



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1803

Facultad de Educación

**CONSTRUCCIÓN DE LA NOCIÓN DE ONDA Y EL FENÓMENO DE
INTERFERENCIA EN EL GRADO NOVENO**

Trabajo presentado para optar al título de Licenciado en Matemática y Física

**WILMAR STIVEN MURILLO ARIAS
OSCAR DAVID ZAPATA RESTREPO
CARLOS DISARLY VALENCIA ÁLVAREZ**

Asesor

DR. LUIS ALEXANDER CONDE SOLANO

Medellín, Colombia. Noviembre, 2016



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA
1803

Facultad de Educación



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



RESUMEN

En este trabajo se diseña e implementa una práctica experimental integrada con el uso de herramientas digitales, y situaciones problema para aproximar a los estudiantes del grado noveno a la noción de onda mecánica y al fenómeno de interferencia. Se considera que la articulación de recursos digitales y la elaboración de prácticas experimentales como herramienta didáctica, pueden proveer a los estudiantes de un ambiente de aprendizaje para la construcción de significados sobre los fenómenos ondulatorios y los diferentes tipos de interferencia cuando se traslapan dos ondas en un medio. Además de la utilización de situaciones problema a partir de lecturas que pueden contribuir a la apropiación del concepto de onda y del fenómeno de interferencia. Se desarrollan prácticas experimentales guiadas por el maestro con la cubeta generadora de ondas, donde se busca que el estudiante no solo reconozca las ondas generadas por una fuente puntual y las partes que intervienen en su propagación, sino también el patrón de interferencia generado por dos fuentes puntuales. Las tecnologías digitales permitirán que los estudiantes identifiquen el patrón de interferencia de las regiones donde se aprecia interferencia destructiva y constructiva mediante la medición de las trayectorias desde las fuentes vibrantes hasta los puntos donde interfieren los frentes de onda.



ÍNDICE

Resumen.....	iii
Índice	iv
Lista de ilustraciones.....	vii
Lista de Tablas	x
1. Introducción	11
2. Planteamiento del problema	13
3. Justificación.....	15
4. Antecedentes.....	19
5. Marco Conceptual	27
5.1 Aspectos Pedagógicos y Didácticos	27
5.1.1 Aprendizaje Significativo.....	27
5.1.2 Resolución de Problemas en Física para el Desarrollo de Modelos Cognitivos	33
5.1.3 La Adquisición de Conceptos	38
5.1.4 Aprendizaje Basado en Problemas	40
5.1.5 Características del ABP	42
5.1.6 La Importancia de las Prácticas Experimentales en Física	47
5.2 Aspectos sobre la Disciplina de la Física	49
5.2.1 Desarrollo Histórico de las Ondas.....	49



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA
1803

Facultad de Educación

5.2.2	Concepto de Onda e interferencia	53
5.3	Aspectos sobre herramientas virtuales	58
5.3.1	Software Geogebra	58
6.	Diseño Metodológico	68
6.1	Tipo de Investigación	68
6.2	Población y muestra	69
6.3	Metodología de la Actividad	70
7.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	76
8.	Análisis e Interpretación de Resultados	78
9.	Conclusiones.....	129
10.	Referencias bibliográficas	134
11.	Anexos.....	137

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Resultados porcentuales palabras claves: actividad inicial y final. (Vera, 2012,p.40).....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 2. Adquisición de Conceptos durante los años de educación básica y secundaria.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 3: Características del aprendizaje activo.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 4: Características del aprendizaje colaborativo.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 5: Niveles cognitivos de la taxonomía de Bloom (como se citó en Gutiérrez et al., 1956).....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 6. Ley Pitagórica de las cuerdas (Gamow, 2007, p.2).....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 7. Principio de Huygens.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 8. Experimento de la doble rendija (Gamow, 2007, 31)</i>	<i>53</i>
<i>Figura 9. Pulso de una onda transversal. (Vallejo, 2015).....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 10. Longitud de onda en diferentes regiones del patrón.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 11. Diferencia de caminos en términos de longitudes de onda.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 12. vista grafica (1) y Vista algebraica (2).....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 13. Plataforma Geogebra Online.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 14. “Elige y mueve” y sus demás opciones que se desprenden del comando “seleccionar”.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 15. “punto” y sus demás opciones desprendidas.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 16. “recta” y sus demás opciones desprendidas.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 17. “perpendicular” y sus demás opciones que se desprenden.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 18. Figuras Geométricas construidas a partir del comando “poligono”</i>	<i>64</i>
<i>Figura 19. Figuras Geométricas construidas a partir del comando “circunferencia”</i>	<i>65</i>
<i>Figura 20. Elipses, parábolas e hipérbolas construidas a partir del comando “circunferencia”</i>	<i>66</i>
<i>Figura 21. Elipses, parábolas e hipérbolas construidas a partir del comando “circunferencia”</i>	<i>67</i>

<i>Figura 22. Comandos de simetría axial, deslizador y desplaza vista gráfica.....</i>	67
<i>Figura 23. Cubeta generadora de ondas del instituto de Física de la Universidad de Antioquia empleada para tomar la fotografía del patrón de interferencia que será insertada en el programa Geogebra.....</i>	72
<i>Figura 24. Se estudia el patrón de interferencia formado por dos fuentes puntuales que vibran al unísono sobre la superficie del agua.....</i>	72
<i>Figura 25. Fotografía tomada del patrón de interferencia de la cubeta generadora de ondas que será insertada en el programa Geogebra.....</i>	73
<i>Figura 26. En los puntos I, H, G, L, J, K y N donde se chocan las crestas de ambas ondas y a lo largo de las hipérbolas (también llamadas curvas antinodales) se presenta interferencia de tipo constructivo.....</i>	74
<i>Figura 27. La medida desde el punto A hasta el punto F que corresponde a la primera longitud de onda debe ser de una unidad aproximadamente, para que cada longitud de onda a lo largo del patrón de interferencia tenga una medida aproximada de una unidad.....</i>	75
<i>Figura 28. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 1 del literal “a”.....</i>	80
<i>Figura 29. Imagen de la respuesta del estudiante C a la pregunta 1 del literal “a”.....</i>	80
<i>Figura 30. Imagen de la respuesta del estudiante D a la pregunta 1 del literal “a”.....</i>	81
<i>Figura 31. Imagen de la respuesta del estudiante E a la pregunta 1 del literal “a”.....</i>	82
<i>Figura 32. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 1 del literal “b”.....</i>	83
<i>Figura 33. Imagen de la respuesta del estudiante C a la pregunta 1 del literal “b”.....</i>	84
<i>Figura 34. Imagen de la respuesta del estudiante D a la pregunta 1 del literal “b”.....</i>	84
<i>Figura 35. Imagen de la respuesta del estudiante E a la pregunta 1 del literal “b”.....</i>	85
<i>Figura 36. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 2.....</i>	86
<i>Figura 37. Imagen de la respuesta del estudiante C a la pregunta 2.....</i>	87
<i>Figura 38. Imagen de la respuesta del estudiante D a la pregunta 2.....</i>	88
<i>Figura 39. Imagen de la respuesta del estudiante E a la pregunta 2.....</i>	88
<i>Figura 40. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 3 del literal “a”.....</i>	89
<i>Figura 41. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 3 del literal “b”.....</i>	89

<i>Figura 42. Ilustraciones realizadas por el estudiante B de una onda (Ejemplo a) y del patrón de interferencia (Ejemplo b).....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 43. Ilustraciones realizadas por el estudiante C de una onda (literal a) y el fenómeno de interferencia (literal b).....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 44. Imagen de la respuesta del estudiante D a la pregunta 3 del literal “a”.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 45. Imagen de la respuesta del estudiante D a la pregunta 3 del literal “b”.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 46. Imagen de la respuesta del estudiante E a la pregunta 3 del literal “a”.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 47. Imagen de la respuesta del estudiante E a la pregunta 3 del literal “b”.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 48. Porcentajes de las respuestas esperadas, aproximadas y equivocadas de la noción de onda para el ejercicio diagnóstico.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 49. Porcentajes de las respuestas esperadas, aproximadas y equivocadas de la noción de interferencia para el ejercicio diagnóstico.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 50. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 1 del literal “a”.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 51. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 1 del literal “b”.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 52. Imagen de la respuesta del estudiante C a la pregunta 1 del literal “a” y “b”.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 53. Imagen de la respuesta del estudiante D a la pregunta 1 del literal “a”.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 54. Imagen de la respuesta del estudiante D a la pregunta 1 del literal “b”.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 55. Imagen de la respuesta del estudiante E a la pregunta 1 del literal “a”.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 56. Imagen de la respuesta del estudiante E a la pregunta 1 del literal “b”.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 57. Porcentajes de las respuestas esperadas, aproximadas y equivocadas de la noción de onda para la actividad 1.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 58. Porcentajes de las respuestas esperadas, aproximadas y equivocadas de la noción de onda para la actividad 1.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 59. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 1.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 60. Imagen de la respuesta del estudiante C a la pregunta 1.....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 61. Imagen de la respuesta del estudiante D a la pregunta 1.....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 62. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 2 parte 1.....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 63. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 2 parte 2.....</i>	<i>113</i>

<i>Figura 64. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 4 y 5</i>	<i>114</i>
<i>Figura 65. Imagen de la respuesta del estudiante C a la pregunta 4 y 5</i>	<i>115</i>
<i>Figura 66. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 7,8 y 9</i>	<i>117</i>
<i>Figura 67. Imagen de la respuesta del estudiante C a la pregunta 7,8 y 9</i>	<i>118</i>
<i>Figura 68. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 11.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 69. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 11.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 70. Imagen de la respuesta del estudiante C a la pregunta 10 y 11.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 71. Hoja de trabajo del estudiante B.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 72. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 15 y 16.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 73. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 18 parte 1.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 74. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 18 parte 2.....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 75. Hoja de trabajo del estudiante C.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 76. Porcentajes de las respuestas esperadas, aproximadas y equivocadas de la expresión matemática de la interferencia de tipo constructivo.....</i>	<i>127</i>



LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Resultados de la implementación del Ejercicio Diagnóstico.....</i>	96
<i>Tabla 2. Resultados de la Actividad 1.....</i>	106
<i>Tabla 3. Valores de la diferencia o resta de segmentos de las longitudes de onda contadas y el valor de la diferencia de segmentos arrojadas por Geogebra.....</i>	119
<i>Tabla 4. Resultados de los datos arrojados de la expresión matemática de interferencia.....</i>	127

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

1. Introducción

La educación actual presenta una transformación en cuanto a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, donde se da gran importancia a las tecnologías digitales para un mayor acceso a los conocimientos científicos que se desean alcanzar y como herramienta didáctica que facilite la comprensión de los contenidos a ser enseñados en el aula de clase. Las tecnologías digitales son una herramienta que ha comenzado a ser importante en la educación a causa de su versatilidad para la enseñanza de cualquier disciplina académica, implementándose no sólo en los estándares básicos de competencias para la educación básica y media del Ministerio de Educación, sino también para la educación superior.

La integración de prácticas experimentales realizadas en el aula de clase, además de su implementación con apoyo de herramientas digitales, facilita la comprensión de los temas de física por parte de los estudiantes, lo cual permite una apropiación conceptual significativa que logre llevar a cabo un análisis teórico y experimental del fenómeno de estudio. Ariza y Quesada (2014) mencionan la relevancia de las prácticas experimentales que son justificadas a medida que permitan habilidades en los estudiantes para elaborar situaciones problema y la posibilidad de corroborarlos a partir de la construcción de las mismas. Entre tanto las tecnologías digitales han cobrado relevancia como mediador en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física y las matemáticas. En este orden de

ideas se plantea la integración de recursos digitales para complementar las prácticas experimentales, con el fin de facilitar las interacciones con el fenómeno de estudio logrando un aprendizaje más significativo para el estudiante.

“Una ventaja de las nuevas tecnologías es que no solamente están transformando a profundidad el significado de la educación, sino que son las mejores herramientas para adaptarse a los cambios” (Díaz, 2012, p. 31). Esto se puede evidenciar en la implementación de tecnologías digitales como programas de cómputo y aplicaciones virtuales para la simulación de dispositivos físicos y su posterior explicación a partir de la modelación física, evitando que se complejice el aprendizaje por la inadecuada enseñanza de los conceptos físicos por parte de los profesores encargados del área, por lo cual se ha facilitado la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en el aula de clases.

Díaz (2012) afirma que “Dado que la educación está íntimamente ligada con la creación de información y la comunicación de conocimientos, no es de sorprenderse que las Tecnologías de la Información y Comunicación presenten grandes oportunidades en el sector educativo”. (p. 23). Esto debido a una creciente importancia en la actualidad del desarrollo de prácticas virtuales para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, presentando una alternativa a la enseñanza tradicional en el aula de clases.

2. Planteamiento del problema

Se evidencian frecuentemente dificultades para llevar a cabo procesos de apropiación conceptual y teórica en los estudiantes, debido a las pocas estrategias didácticas de acuerdo al contexto y a las necesidades tecnológicas actuales. Niedo & Macedo (1997) afirman que los profesores deben acercar el conocimiento científico a los estudiantes a partir de las implicaciones sociales y éticas que trae consigo la implementación de las tecnologías, provocando entornos donde las tecnologías digitales tengan un espacio importante en la educación. De esta manera y a priori de identificar falencias con respecto a la construcción de conceptos, Manrique (2012) afirma que la formación recibida por los estudiantes de básica secundaria no permite la construcción de conceptos, debido a que la enseñanza se ha limitado a la repetición de contenidos y a la memorización de ecuaciones y se han abandonado las prácticas experimentales que permiten en el estudiante procesos de observación, argumentación y comprensión de los fenómenos físicos.

Ariza y Quesada (2014) afirman que las prácticas experimentales son importantes en el aula de clase, en tanto se propenda la elaboración de situaciones problema que sean una posibilidad para utilizar la experimentación como herramienta para la resolución de problemas. Es importante que la experimentación sea una posibilidad manifiesta para la resolución de situaciones problema, donde se tenga la posibilidad de observar directamente el fenómeno y con el apoyo de las tecnologías digitales, así se podría

promover la interacción entre los estudiantes y las dinámicas implicadas en el fenómeno físico estudiado. En este sentido se plantea como pregunta de investigación: *¿Cómo construyen los estudiantes del grado noveno la noción de onda y el fenómeno de interferencia a partir de la elaboración de situaciones problema y el uso de la experimentación física mediada por las tecnologías digitales?*. El objetivo general que se propone es: *Analizar las nociones construidas por los estudiantes del grado noveno acerca del fenómeno ondulatorio y de interferencia a partir de la elaboración de situaciones problema y el uso de la experimentación física mediada por las tecnologías digitales.* El objetivo específico que se plantea es: *Reflexionar acerca de cómo la implementación de las prácticas experimentales mediadas por las tecnologías digitales pueden mejorar la práctica docente.*

3. Justificación

Las tecnologías digitales tienen un sinnúmero de herramientas que han comenzado a ser importantes en la educación a causa de su versatilidad para la enseñanza de cualquier disciplina académica, implementándose no solo en los estándares básicos de competencias para la educación básica y media del Ministerio de Educación, sino también para la educación superior.

La razón más fuerte que justifica la implementación de las TIC en el aula se da por parte del Ministerio de Educación Nacional (MEN) y las Secretarías de Educación en el Portafolio de Programas y Proyectos para el Desarrollo de Competencias del MEN (2010) que busca un desarrollo en la calidad de la educación mediante la formación virtual de docentes y directivos docentes para la realización de proyectos pedagógicos que enriquezcan las prácticas pedagógicas y permitan el desarrollo de competencias científicas por parte de los estudiantes.

Un programa utilizado para el desarrollo de competencias es el Estudio de Clase: Aprendiendo de las Prácticas de Aula propuesto en el Portafolio de Programas y Proyectos para el Desarrollo de Competencias del MEN (2010) donde a partir “de grupos de estudio institucionales de maestros quienes a través de la metodología Estudio de Clase, reflexionan sobre sus prácticas de aula y diseñan propuestas pedagógicas innovadoras que desarrollan las competencias matemáticas y científicas de los estudiantes” (p.45). Allí se busca un desarrollo en la calidad de la educación mediante la

formación virtual de docentes y directivos docentes para la realización de proyectos que enriquezcan las prácticas pedagógicas y permitan el desarrollo de competencias científicas por parte de los estudiantes.

La investigación que se presenta a continuación nace de la necesidad puntual de integrar las TIC en el aula, además de fomentar una experimentación virtual que pase, en principio, por la experimentación física. Mañas (2013) es puntual en aclarar que la falta de interés en aprender por parte de los estudiantes viene acompañada de dificultades en el aprendizaje, donde este desinterés no solo está dado en el área de matemáticas, sino que abarca cualquier otra asignatura. Así, y acorde con lo propuesto por el MEN (2010) la realización de estos proyectos virtuales permite fomentar un interés en cuanto al aprendizaje y permite que muchas de las falencias presentes en el aula desaparezcan.

Ello representa no más que una necesidad de fundamentar la educación de una manera diferente, la cual llame un poco más la atención del alumnado.

Mañas (2013) pretende que se busquen nuevas formas de evolucionar la manera de enseñar y mejorar el aprendizaje de los estudiantes, por tanto, en este trabajo se propone el uso de las TIC como medio fundamental para fortalecer el aprendizaje de los estudiantes. Díaz (2012) es puntual en aclarar que las TIC son las herramientas que trascienden el significado de la educación y además que permiten una adaptación en cuanto a los cambios, así es importante tener un constante contacto con las herramientas digitales para promover una educación que trasciende barreras. Esto puede lograrse con la implementación de programas de cómputo tales como aplicaciones virtuales o simuladores.

El Ministerio TIC e Ipsos Napoleón Franco presentaron el estudio de Consumo Digital en el año 2014, donde se revela cómo, dónde, cuándo y cada cuánto los colombianos usan Internet. En este estudio se reveló que el 80% de los colombianos tienen acceso a internet y los estratos más bajos (1 y 2) también presentan un aumento importante y es en esta medida en que se debe de aprovechar este crecimiento de conectividad para fortalecer el acto educativo y fomentar un interés más profundo por parte de los alumnos.

Bokova (como se citó en Díaz, 2012) afirma que “las TIC pueden mejorar las oportunidades de aprendizaje, facilitar el intercambio de información científica e incrementar el acceso a contenido lingüística y culturalmente diverso” (p.23). Es innegable la influencia que tienen las TIC en la sociedad actual, donde la mayoría de sus integrantes están permanentemente conectados a las redes sociales, además de ser una de las fuentes de consulta más utilizadas por la comunidad educativa debido a que se puede acceder a cualquier contenido científico desde cualquier parte del mundo sin restricciones geográficas, por lo cual se enriquece el aprendizaje y la investigación de los que hacen parte de la comunidad científica. El maestro juega un papel muy importante en el desarrollo de las habilidades científicas por parte de los estudiantes brindándoles las herramientas necesarias para su formación, considerando que la implementación de los recursos TIC sean adecuados para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias que en la actualidad son recursos que permiten acercar al estudiante al conocimiento científico.

El Ministerio de Educación Nacional MEN (2004) en los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales propone que estudiantes y maestros sean científicos e investigadores de las ciencias, con el fin de que puedan plantear hipótesis que surjan de la curiosidad de observar el entorno que les rodea y puedan hacer un análisis de aquello que observan.

En los Estándares Básicos de Competencias de Ciencias Naturales del MEN se enuncian las competencias a ser desarrolladas para el grado noveno. Una de ellas corresponde a la enseñanza-aprendizaje de las ondas mecánicas y sus partes, el MEN (2004) menciona como competencia para el grado noveno establecer “(...) relaciones entre frecuencia, amplitud, velocidad de propagación y longitud de onda en diversos tipos de ondas mecánicas” (p.139). Se pretende, en este caso por el Ministerio de Educación que los estudiantes sean competentes, es decir, que adquieran habilidades, capacidades y aptitudes en cuanto al aprendizaje de los contenidos que se abordan en los estándares.

4. Antecedentes

Las tecnologías digitales se han convertido en una herramienta primordial para la enseñanza de las ciencias en el aula de clase, un claro ejemplo de esto es la utilización de simuladores virtuales en la enseñanza de fenómenos físicos como las ondas mecánicas y el fenómeno de interferencia. González (2005) trabajó la enseñanza de ondas mecánicas a partir del programa Mathematica, buscando las soluciones de una ecuación de onda y posteriormente la simulación gráfica del comportamiento de las oscilaciones en una cuerda tensa con uno de sus extremos fijos. Por su parte Bocanegra (2012) planteó en su trabajo la enseñanza de las oscilaciones y las ondas mecánicas desde el estudio de la acústica a partir de laboratorios apoyados con Tecnologías de la Información y la Comunicación que son de libre acceso en internet. Las herramientas que utilizó para tal fin fueron Wordpress, Audacity y Freesound.org. Posada (2013) planteó una unidad didáctica donde se emplearon herramientas de Tecnologías de la Información y la Comunicación, además de laboratorios tanto físicos como virtuales para que el estudiante comprendiera las interacciones onda-partícula y onda-onda, con el fin de estudiar los fenómenos ondulatorios como la reflexión, refracción, difracción, superposición e interferencia. Esto a partir de simuladores virtuales y de la experimentación física en el aula de clase.

La enseñanza de las ciencias a partir de las tecnologías digitales ha diversificado las formas de aprendizaje mediante la manipulación de applets o programas de simulación que se ajustan a las necesidades de los estudiantes, acompañado de una buena estrategia

de implementación en la enseñanza por parte del docente como lo evidencian los autores García y Gil (2006) quienes mencionan la importancia no sólo de aplicaciones informáticas sofisticadas para la simulación en un entorno de aprendizaje, sino también de estrategias para la buena utilización de estas tecnologías en el aula de clase.

Tamayo, Perea, y Rivera (2011) consideran el modelo virtual como un complemento de la práctica experimental en la enseñanza del fenómeno ondulatorio. Esto es importante debido a que la precisión en las medidas de la práctica virtual permite acercarse a las variables implicadas en la práctica experimental (como la amplitud, la velocidad de propagación, el periodo, entre otros).

Tamayo et al. (2011) trabajan la construcción de conceptos de onda y de fenómenos ondulatorios con la ayuda de modelos de ese tipo. Hacen un trabajo con clases magistrales y demostraciones que acerquen a los estudiantes a tener una comprensión de este, pero se dan cuenta que no es suficiente y que se necesita de un modelo virtual puesto que las simulaciones presentadas estarán orientadas, como lo plantean Tamayo et al. (2011) “para ayudar a los estudiantes a visibilizar conceptos científicos, debido a que animan lo que es invisible para el ojo y no plausible en el mundo real” (p.31).

Tamayo, et al. (2011) trabajan el concepto de onda y de algunos fenómenos relativos a este con la ayuda de dos plataformas: Phet, Physics Education, Technology y Proyecto Newton; programas que pueden ser descargados libremente de la red o pueden ser utilizados directamente en la misma. Entre el conjunto de simulaciones virtuales que alberga la plataforma Phet. También lo hacen con una simulación de ondas en una cuerda con algunas de las opciones que permite la simulación: sin amortiguación, sin

final y oscilación. Y por último con un laboratorio virtual en el cual se miden longitudes de onda λ , miden periodos T, se calculan frecuencias f, calculan velocidad de onda v, miden amplitudes A para establecer la relación entre la frecuencia y la longitud de onda.

Lo mismo se hace con la plataforma Proyecto Newton donde trabajan con los estudiantes después de haber identificado, reconocido y manejado las herramientas de esta misma. En una primera práctica virtual propia de la plataforma se pretende que los estudiantes puedan distinguir y relacionar las características de la onda. Luego, los estudiantes deben realizar un segundo y tercer laboratorio que corresponden a los fenómenos de reflexión y refracción respectivamente apoyados con una guía de trabajo.

“En cualquier actividad humana el sujeto, impulsado por sus motivos, actúa sobre el objeto para alcanzar su objetivo” (Tamayo, et al., 2011, p.30). Para el trabajo en cuestión el sujeto es el profesor que está motivado a direccionar el aprendizaje siendo el objeto en este caso del estudiante para alcanzar la construcción del aprendizaje siendo este el objetivo. Así pues, se necesita de unos medios en el desarrollo de la actividad humana para alcanzar el objetivo, en este caso los modelos virtuales serian dichos medios cuya utilización ayudaría alcanzar el producto, el de la construcción del concepto de onda y algunos de los fenómenos ondulatorios.

Vera (2012) realizó una propuesta didáctica para enseñanza-aprendizaje de algunos conceptos básicos de movimiento ondulatorio; su trabajo consistió en realizar una revisión de los conceptos básicos del movimiento ondulatorio desde un punto de vista conceptual, histórico y epistemológico luego de hacer un seguimiento de la temática de estudio desde lo que propone el estado en cuanto a la formación en estas. En ese sentido

plantea que hay un problema en el traslado de la propuesta teórica al esquema básico de distribución de estándares en los entornos (vivo, físico, ciencia, y tecnología) por ello dicha propuesta estuvo enmarcada en el Modelo pedagógico del museo de las ciencias y el juego de la universidad nacional de Colombia “que se basa básicamente en la idea de que todo acto educativo es un acto comunicativo y que todo acto comunicativo es uno educativo” (Vera, 2012, p.15).

Esta idea apela a procesos de recontextualización y de mediación que llevan al estudiante a establecer hilos conductores entre el conocimiento cotidiano, el académico y el científico. Por otra parte, plantea el problema de los procesos educativos de la interpretación de los comportamientos observables ya que para ello es necesario el estudio de variables espaciales y temporales en un mismo evento, esto bajo la concepción de que en la física se parte de las vivencias de los alumnos como fundamento de los aprendizajes.

