\\_POLITICAS\\_EVALUACION\\_INSTITUCIONAL\\_2018-1.pdf](https://www.caces.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/12/1.-CACES_POLITICAS_EVALUACION_INSTITUCIONAL_2018-1.pdf)
- CACES. (2019). *Modelo de Evaluación Externa de Universidades y Escuelas Politécnicas 2019*. [https://www.caces.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/12/3.-Modelo\\_Eval\\_UEP\\_2019\\_compressed.pdf](https://www.caces.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/12/3.-Modelo_Eval_UEP_2019_compressed.pdf)
- Carbonell-Carrera, C., Saorin, J. L., Melian-Díaz, D., y De la Torre-Cantero, J. (2019). Enhancing creative thinking in STEM with 3D CAD modelling. *Sustainability*, 11(21), 6036. [https://www.researchgate.net/publication/336931158\\_Enhancing\\_Creative\\_Thinking\\_in\\_STEM\\_with\\_3D\\_CAD\\_Modelling](https://www.researchgate.net/publication/336931158_Enhancing_Creative_Thinking_in_STEM_with_3D_CAD_Modelling)
- De la Torre, S. (1995). *Evaluación de la creatividad: TAEC, un instrumento de apoyo a la Reforma*. Escuela Española.
- De la Torre, S. (1997). *Creatividad y Formación. Identificación, Diseño y Evaluación* (1.ª ed.). Editorial Trillas.
- De la Torre, S., y Violant, V. (2006). *Comprender y evaluar la creatividad. Cómo investigar y evaluar la creatividad* (Vol. 2). Ediciones Aljibe.
- Del Campo Villares, M. O., Ferreiro, F. J., y Camino Santos, M. (2012). Una aplicación del modelo EFQM a la educación superior, 33, 3–8. [https://www.researchgate.net/publication/322831628\\_Una\\_aplicacion\\_del\\_modelo\\_EFQM\\_a\\_la\\_Educacion\\_Superior](https://www.researchgate.net/publication/322831628_Una_aplicacion_del_modelo_EFQM_a_la_Educacion_Superior)
- Duero, D. (2003). La Gestalt como teoría de la percepción y como epistemología: aportes y

- desarrollos. *Revista de La Universidad Nacional de Córdoba*, 1–35.  
<https://www.rua.unam.mx/portal/embed/recursos/ficha/5107/la-gestalt-como-teoria-de-la-percepcion-y-como-epistemologia-aportes-y-desarrollos>
- Felder, R. M., & Brent, R. (2016). *Teaching and learning STEM: A practical guide*. John Wiley & Sons.
- Felder, R. M., & Silverman, L. K. (1988). Learning and teaching styles and libraries. *Journal of Engineering Education*, 78(June), 674–681.  
<https://www.engr.ncsu.edu/wp-content/uploads/drive/1QP6kBI1iQmpQbTXL-08HSI0PwJ5BYnZW/1988-LS-plus-note.pdf>
- Felder, R. M., & Soloman, B. A. (2007). Index of Learning Styles Questionnaire.  
<https://www.webtools.ncsu.edu/learningstyles/>
- Ferreira, K., y Gomes Lima, P. (2013). Proyecto Tuning América Latina en las universidades brasileñas: características y ámbitos en el área de la educación. *Revista Paradigma*, 34(1), 83–96. <http://ve.scielo.org/pdf/pdg/v34n1/art06.pdf>
- Freire, J., Rivela, B., y Freire, J. (2016). Los modelos universitarios tradicionales: Nuevas vías para un aprendizaje significativo. *Revista Sector-e*, 5, 44–50.  
[https://www.researchgate.net/publication/305044467\\_Los\\_modelos\\_universitarios\\_tradicionales\\_Nuevas\\_vias\\_para\\_un\\_aprendizaje\\_significativo](https://www.researchgate.net/publication/305044467_Los_modelos_universitarios_tradicionales_Nuevas_vias_para_un_aprendizaje_significativo)
- Fundación Siemens Stiftung. (2021). Educación STEM Latinoamérica.  
<https://educacion.stem.siemens-stiftung.org/>
- Gómez Quintero, L. M. (2017). *Cultura STEAM y la educación para el siglo XXI*. Ruta Maestra.  
<https://rutamaestra.santillana.com.co/cultura-steam-y-la-educacion-para-el-siglo-xxi/>
- González, V., y González, R. (2008). Competencias genéricas y formación profesional: un análisis desde la docencia universitaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, 47(47), 185–209.  
<https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/23230/00520083000550>.

pdf?sequence=1

Guerra, A., Mesa, F. R., y González, F. A. (2017). Principios de aprendizaje y organización curricular en el PBL. *Aprendizaje Basado En Problemas y Educación En Ingeniería: Panorama Latinoamericano*, 2-18.