Berstein (como se citó en Vera, 2012) afirma que “el campo de recontextualización pedagógico es un principio por medio del cual los discursos son apropiados y relacionados entre sí para efectos de su transmisión y aprendizaje selectivo” (p.17) en donde los procesos de mediación suponen un puente que tiene que ver con efectos socioculturales entre dos comunidades distintas, pues no es posible dar el salto de un contexto cultural al contexto científico.

Vera (2012) menciona que éste modelo "presenta ciertas semejanzas, con el modelo desarrollado, a partir de un contexto comunicativo, por Basil Bernstein y aunque en una forma más distante, con la conceptualización de la transposición didáctica introducida

por Yves Chevallard" (p.15), y en esta medida el profesor debe seleccionar algunos elementos de un contexto científico, de la comunidad científica, elementos conceptuales de una teoría, que sean relevantes para una comunidad pública. Esta relación de relevancia entre dichos elementos, crea un espacio, obra del docente activo y creativo, para que el estudiante activo reacomode, resignifique, reconceptualice, reproduzca, transponga y reordene su saber.

Desde de dicho modelo se propuso una actividad diagnóstica, previa a cinco actividades, la cual se preguntó por los conocimientos de los estudiantes acerca del tema de estudio, basado en las palabras clave tanto de quien se dirige a los alumnos como de ellos. Básicamente, consistía en que los estudiantes escribieran las palabras que se le vinieran a la mente cuando el profesor les mencionara un tema particular relacionado con el fenómeno ondulatorio y de interferencia. Dichas palabras las categorizo Vera (2012) así:

En Relación de la palabra con el tema de estudio Ondas (RPT), con imaginarios sociales (IS), es decir, aquellas que están condicionadas por el medio cultural y social de los estudiantes. Relación con otros conceptos de física o de ciencia (OCF) y por último aquellos que no contestaron (NC). (p.30).

Las actividades realizadas posteriores a la actividad diagnóstico que propuso Vera (2012) fueron las siguientes: "Jugando con las Ondas", "Navegando con las Ondas", "Interferencia en los patrones de Moiré", "Laboratorio de aprendizaje activo – reflexión" y Clase teórica demostrativa – refracción "cazando peces".

El propósito de estas actividades es, como lo propone Vera (2012):

"La implementación de los procesos de visualización, imaginación y construcción de narrativa (...), que de una u otra forma tienen limitaciones, pero permiten hacer visible una serie de fenómenos a través de su presentación, además que permite generar procesos de exploración y observación -comparación y relación- inferencia y argumentación" (p.33).

Después de dichas actividades se aplica otro diagnóstico a los estudiantes para mirar el desarrollo de los mismos. En la figura 1. Se muestran las dos etapas extremas del estudio, la diagnóstica y la conclusión en relación con las palabras claves al inicio de la actividad y después de implementar la propuesta didáctica.

Tabla 5-1: resultados porcentuales de palabras clave – actividad inicial

	Onda	Periodo	Energía	Transmisión	Difracción	Interferencia	Burbuja
RPT	37.5%	50%	31.2%	16.7%	2.1%	6.2%	4.2%
IS	52.1%	41.6%	23%	64.6%	37%	29.2%	93.7%
OCF	10.4%	4.2%	33.3%	0%	0%	4.2%	2.1%
NS	0%	4.2%	12.5%	18.7%	60.4%	60.4%	0%

Tabla 5- 2: resultados porcentuales de palabras clave – actividad final

	Onda	Periodo	Energía	Transmisión	Difracción	Interferencia	Burbuja
RPT	94%	73%	33.3%	58.3%	68.7%	75%	20.8%
IS	4.2%	10.4%	31.2%	14.5%	6.3%	16.6%	77.1%
OCF	2.1%	16.6%	35.5%	23%	20.8%	8.4%	2.1%
NS	0%	0%	0%	4.2%	4.2%	0%	0%

Figura 1. *Resultados porcentuales palabras claves: actividad inicial y final.*
(Vera, 2012, p.4)

Muñoz (2014) utiliza la metodología de aprendizaje activo como estrategia didáctica para la enseñanza del concepto de interferencia. En dicha metodología utiliza tres actividades experimentales con un equipo de fácil accesibilidad para los estudiantes

donde son ellos los partícipes de su propia construcción. Con dicha estrategia, Muñoz (2014) afirma que "el estudiante logra hacer una relación muy estrecha con lo que se le dice a lo que sucede en el mundo que lo rodea, produciendo un mejoramiento notorio en la comprensión de la física"(p.9).

No sobra saber que en dicho trabajo se realizó dos manuales para el propósito de la enseñanza del concepto de interferencia: uno para el profesor que es guía, y no solo transmisor de conocimientos y otro para el estudiante, donde es él el principal protagonista del aprendizaje.

Los manuales tienen tres prácticas experimentales, cada una contiene una serie de cuestiones con el fin que el estudiante haga predicciones con cada una de estas. Dichas predicciones deben de ser, en un primer momento, individuales para una posterior socialización en pequeños grupos, y al final una socialización más general con todo el grupo. La primera actividad consiste en la construcción de una cubeta generadora de ondas por parte de los alumnos para observar ondas circulares de una solo fuente puntual para el posterior análisis de dos fuentes puntuales y el fenómeno intrínseco a ella, el de interferencia.

La segunda actividad consistía en utilizar el programa Derive para que el estudiante construyera el concepto de interferencia desde un análisis gráfico y analítico. Básicamente, la actividad consistía en hacer variar de una función seno su amplitud, frecuencia, fase, y en sumar un par de ondas para hacer predicciones sobre lo que sucedía con la una gráfica sinusoidal al variarle alguna de estas características o con la suma de un par de ellas para analizar el concepto en cuestión.

En la última práctica, Muñoz (2014) “tenía como objetivo encaminar al estudiante hacia la óptica a partir del comportamiento de las ondas generadas por la luz de diferentes longitudes de onda cuando estas atraviesan dos orificios” (p.50).

5. Marco Conceptual

5.1 Aspectos Pedagógicos y Didácticos

5.1.1 Aprendizaje Significativo

Este trabajo está enmarcado en la psicología cognitiva desde el enfoque de Ausubel, Novak y Hanesian (1991), en particular en el significado y aprendizaje significativo. El aprendizaje significativo es muy diferenciado del aprendizaje por repetición, pues aquel requiere de dos condiciones, las cuales son:

Tanto que el alumno manifieste una actitud de aprendizaje significativo, es decir, una disposición para relacionar sustancialmente y no arbitrariamente el nuevo material con su estructura cognoscitiva, como que el material que aprende es potencialmente significativo para él, es decir relacionable con su estructura cognitiva (...) por relación sustancial y no arbitraria queremos decir que las ideas se relacionan con algún aspecto existente específicamente relevante de la estructura cognoscitiva del alumno (Ausubel, 1991, p.48).

Esto no sucede en el aprendizaje por repetición: el estudiante no adopta la actitud para que el contenido a aprender esté relacionado con sus conocimientos previos, es decir, adopta una actitud pasiva ante el conocimiento y aprende los contenidos de manera memorística y mecánica, y tampoco los contenidos se relacionan con la estructura cognoscente o dichos conocimientos del estudiante.

Ausubel et al. (1991) Plantean que el material debe ser basado en construcciones lógicas de la cultura que se hallen dentro de la capacidad de aprendizaje del ser humano y debe tener la intención de relacionarse con el conocimiento previo y no de una manera arbitraria como lo es el aprendizaje de proposiciones que no tiene ningún tipo de relación con la estructura cognoscitiva del alumno en las cuales los alumnos no conocen o no se saben cada uno de los conceptos de dicha proposición.

Dentro del aprendizaje significativo de Ausubel et al. (1991) existen dos tipos de aprendizaje significativo que son el aprendizaje por recepción y el aprendizaje por descubrimiento. El aprendizaje por recepción surge cuando el material potencialmente significativo es presentado al alumno en su forma última y, por el contrario, el aprendizaje por descubrimiento se da cuando el mismo material no es presentado al alumno, sino que el mismo alumno es quien lo debe descubrir antes de que lo asimile en su estructura cognoscente.

La educación formal se ha venido preocupando más por el aprendizaje por recepción que por el aprendizaje por descubrimiento pues, como lo proponen Ausubel et al. (1991), este último aprendizaje requiere de más tiempo en la escuela para transmitir los contenidos que los estándares estatales proponen. Lo cual implicaría no abordar todos los contenidos básicos propuestos por el estado.

Pueden distinguirse tres tipos de aprendizaje dentro del aprendizaje significativo por recepción trabajado por Ausubel et al. (1991): el de representaciones, que hace parte del aprendizaje por repetición; el de conceptos y el de proposiciones. El aprendizaje por representaciones consta de una equivalencia de símbolos arbitrarios, y son arbitrarios en

la medida que no hay razón para que a una palabra se le haya dotado de una representación fonética en particular y que son relacionados de tal forma con algún referente, por ejemplo, la representación fonética de la palabra casa con el referente de casa. Este aprendizaje, algo parecido al de repetición, es significativo, ya que como lo afirman Ausubel et al. (1991) “refleja un proceso cognoscitivo activo y significativo, más bien, que involucra el establecimiento en la estructura cognitiva de equivalencia representativa entre un símbolo nuevo y el contenido idiosincrático” (p.60).

La manera como los humanos adquieren este vocabulario, o como se aprenden lo que significan las palabras aisladas, es una cuestión primordialmente de dotación genética, como lo expone Ausubel et al. (1991), “sin la cual no sería suficiente ninguna cantidad de experiencia adecuada. Los seres humanos poseen una potencialidad genéticamente determinada para el aprendizaje de representaciones” (p.57).

Otro tipo de aprendizaje significativo es el de conceptos que Ausubel et al. (1991) los define como: “objetos, eventos, situaciones o propiedades que poseen atributos de criterio comunes y que se designan mediante algún símbolo o signo” (p.61). Es decir, los conceptos son categorías, generalidades o abstracciones de la realidad que son inventadas por una comunidad, pero no son netamente la realidad. Existen dos métodos para el aprendizaje de conceptos que son: la formación de conceptos y la asimilación de los mismos.

En la formación de conceptos Ausubel et al. (1991) refiere que estos se adquieren de forma empírica y activa, casi que por descubrimiento, a través del encuentro repetitivo y sucesivo con objetos, eventos y situaciones arriba descritos. Este método se da más que

todo en los niños, después, cuando el niño va avanzando en edad, va aprendiendo los conceptos por asimilación, pues los atributos de criterio se pueden ir aprendiendo de forma combinada con otros ya existentes en su estructura cognoscitiva sin necesidad de tener encuentros con los objetos de manera empírica o activa.

El otro aprendizaje significativo por recepción es el de proposiciones que entienden Ausubel et al. (1991) como aquel que, si bien es semejante al de vocabulario ya que los materiales potencialmente significativos se relacionan con la estructura cognoscitiva del alumno, difiere en que dicha tarea consiste en una proposición verbal que consta de significados connotativos y denotativos de las palabras.

Hasta aquí se hablado de la potencialidad significativa imprescindible de tener el contenido a aprender por parte del estudiante, de la relación no arbitraria y si sustancial que debe de tener dicho material con la estructura cognoscitiva del alumno, y de la actitud significativa del estudiante ante el material. En este sentido se puede decir que la idea de aprendizaje significativo se basa en dichas relaciones, es decir, si no hay estas relaciones no hay aprendizaje significativo. Por ejemplo, Ausubel et al. (1991) plantea que hay ciertas maneras de relacionar el conocimiento nuevo con las ideas previas del estudiante, entre ellas está la inclusión subordinada que se refiere al proceso de vinculación de la nueva información con los elementos existentes en la estructura cognoscitiva de manera subordinada, pues Ausubel et al. (1991) plantea que “la estructura cognoscitiva tiende a estar organizada jerárquicamente con respecto al nivel de abstracción, generalidad e inclusividad de las ideas, el surgimiento de nuevos significados proposicionales refleja más comúnmente una relación subordinada del

material nuevo con la estructura cognoscitiva” (p.62). Existen dos formas diferentes de incluir la nueva información con los elementos preexistentes en la estructura cognoscitiva que son: la inclusión derivativa y la correlativa. La derivativa se refiere básicamente a que ya hay una idea preexistente y otra nueva que es vincula a aquella, donde no se cambian los atributos de criterio de la idea preexistente, sino que resulta como una forma nueva de ejemplificarlos. Y la correlativa es en la que, como la definen Ausubel et al. (1991) “las nuevas ideas en la tarea de aprendizaje son extensiones, elaboraciones, modificaciones o calificaciones de una idea relevante existente en la estructura cognoscitiva” (p.71). Es decir, la idea nueva se relaciona con la idea general preexistente en la estructura, pero modificando algunos de los atributos de criterio de dicha idea.

Por otra parte, Ausubel et al. (1991) afirma que, en contraste a la inclusión subordinada de la nueva información, hay otro tipo de inclusión de la nueva información relativa a los aprendizajes, la supraordinada y combinada. En el aprendizaje supraordinado las ideas existentes se reconocen como ejemplos más específicos de la idea nueva, y dicha idea es el conjunto (los envuelve) de atributos de criterio de las ideas existentes. Y en el aprendizaje combinatorio la nueva idea se relaciona con otras existentes que se hayan en la estructura, sin embargo, esta idea no se relaciona con las de la estructura de manera subordinada ni supraordinada, más bien ésta tiene algunos atributos de criterio de las ideas existentes que son relacionados con una diversidad de conocimientos en la estructura cognoscente. En la asimilación de conceptos, los adultos aprenden, como lo afirman Ausubel et al. (1991):

nuevos significados conceptuales cuando se les presentan los atributos de criterio de los conceptos y cuando se relacionan esos atributos con ideas pertinentes establecidas en sus estructuras cognoscitivas (...) y como las definiciones necesarias y el contexto apropiado les son presentados en lugar que lo descubran, la asimilación de conceptos es, característicamente, una forma de aprendizaje por recepción (...) en ciertos casos, sin embargo, en donde el significado de una palabra nueva no es evidente a partir de su contexto, el proceso de aprendizaje no difiere mucho del que interviene en la formación de conceptos (p.92).

Ausubel et al. (1991) plantean que cuando las definiciones y el contexto no son evidentes para producir un significado, entonces en el proceso los atributos de criterio se adquieren de forma empírica y activa, casi por descubrimiento, a través del encuentro repetitivo y sucesivo con objetos, eventos y las situaciones arriba descritos.

Ausubel et al. (1991) menciona que un aprendizaje distinto al aprendizaje por recepción, en el sentido del contenido presentado al estudiante, es el aprendizaje por descubrimiento, en el cual el contenido total presentado al estudiante se presenta en su forma final. El aprendizaje proposicional es también un tipo principal de aprendizaje verbal de resolución de problemas o por descubrimiento (pero no se le presenta la información al alumno en forma de exposición explícita donde solo tiene que entenderla y recordarla), debe descubrir el contenido por sí mismo generando proposiciones que representan soluciones a los problemas o a los pasos sucesivos para resolverlos.

Ausubel et al. (1991) afirman que “es obvio que (...) los conceptos constituyen la base de la generación de proposiciones relativas a la resolución significativa de

problemas” (p.86). Y esto sumado a lo que plantean, sobre la generación de proposiciones, Ausubel et al. (1991) “La agrupación de conceptos en combinación potencialmente significativas es responsable de la generación y comprensión de proposiciones” (p.89). Entonces, en este sentido y lo planteado anteriormente sobre asimilación de conceptos y su semejanza, en algunos casos, con la formación de conceptos, en el aprendizaje por descubrimiento es inherente a la adquisición de conceptos.

5.1.2 Resolución de Problemas en Física para el Desarrollo de Modelos Cognitivos

¿Qué son las representaciones externas e internas?

Wittgenstein (como se citó en Font, Godino & D’Amore, 2007) afirma que las representaciones externas “son los instrumentos con los que exteriorizamos nuestras representaciones internas para hacerlas accesibles a otras personas” (p.8), esto hace referencia al conjunto de signos empleados como gráficos, expresiones matemáticas, diagramas, que dan cuenta de nuestro pensamiento hacia un objeto matemático o físico. La representación interna según afirma Font et al. (2007) hace referencia a los procesos mentales realizados en la estructura cognitiva del sujeto.

El planteamiento de un problema como herramienta para la construcción de un conocimiento es significativo para los estudiantes en tanto el docente reconozca de forma acertada la finalidad del problema abordado, lo que conlleva a una resolución de

problemas por parte del estudiante que permita la construcción de los conocimientos que se desean desarrollar.

La resolución de un problema es un proceso de construcción de representaciones que comienza con la lectura del enunciado. Por esta razón, el enunciado cobra un rol central en aquellas investigaciones que entre sus objetivos se encuentra el estudio de modelos cognitivos de estos procesos y la exploración de posibilidades de simulación de los mismos. (Truyol & Gangoso, 2010, p.463)

El enunciado empleado para la construcción de un problema físico requiere de un lenguaje ordinario y/o conocido para el estudiante, de tal forma que pueda identificar el fenómeno físico estudiado y reconocer las variables implicadas en la resolución del problema.

Gangoso & Tuyol (2010) afirman que los problemas cotidianos son de tipo *indefinido* y que inicialmente no pueden ser expresados de forma matemática para ser resueltos, ya que requieren de un análisis cualitativo que lleve a la toma de decisiones y tenga en cuenta diferentes puntos de vista de los resolvedores. La pregunta que plantean estos autores acerca de problemas de este tipo es la siguiente: **¿Puede modelarse el proceso de resolución de problemas que sean de tipo “indefinido”?**

Gangoso & Tuyol (2010) mencionan que es posible en tanto se caracterice el proceso mediante una clasificación de los enunciados utilizados para la construcción del problema, además se requiere de un proceso de modelado que identifique las características de cada uno de los procesos de resolución del problema que conlleven a un desempeño exitoso por parte del estudiante.

Un problema instruccional es una situación física descrita mediante un texto denominado *enunciado*. Éste está expresado en lenguaje natural, pudiendo incorporar símbolos, íconos y gráficos (expresiones de sistemas de representación externos). La situación presenta una historia verosímil que involucra objetos y eventos que pueden ser subsumidos en conceptos y principios físicos. Un problema presenta alguna cuestión a resolver que puede ser abordada desde las leyes físicas que explican el evento. (Truyol & Gangoso, 2010, p.463)

Según Tuyol & Gangoso la resolución de los problemas instruccionales pretenden evidenciar en el estudiante soluciones exitosas o desfavorables del problema en cuestión, donde se estudia el comportamiento del estudiante ante una respuesta efectiva. Estudios realizados a partir de los 80 acerca de las soluciones exitosas que proporcionan los estudiantes muestran que éstas generan una representación interna de la situación permitiendo comprender el problema instruccional planteado generando así una descripción cualitativa que dé una explicación lógica de la situación.

La representación interna incorpora en su lenguaje elementos formales como conceptos, leyes y principios físicos. Una de las habilidades que adquiere el estudiante en la resolución de un problema físico es la de reformular un problema a partir de diferentes representaciones que son denominados modelos, según la psicología cognitiva estos modelos son realizados a partir de representaciones internas que el estudiante construye del fenómeno, no obstante es innegable que estas representaciones son condicionadas por representaciones externas que son presentadas al sujeto a modo de situaciones problema o son representaciones internas ya establecidas en él de acuerdo a conocimientos previos acerca del fenómeno físico estudiado. “Las representaciones

externas producidas por los sujetos (escritas o verbalizadas) recogen los aspectos más relevantes de su representación interna” (Truyol & Gangoso, 2010, p.465).

Van Dijk y Kintsch (como se citó en Tuyol & Gangoso, 2010) proponen una línea de procesamiento del discurso denominado como modelo de la situación donde se considera primordial para la resolución de un problema la lectura del enunciado, así pues, el estudiante comprende la situación problema y genera una representación mental a partir de eventos mencionados de forma explícita en el texto y de conocimientos previos adquiridos. Esta línea de procesamiento del discurso se enfoca primordialmente en los objetos de la lectura que deben ser alcanzados por el lector/resolvedor en la resolución del problema, estos objetivos que presenta el enunciado deben ser bien definidos para que el resolvedor genere un modelo de la situación adecuado que dé respuesta a la situación planteada en la lectura.

A partir del modelo de situación propuesto por Van Dijk y Kintsch, Tuyol y Gangoso (2010) proponen un proceso de resolución de problemas denominado como **“Modelo de Comprensión para la Resolución de Problemas en Física”**, donde se emplean tres niveles de representación para el proceso de resolución de problemas de física los cuales son: El Modelo de la Situación, El Modelo Físico Conceptual y El Modelo Físico Formalizado. Estos tres niveles de representación son interdependientes y cada uno presenta un diferente nivel de abstracción, siendo el Modelo de la Situación el inicio del proceso de resolución de un problema físico y el Modelo físico Formalizado la culminación de dicho proceso. Se definen de forma sucinta los tres niveles de representación:

Según Truyol & Gangoso (2010) **El Modelo de la Situación** es una representación donde el estudiante da a conocer su comprensión del enunciado de un problema empleando conocimientos previos y apoyándose en su comprensión de la lectura donde a través de representaciones externas (de forma escrita u oral) da a conocer su representación interna del fenómeno, **El Modelo Físico Conceptual** es una representación donde el estudiante relaciona conceptos, magnitudes, principios y leyes físicas para la resolución de un problema físico, y por último, **El Modelo Físico Formalizado** es una representación donde el estudiante emplea un lenguaje matemático coherente a los conceptos, magnitudes, principios y leyes físicas que dan cuenta del fenómeno estudiado. En este nivel el estudiante puede clasificar las variables conocidas y desconocidas en datos y realizar los cálculos correspondientes que den respuesta a los objetivos del problema.

Según los autores *El Modelo de Comprensión para la Resolución de Problemas en Física* requiere de una serie de habilidades para la construcción de las representaciones que den cuenta de la comprensión del problema instruccional de física por parte del estudiante, estas habilidades son denominadas como habilidades de modelado, las cuales se dividen en dos: *habilidad de modelado físico* y *habilidad de modelado formal*.

La *habilidad de modelado físico* permite que el estudiante haga “una representación conceptual de la situación concreta. Implica el conocimiento de procedimientos, leyes y conceptos físicos y sus condiciones de validez” (Truyol & Gangoso, 2010, p.467), entre tanto la *habilidad de modelado formal* implica que el estudiante haga “una representación formalizada matemáticamente de la representación conceptual. Implica el

conocimiento de los procedimientos y sintaxis matemática, sus alcances y limitaciones” (Truyol & Gangoso, 2010, p.467).

Así pues, cuando el estudiante haya desarrollado la primera habilidad puede asociar los fenómenos ordinarios con conceptos que ha desarrollado y generar posibles explicaciones del fenómeno, posteriormente con la habilidad de modelado formal el estudiante puede leer con un lenguaje matemático el fenómeno en cuestión, cuya expresión matemática le permite modificar las variables implicadas y deducir resultados que dan pie a otros eventos posibles del fenómeno.

A pesar de que el “Modelo de Resolución de Física” elaborado por Tuyol y Gangoso sea un proceso de resolución de problemas instruccionales, presenta tres niveles de representación que pueden favorecer la adjudicación de conceptos por parte de los estudiantes, por lo tanto para el presente trabajo se emplearán el Modelo de la Situación, El Modelo Físico Conceptual y Modelo Físico Formalizado, donde a partir de situaciones propuestas en el presente trabajo pase por los tres modelos a lo largo de la construcción de la noción de onda y el fenómeno de interferencia.

5.1.3 La Adquisición de Conceptos

Según Ausubel et al. (1991) los conceptos disponibles en la estructura cognoscitiva del alumno implican la resolución de problemas de forma significativa, ya que el estudiante interpreta las experiencias ordinarias a partir de conceptos arraigados en su estructura cognoscitiva, por lo tanto “los conceptos constituyen la base tanto del

aprendizaje de proposiciones por recepción significativa como de la generación de proposiciones relativas a la resolución significativa de problemas” (Ausubel, et al., 1991, p.86). A continuación se muestra un diagrama que muestra la adquisición de conceptos según los autores a lo largo de la educación básica y media.



Figura 2. Adquisición de Conceptos durante los años de educación básica y secundaria

Para Ausubel et al. (1991) los conceptos presentan un cierto nombre que es adquirido a través “del aprendizaje significativo de representaciones después de que sus significados se han adquirido” (p.86). La explicación proporcionada por el alumno de la realidad es una mirada limitada de los hechos reales, sin embargo genera diferentes representaciones a través de un lenguaje que permite la adquisición de nuevos conceptos, pasando de conceptos primarios acerca del conocimiento del mundo que permiten la construcción de creencias de la realidad a partir de percepciones sensoriales, a conceptos secundarios donde se logre plantear diferentes reglas, propiedades y formulaciones matemáticas que propendan dar una explicación científica de la realidad.

5.1.4 Aprendizaje Basado en Problemas

El aprendizaje basado en resolución de problemas (ABP) el cual se llevó acabo en la década de los 60 como medio de instrucción, en la facultad de ciencias de la salud en la Universidad de McMaster Canadá es un método apropiado para la realización del presente trabajo debido a que este no solo sirve como método de motivación para el aprendizaje, sino que a su vez permite el análisis de los datos que se desprenderán del trabajo.

Gutiérrez, De la puente, Martínez y Piña (2013) afirman que el ABP intenta evitar una dicotomía entre la forma en que se aprende con la forma de relacionarlo con la vida cotidiana, así existe una relación directa entre el contexto y los contenidos que se desarrollen en el aula de clase. Es en este sentido donde el presente trabajo toma una

mayor fuerza debido a que tanto el componente conceptual como el contexto están relacionados de una manera directa.

Con el fin de profundizar más en lo que el ABP representa es necesario aclarar que este tiene como eje fundamental poner a los estudiantes frente a un problema no conocido y gracias a este generar nuevos conocimientos. Gutiérrez et al. (2013) deja claro que para el desarrollo del ABP se hace de vital importancia, en principio partir de una pregunta acerca de algo desconocido y avanzar hacia la adquisición de nuevos conocimientos, en esta medida se busca tomar como punto de partida lo que el estudiante desconoce formulado a modo de pregunta y de allí adquirir una serie de conocimientos que surgen del proceso de la resolución de dicha pregunta.

Gutiérrez et al. (2013) corrobora que en este proceso el estudiante esta “obligado” sin ninguna presión, a formular una respuesta hipotética de acuerdo a sus conocimientos previos, así no solo se hace alusión a los conocimientos que se deben desarrollar sino también a los que están establecidos previamente, por tanto, el hilo conductor del desarrollo de cada actividad no se pierde entre los conceptos, sino que están relacionados con los conceptos previos de una manera directa.

En respuesta por una posible cuestión acerca del rol del docente, este no desaparece del proceso, sino que está presente formulando nuevas preguntas que afinen las hipótesis previas y llevar a la búsqueda de conocimientos nuevos Gutiérrez et al. (2013). En este caso el docente no es un observador pasivo del proceso, sino que tiene como objetivo principal analizar las respuestas e inventar nuevas estrategias para fortalecer el

conocimiento que se quiera presentar. El ABP adquiere un sinnúmero de características las cuales se presentan a continuación.

5.1.5 Características del ABP

Gutiérrez et al. (2013) determina que una de las características principales del ABP pretende que los problemas que se presentan deben de estar situados en el estudiante, es decir, las situaciones problema que se le presenta no deben de estar descontextualizadas sino que guarden relación con lo cotidiano. El hecho de que sea esta una de sus características es de suma importancia en los propósitos a desarrollar debido a que los contenidos y temas a conocer deben captar su interés.

Así mismo Gutiérrez et al. (2013) tiene en cuenta que este método solo funciona si existe una participación activa por parte de los estudiantes, lo que es llamado aprendizaje activo; por tanto, el estudiante aprende haciendo y así construye su propio aprendizaje. Entre tanto y luego de tener un tema de su interés, el estudiante es motivado por aquello que quiere conocer más a profundidad y realiza una participación constante para aclarar sus dudas con preguntas, formulando su punto de vista de acuerdo al tema correspondiente y la manipulación de las actividades experimentales.

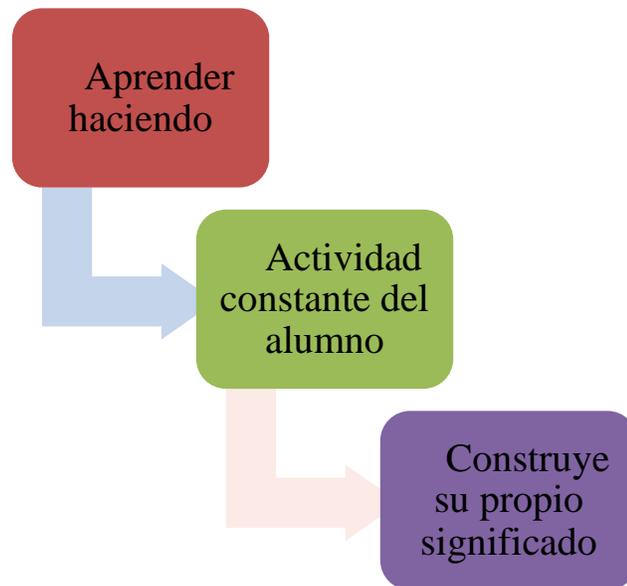


Figura 3: Características del aprendizaje activo

El aprendizaje colaborativo, otra de las características del ABP, no solo propone que el estudiante esté siempre activo ante los procesos que se realizan sino también es importante según Gutiérrez et al. (2013) el intercambio de conocimientos con el fin de obtener nuevas habilidades y participación conjunta del proceso que se llevará a cabo. Esta característica no es aislada de la anterior, es decir que el aprendizaje activo permite una comprensión del tema y este se refuerza con la interacción entre los diferentes puntos de vista. Por último, otra de las características del ABP para Gutiérrez et al (2013) tiene como eje fundamental el razonamiento, esto quiere decir que el paradigma del ABP está más basado al proceso que al producto y es en esta medida donde se hace más importante todo el trabajo que se está llevando a cabo que los datos mismos.

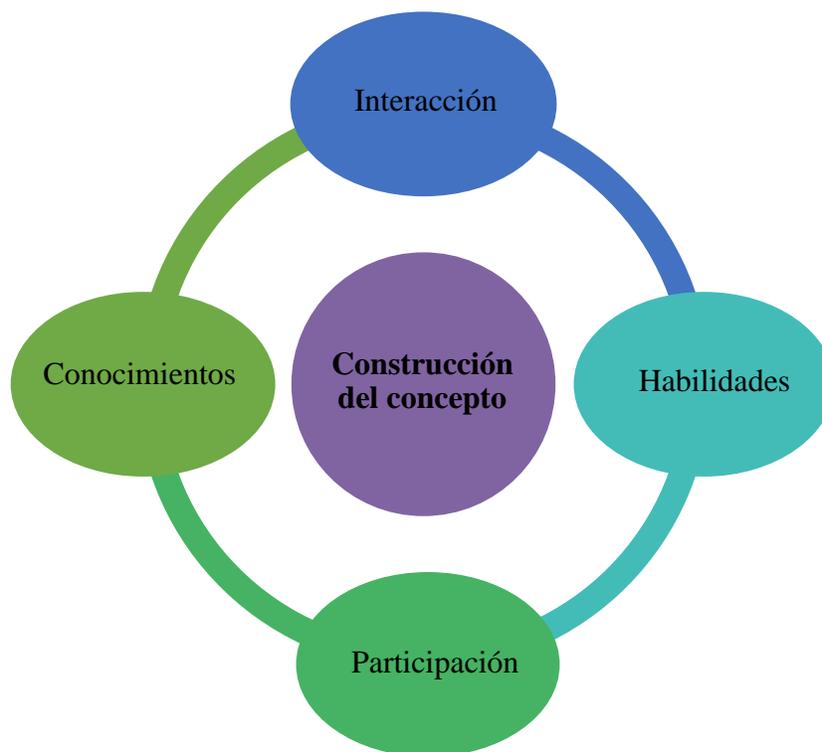


Figura 4: Características del aprendizaje colaborativo

Entre tanto, y luego de revisar las características del ABP, es importante definir que es un problema con el fin de dar claridad a dicho marco teórico.

Un problema tiene diferentes y amplios significados para cada uno de nosotros; tenemos problemas económicos, contextuales, sociales entre miles, que quizá permitan adquirir muchos conocimientos. Para el ABP el problema es un reto en la vida que permita realizar las cosas de una mejor manera. Gallow (como se citó en Gutiérrez et al, 2013) determina que un problema corresponde a una situación fenomenológica sin explicación, una manera adecuada de realizar las cosas, una forma diferente de diseñar o

construir algo e incluso la necesidad de crear una obra artística. Es en este sentido donde un problema abarca muchas situaciones presentes en la cotidianidad.

Luego de entender lo correspondiente a un problema, se debe de tener en cuenta que para esta investigación el problema tiene un sinnúmero de características específicas para su buena formulación las cuales han sido utilizadas por docentes y estudiantes.

Gutiérrez et al. (2013) afirma que un buen problema es aquel que tiene la capacidad de captar el interés por parte de los alumnos y además que problematice alguna situación con el fin intentar comprenderlo de una manera más general. La forma más sencilla en el momento de la elaboración del problema se hace teniendo en cuenta que este debe de referirse a situaciones reales donde se problematice alguna situación concreta. Las narraciones presentadas de acuerdo al contexto y que además problematizan una situación que deba tener un análisis conceptual más profundo para su solución, son importantes para la elaboración de un buen problema; aquellos problemas para los cuales los estudiantes deban tomar decisiones y elaborar juicios con base a sus conocimientos previos son elaboraciones muy completas en el momento de desarrollar un buen problema.

Gutiérrez et al. (2013) da cuenta como el ABP pretende que los problemas formulados correspondan al segundo nivel cognitivo de los procesos mentales superiores de la taxonomía de Bloom (1956)

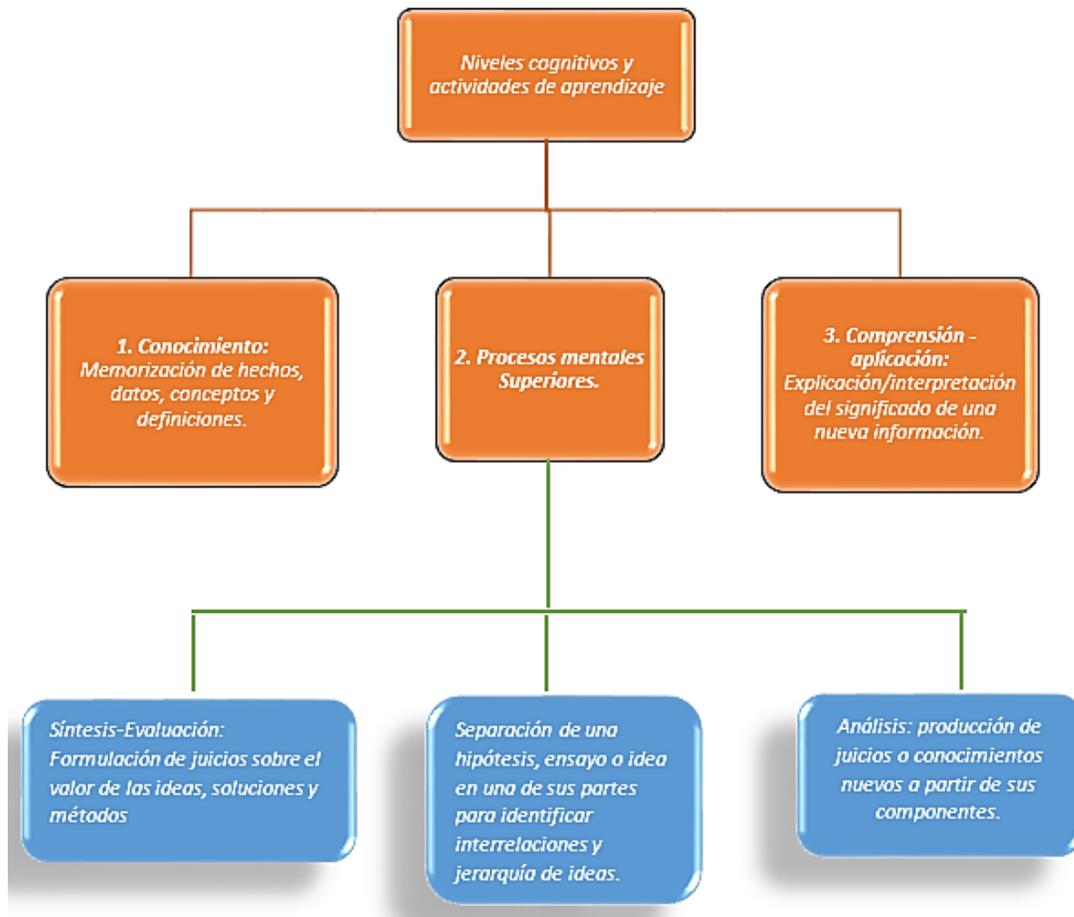


Figura 5: Niveles cognitivos de la taxonomía de Bloom (como se citó en Gutiérrez, et al., 1956)

El nivel de los procesos mentales superiores corresponde a los procesos mentales superiores, los cuales necesitan de un análisis y síntesis. El tercer nivel pretende que el problema involucre al estudiante de una manera directa y esto se logra con un problema que se encuentra en su cotidianidad; la solución de este no solo se da analizando el problema en cuestión sino que además se debe de remitir a otros conocimientos previos. Utilizar este tercer nivel se hace importante para el presente trabajo debido a que el

estudiante está inmerso en un problema presente en su cotidianidad para el cual es preciso realizarle una interpretación, dicha interpretación no se puede realizar completamente con los datos que se tienen en principio sino que es necesario que tenga claro tanto los conocimientos previos como los que se pueden adquirir de cada dato en el proceso de la respuesta.

5.1.6 Importancia de las prácticas experimentales en física.

En el ámbito de la física existen conceptos que son complejos de analizar simplemente con la explicación oral por parte del docente, esto debido a que en muchas ocasiones se deben hacer una serie de abstracciones y relaciones para poder entenderlos; así el docente debe tener un método adecuado con el fin de que estos conceptos queden lo más claro posibles. Es en este sentido donde las prácticas experimentales constituyen una ayuda importante para que los alumnos tengan la capacidad de comprender los fenómenos físicos. Peláez (1986) afirma que las prácticas experimentales representan un papel fundamental para la trasmisión de conocimientos físicos y como éstos se relacionan de manera directa con el mundo real. En esta medida no solo representará un modelo para la adquisición del conocimiento, sino que también permite que los conceptos de física se relacionen directamente con el mundo real y en esta medida se obtenga un gran interés por la física.

Así Peláez (1986) propone que las prácticas experimentales no solo comprueban una ley o permiten la comprensión de datos, sino que es el momento donde el alumno hace contacto directo con las leyes de la física.

Independientemente de lo importante que son dichas prácticas experimentales para la adquisición de conocimientos, tienen también aspectos complejos para su realización tales como el costo de los materiales que se deseen utilizar y el tiempo el cual se tenga programado para su realización. Peláez (1986) deja claro que, si bien las prácticas experimentales tienen altos costos y requieren un tiempo importante para su realización, el resultado que éstas arrojan en relación con el conocimiento que se adquiere es significativo, además es enfático en aclarar que los materiales que se pueden utilizar para las prácticas experimentales no tienen altos costos, sino que dependen de la habilidad que el docente tenga para transformar un material común en un objeto concreto de estudio.

Las prácticas experimentales tienen como objetivo presentar al alumno un concepto de una forma experimental mediante la observación y la manipulación en cuanto sea necesaria, así como la aplicación de los contenidos teóricos de un tema específico, con lo que se adquiere un conocimiento más amplio, realizando a su vez un análisis de las situaciones que se presentan.

5.2 Aspectos sobre la disciplina de la física

5.2.1 Desarrollo Histórico de las Ondas

La Ley Pitagórica de las cuerdas.

Acerca de la historia de las ondas y como estas se modelan se tiene un primer acercamiento realizado por Pitágoras que corresponde a una relación numérica de las longitudes de las cuerdas en los instrumentos musicales (Gamow, 2007). Así se establece en principio una aproximación a las ondas asociadas con las longitudes de las cuerdas de los instrumentos musicales.

El método llamado “monocordio” el cual corresponde a una sola cuerda que cambia su longitud gracias a una masa situada en el extremo donde se quiera partir la medida, es similar a las cuerdas de las guitarras; supongamos que ponemos a vibrar la sexta cuerda de la guitarra al aire -sin poner ningún dedo en el traste-, la vibración que esta produce perturba las partículas de aire a nuestro alrededor y produce un sonido característico; ahora, con el mismo pulso anterior se genera nuevamente la vibración en la cuerda de la guitarra pero en esta ocasión poniendo apoyando la cuerda con el dedo en el primer traste; el sonido que produce perturba de una forma diferente el aire haciendo que el sonido, en comparación con el sonido principal sea diferente y sucesivamente si cada vez que realizamos el pulso cambiamos el traste. En ésta Pitágoras establece dicha relación (Gamow, 2013).

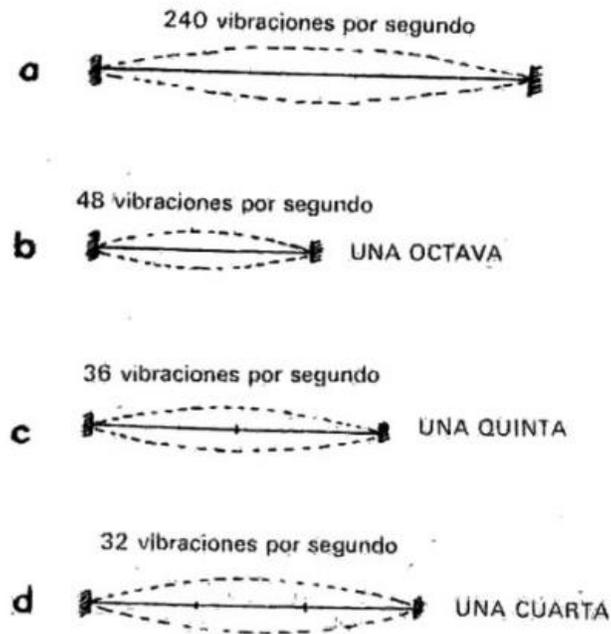


Figura 6. Ley Pitagórica de las cuerdas (Gamow, 2007, p.2)

Gamow (2007) determina que esta teoría, en relación con los conocimientos contemporáneos, permite una relación entre la frecuencia y la longitud. No solo la teoría pitagórica tiene una relación entre las cuerdas vibrantes, sino que además sugiere que:

Como el movimiento planetas "debe ser armonioso", sus distancias de la Tierra deben estar en las mismas relaciones que la longitud de las cuerdas (bajo la misma tensión) que producen las siete notas fundamentales de la lira, el instrumento musical nacional de los griegos. Además Gamow (2007) afirma que ésta idea ha sido probablemente el primer ejemplo de lo que ahora se llama a menudo teoría física patológica.

Entre tanto los movimientos planetarios también están asociados con esta teoría de cuerdas, dejando la longitud de ella como una distancia divina para las relaciones entre las distancias de los planetas.

Años más tarde Huygens explica la refracción de la luz por medio del análisis de la propagación de esta como fenómeno ondulatorio. Este principio pretende determinar cómo cada punto del frente de onda se puede representar como fuente de una nueva onda envolvente común a cada onda emitida en la posición anterior.

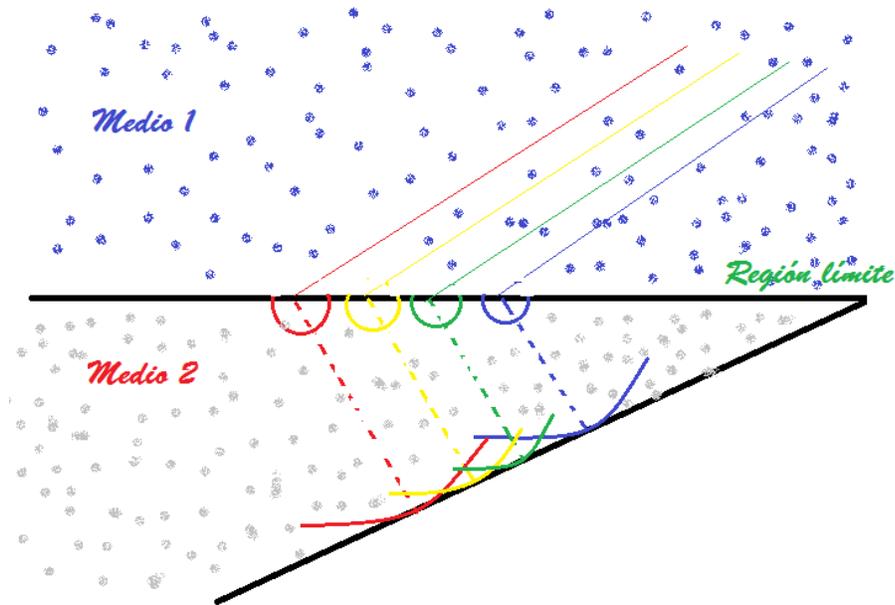


Figura 7. Principio de Huygens

Cada frente de esta onda toca un punto en la región límite y es precisamente es ese punto donde se propaga nuevamente la onda del haz de luz. Gamow (2007) establece que si se quiere hallar la posición donde se encuentra el frente de onda en el medio 2 es

necesario trazar una línea que envuelva todas las ondas pequeñas, en este caso una línea recta.

En esta medida la onda se trabaja en este caso para determinar la refracción de la luz y además refuerza en gran medida el comportamiento de los haces luminosos y establece un sinnúmero de ecuaciones que permite medir la velocidad de la luz y además el ángulo en que varía su dirección cuando se produce un cambio de medio.

Debido a que la teoría ondulatoria de la luz reforzada en gran medida por el suceso anterior, no había cobrado fuerza por algunas circunstancias, una de ellas afirma Gamow (2007) por la influencia de Newton entre sus contemporáneos, además de la poca capacidad por parte de Huygens para generar un desarrollo completo y preciso en cuanto a los procesos matemáticos de su teoría, se vio aplazada hasta 1800 donde Thomas Young en su trabajo “esbozos de experimentos e investigaciones respecto a la luz y el sonido” donde explica el fenómeno de los anillos de Newton con la base de la naturaleza ondulatoria de la luz.

Dicha imagen muestra los puntos donde las ondas llegan en fase, que son los lugares donde se unen cresta con cresta y depresión con depresión, y desfasadas donde se une depresión con cresta. Así y por medio de dicho experimento Gamow (2007) da cuenta de cómo los trabajos que fueron realizados Thomas Young (1801) y su contemporáneo Agustín Fresnel (1827), proporcionan una fuerte teoría acerca del comportamiento de la luz como un fenómeno ondulatorio.

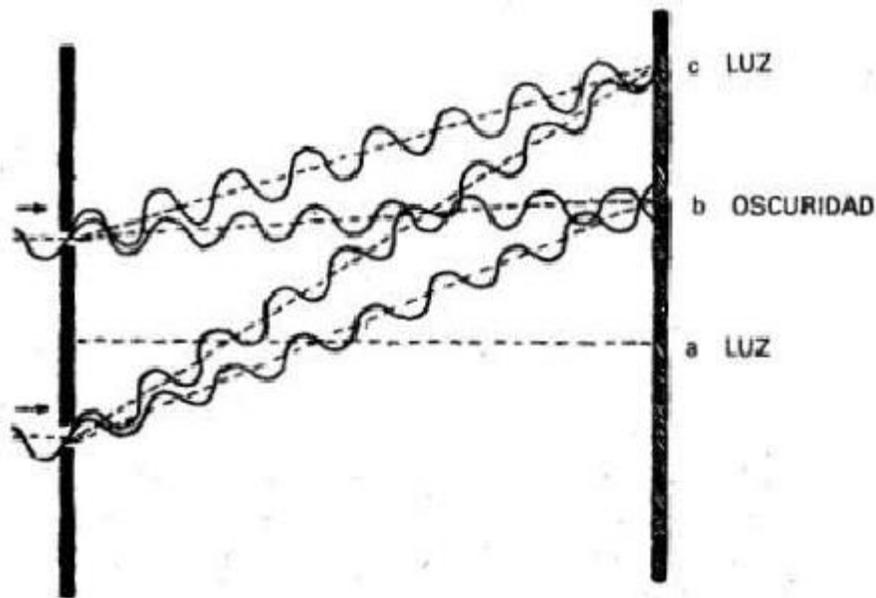


Figura 8. Experimento de la doble rendija (Gamow, 2007, 31)

Las ondas en este caso permitieron dar a conocer un comportamiento poco percibido por parte de muchos físicos acerca del comportamiento de la luz. En este caso la interferencia de las ondas explica los puntos claros y oscuros del fenómeno de difracción.

5.2.2 Concepto de onda y de interferencia

Ondas

Las Ondas son el producto de la perturbación de un sistema de su posición de equilibrio y dicha perturbación viaja por el medio (como por el agua, el aire, etc.), en este caso mecánico. Esto se puede ejemplificar cuando una piedra cae a un estanque que está completamente en equilibrio y dicho medio es perturbado formando en el agua regiones más sobresalientes en comparación con otras, concéntricas que se van

desplazando radialmente. Los máximos de dichas regiones sobresaliendo con respecto al punto de equilibrio es llamado crestas de las ondas, y los mínimos, que al estar por debajo del agua no podemos verlos, son los valles. Estos máximos se ven en el estanque viajar por toda la superficie del agua. Sin embargo, dicha propagación no es la de las partículas del agua, más bien de la energía que produce la oscilación de las diferentes partículas con respecto al punto de equilibrio.

Pulso de onda y onda periódica

Cuando a una cuerda estirada horizontalmente se le imprime una fuerza verticalmente producirá un pulso que viajara a través de toda la cuerda previamente a una recuperación de la cuerda a su posición horizontal. Cuando a esta se le imprime un movimiento periódico, entonces, como lo plantean Young y Freedman (2009) “La forma de la cuerda en cualquier instante es un patrón repetitivo” (p.490).

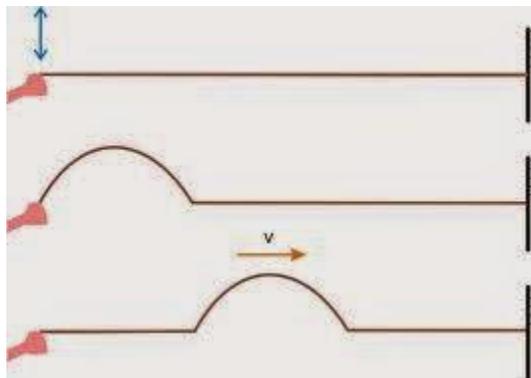


Figura 9. Pulso de una onda transversal. (Vallejo, 2015)

Longitud de onda

La longitud de un patrón de onda completo es la distancia entre una cresta y la siguiente, o de un valle al siguiente, o de cualquier punto al punto correspondiente en la siguiente repetición de la forma. Llamamos a esta distancia longitud de onda, denotada con λ (Young, et al., 2009, p.490). En el caso de las ondas periódicas producidas por un movimiento periódico en el estanque, las longitudes de ondas serán las medidas existentes entre cada uno de los máximos de las regiones sobresalientes.