[https://library.biblioboard.com/ext/api/media/9d52148e-7e63-4036-a167-92126e1f5326/assets/external\\_content.pdf#page=13](https://library.biblioboard.com/ext/api/media/9d52148e-7e63-4036-a167-92126e1f5326/assets/external_content.pdf#page=13)

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014).

*Metodología de la Investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. De C.V.

Jácome, V. A. R., Galeas, J. del R. V., Sangacha, D. A. P., y Puente, E. M. I. (2016). Diseño de situaciones de aprendizaje que potencien competencias profesionales en la enseñanza universitaria de Ecuador. *Didasc@ Lia: Didáctica y Educación*, (4), 215–228.

<https://revistas.ult.edu.cu/index.php/didascalía/article/download/526/525>

Koideas. (2020). Capacidades, habilidades y competencias... ¿Son lo mismo?

<https://www.koideas.com/>

Ley Orgánica Reformatoria a Ley Orgánica de Educación Superior. (2018, 2 de agosto).

Asamblea Nacional. Pub. L. No. 297, 40. Registro Oficial.

<https://www.registroficial.gob.ec>

Licandro, O. D., y Yepes Chisco, S. L. (2018). La Educación Superior conceptualizada como Bien Común: El desafío propuesto por UNESCO. *Revista Digital de Investigación En Docencia Universitaria*, 12(2018), 6–33. <https://doi.org/10.19083/ridu.12.715>

Maldonado, B. (2016). Gestión universitaria y formación por competencias. *Economía y Administración*, 1(2016), 1-125. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/11681>

Martín, J. L., Martínez, P., Fernández, G. M., y Bravo, C. (2016). Analizando el desarrollo de las habilidades STEM a través de un proyecto ABP con arduino y su relación con el rendimiento académico. <https://recursos.educoas.org/sites/default/files/VE16.583.pdf>

- Martini, S., y Chiarella, M. (2017). Didactica Maker. Estrategias colaborativas de aprendizaje STEM en Diseño Industrial. *Proceedings XX Congreso SIGraDi*, 158–164.  
<https://pdf.blucher.com.br/designproceedings/sigradi2017/025.pdf>
- Mejía Mejía, E. (2005). *Técnicas e instrumentos de investigación* (1.<sup>a</sup> ed.). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.  
<http://online.aliat.edu.mx/adistancia/InvCuantitativa/LecturasU6/tecnicas.pdf>
- Ministerio de Educación Ecuador. (2018). Noticias. <https://educacion.gob.ec/el-ministerio-de-educacion-forma-parte-de-la-coalicion-stem/>
- Navarro, J. A. D., Pérez, E.-S. C., y Marco, M. J. V. (2008). Comparativa entre el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje basado en problemas. *II Jornadas de Innovación Docente, Tecnologías de La Información y de La Comunicación e Investigación Educativa, Zaragoza*. <https://cmapspublic.ihmc.us/rid=1H8856MDP-FGB7LP-16XZ/Comparativa%20ABP.pdf>
- Organización de Estados Iberoamericanos. (2019). La Ciencia con Boca, una nueva propuesta de aprendizaje. <https://oei.int/oficinas/ecuador/noticias/la-quot-ciencia-con-boca-quot-una-nueva-propuesta-de-aprendizaje>
- Organización de los Estados Americanos. (2014). Noticias SEDI.  
[http://www.oas.org/es/sedi/nl/1114/3\\_es.asp](http://www.oas.org/es/sedi/nl/1114/3_es.asp)
- Palau de la Rosa, L. E. (2014). *Análisis del perfil de ingenieros en Telecomunicaciones que demanda la Empresa Pública y Privada en contraste con el perfil profesional que ofrece la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil* [Tesis de maestría, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/2640>
- Quizhpe Salinas, L. A., Gómez Cabrera, O. A., y Aguilar Salazar, R. del P. (2016). La innovación educativa en la Educación Superior ecuatoriana y el portafolio docente: instrumentos de desarrollo. *Revista Cubana de Reumatología*, 18(3), 297–303.  
<http://scielo.sld.cu/pdf/rcur/v18n3/rcur10316.pdf>