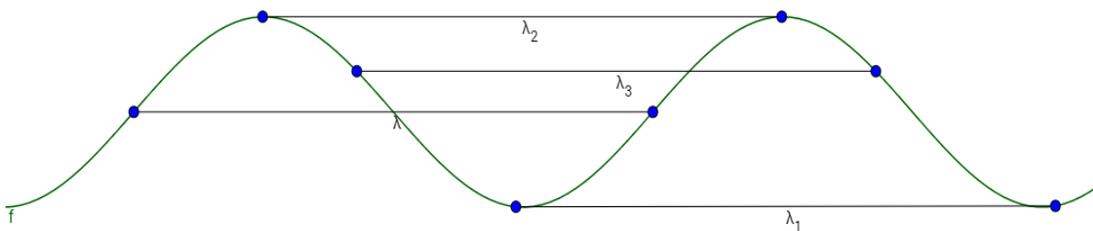


Figura 10. Longitud de onda en diferentes regiones del patrón

Interferencia

“El término “interferencia” se refiere a lo que sucede cuando dos o más ondas pasan por la misma región al mismo tiempo” (Young, et al., 2009, p.505). Tal y como se puede evidenciar en un estanque en el momento que tiramos dos piedras al agua, cuando éstas caen generan dos ondas que van a interferir en cada una de las regiones formando ondas

de amplitudes mayores o menores. Hay otros ejemplos en el cual dos o más ondas diferentes interfieren en un mismo punto de un medio, por ejemplo la reflexión de una onda transversal debida al movimiento de una cuerda o la superposición de dos ondas luminosas producidas por dos fuentes de luz. Sin embargo, en el primer ejemplo la propagación de las ondas es en una única dirección, pero en las ondas generadas en el estanque de agua las ondas viajan en dos dimensiones.

Los efectos de la interferencia se ven con más facilidad cuando se combinan ondas sinusoidales con una sola frecuencia f y longitud de onda λ (Young, et al., 2009, p.1208).

Fuentes coherentes

“Se dice que dos fuentes son coherentes cuando cada fuente tiene una frecuencia perfectamente definida (...) y cada una de ellas emitiendo ondas armónicas progresivas de la misma frecuencia en un medio homogéneo” (Crawford, 1968, p.482).

Interferencia constructiva y destructiva

En la figura se muestran dos fuentes puntuales A y B con la misma frecuencia y la misma amplitud. Las dos distancias AS y BS son iguales por simetría, luego las ondas para llegar a S requieren el mismo tiempo, y esto hará que las que salen en fase desde las dos fuentes lleguen en fase a S. Algo similar pasa para el punto R, si bien los caminos

que hay entre las dos fuentes al punto R, las dos distancias entre fuentes y el punto son diferentes estas difieren exactamente en dos longitudes de onda, por ello el tiempo que necesita una onda que sale desde B para recorrer exactamente dos longitudes de onda para llegar a R es exactamente dos periodos más. Así, las ondas llegaran en fase a R. La interferencia destructiva se produce cuando la cresta de una onda se superpone con un valle de otra onda, además implica que las ondas lleguen en desfase.

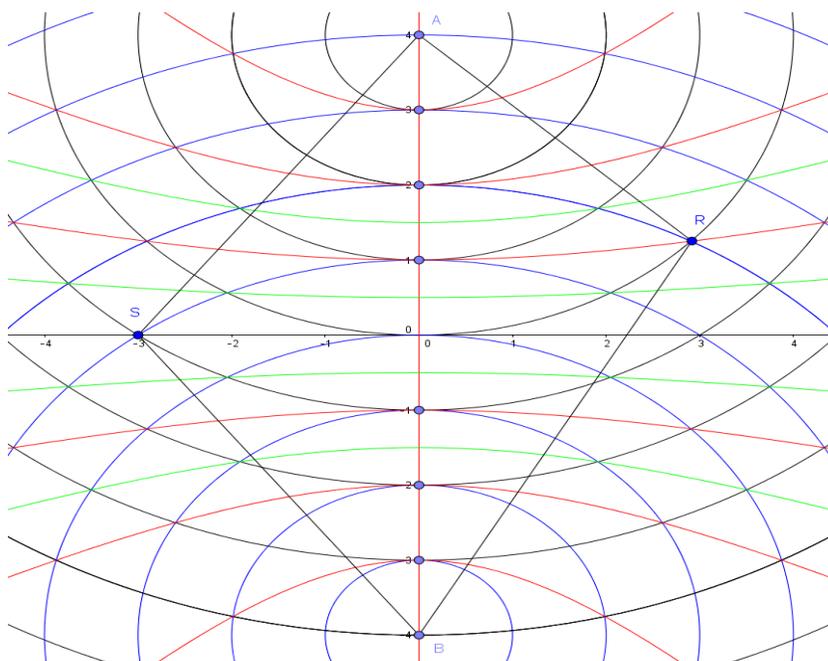


Figura 11. Diferencia de caminos en términos de longitudes de onda. Imagen realizada en Geogebra

Sea r_1 la distancia que hay entre A y cualquier punto P, y r_2 la distancia que hay entre B y P. Para que en P ocurra la interferencia constructiva, la diferencia de las trayectorias $r_2 - r_1$

para las dos fuentes debe ser un múltiplo entero de la longitud de onda λ . $r_2 - r_1 = m\lambda$,
($m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$). (Young, et al., 2009, p.1208)

5.3 Aspectos sobre herramientas virtuales

5.3.1 Software Geogebra.

En esta investigación la herramienta Geogebra juega un papel fundamental debido a que es la plataforma que modelará las situaciones que se presentan en la práctica experimental. En el desarrollo de esta investigación hace posible que se evalúe cada punto donde las ondas interfieren, efectuando la medida del número entero de longitudes de onda que caracterizan el tipo de interferencia, ya sea de tipo constructivo o destructivo, lo que no es posible hacer en la práctica experimental debido a que solo se caracterizan regiones del patrón de interferencia sin tener la posibilidad de efectuar medidas precisas en cada punto. Una de las potencialidades que presenta Geogebra es la realización de mediciones con mayor precisión para describir con certeza el tipo de interferencia que hay en un punto específico del patrón de interferencia.

La plataforma GeoGebra es un Software matemático libre, lo cual quiere decir que es posible tener acceso sin ningún costo. Torres & Racedo (2014) afirman que la primera versión creada de GeoGebra se dio en el año 2001 a manos de Markus Hohenwarter, el cual es un matemático austríaco y profesor de la Universidad Johannes Kepler. Markus Hohenwarter nació el 24 de junio de 1976 en Salzburgo (Austria).

GeoGebra es un software libre con licencia Creative Commons, cuya restricción principal es que no se puede hacer un uso comercial del programa, y como lo dice

Hohenwarter (citado por Torres & Racedo, 2014) “es un software interactivo de matemáticas que reúne dinámicamente geometría, álgebra y cálculo” (p.87). Permite la posibilidad que la geometría, el álgebra y el cálculo, que antes eran estáticos en la enseñanza, ahora sean dinámicos y relacionables. En su plataforma permite la posibilidad de varias vistas: la algebraica, la geométrica y la hoja de cálculo (Véase figura 12).

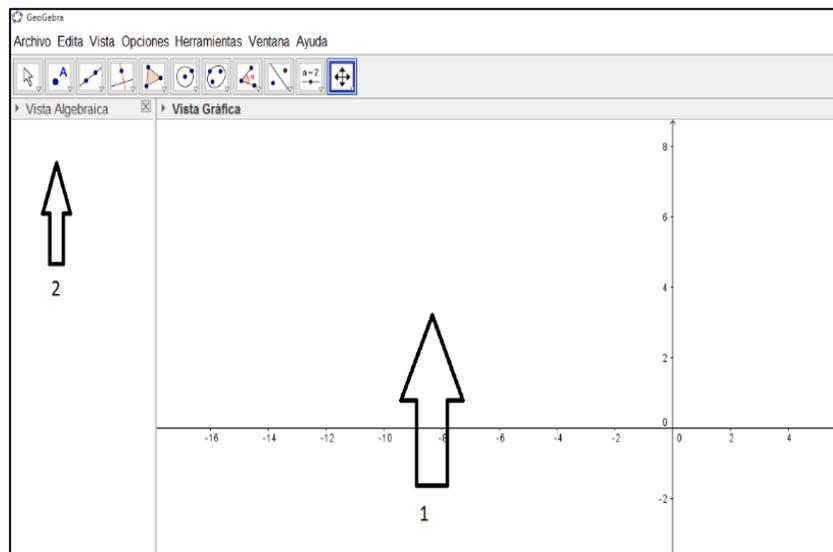


Figura 12. Vista grafica (1) y Vista algebraica (2)

Entre la vista grafica están las vistas gráficas 2D y la 3D. Lo que permite el dinamismo entre estas es que a medida que se dibuja una figura geométrica en la vista gráfica, la vista algebraica muestra el respectivo algebra de esta. Ahora GeoGebra está disponible como aplicación para dispositivos móviles posibilitando la mayor accesibilidad a estas en cualquier lugar, además de que está en la web (Véase figura 13) y permite compartir trabajos con otras personas. Entre las herramientas que posee

GeoGebra hay distintos botones que permiten la manipulación de toda la vista gráfica y algebraica de los cuales se desprenden de cada uno al menos una opción más.



Figura 13. Plataforma GeoGebra Online

El primer botón de izquierda a derecha aparece por defecto con una flecha, pero de ella se desprenden tres opciones más, todos estos botones son: “elige y mueve”, en el cual podemos mover cualquier objeto de la vista gráfica, como un punto, un segmento o un deslizador; “gira en torno un punto”, esta opción permite poner a girar un objeto entorno a un centro de rotación; “figura a mano alzada” y “lápiz”, estas dos opciones permiten dibujar sin ayuda de comandos cualquier tipo de representación (Véase figura 14).

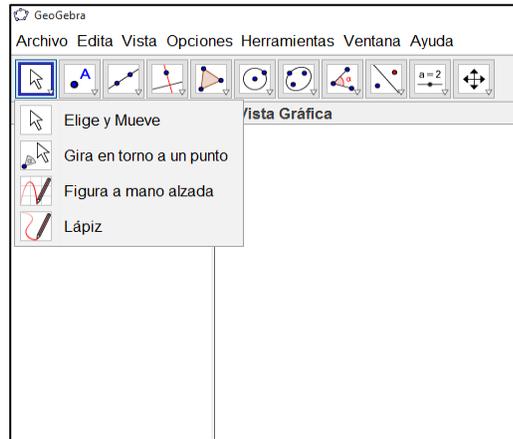


Figura 14. “Elige y mueve” y sus demás opciones que se desprenden del comando “seleccionar”

El siguiente botón que aparece por defecto de izquierda a derecha es un punto y de él se desprenden siete botones, los cuales se llaman: “punto” y “punto en objeto”; que permiten colocar un punto en cualquier parte de la vista grafica; el comando de “intersección”, que permite hallar el punto de intersección de dos geodésicas (líneas rectas); “medio o centro”, que halla el punto medio entre dos segmentos, entre otras opciones como: “limita/Libera punto” “número complejo”; “extremos” y “raíces” (Véase figura 15).

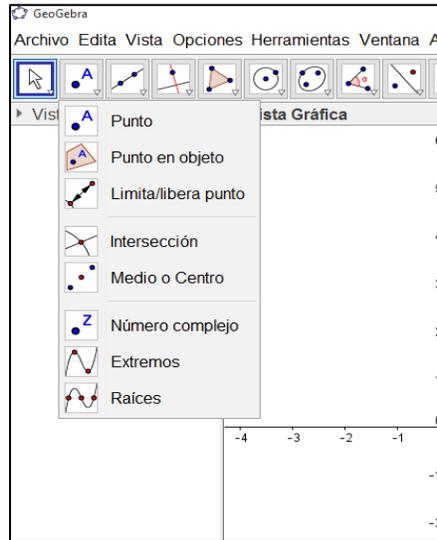


Figura 15. “punto” y sus demás opciones desprendidas

Para el siguiente botón se desprenden 6 más, los cuales son: “recta”; que permite trazar una recta dados dos puntos; el comando “segmento”, que permite el trazado de un segmento de recta dados dos puntos; además de otros comandos relacionados con la recta en un plano como “segmento de longitud dada”; “semirrecta”; “poligonal”; “vector” y “equipolente” (figura 16).

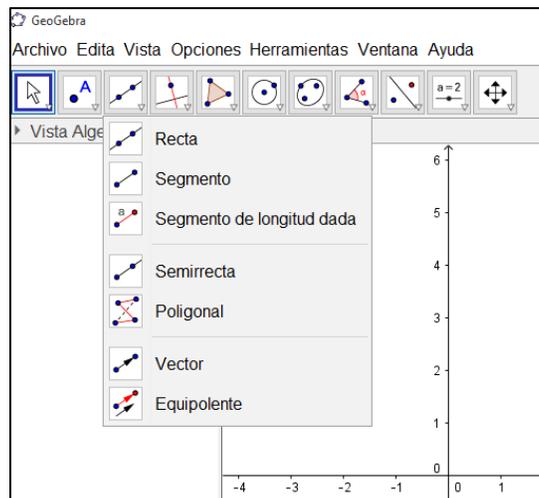


Figura 16. “recta” y sus demás opciones desprendidas

El siguiente que aparece por defecto es recta perpendicular del cual se desprende otros siete botones los cuales son: “perpendicular” y “paralela”, que trazan una perpendicular o una paralela a una recta que pase por un punto, además existen otras opciones de construcción como la “mediatriz”; “bisectriz”; “tangentes”; “polar o conjugado”; “ajuste lineal” y “lugar geométrico” (figura 17).

La quinta entrada en la barra de tareas de GeoGebra es la que permite la creación de toda clase de polígonos regulares e irregulares. En ésta es posible construir cualquier tipo de polígono ya sea con una cantidad requerida de puntos o con unas dimensiones exactas como se puede construir con la entrada polígono regular.

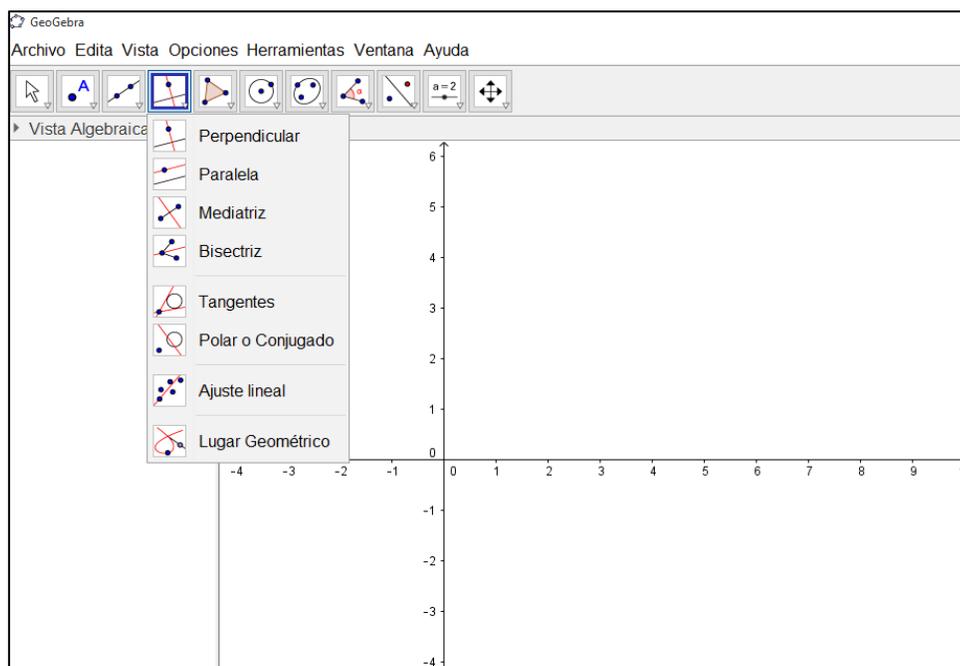


Figura 17. “perpendicular” y sus demás opciones que se desprenden

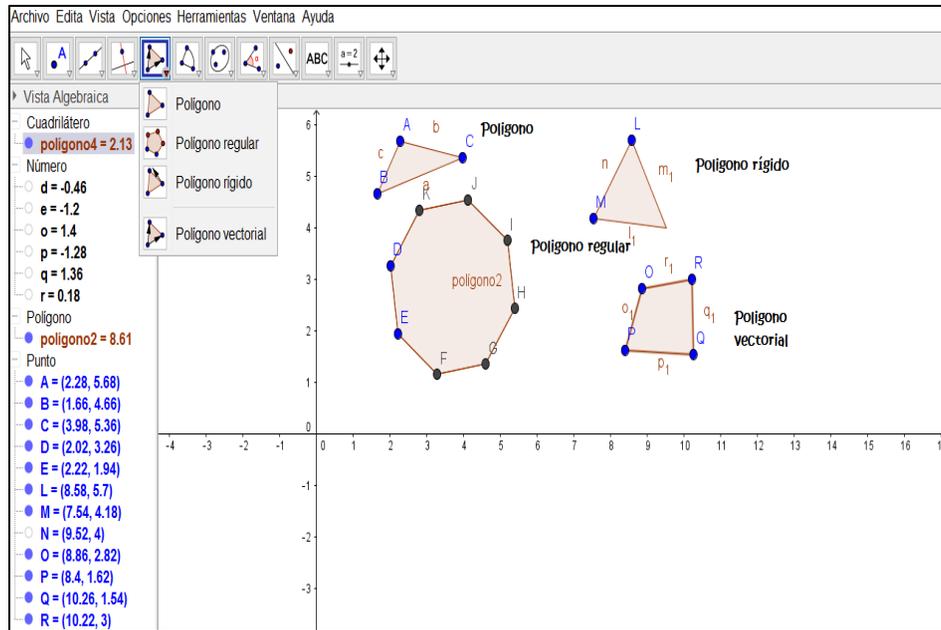


Figura 18. Figuras Geométricas construidas a partir del comando “polígono”

El botón de circunferencia permite de manera sencilla realizar todo tipo de círculos y arcos, además de tomar medidas exactas con el compás que se puede observar en el tercer comando que se desprende de este botón.

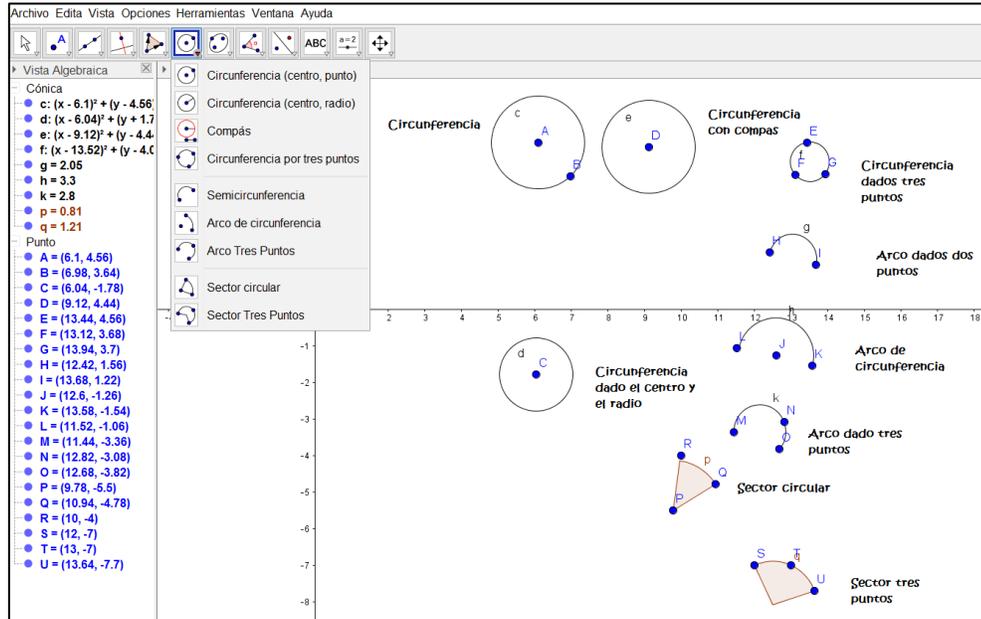


Figura 19. Figuras Geométricas construidas a partir del comando “circunferencia”

En el siguiente comando es posible trazar Elipses, hipérbolas, parábolas y figuras cónicas dados cinco puntos arbitrarios.

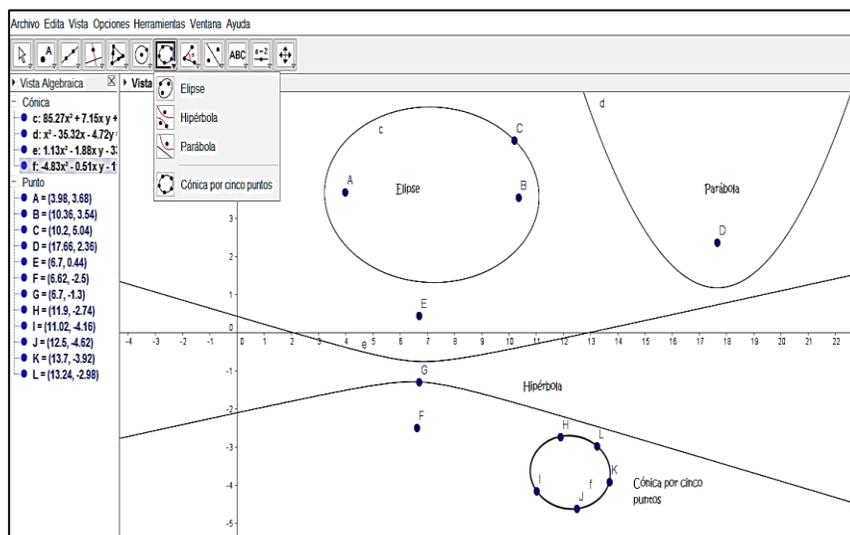


Figura 20. Elipses, parábolas e hipérbolas construidas a partir del comando “circunferencia”

El octavo comando permite realizar la medida de ángulos, áreas, longitudes y pendientes de las figuras que se trabajan en cualquier tipo de actividad propuesta para la medición de figuras geométricas.

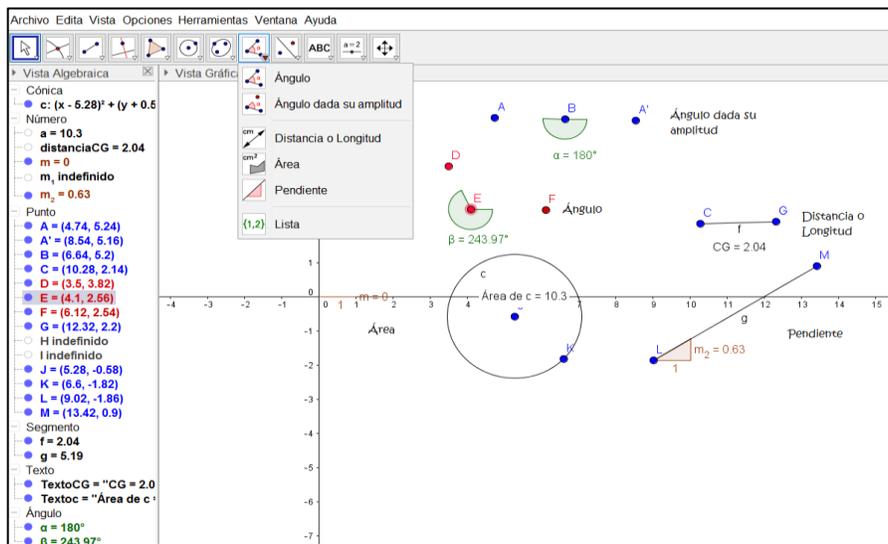


Figura 21. Elipses, parábolas e hipérbolas construidas a partir del comando “circunferencia”

El comando nueve llamado “simetría axial” es utilizado para hacer reflexiones, traslaciones y rotaciones de figuras geométricas. El comando diez denominado como “deslizador” se emplea para la construcción de deslizadores, y para insertar texto e imágenes sobre la vista gráfica. Por último el comando once denominado como “desplaza vista gráfica” es empleado para alejar o acercar las construcciones realizadas

en la vista gráfica, además de moverlas a cualquier posición de la vista gráfica y de borrarlas si es necesario.

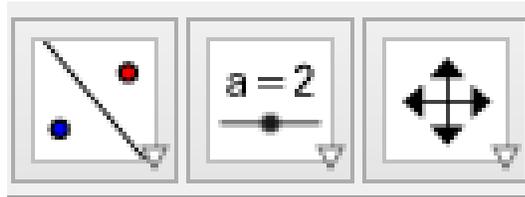


Figura 22. Comandos de simetría axial, deslizador y desplaza vista gráfica.

6. Diseño Metodológico

6.1 Tipo de Investigación

La presente investigación se ubica dentro de una perspectiva cualitativa de análisis, dado el interés de caracterizar los significados construidos en los estudiantes alrededor de la noción de onda y el fenómeno de interferencia, mediante un acercamiento del estudiante con el fenómeno a partir de la experimentación física mediatizada por las tecnologías virtuales. Según Sandín (2003) la perspectiva cualitativa de análisis presenta diferentes modalidades de investigación orientadas a la comprensión, al cambio y a la toma de decisiones. En la investigación se emplean estas metodologías para dar cuenta del progreso de los estudiantes en cuanto a la construcción de la noción de onda y al fenómeno de interferencia, esto se logra a través de una serie de actividades donde se pretende que el estudiante comprenda el fenómeno de estudio y a su vez pueda aplicar dichos conceptos a partir de prácticas experimentales tanto físicas como virtuales que lo lleven a tomar decisiones de acuerdo a su comprensión del fenómeno.

Esta investigación es de tipo investigación-acción donde no solo se pretende conocer una determinada realidad o un problema específico de los estudiantes, sino también incidir en dicha problemática. Como lo afirma Varela & Martínez (1997) mencionando

que el profesor presenta el rol de investigador que propende mejorar las prácticas educativas con una serie de estrategias alcanzadas a través de la investigación en el aula. Según Restrepo (2004) la investigación-acción permite establecer un cambio en las prácticas educativas a través de una postura crítica de la práctica pedagógica utilizada, reflexionando si es la más adecuada de acuerdo al contexto de enseñanza y si es necesario prácticas nuevas que brinden mejores resultados en cuanto al aprendizaje de saberes pedagógicos.

6.2 Población y Muestra

La presente investigación es realizada a un total de 32 estudiantes del grado noveno para el curso de Física I de la Institución Educativa San Juan Del Bosco, ubicado en el Barrio Campo Valdez de la ciudad de Medellín. De los cuales solo 21 estudiantes realizaron todas las actividades propuestas, por lo cual es la población a ser analizada a lo largo de las cuatro actividades que incluyen el ejercicio diagnóstico. Se selecciona un tamaño muestral de 4 estudiantes donde se explicitará todo el proceso de análisis observando las fortalezas y debilidades en cuanto a la construcción de la noción de onda y el fenómeno de interferencia a lo largo de las situaciones planteadas en el proyecto de investigación. Los estudiantes vieron la unidad de ondas en el curso de física antes de la intervención pedagógica realizada.

6.3 Metodología de la Actividad

A continuación se describe a modo de resumen las actividades realizadas durante la intervención pedagógica:

El primer momento de aprendizaje tuvo lugar en la implementación del ejercicio diagnóstico que consistía de una lectura extraída de un libro de texto (Véase anexo), acerca de la información que brindan las ondas y los patrones de interferencia producidos por los navíos sobre la superficie del mar, además se propusieron tres situaciones problema relacionadas con la lectura que propendían conocer la noción de onda y el fenómeno de interferencia construida previamente por los estudiantes en el curso de física y como representan estos fenómenos a través de un dibujo.

El segundo momento de aprendizaje consiste en la resolución de la primera actividad, que consistía de una segunda lectura (Véase anexo correspondiente a la actividad 1) acerca de la intensidad de las ondas del sonido. A partir de la lectura se propuso una situación problema, la cual era definir la onda y el fenómeno de interferencia de acuerdo a sus conocimientos previos y a los conocimientos construidos a partir de la lectura. Se plantea como objetivo en esta actividad evidenciar una mejoría en la primera actividad con respecto al ejercicio diagnóstico, debido a que el estudiante encuentra en el texto otra situación donde se pueden evidenciar los fenómenos ondulatorios y así ampliar su mirada acerca de éstos y por ende definirlos con mayor claridad.

El tercer momento de aprendizaje consiste en una práctica experimental con la cubeta generadora de ondas, que contará con una actividad, la cual implica la toma de medidas

de las longitudes de onda que hay desde la fuente a un punto particular del medio por el cual se propaga la onda y el patrón de interferencia. Se plantea como objetivo en esta actividad que los estudiantes aprendan a efectuar mediciones a lo largo del patrón de interferencia en términos de las longitudes de onda.

Por último, se propone como cuarto momento de aprendizaje, que los estudiantes manipulen en el programa Geogebra una foto del patrón de interferencia previamente fotografiado de una cubeta generadora de ondas (Véase figura 23, 24 y 25), para luego, en los diferentes puntos del patrón de interferencia mostrado en la fotografía, tomar medidas en términos de las longitudes de onda para que los estudiantes identifiquen las regiones en las cuales se presenta interferencia destructiva o constructiva. Por último, se busca que por medio de las mediciones tomadas previamente, se llegue a las ecuaciones de los dos tipos de interferencia. No obstante, solo se implementará la guía de trabajo para los estudiantes hasta la interferencia constructiva, por cuestiones de tiempo dispuesto por el colegio para la intervención pedagógica.

Las medidas que pretenden ser realizadas en el programa de Geogebra para identificar las regiones cuya interferencia es de tipo constructivo o destructivo, es la diferencia entre la longitud de segmentos desde ambas fuentes puntuales hasta el punto donde se desea analizar la interferencia.



Figura 23. Cubeta generadora de ondas del instituto de Física de la Universidad de Antioquia empleada para tomar la fotografía del patrón de interferencia que será insertada en el programa GeoGebra.

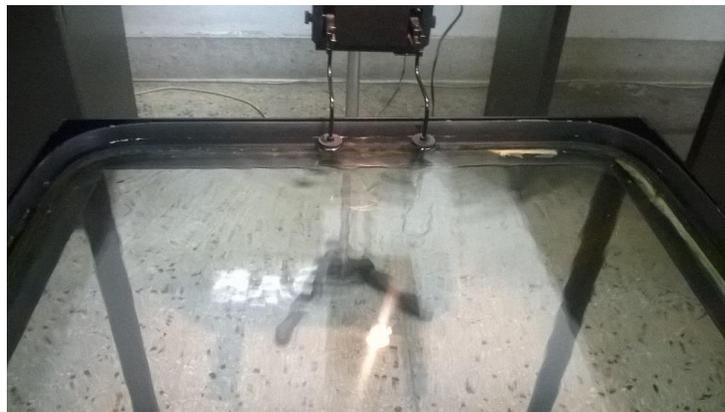


Figura 24. Se estudia el patrón de interferencia formado por dos fuentes puntuales que vibran al unísono sobre la superficie del agua.

Si la diferencia de segmentos arroja un valor muy próximo a un número entero en GeoGebra, se dice que en ese punto ocurre interferencia constructiva, no obstante, si la

diferencia de segmentos arroja un valor de $\frac{1}{2}$ de un número entero en Geogebra, se dice que en ese punto ocurre interferencia destructiva.



Figura 25. Fotografía tomada del patrón de interferencia de la cubeta generadora de ondas que será insertada en el programa GeoGebra.

A lo largo de las hipérbolas que pasan por los puntos de máxima amplitud de las dos ondas (donde se chocan las crestas) se asegura que siempre habrá interferencia constructiva, ya que si se mide la diferencia de segmentos a lo largo de la hipérbola siempre arrojará un valor de un número entero. (Véase figura 26). Para que entre dos curvas antinodales sucesivas, haya una medida de una unidad en Geogebra, por ejemplo, que la curva correspondiente al punto G mida uno, y la siguiente curva correspondiente al punto H mida dos, y la siguiente tres, y así sucesivamente (véase nuevamente la figura 26).

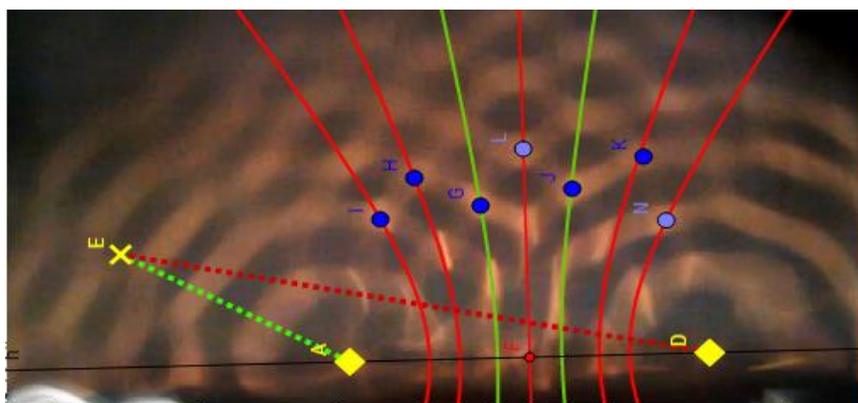


Figura 26. En los puntos I, H, G, L, J, K y N donde se chocan las crestas de ambas ondas y a lo largo de las hipérbolas (también llamadas curvas antinodales) se presenta interferencia de tipo constructivo.

Es necesario que antes de tomar las medidas en Geogebra se ajuste la foto, de tal forma que la primera semicircunferencia correspondiente al primer frente de onda que se observa en la fotografía, tenga una medida aproximada de una unidad en geogebra, y que en consecuencia, cada longitud de onda a lo largo del patrón de interferencia presente una medida aproximada de una unidad (Véase la figura 27).

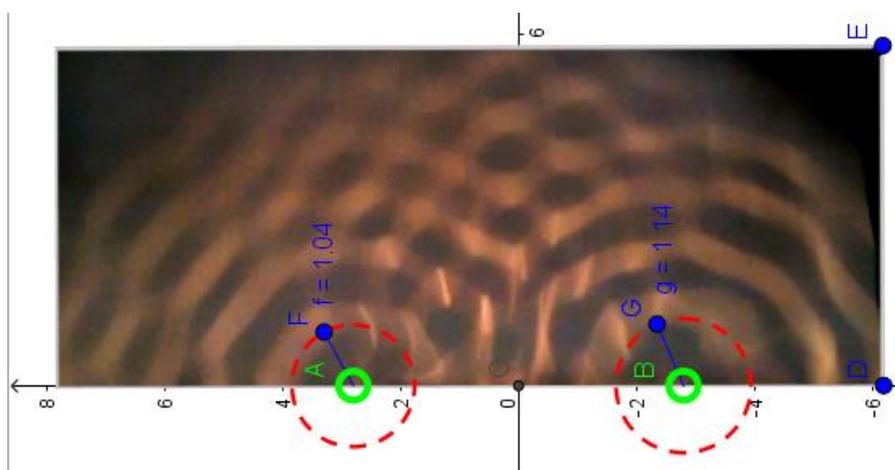


Figura 27. La medida desde el punto A hasta el punto F que corresponde a la primera longitud de onda debe ser de una unidad aproximadamente, para que cada longitud de onda a lo largo del patrón de interferencia tenga una medida aproximada de una unidad.

Se propende que cada longitud de onda mida aproximadamente una unidad en Geogebra, con el fin de que el estudiante pueda medir también a través de la observación, por tanto el alumno observará que hay dos longitudes de onda que medirán dos unidades en Geogebra. Esto se hace para facilitar los cálculos al estudiante y que pueda llegar a las ecuaciones de interferencia constructiva y destructiva y a la construcción de las curvas antinodales y nodales sin complicaciones.

En el instructivo de Geogebra se especifican cada uno de los pasos a seguir para la realización de las medidas y la construcción de las curvas antinodales y nodales correspondientes a la interferencia constructiva y destructiva respectivamente. Para la investigación solo se aplicó a los estudiantes las construcciones de la interferencia constructiva por cuestiones de tiempo dispuesto por el colegio para la intervención pedagógica. No obstante se deja al profesor la realización de las construcciones para la interferencia destructiva y sus curvas nodales correspondientes.

7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se empleó en la recolección de datos para el ejercicio diagnóstico y la actividad 1 es la de **observación**, donde según Pandoja (2015) “es una técnica para la recogida de datos sobre comportamiento no verbal” (p.277) donde los investigadores solo realizan procesos de observación a lo largo de la investigación. Esta técnica de recolección de datos fue utilizada debido a que los estudiantes deben responder preguntas con relación a las lecturas y a sus conocimiento previos de los fenómenos estudiados, por lo cual no hay una intervención activa del investigador, ya que se pretende que los estudiantes construyan por ellos mismos la noción de onda y el fenómeno de interferencia, y que sus construcciones puedan evidenciarse a través de sus respuestas a las preguntas formuladas, además de las representaciones que realizan del fenómeno a través de dibujos.

Las técnicas que se emplearon en la recolección de datos para la actividad 2 conjugan la **observación** y la **observación participante**, donde según Pantoja (2015) en la técnica de **observación participante** el investigador interviene activamente en la población a la cual se le es realizada la investigación, siendo un participante más en el proceso de investigación, que además de hacer procesos de observación, éste interviene de forma directa en el grupo. La actividad 2 presentó dos momentos de aprendizaje. En un primer momento se empleó la técnica de **observación participante**, donde se busca que a través de una práctica experimental los estudiantes se acerquen al fenómeno de interferencia, donde los investigadores tomarán un papel primordial en la explicación del fenómeno de

interferencia y sus tipos, tanto constructivo como destructivo y la relación del fenómeno con las longitudes de onda asociadas a cada fuente. Posteriormente en el Segundo momento de aprendizaje se empleó la técnica de *observación*, donde a partir de la actividad experimental previamente realizada, los estudiantes debían realizar medidas en términos de las longitudes de onda en un dibujo que representa un patrón de interferencia.

La técnica empleada en la recolección de datos para la actividad 3 correspondiente a la manipulación del software Geogebra es denominada como *observación participante*, Esta técnica de recolección de datos fue de suma importancia para la actividad 3 debido a que era necesario dar procesos de instrucción acerca de cómo debían manipular adecuadamente el programa Geogebra, además de atender a todas las dudas que pudieran generarse a lo largo de su utilización, ya que los estudiantes no habían tenido un primer acercamiento con el programa.

Se les facilita a los estudiantes a través de una carpeta de Drive la foto de un patrón de interferencia previamente tomado de una cubeta generadora de ondas para ser montado a la plataforma de Geogebra Online y el instructivo que indica los pasos a seguir en el transcurso de la actividad, además de una serie de preguntas con relación a ésta (Véase anexo correspondiente a la actividad 3). Para esta actividad no solo se tuvo en cuenta las construcciones realizadas en la plataforma Geogebra que dieran cuenta de su conocimiento del fenómeno de interferencia, sino también los procesos escriturales realizados por los estudiantes en respuesta a las preguntas formuladas en el instructivo.

8. Análisis e Interpretación de Resultados

8.1 Análisis de Resultados

A continuación se presenta el análisis de corte cualitativo de la información obtenida a través del ejercicio diagnóstico y de las tres actividades propuestas a lo largo del proceso de investigación.

Ejercicio Diagnóstico

El ejercicio diagnóstico consta de tres preguntas. Se analizará especialmente la tercera pregunta acerca de la noción de onda y el fenómeno de interferencia que presentan los estudiantes, de acuerdo a la lectura y a sus conocimientos previos, las dos primeras preguntas darán cuenta de las características que conocen acerca de estos conceptos. Se pretende con el ejercicio diagnóstico que la noción de onda y el fenómeno de interferencia sea una situación problema para el estudiante, donde intervengan las leyes físicas, los conceptos y las ecuaciones que relacionan a ambos fenómenos. Se emplean tres categorías de respuesta: Noción esperada, aproximada y equivocada para la clasificación de los datos. A continuación se explican las tres categorías:

Noción Esperada: Es la noción adquirida por el estudiante de acuerdo a los conceptos que se emplean en los libros de texto y se enseñan en los cursos de Física

enfocados a la educación media y superior. También es un indicativo de que el estudiante responde correctamente a una situación particular que es objeto de estudio.

Noción Aproximada: Es la noción que permite evidenciar conocimientos previos en el estudiante, no obstante, no presenta claros dichos conceptos. Para la noción aproximada se toma como punto de referencia la noción esperada.

Noción Equivocada: Es la noción dada por el estudiante que permite evidenciar la falta de comprensión de los conceptos empleados, o no ha tenido un acercamiento con estos.

La primera pregunta presentada a los estudiantes con relación a la lectura y a sus conocimientos previos fue la siguiente:

1. a) Según el ejemplo del texto: ¿Qué significa que las cosas (cómo los barcos) en un medio (cómo el agua) produzcan ondas que transportan información?,

b) ¿Podría dar otro ejemplo fuera del texto de cómo las ondas en un medio transportan información?

Respuesta del estudiante B a la pregunta 1 del literal “a”

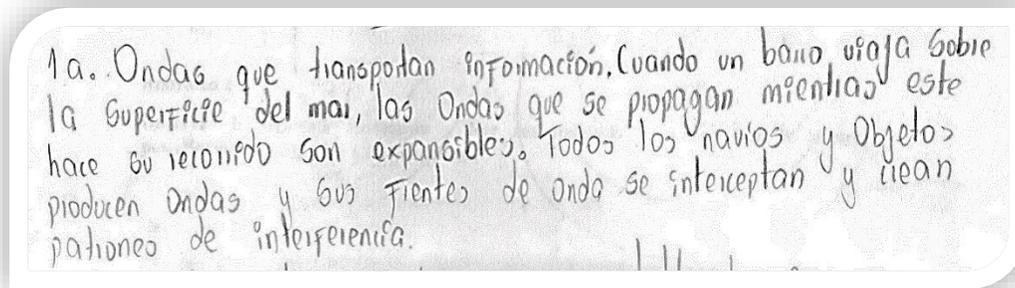
A photograph of a handwritten note on lined paper. The text is written in black ink and describes wave propagation on the sea surface. It mentions that waves transport information and that objects like boats and ships create waves, which then interfere with each other. The handwriting is somewhat cursive and slightly slanted.

Figura 28. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 1 del literal “a”

La respuesta que proporciona el estudiante B al literal “a”, es basada de forma textual en la lectura, sin embargo, llama la atención el término empleado por parte del estudiante de **ondas expansibles**, dándole una cualidad a la onda de propagarse por un medio, en este caso sobre la superficie del mar. Es innegable que el estudiante adquiere una representación del fenómeno de estudio a través de la lectura del enunciado, así como menciona Truyol & Gangoso (2010) afirmando que las representaciones externas, en este caso dada por el estudiante a través de una lectura, condicionan el tipo de representación interna que construye el sujeto acerca del fenómeno. **Respuesta del estudiante C a la pregunta 1 del literal “a”**

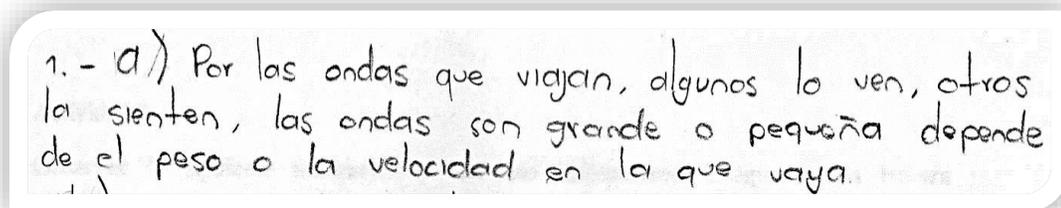
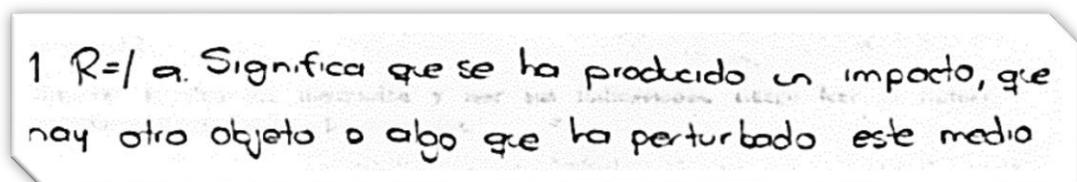
A photograph of a handwritten note on lined paper. The text is written in black ink and discusses wave propagation. It states that some waves are felt, others are seen, and their size depends on weight or velocity. The handwriting is clear and legible.

Figura 29. Imagen de la respuesta del estudiante C a la pregunta 1 del literal “a”

El estudiante C asocia la información que transmite una onda con percepciones sensoriales, donde según el estudiante, la onda genera una información que es recibida por nosotros ya sea de forma visible o por otros sentidos que dan cuenta de la existencia de la onda. El estudiante C no asocia la información que transporta la onda con la energía, sino con una serie de descripciones que puede brindar el fenómeno ondulatorio, como su tamaño (si es grande o pequeña la onda) y el “peso de la onda” el cual se puede inferir que lo asocia con el peso de los barcos sobre la superficie del mar. La respuesta del estudiante es comprensible de acuerdo a lo que Ausubel et al. (1991) afirma, donde atribuye la explicación de las experiencias o hechos reales por parte del alumno a una serie de conceptos o categorías que ha desarrollado en su estructura cognitiva de acuerdo al fenómeno. Por ejemplo, el alumno cuando lee el enunciado del problema realiza una representación mental del movimiento de la onda, de acuerdo a esos conceptos que él conoce, y a la situación que se le condiciona bajo el contexto de la lectura, el alumno intenta dar una explicación que dé una respuesta coherente a la pregunta.

Respuesta del estudiante D a la pregunta 1 del literal “a”

A photograph of a handwritten note on a piece of paper. The text is written in black ink and reads: "1 R=/ a. Significa que se ha producido un impacto, que hay otro objeto o algo que ha perturbado este medio". The paper has a slightly textured appearance and the handwriting is clear and legible.

1 R=/ a. Significa que se ha producido un impacto, que hay otro objeto o algo que ha perturbado este medio

Figura 30. Imagen de la respuesta del estudiante D a la pregunta 1 del literal “a”

El estudiante en este punto propone que el impacto es el que produce la perturbación del agua, ello refiere a un concepto no manejado en el texto lo cual se puede notar como

este ejemplo de la vida cotidiana permite que asocie conocimientos previos y de respuestas hipotéticas con el fin de concluir el concepto; dicha perturbación puede ser relacionada directamente con la onda y con esta se hace posible determinar si hay un objeto dentro del agua. Esto se refiere a que, así como tienen la capacidad de extrapolar la situación fuera del texto, tiene la capacidad de relacionarla con la narración de la actividad.

En el texto no se habla en ningún momento acerca de impactos o pulsos y por ello es posible determinar que para él las ondas no se crean de la nada, sino que es estrictamente necesario que se produzca un impacto para que ésta se genere; el impacto es posible relacionarlo de una manera directa con el pulso de onda y la perturbación con la onda misma.

Respuesta del estudiante E a la pregunta 1 del literal "a"

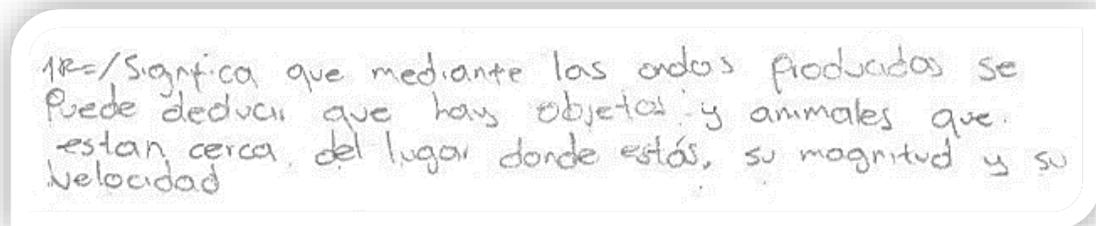


Figura 31. Imagen de la respuesta del estudiante E a la pregunta 1 del literal "a"

El estudiante E tiene claro que algunos mensajes se descifran, como la presencia de un objeto o de un animal y la velocidad de dichos objetos. Sin embargo, no hace la relación entre el emisor, en este caso el barco y el medio por el cual se transmite la información. Además, se refiere a su magnitud como tipo de información, pero no

especifica qué tipo de magnitud. La respuesta de este estudiante indica que hay algunos conceptos, como la magnitud, emisor, receptor, velocidad medio, etc. que la estudiante ha adquirido en su proceso de aprendizaje, como lo plantean Ausubel et al. (1991) en forma aislada, pues en las proposiciones de solución al problema no relaciona los conceptos los unos con los otros, o sea, de las características del barco con las de las ondas y el medio por el que se propaga.

Respuesta del estudiante B a la pregunta 1 del literal “b”

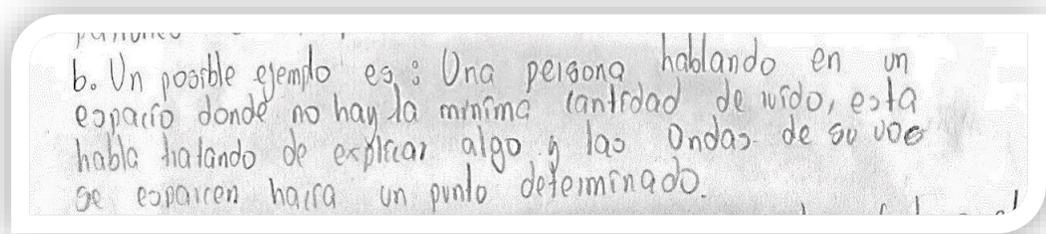
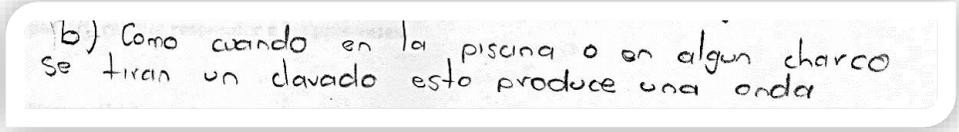


Figura 32. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 1 del literal “b”

La respuesta que proporciona el estudiante B al literal “b” hace alusión a las ondas sonoras que se propagan por el aire, donde se asocia la información que transporta la onda con el lenguaje comunicado por un emisor (o fuente de onda) a un receptor (que recibe el mensaje o la información de la onda). Esta respuesta da a entender que el estudiante reconoce al sonido como una onda, además le atribuye la cualidad de expandirse o esparcirse en un espacio y de enviar una información transmitida por la fuente de onda. La respuesta que dio el estudiante es comprensible de acuerdo a lo mencionado por Ausubel et al. (1991), el cual afirma que para la comprensión de un

problema por parte del alumno, éste requiere de conceptos previos que permitan la construcción de proposiciones para la resolución significativa de un problema, por lo cual era indispensable que el estudiante hubiese tenido un acercamiento con el tema de ondas para poder asociar el sonido como un fenómeno ondulatorio como se vio en su respuesta.

Respuesta del estudiante C a la pregunta 1 del literal “b”

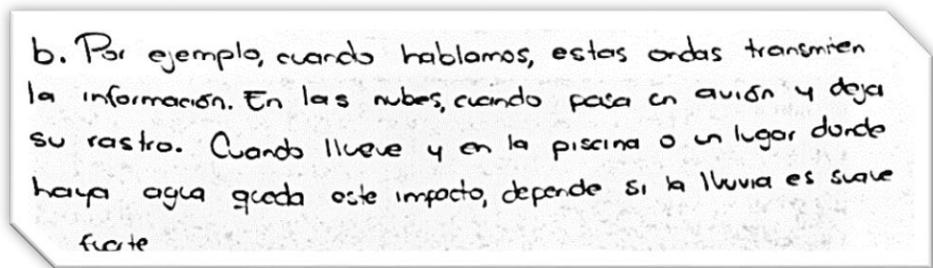
A photograph of a handwritten note on a light-colored background. The text is written in black ink and reads: "b) Como cuando en la piscina o en algun charco se tiran un clavado esto produce una onda".

b) Como cuando en la piscina o en algun charco se tiran un clavado esto produce una onda

Figura 33. Imagen de la respuesta del estudiante C a la pregunta 1 del literal “b”

El estudiante C no responde a la pregunta, sin embargo, presenta un buen ejemplo de cómo se genera una onda sobre la superficie del mar.