- Sánchez Restrepo, D. I., y Hernández Osorio, C. (2018). *Estrategias Didácticas para la Educación STEM/STEAM*. [Diplomatura en Educación STEAM/STEM, Organización de Estados Americanos y Universidad Pontificia Bolivariana].  
<https://es.scribd.com/document/411041690/Estrategias-Didacticas-STEM-STEAM>
- Saorín, J. L., De La Torre, J., Melián, D., Meier, C., y Lifante, Y. (2015). Competencia creativa en estudios de Grado en Ingeniería. *III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad*. 40-44.  
<https://portalciencia.ull.es/documentos/60cc6bf26dd2475b3bf00640>
- Solanes Puchol, A., Núñez Núñez, R., y Rodríguez Marín, J. (2012). Elaboración de un cuestionario para la evaluación de competencias genéricas en estudiantes universitarios. *Apuntes de Psicología*, 30(1–3), 513–522.  
<https://www.apuntesdepsicologia.es/index.php/revista/article/download/429/349>
- Tobón, S. (2008). *La formación basada en competencias en la educación superior: el enfoque complejo*. Universidad Autónoma de Guadalajara.  
[http://148.202.167.116:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3491/Formaci%C3%B3n\\_basada\\_competencias.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://148.202.167.116:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3491/Formaci%C3%B3n_basada_competencias.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Tobón, S. (2015). *Formación integral y competencias* (Vol. 227). Editorial Macro.  
[https://www.researchgate.net/profile/Sergio\\_Tobon4/publication/319310793\\_Formacion\\_integral\\_y\\_competencias\\_Pensamiento\\_complejo\\_curriculo\\_didactica\\_y\\_evaluacion/links/59a2edd9a6fdcc1a315f565d/Formacion-integral-y-competencias-Pensamiento-complejo-curriculo-didactica-y-evaluacion.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sergio_Tobon4/publication/319310793_Formacion_integral_y_competencias_Pensamiento_complejo_curriculo_didactica_y_evaluacion/links/59a2edd9a6fdcc1a315f565d/Formacion-integral-y-competencias-Pensamiento-complejo-curriculo-didactica-y-evaluacion.pdf)
- Tocci, A. M. (2015). Caracterización de Perfiles de Estilos de Aprendizaje en Alumnos de Ingeniería según el Modelo de Felder y Silverma. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 8(16), 101–118. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/120356>
- Tuning Academy. (2014). *Tuning Latinoamérica III (2011-2014)*.  
<http://tuningacademy.org/tuning-latin-america-iii/?lang=en>

Tuyarot, D., y Arriasecq, I. (2015). Enseñanza de la física universitaria a través de proyectos:

el motor de Stirling. *Revista de Enseñanza de La Física*, 27(2), 447–452.

[https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/58741/CONICET\\_Digital\\_Nro.c16d3e9e-d2f5-44ee-a993-b4ba4f00dc47\\_A.pdf?sequence=2](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/58741/CONICET_Digital_Nro.c16d3e9e-d2f5-44ee-a993-b4ba4f00dc47_A.pdf?sequence=2)

UNESCO. (1998, del 5 al 9 de octubre). Declaración Mundial sobre la Educación Superior en el

siglo XXI: Visión y Acción [conferencia]. *Conferencia Mundial sobre la Educación*

*Superior*, París, Francia.

[https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000113878\\_spa.locale=es](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000113878_spa.locale=es)

UNESCO. (2015). *Replantear La Educación ¿Hacia un bien común mundial?*.

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232697.locale=es>

Vásquez Giraldo, A. L. (2014). *Hacia un perfil docente para el desarrollo del pensamiento*

*Computacional basado en educación STEM para la media técnica en Desarrollo de*

*Software* [Disertación Doctoral, Universidad EAFIT].

[https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/5139/AlbertoV%C3%A1squezGiraldo\\_2014.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/5139/AlbertoV%C3%A1squezGiraldo_2014.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Yakman, G. (2015). STEAM Edu. <https://www.facebook.com/georgetteyakmanSTEAM/>

Zambrano R., J. (2016). Aprendizaje complejo en la educación superior ecuatoriana. *Ciencia*

*UNEMI*, 9(21), 158–167. [https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol9iss21.2016pp158-](https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol9iss21.2016pp158-167p)

167p

## Apéndices