Respuesta del estudiante D a la pregunta 1 del literal “b”

A photograph of a handwritten note on a light-colored background. The text is written in black ink and reads: "b. Por ejemplo, cuando hablamos, estas ondas transmiten la información. En las nubes, cuando pasa un avión y deja su rastro. Cuando llueve y en la piscina o un lugar donde haya agua queda este impacto, depende si la lluvia es suave fuerte".

b. Por ejemplo, cuando hablamos, estas ondas transmiten la información. En las nubes, cuando pasa un avión y deja su rastro. Cuando llueve y en la piscina o un lugar donde haya agua queda este impacto, depende si la lluvia es suave fuerte

Figura 34. Imagen de la respuesta del estudiante D a la pregunta 1 del literal “b”

El estudiante realiza tres ejemplos concretos, todos de ellos relacionados con situaciones presentes en el contexto y además con diferentes formas de interpretar.

El primer ejemplo es una relación entre como el sonido es una perturbación del medio (el aire) que trasmite información; la información que el sonido produce para él es el lenguaje. El rastro que el avión deja en las nubes es para él una onda que tiene una información concreta: que por el lugar donde la nube está perturbada pasó un objeto (un avión). Como último es importante mirar cómo se está estableciendo una relación entre impacto y amplitud de la onda y además que la información que se puede producir en este caso es qué tan fuerte está lloviendo.

Respuesta del estudiante E a la pregunta 1 del literal "b"

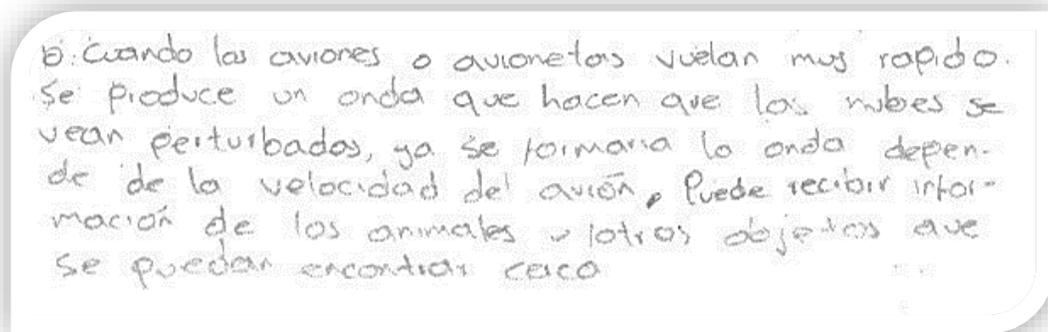


Figura 35. Imagen de la respuesta del estudiante E a la pregunta 1 del literal "b"

El estudiante E menciona otro ejemplo de cómo un objeto generador de ondas (para este ejemplo, un avión) en un medio, puede transmitir información por dicho medio (en este caso las nubes). Se refiere a las nubes como el medio perturbado por la velocidad del avión y que dependiendo de esta se formara una onda distinta. También plantea que el avión puede recibir información de otros objetos u otros animales cercanos a este. Sin embargo, no reconoce la manera en como dichas ondas, producidas por el avión, pueden

brindar información. En este caso el estudiante aprendió significativamente por subordinación (Ausubel, et al., 1991), pues trae a colación un ejemplo que puede mostrar otra forma en como una onda transporta información por un medio, sin embargo, aún sigue sin hacer las relaciones que hay entre los conceptos.

La segunda pregunta presentada a los estudiantes con relación a la lectura y a sus conocimientos previos fue la siguiente:

2. ¿Por qué cree que es posible deducir la ubicación, la velocidad e incluso el peso de los barcos analizando los patrones de interferencia de las ondas?

Respuesta del estudiante B a la pregunta 2

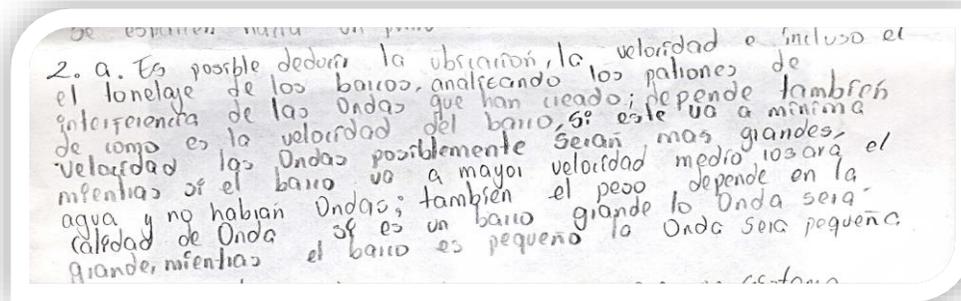


Figura 36. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 2

El estudiante B asocia la rapidez con la que viaja el barco en la producción de las ondas. Menciona que si el barco viaja a mínima velocidad las ondas son mucho más grandes, no obstante, si el barco viaja a mayor velocidad las ondas desaparecen. La reflexión presentada por el estudiante recae en la diferencia que hace entre la estela de agua producida por el barco viajando a máxima velocidad, con las ondas que produce viajando a mínima velocidad, refiriéndose a que una estela es producida por el agua, por

lo tanto, la estela no es una onda. Esta respuesta da a entender la confusión del estudiante con la fuente que produce las ondas, que independientemente de la intensidad de su movimiento sigue produciendo ondas, ya que para el estudiante la fuente deja de producir ondas en tanto presente una mayor rapidez, convirtiéndose en una estela, sin darse cuenta que la estela en sí misma es un conjunto de ondas compactadas que no pueden diferenciarse. El estudiante presenta este inconveniente debido a que como dice Truyol & Gangoso (2010) “la resolución de un problema es un proceso de construcción de representaciones (...)” (p.463). Por lo cual en esta instancia de diagnóstico apenas ha alcanzado la primera etapa, la cual es modelar la situación, dando una descripción a partir de un lenguaje ordinario sin tener presentes hasta el momento principios o leyes físicas que intervienen en el fenómeno.

Respuesta del estudiante C a la pregunta 2

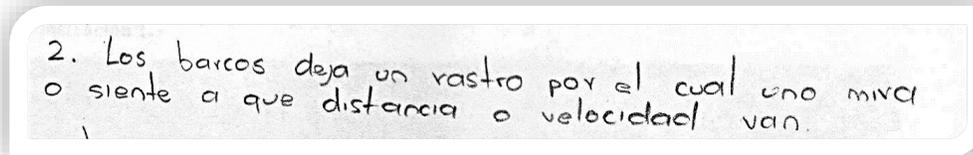


Figura 37. Imagen de la respuesta del estudiante C a la pregunta 2

La respuesta que proporciona el estudiante C es la esperada, efectivamente, los barcos que viajan sobre la superficie del mar dejan un rastro que puede dar cuenta de su ubicación geográfica. Este rastro es un conjunto de ondas compactadas en forma de estela que dejan una “huella” en las regiones del mar por donde pasó el barco.

Respuesta del estudiante D a la pregunta 2

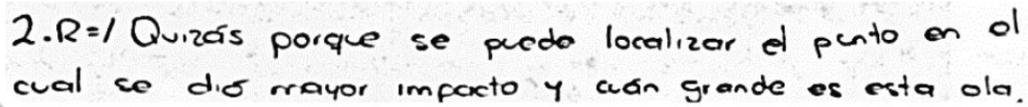
A handwritten note on a light-colored background with a thin border. The text is written in black ink and reads: "2.R=/ Quizás porque se pueda localizar el punto en el cual se dio mayor impacto y cuán grande es esta ola."

Figura 38. Imagen de la respuesta del estudiante D a la pregunta 2

La localización del punto donde se produce la ola depende también de qué tan fuerte es el impacto y además esta fuerza de impacto también es proporcional a la amplitud de la onda. De esto se puede evidenciar como establece una noción de amplitud de la onda y que esta amplitud depende también de la fuerza con el que se realice un impacto.

Respuesta del estudiante E a la pregunta 2

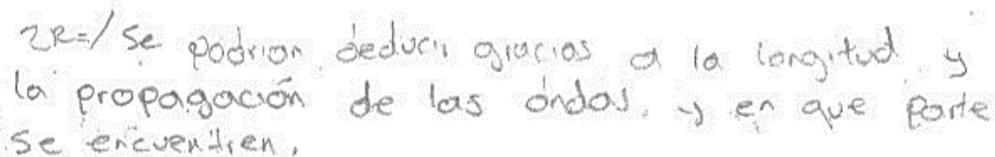
A handwritten note on a light-colored background with a thin border. The text is written in black ink and reads: "2R=/ Se podrían deducir gracias a la longitud y la propagación de las ondas, y en que parte se encuentren."

Figura 39. Imagen de la respuesta del estudiante E a la pregunta 2

El estudiante E menciona que es posible deducir ciertas características del barco por medio de la longitud, la propagación y la ubicación de la onda. Sin embargo, no especifica cómo la longitud, la ubicación y la propagación de las ondas permiten dar cuenta del peso y las demás características que se plantearon en el texto sobre el barco. Igual que al literal “a” de la primera pregunta, reconoce algunos conceptos, en este caso como longitud de onda, propagación y ubicación de la onda, que son características que

hacen parte de un concepto más general, el de onda. Sin embargo, los conceptos son aquí lo que definen Ausubel et al. (1991) como representaciones, pues el alumno sabe que significan lo mismo que sus referentes, pero no da los atributos de criterio que el concepto contiene en sí

La tercera pregunta presentada a los estudiantes con relación a la lectura y a sus conocimientos previos fue la siguiente

3. De acuerdo a su comprensión del texto o a su intuición, defina: a) ¿Qué es una onda?, b) ¿Qué es la interferencia de ondas? Intente ilustrarlos con un dibujo

Respuesta del estudiante B a la pregunta 3 del literal “a”

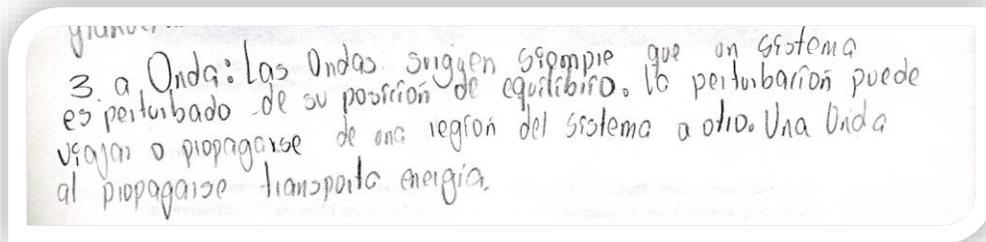


Figura 40. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 3 del literal “a”

Respuesta del estudiante B a la pregunta 3 del literal “b”

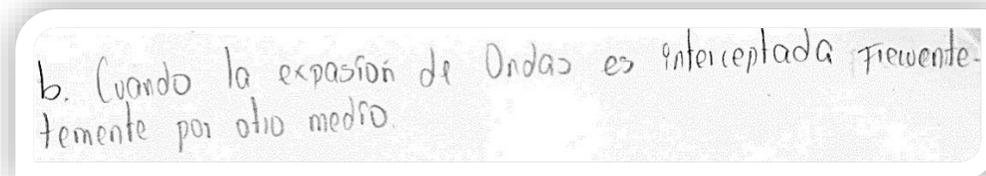


Figura 41. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 3 del literal “b”

La definición de onda proporcionada por el estudiante B es la **esperada**, presenta de forma clara cómo se genera una onda en un medio, reconoce la energía que es transportada por una onda cuando se propaga y la perturbación que genera en el medio. No obstante, se puede evidenciar que la definición de interferencia dada por el estudiante B es **aproximada**, además, presenta inconsistencias debido a que asocia el fenómeno de interferencia con el choque de una onda con un medio diferente al de propagación de la primera onda, y no a la adición de las ondas en un medio.

Se concluye por las tres preguntas anteriores que el estudiante B presenta conocimientos previos acerca del tema de ondas e identifica una de ellas: Las ondas del sonido, además la figura que realiza para ilustrar una onda muestra como la fuerza que ejerce un pie sobre la superficie del agua genera una onda (Véase la figura 1). La imagen da a entender que el estudiante reconoce que se requiere de una fuerza sobre un medio para producir una onda. No obstante, no define el fenómeno de interferencia de forma adecuada, ya que para el estudiante la interferencia se genera cuando la expansión de una onda generada en un medio es interceptada por otro, claramente en su respuesta no se especifica que la interferencia está gobernada por el principio de superposición de ondas. La figura que realiza el estudiante es una representación mental en la cual hace una descripción del fenómeno, además da una representación escrita de acuerdo al conocimiento del mundo que posee y a los saberes adquiridos en la lectura, a estas representaciones escritas o verbales Van Dijk & Kintsch (citado por Truyol & Gangoso, 2010) les dan el nombre de Modelos de la Situación, el cual son modelos iniciales para la comprensión de textos que pretende mediante una representación mental de los

eventos descritos en el fenómeno, brindar una imagen de los hechos que permita una mayor comprensión del objeto de estudio, así pues la respuesta dada por el estudiante al ejercicio diagnóstico presenta un Modelo de la Situación, al igual que las demás respuestas proporcionadas por la población analizada al ejercicio diagnóstico.

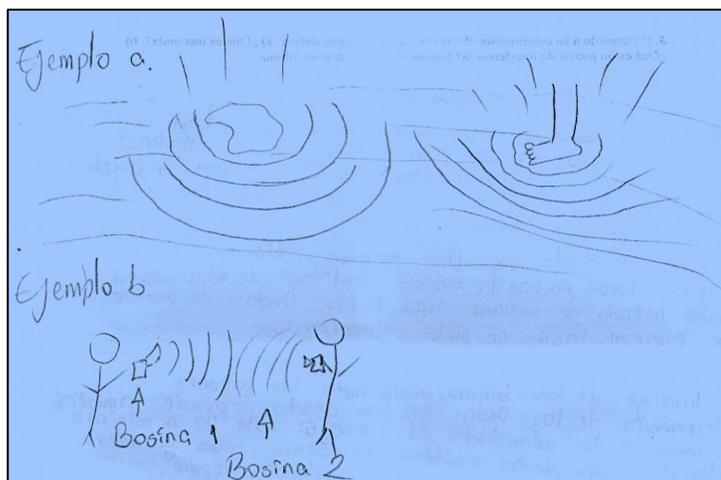
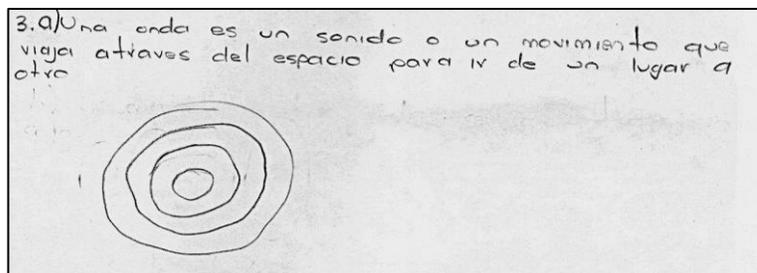


Figura 42. Ilustraciones realizadas por el estudiante B de una onda (Ejemplo a) y del patrón de interferencia (Ejemplo b)

Respuesta del estudiante C a la pregunta 3 del literal “a” y “b”



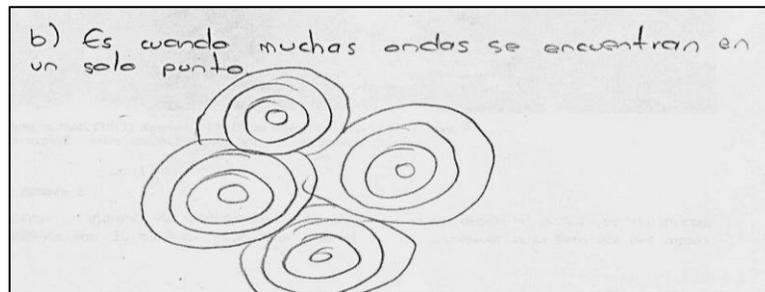


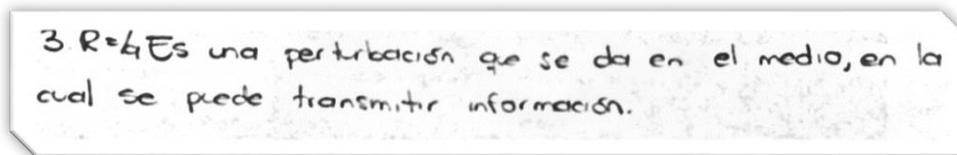
Figura 43. Ilustraciones realizadas por el estudiante C de una onda (literal a) y el fenómeno de interferencia (literal b)

El estudiante C presenta una noción de onda **aproximada**, asociando el movimiento de una onda con su perturbación en el medio, además reconoce al sonido como un fenómeno ondulatorio. Entre tanto la noción que presenta el estudiante C para el fenómeno de interferencia es el **esperado**, ya que para el estudiante la condición que debe cumplirse para que exista interferencia es el traslapamiento de las ondas en un punto del medio de propagación.

Se concluye por las tres preguntas anteriores que el estudiante C presenta conocimientos previos acerca del tema de ondas y reconoce al sonido como una onda al igual que el estudiante B, sin embargo, no hay claridad en su noción de onda a pesar de que la noción del fenómeno de interferencia es el esperado. En las ilustraciones del estudiante C se observa como describe una onda a partir de una serie de círculos irregulares. Este dibujo fue extraído de la ilustración de la actividad 1 (Véase el anexo), no obstante es interesante la forma en como ilustró el fenómeno de interferencia juntando los frentes de onda más alejados de las dos fuentes para indicar la adición de las ondas en el medio. Claramente el Modelo de la Situación realizada por el alumno

para la noción de onda y el fenómeno de interferencia tuvo lugar en la superficie del agua, donde se analiza precisamente en la lectura de la actividad 1 la interferencia generada por el conjunto de estelas producidas por los navíos.

Respuesta del estudiante D a la pregunta 3 del literal “a”



3 R=4 Es una perturbación que se da en el medio, en la cual se puede transmitir información.

Figura 44. Imagen de la respuesta del estudiante D a la pregunta 3 del literal “a”

La noción que se tiene acerca de la definición de onda deja claro que tiene conocimientos previos. Entre tanto la actividad permite que se amplíe la visión acerca de otros medios donde se propaga la onda y además el estudiante evidencia las ondas no solo como perturbaciones del medio sino también que estas tienen ciertas características como la amplitud y además el pulso; tiene claro que la variación de alguno de estos dos aspectos produce informaciones diferentes.

Respuesta del estudiante D a la pregunta 3 del literal “b”

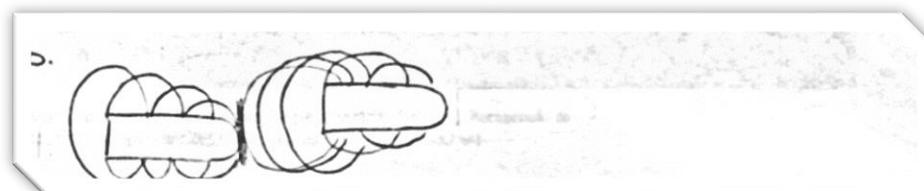


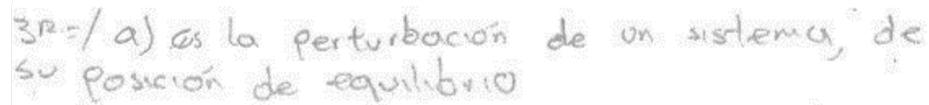
Figura 45. Imagen de la respuesta del estudiante D a la pregunta 3 del literal “b”

Al analizar todas las respuestas dadas a la actividad diagnóstica por parte del estudiante D, se concluye que éste resuelve cada pregunta de forma clara y concreta. El ejemplo acerca de las ondas de sonido y como estas transmiten información (lenguaje) permite evidenciar que tiene conocimientos previos acerca de las ondas y lo más importante es que tiene la capacidad de extrapolar los ejemplos fuera del texto y adecuarlos al contexto a lo que Gutiérrez et al. (2013) llamaría a esto como superación de dicotomía entre la forma en que se aprende con la forma de relacionarlo con la vida cotidiana. Lo anterior se hace más evidente en el momento de responder a la pregunta sobre que es una onda, es allí donde se aclara más nuestra hipótesis acerca de los conocimientos previos que tiene sobre la noción de onda.

El concepto de impacto propuesto por el estudiante, donde Gutiérrez et al. (2013) lo confirma como esa presunta “obligación” de dar respuesta con una hipótesis que propone el estudiante.

Entre tanto, es cuestionable en gran medida el hecho de que a la pregunta acerca de lo que es una interferencia de ondas haya respondido con un dibujo el cual es difuso; este dibujo difuso, intentando analizarlo, corresponde a una interacción entre dos ondas que emiten unos barcos, ejemplo que no se sale del texto. Así el estudiante D no tiene clara la noción de interferencia.

Respuesta del estudiante E a la pregunta 3 del literal “a”

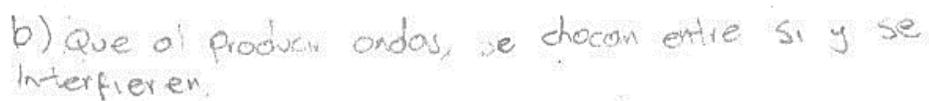
A handwritten note on a white background with rounded corners. The text is written in black ink and reads: "3a) es la perturbación de un sistema, de su posición de equilibrio".

3a) es la perturbación de un sistema, de su posición de equilibrio

Figura 46. Imagen de la respuesta del estudiante E a la pregunta 3 del literal "a"

El estudiante E tiene ciertas ideas sobre lo que es la onda, la define como una perturbación de un sistema de su posición de equilibrio. Pero, aún le faltan algunos criterios generales sobre lo que es una onda, como lo es la propagación de dicha perturbación por el sistema. Tampoco reconoce que la onda transporta energía y en vez de materia. A dicha respuesta se le puede reconocer la definición más común de la onda, lo que da cuenta de un material que no fue, en términos de Ausubel et al. (1991) potencialmente significativo al alumno o, tal vez de una actitud significativa por parte del alumno que tampoco fue significativa al recibir dicho material, ya que dichas definiciones no reflejan un contenido idiosincrático, por parte del alumno, producto de un aprendizaje por repetición.

Respuesta del estudiante E a la pregunta 3 del literal "b"

A handwritten note on a white background with rounded corners. The text is written in black ink and reads: "b) que al producir ondas, se chocan entre si y se interfieren".

b) que al producir ondas, se chocan entre si y se interfieren.

Figura 47. Imagen de la respuesta del estudiante E a la pregunta 3 del literal “b”

El estudiante E menciona algunas ideas la interferencia de ondas como la intersección. Sin embargo, como la respuesta al literal “a” de esta misma pregunta, faltan algunos criterios como lo son el choque de estas en un mismo medio y el resultado de la nueva amplitud de dichas ondas (si es menor o mayor). En este caso el estudiante tiene muestras en su respuesta de su contenido idiosincrático al responder el choque de ondas. Sin embargo, faltan muchos criterios de generalización.

El estudiante tiene algunas ideas sobre el concepto de onda y el fenómeno de interferencia, pues referencia en su dibujo el choque de los frentes de ondas circulares producidas en un estanque. Sin embargo, le hacen falta muchos criterios sobre el concepto de onda: sobre la propagación de una perturbación en un medio y sobre el producto de la nueva amplitud al sumasen las dos ondas que se interfieren.

La implementación del Ejercicio Diagnóstico arrojó los siguientes resultados:

Respuesta	Noción de Onda	Noción de Interferencia
Aproximada	7,9,11,15,18,19,20,22	3,6,9,11,13,15,18,19,20,27,
Esperada	1,3,5,6,8,28	4,5,22,29,30
Equivocada	4,12,13,14,19,27,30	7,1,8,28,12,14
Total Estudiantes	21	21

Tabla 1. Resultados de la implementación del Ejercicio Diagnóstico

Nota: Cada estudiante se encuentra numerado de acuerdo al número que le correspondió en su hoja de respuestas.

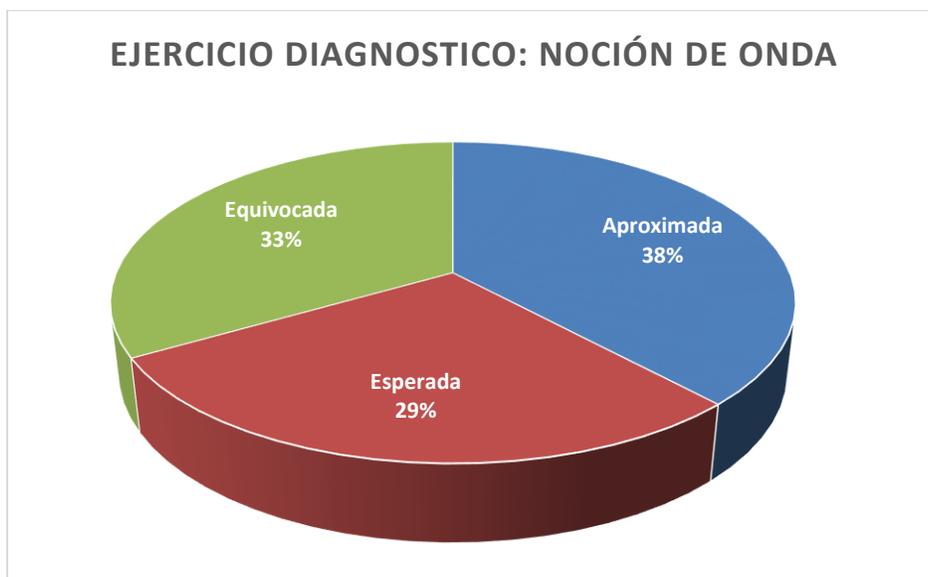


Figura 48. Porcentajes de las respuestas esperadas, aproximadas y equivocadas de la noción de onda para el ejercicio diagnóstico.

Se observa que el 29 % de los estudiantes tuvieron una respuesta de la noción de onda esperada y que el 38 % se aproximó a la noción de onda.

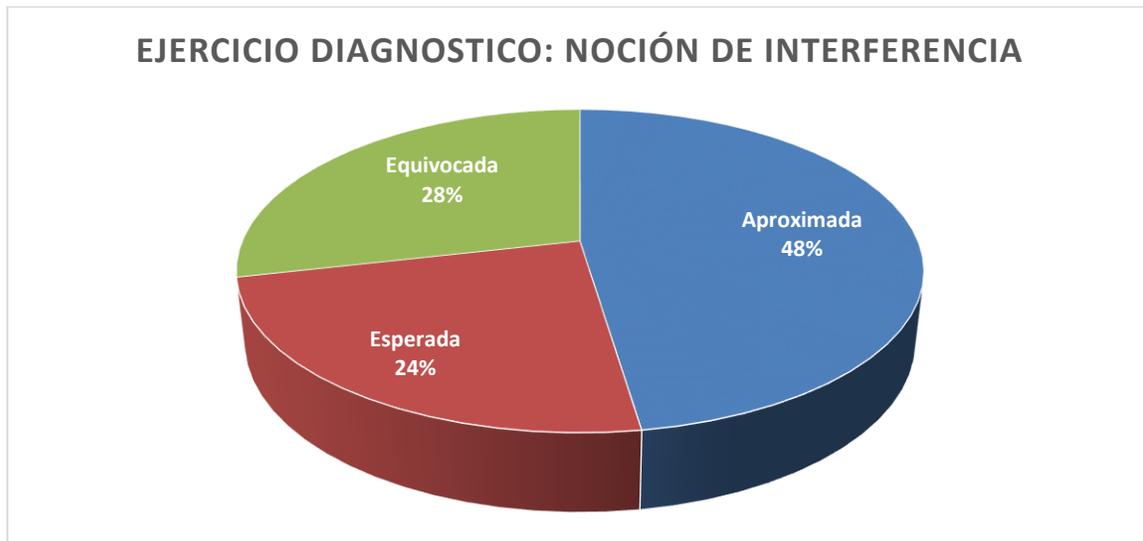


Figura 49. Porcentajes de las respuestas esperadas, aproximadas y equivocadas de la noción de interferencia para el ejercicio diagnóstico.

Al igual que en los resultados para la noción de onda, los estudiantes presentaron resultados favorables en la noción de interferencia, con un 24 % de estudiantes que tuvieron una respuesta esperada y un 48% que alcanzaron una respuesta aproximada. Esto da cuenta que los estudiantes presentan conocimientos previos acerca del fenómeno ondulatorio y del fenómeno de interferencia gracias a la unidad de ondas vista previamente en el curso de física.

ACTIVIDAD 1

En la actividad 1 se analizará la noción de onda y el fenómeno de interferencia que presentan los estudiantes, de acuerdo con la lectura y sus conocimientos previos

adquiridos en el ejercicio diagnóstico. Se emplean las tres categorías de respuesta de noción esperada, aproximada y equivocada para la clasificación de los datos.

La primera pregunta presentada a los estudiantes en relación con la lectura y a sus conocimientos previos fue la siguiente:

1. De acuerdo a su comprensión del texto, a su conocimiento del tema, o a su intuición defina: a) ¿Qué es una onda?, b) ¿Qué es la interferencia de ondas?

Nota: Para las estudiantes la pregunta 1 es la pregunta 2, esto a causa de un error en la digitación de la pregunta.

Respuesta del estudiante B a la pregunta 1 del literal “a” y “b”

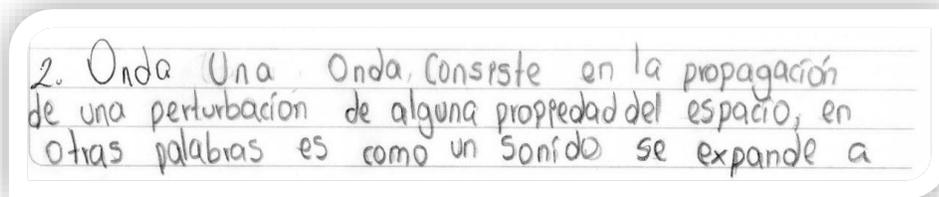


Figura 50. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 2 del literal “a”

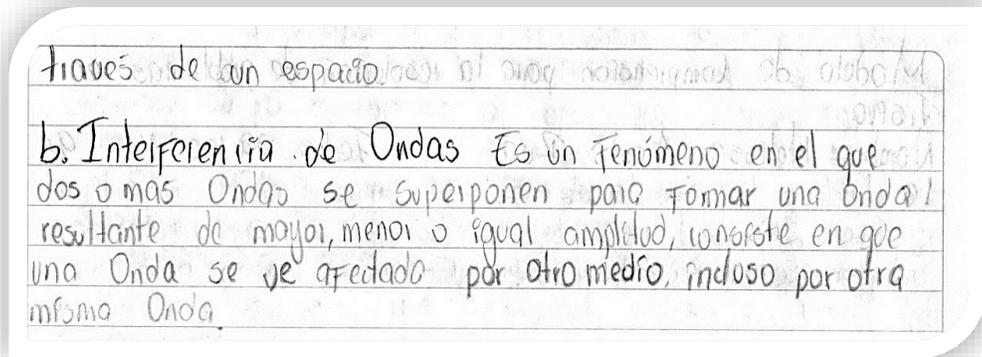


Figura 51. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 2 del literal "b"

La definición de onda que presenta el estudiante B es la **esperada**, además da un ejemplo de las ondas del sonido que viajan en un medio, claramente el estudiante asocia el espacio con el medio elástico de propagación, lo cual es bueno, ya que presenta una visión generalizada de los medios de propagación de las ondas. La definición que proporciona acerca de la interferencia es **aproximada** y se observa la introducción por parte del estudiante de expresiones como la superposición de ondas, que es una condición necesaria para producir el fenómeno de interferencia, si bien como menciona el estudiante la superposición de ondas produce una onda resultante que genera una mayor o menor amplitud de la onda, la adición de ondas no puede producir una onda con la misma amplitud que una de las ondas individuales.

Se concluye por la pregunta anterior correspondiente a la actividad 1 y al ejercicio diagnóstico realizado previamente que el estudiante B ha adquirido elementos para reforzar la noción de onda, y se acerca a la definición esperada del fenómeno de interferencia que antes no podía definir con claridad, además reconoce características del

fenómeno ondulatorio como su velocidad de propagación. No obstante, en la definición del fenómeno de interferencia se presentan inconsistencias, debido a que el alumno considera que la superposición de ondas puede generar una onda de igual amplitud a una onda individual, lo cual es falso. Sin embargo, la definición de interferencia proporcionada por el estudiante se acerca a la definición esperada.

Como se puede evidenciar, el alumno ha alcanzado el segundo nivel en el proceso de resolución de problemas que Truyol y Gangoso (2010) denominan como Modelo Físico Conceptual, donde ha empleado en su lenguaje conceptos concernientes al fenómeno ondulatorio y de interferencia como la amplitud y la superposición de ondas respectivamente. Estos conceptos fueron condicionados a través de la lectura y ahora los integra en su definición de onda e interferencia de forma clara.

Respuesta del estudiante C a la pregunta 1 del literal “a” y “b”

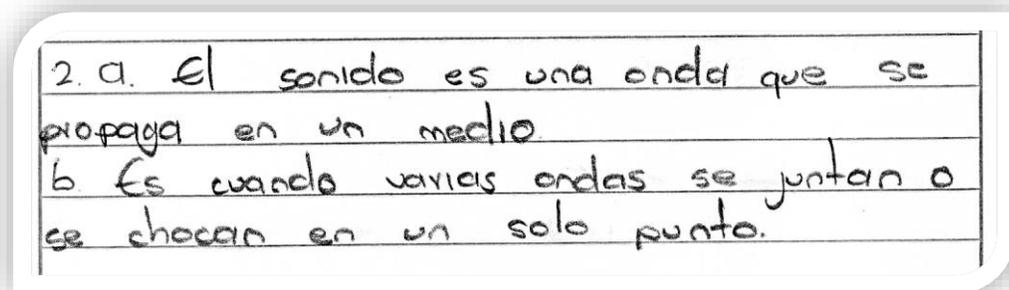


Figura 52. Imagen de la respuesta del estudiante C a la pregunta 1 del literal “a” y “b”

La respuesta que proporciona el estudiante C a la definición de onda hace alusión a que una onda es un sonido, lo cual es falso, ya que el sonido es solo un tipo de onda mecánica que se propaga en un medio elástico. Ahora bien, la definición que presenta el estudiante al fenómeno de interferencia es el que se espera, ya que asocia el traslapamiento de las ondas en un punto del medio con el fenómeno de interferencia, lo cual es verdadero.

Se concluye por la respuesta anterior correspondiente a la actividad 1 y al ejercicio diagnóstico realizado previamente, que el estudiante C no tiene clara la noción de onda, asociándola exclusivamente con el sonido, sin presentar una definición general de onda y sin diferenciar los medios por los cuales se propaga, sin embargo ambas respuestas proporcionadas por el estudiante tanto en el ejercicio diagnóstico como en la actividad 1 del fenómeno de interferencia son correctas. El estudiante no pasó por un Modelo Físico Conceptual debido a que la explicación dada de la interferencia es a partir de un lenguaje ordinario, representado en el Modelo de la Situación para el ejercicio diagnóstico, y su noción de onda no progresó en la resolución de la actividad 1, por tanto no hubo un aprendizaje significativo en la actividad 1 por parte del estudiante, debido a que es de suma importancia integrar el Modelo Físico Conceptual ya que Según Truyol & Gangoso (2010) es el modelo donde el estudiante da cuenta de los conceptos y las leyes físicas que están inmersas en la situación estudiada.

Respuesta de la estudiante D a la pregunta 1 literal “a”

2. a) Una onda es una perturbación que se propaga en un medio, transmitiendo información. Alteración que se da en el medio.

Figura 53. Imagen de la respuesta del estudiante D a la pregunta 1 del literal "a"

En la primera actividad diagnóstica el estudiante D da una noción de forma esperada acerca de lo que es una onda; en la presente actividad la respuesta dada no cambia en ningún aspecto, con lo cual independientemente de la nueva situación, la concepción que tiene acerca de la onda gracias a los conocimientos adquiridos hasta este momento no entran en conflicto, así su respuesta es la esperada nuevamente.

Respuesta de la estudiante D a la pregunta 1 literal "b"

b) La interferencia de ondas es cuando se chocan dos de ellas, se encuentran, la suma de dos o más ondas, para formar una más grande, pequeña o de igual tamaño.

Figura 54. Imagen de la respuesta del estudiante D a la pregunta 1 del literal "b"

El paso más importante que el estudiante D presenta es que da una respuesta acerca de lo que es una interferencia de ondas, dejando atrás, gracias a la actividad, la dificultad

acerca de esta noción. Gutiérrez et al. (2013) tiene presente que la respuesta hipotética que es formulada por parte del estudiante es acorde a sus conocimientos previos, así el hilo conductor creado en cada actividad no desaparece. La actividad creada permitió que el estudiante fortaleciera su presunción acerca del concepto, la cual fue presentada en una imagen, y concretara una respuesta esperada.

Respuesta del estudiante E a la pregunta 1 del literal “a”

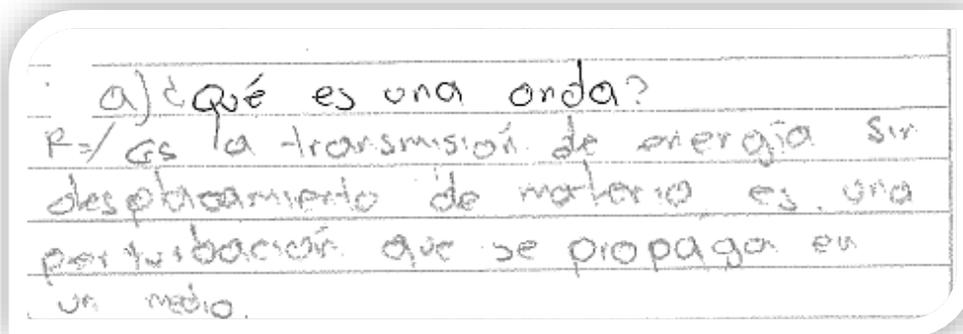


Figura 55. Imagen de la respuesta del estudiante E a la pregunta 1 del literal “a”

El estudiante reconoce la onda como la perturbación de un medio la cual es propagada transportando energía y no materia. En esta actividad la noción de onda del estudiante ha mejorado con respecto a la primera actividad diagnóstico. A diferencia de la primera actividad, el estudiante ya reconoce una propiedad más de las ondas y es la del transporte de energía en las propagaciones. En este caso atribuye una nueva idea, planteada por Ausubel et al. (1991) como inclusión correlativa, de las ondas que se

vincula a la anterior idea, esta es el de transporte de energía, pero aún no hay todavía un contenido idiosincrático.

Respuesta del estudiante E a la pregunta 1 del literal "b"

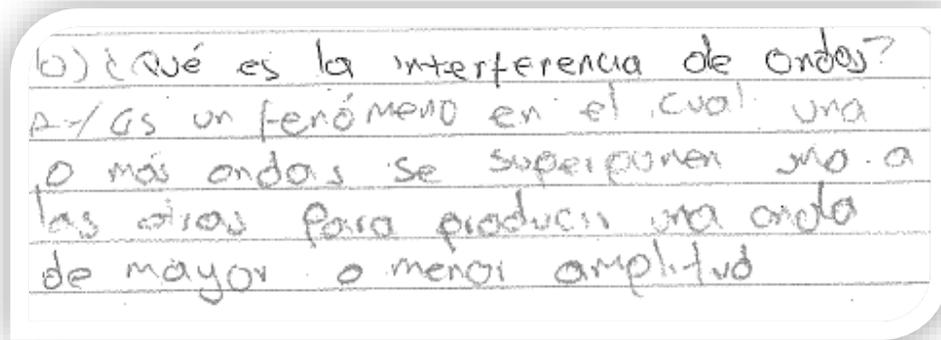


Figura 56. Imagen de la respuesta del estudiante E a la pregunta 1 del literal "b"

El estudiante a diferencia de la primera actividad reconoce la interferencia como un fenómeno en el cual se superponen ondas, además de ello, la generación de una onda de mayor o menor amplitud a las anteriores. Sin embargo, presenta una inconsistencia al decir que una sola onda puede interceptarse con ella misma. Al igual que la respuesta anterior reconoce ya la amplitud menor o mayor como resultado de la interferencia de las ondas, pero tampoco hay un aprendizaje que se relacione con la estructura cognoscente, pues el aprendizaje parece más lo que Ausubel et al. (1991) llama aprendizaje por repetición.

La implementación de la Actividad 1 arrojó los siguientes resultados:

Respuesta	Noción de Onda	Noción de Interferencia
Aproximada	5,13,14,18,20,29	1,5,7,11,12,13,14,15,18,20
Esperada	1,4,8,9,11,12,15,19,27,28,30	3,4,8,9,19,22,27,28,29,30,
Equivocada	3,6,7,22	6
Total Estudiantes	21	21

Tabla 2. Resultados de la implementación de la Actividad 1.

Nota: Cada estudiante se encuentra numerado de acuerdo al número que le correspondió en su hoja de respuestas del ejercicio diagnóstico



Figura 57. Porcentajes de las respuestas esperadas, aproximadas y equivocadas de la noción de onda para la actividad 1.

El 60% de los estudiantes alcanzó la noción esperada de onda, un 32% la noción aproximada y tan solo un 8% de los estudiantes tuvieron una respuesta equivocada, por tanto, se concluye que hubo una mejoría en cuanto a la noción de onda para la actividad 1 con respecto al ejercicio diagnóstico, esto es debido a que la situación del fenómeno para esta lectura fue provechosa para que los estudiantes construyeran la noción de onda que se espera, una explicación posible es que los estudiantes asocian con mayor facilidad el fenómeno ondulatorio con las ondas del sonido que con las ondas que dejan los objetos sobre la superficie del agua.

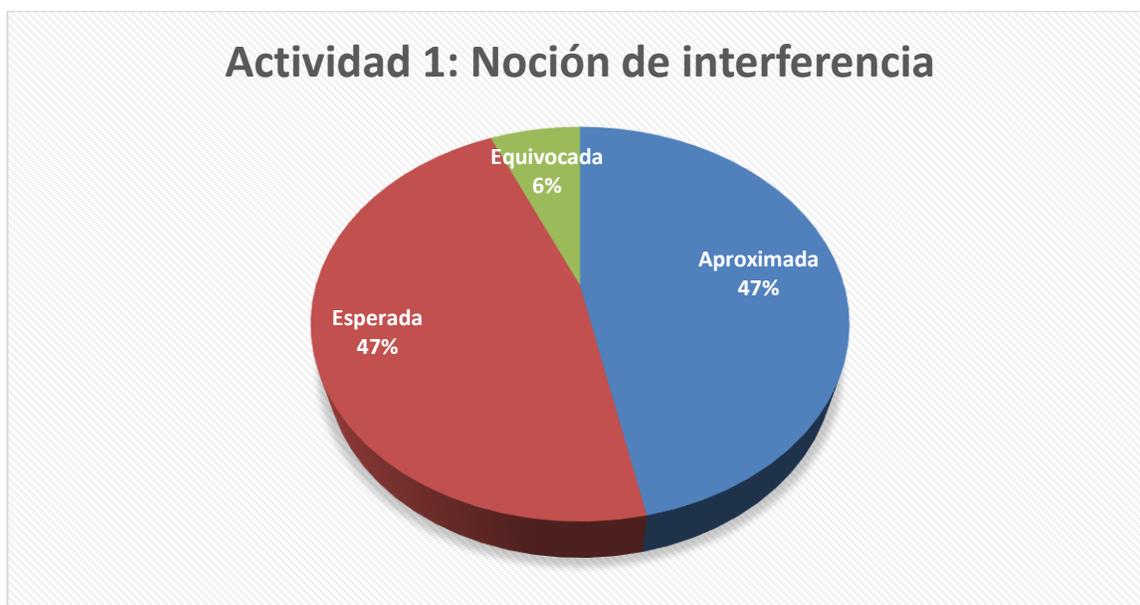


Figura 58. Porcentajes de las respuestas esperadas, aproximadas y equivocadas de la noción de onda para la actividad 1.

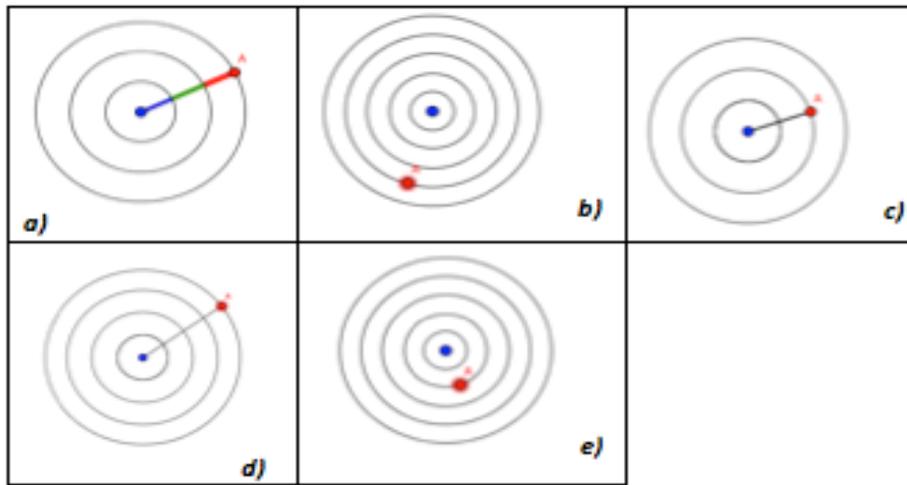
La mayor parte de la población alcanzó la noción esperada de interferencia, claramente la lectura propuesta para la actividad 1 fue fundamental para la construcción de la noción en los estudiantes.

ACTIVIDAD 2

La presente actividad estuvo dividida en dos partes, la primera parte estuvo enfocada a la observación del fenómeno de interferencia en la cubeta generadora de ondas (Véase anexo: actividad experimental), de tal forma que los estudiantes evidenciaran la superposición de los frentes de onda generados por dos fuentes vibrantes que oscilan al unísono sobre la superficie del agua, además de la identificación por parte de los estudiantes de las longitudes de onda a lo largo del patrón de interferencia. La segunda parte de la actividad fue la resolución de la guía de trabajo en relación con la experiencia realizada con la cubeta. En la actividad 2 se analizará las respuestas a las medidas de las longitudes de onda para una onda producida por una fuente puntual, y para el fenómeno de interferencia producido por dos fuentes puntuales.

La primera pregunta presentada a los estudiantes con relación a la lectura y a sus conocimientos previos fue la siguiente:

- 1. Contar las longitudes de onda que hay desde la fuente de ondas hasta el punto A.**



Respuesta del estudiante B a la pregunta 1

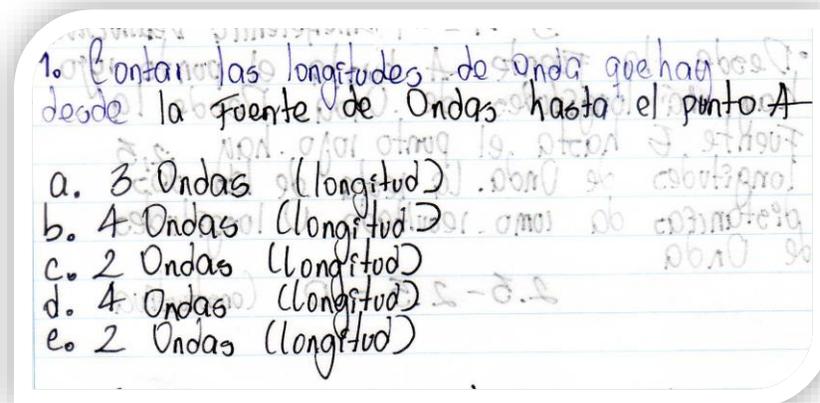


Figura 59. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 1

La respuesta numérica que proporciona el estudiante B a la pregunta 1 es esperada, sin embargo, asocia la cantidad hallada de longitudes de onda con un número entero de ondas, por lo cual presenta ambigüedad en su respuesta, ya que menciona de forma indistinta los términos de longitud de onda y una onda.

Respuesta del estudiante C a la pregunta 1

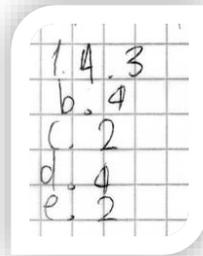


Figura 60. Imagen de la respuesta del estudiante C a la pregunta 1

La respuesta numérica que proporciona el estudiante C a la pregunta 1 es esperada, dando cuenta de la identificación de las longitudes de onda que hay entre dos frentes de onda o crestas sucesivos. No obstante, no describe las medidas que realiza.

Respuesta del estudiante D a la pregunta 1

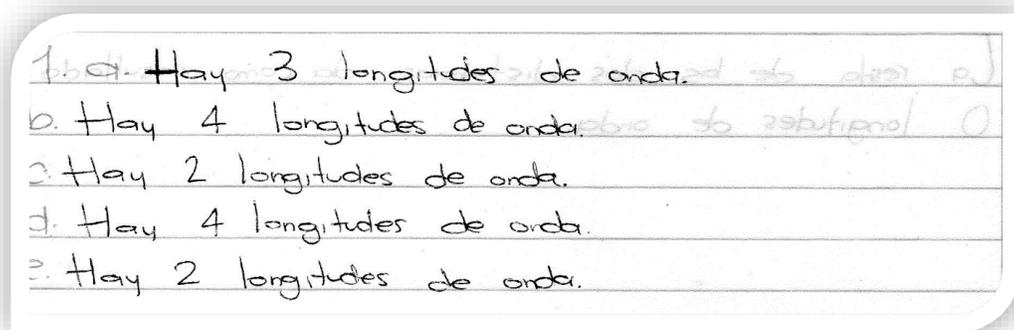


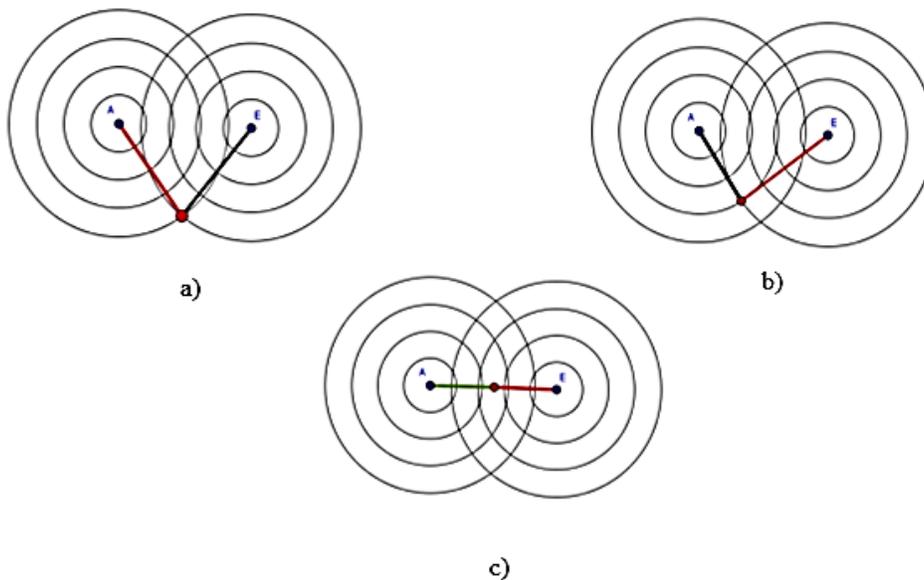
Figura 61. Imagen de la respuesta del estudiante D a la pregunta 1

El estudiante D no tiene ninguna dificultad en cuanto al número de longitudes de onda que hay desde una fuente hasta un punto arbitrario, además no solo coloca el valor numérico sino también su descripción (longitudes de onda).

Nota: Las medidas que realiza el estudiante E son iguales a las del estudiante D, por tanto se omite su análisis.

La segunda pregunta presentada a los estudiantes en relación con la lectura y a sus conocimientos previos fue la siguiente:

2. Contar las longitudes de onda que hay desde cada fuente de ondas hasta el punto de color rojo. Luego restar las dos distancias en términos de las longitudes de onda.



Respuesta del estudiante B a la pregunta 2.

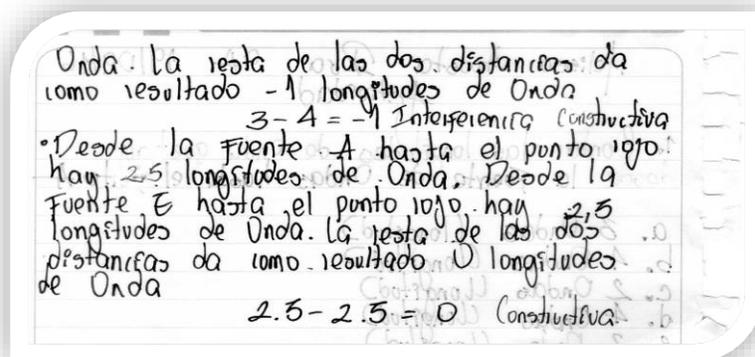


Figura 62. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 2. Parte 1.

Las medidas que realiza el estudiante B son esperadas, además asocia la diferencia entre las longitudes de onda que producen un número entero con la interferencia constructiva, por lo cual el alumno reconoce que el fenómeno de interferencia se encuentra presente en las regiones donde se chocan o superponen las ondas. Se concluye de las dos preguntas de la actividad 3 que el estudiante identifica las longitudes de onda en cada una de las situaciones y que relaciona la diferencia de segmentos en términos de las longitudes de onda con la interferencia constructiva.

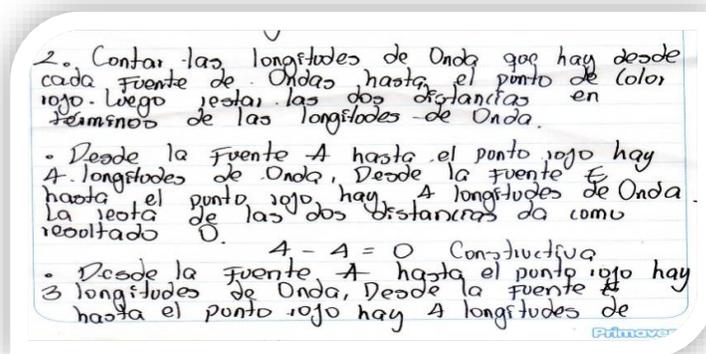


Figura 63. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 2. Parte 2.

La presente actividad logra que el estudiante tenga la posibilidad según Truyol y Gangoso (2010) de pasar de un Modelo Físico Conceptual a un Modelo Físico Formalizado, teniendo la posibilidad de realizar cálculos y de identificar las variables como las longitudes de onda que intervienen en el fenómeno de interferencia.

Nota: Las medidas que presentan los estudiantes C, D y E son las mismas a las del estudiante B, por lo tanto se omiten sus análisis.

Para la actividad 2 toda la población respondió correctamente a la primera pregunta, no obstante para la segunda pregunta solo una estudiante realizó de forma equivocada las medidas, lo cual significa que los estudiantes identifican las longitudes de onda y aplican mediciones en términos de las mismas.

ACTIVIDAD 3

La presente actividad está basada en un instructivo para la medición de las longitudes de onda en GeoGebra sobre una foto previamente tomada del patrón de interferencia, donde se presenta una serie de pasos para la elaboración de las medidas en términos de las longitudes de onda. Se analizarán las preguntas **4, 5, 7, 8, 9 10, 11, 15, 16 y 18** del instructivo que requieren de un análisis cualitativo por parte del estudiante. Los puntos

1, 2, 3, 6, 12, 13, 14 y 17 son preguntas que guiarán al estudiante en el proceso de trabajo con el programa de GeoGebra, estos puntos y sus ejemplos ilustrativos pueden verse en el anexo correspondiente a la actividad 3 que propenderán la construcción de la noción del fenómeno de interferencia.

Nota: Se recomienda ver el instructivo de GeoGebra antes de ver el análisis de los estudiantes.

La cuarta y quinta pregunta presentada a los estudiantes acerca del instructivo de GeoGebra y a sus conocimientos previos fue la siguiente:

4. Ubique los puntos donde considere se chocan las crestas de las ondas en la fotografía.

5. ¿Cómo distingue los puntos dónde se chocan las crestas?

Respuesta del estudiante B a la pregunta 4 y 5 del instructivo de GeoGebra.

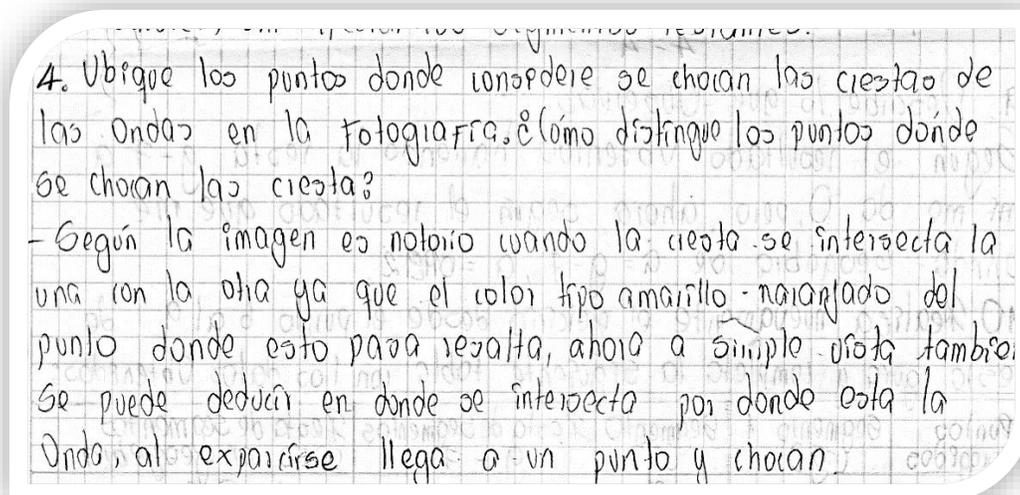


Figura 64. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 4 y 5

El estudiante B identifica las regiones donde se chocan las crestas debido al color amarillo que presentan los frentes de onda, asociando las regiones claras del patrón de interferencia con las crestas circulares que se extienden a lo largo del patrón, lo cual es correcto, los puntos con mayor luminosidad son aquellos donde las crestas coinciden y se superponen.

Respuesta del estudiante C a las preguntas 4 y 5 del instructivo de GeoGebra.

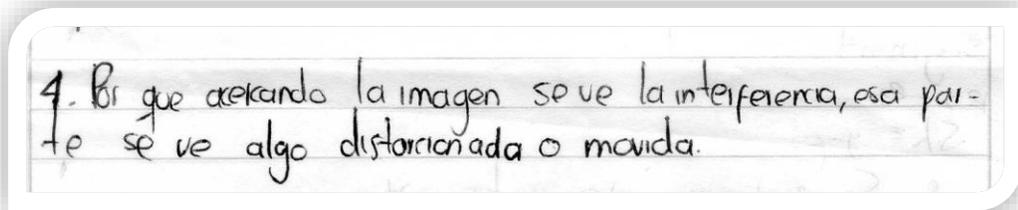


Figura 65. Imagen de la respuesta del estudiante C a la pregunta 4 y 5

La respuesta proporcionada por el estudiante C no es clara, lo cual lleva a pensar que el alumno no sabe cómo describir los puntos cuyas crestas se superponen, además contradice la relativa simetría que presenta el patrón de interferencia cuando las fuentes vibran con la misma frecuencia, cuyas regiones claras y oscuras permanecen en los mismos puntos del medio de propagación, por lo cual la interferencia no es sinónimo de distorsión. De la respuesta anterior se reflexiona acerca de las mejoras que pueden realizarse a la actividad para que los estudiantes describan de forma clara los puntos donde se chocan las crestas, una de las mejoras podría ser implementar una actividad previa donde con la foto del patrón de interferencia se realicen procesos de clasificación

de acuerdo al color de las regiones, identificando las partes que componen el patrón de interferencia, empezando por las crestas, los valles, las regiones donde se chocan las crestas y la relación existente con el tipo de interferencia de acuerdo al color de las regiones.

La séptima, octava y novena pregunta presentadas a los estudiantes acerca del instructivo de GeoGebra y a sus conocimientos previos fueron las siguientes:

7. Cuenta el número de longitudes de onda ¿Cuántas longitudes de onda hay desde cada fuente a ese punto que escogiste?

8. Resta ambas cantidades de longitudes tomadas en el literal 7, ¿Cuál fue tu resultado?

9. Compara los resultados entre la resta de las cantidades de longitudes y la resta entre los segmentos hallados en GeoGebra. Describe lo que observa.

Respuesta del estudiante B a las preguntas 7, 8 y 9 del instructivo de GeoGebra.

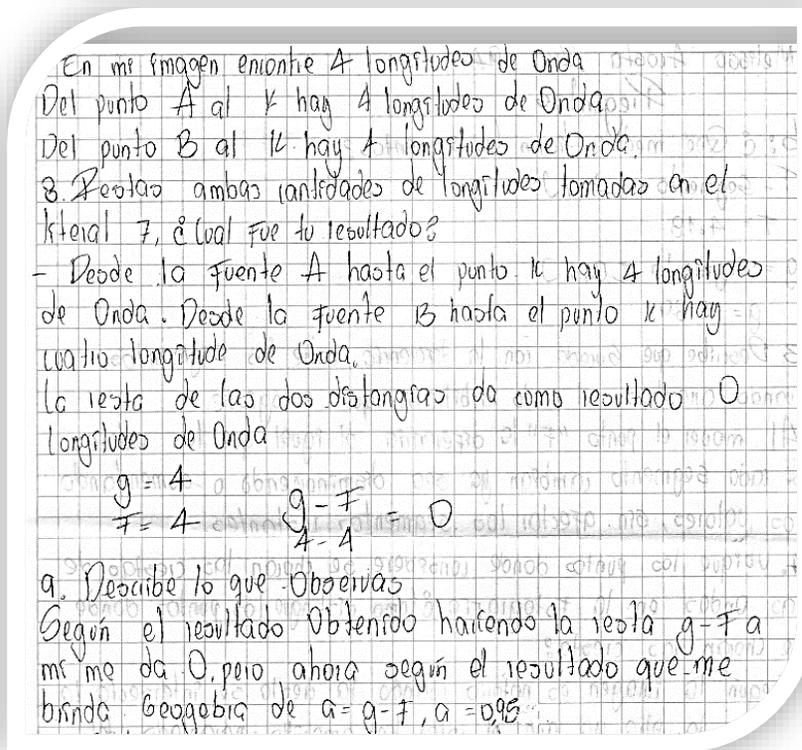


Figura 66. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 7,8 y 9

La respuesta que proporciona el estudiante B es la esperada, presenta incorporado en su estructura cognitiva el concepto de longitud de onda y lo emplea para realizar medidas y comparaciones a través de las longitudes de onda contadas por el estudiante con la longitud de cada segmento y su diferencia que arroja el programa de GeoGebra.

Respuesta del estudiante C a las preguntas 7, 8 y 9 del instructivo de GeoGebra.

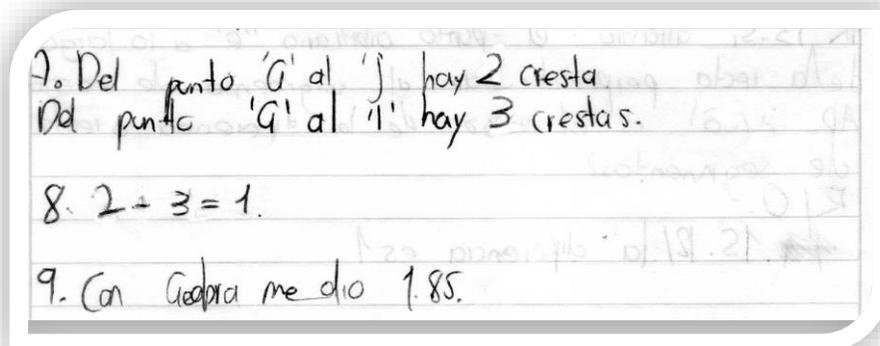


Figura 67. Imagen de la respuesta del estudiante C a la pregunta 7,8 y 9

La respuesta que proporciona el estudiante C presenta inconsistencias, debido a que las medidas son realizadas en términos del número de crestas que conforman cada onda individual y no en términos de las longitudes de onda, por tanto, el alumno trabaja de forma indistinta el concepto de longitud de onda con el de las crestas de una onda.

La décima y la onceava pregunta presentadas a los estudiantes acerca del instructivo de GeoGebra y a sus conocimientos previos fueron las siguientes:

10. Realiza nuevamente el ejercicio desde el punto 6 al 9 de esta guía y completa la siguiente tabla con los datos obtenidos:

Puntos escogidos	Segmento 1	Segmento 2	Resta de segmentos	Resta de segmentos dado en Geogebra
	R_1	R_2	$R_2 - R_1$	$L_2 - L_1$

Tabla 3. Valores de la diferencia o resta de segmentos de las longitudes de onda contadas y el valor de la diferencia de segmentos arrojadas por GeoGebra.

11. Escribe la expresión matemática de la resta de segmentos $R_2 - R_1$

Respuesta del estudiante B a las preguntas 10 y 11 del instructivo de GeoGebra.

10 Realiza nuevamente el ejercicio desde el punto 6 al 9 de esta guía y completa la siguiente tabla con los datos obtenidos:

Puntos Escogidos	Segmento 1 (F)	Segmento 2 (G)	Resta de Segmentos $g - f$	Resta de segmentos dado en geogebra
6	2	3	$3 - 2 = 1$	1.87
H	3	3	$3 - 3 = 0$	0.61
K	4	4	$4 - 4 = 0$	0.9
I	4	5	$5 - 4 = 1$	1.89
J	4	6	$6 - 4 = 2$	2.48

Figura 68. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 10

Expresión matemática realizada por el estudiante B:

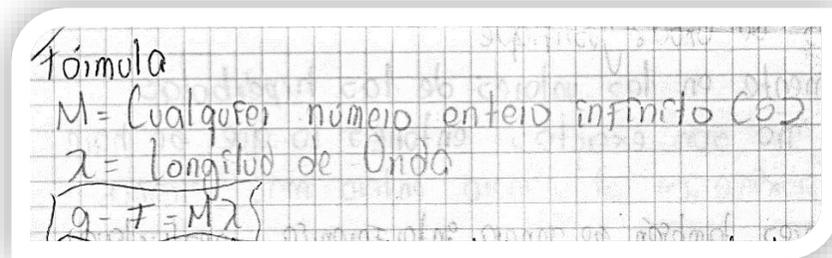


Figura 69. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 11

Los resultados que proporciona el estudiante B de la resta de segmentos en términos de las longitudes de onda y la diferencia dada por GeoGebra son muy distantes, ya que en GeoGebra los puntos donde se chocan las crestas no arrojan un número entero de longitudes de onda, mientras que la medida que el estudiante realiza arroja números enteros de longitudes de onda. La expresión matemática que proporciona el estudiante corresponde a la interferencia constructiva, sin embargo, no son coherentes los resultados de GeoGebra y los que el estudiante deduce por observación, claramente la expresión matemática la realizó a partir de las medidas obtenidas por observación, ya que asocia el valor de “M” con un número entero. El estudiante alcanzó el tercer nivel de representación, el cual es denominado como Modelo Físico Formalizado, donde según Truyol & Gangoso (2010) “está en condiciones de incorporar los datos necesarios para realizar cálculos y obtener resultados con significado físico” (p. 466). Los estudiantes

que han llegado a la etapa de la formulación matemática han alcanzado el nivel de Modelo Físico Formalizado.

Respuesta del estudiante C a las preguntas 10 y 11 del instructivo de Geogebra.

10. Puntos escogidos	Segmento 1	Segmento 2	R de S.	R.S. dada G.
G	4	4	0	0.05.
I	4	5	+1	1.08.
H	2	5	-3	3.14.
K	4	3	1	0.77.
L	3	3	0	0.09.

$\lambda_2 - \lambda_1 = g - f$

Figura 70. Imagen de la respuesta del estudiante C a la pregunta 10 y 11

Los resultados que proporciona el estudiante B de la resta de segmentos en términos de las longitudes de onda y la diferencia dada por GeoGebra son muy próximos, no obstante, la expresión matemática que proporciona el estudiante no presenta una representación significativa, debido a que no le es asignado un nombre a las variables, por lo cual la formulación matemática carece de significado.

La quinceava y dieciseisava pregunta presentadas a los estudiantes acerca del instructivo de GeoGebra y a sus conocimientos previos fueron las siguientes:

15. Si arrastro el punto arbitrario “E” a lo largo de la hipérbola de color verde ¿Cuál es el valor de la diferencia o resta de segmentos $g - f$? **Nota: Si la diferencia de**

segmentos arroja un valor muy próximo a un número entero, redondearlo a dicho valor. (Por ejemplo 2,86 redondea a 3; 0,9 redondea a 1).

16. Tabular los valores de las restas de segmentos a lo largo de cada una de las hipérbolas, hallando inicialmente el valor $g - f$ de la hipérbola menos cóncava (hipérbola de color verde) hasta hallar el valor $g - f$ de la hipérbola más cóncava (La última hipérbola construida). Por último colocar en la tabla el valor $g - f$ a lo largo de la recta perpendicular al segmento de recta AD.

Respuesta del estudiante B a las preguntas 15 y 16 del instructivo de GeoGebra.

Para analizar la pregunta 15 y 16 que proporciona el estudiante B se inserta la hoja de trabajo en GeoGebra con su respectivo link, donde se puede manipular la hoja de trabajo realizada por el estudiante.

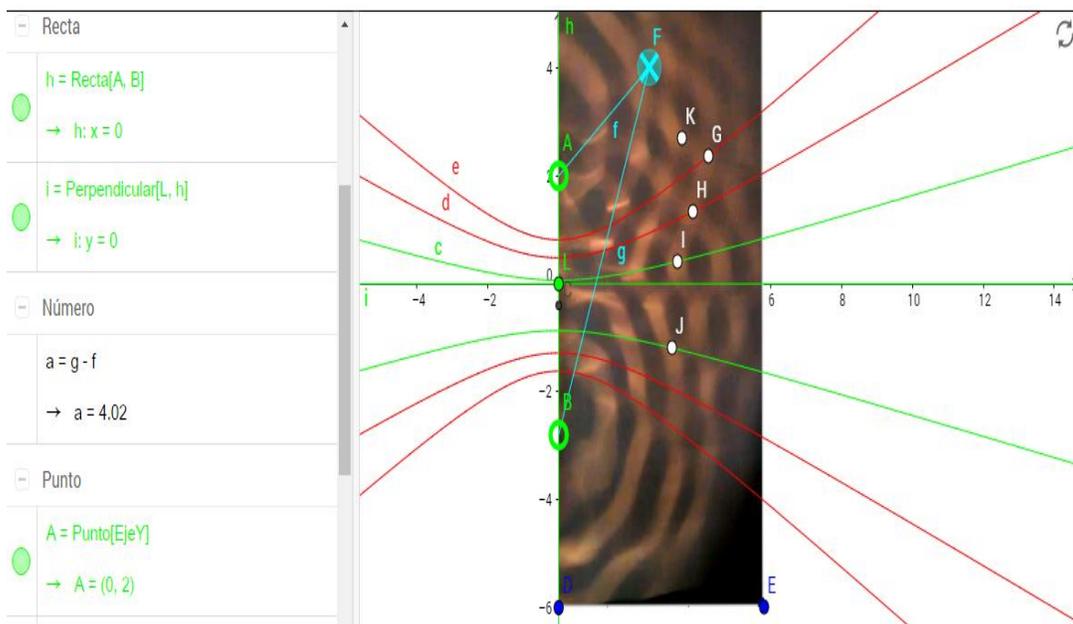


Figura 71. Hoja de trabajo del estudiante B

Link de la hoja de trabajo del estudiante B: <https://www.geogebra.org/m/QP4vH2ZA>

Para el estudiante B el punto “E” que arrastra a lo largo de la hipérbola verde es llamado como “F” en su hoja de cálculo. Estas son sus respuestas a las preguntas 15 y 16 del instructivo de GeoGebra:

¿Cuál es el valor de la diferencia o resta de segmentos?
 Nota: Si la diferencia de segmentos arroja un valor muy próximo a un número entero, redondearlo a dicho valor me da como resultado 1.

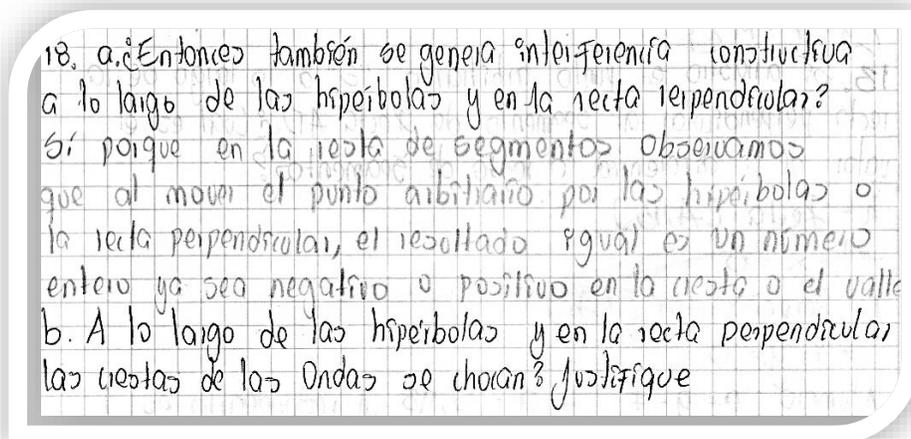
16.	Valor de la resta de Seg.	$g - F$
Hipérbola 1 (de color Verde en la Figura 6)	Aproximado 1 y -1	0.81 y -0.98
Hipérbola 2	Aproximado 2 y -2	2.48 y -1.76
Hipérbola 3	Aproximado 3 y -3	0.30 y -2.42
Recta perpendicular al segmento de Recta AD.	Aproximado 0 y -0	

Figura 72. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 15 y 16

Las medidas que proporciona el estudiante B son esperadas, a medida que arrastra el punto “F” sobre las hipérbolas arroja un número decimal muy próximo a un número entero, por ejemplo, cuando arrastra el punto “F” sobre la hipérbola de color verde la diferencia de segmentos es de 0.81 longitudes de onda aproximándose a una longitud de onda, al igual que con las demás hipérbolas y con la recta perpendicular, todas ellas se aproximan a un número entero de longitudes de onda. Sin embargo, debido a que las

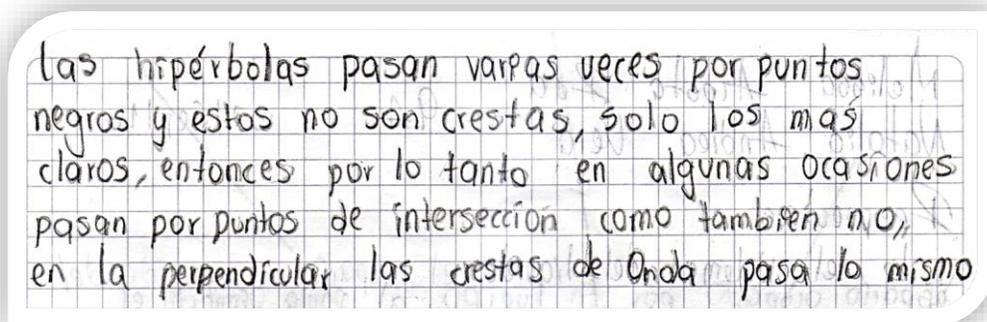
fuentes no están centradas en los puntos donde vibran las fuentes fijas, las hipérbolas son asimétricas, por lo tanto, la construcción realizada por la estudiante no es la adecuada, debido a que la curva antinodal de color verde en la construcción del estudiante que debería pasar por los puntos donde hay interferencia constructiva se cruza con una curva nodal que pasará por los puntos donde hay interferencia destructiva.

Respuesta del estudiante B a la pregunta 18 del instructivo de Geogebra.



18. a. ¿Entonces también se genera interferencia constructiva a lo largo de las hipérbolas y en la recta perpendicular?
Sí porque en la resta de segmentos observamos que al mover el punto arbitrario por las hipérbolas o la recta perpendicular, el resultado es un número entero ya sea negativo o positivo en la cresta o el valle.
b. A lo largo de las hipérbolas y en la recta perpendicular las crestas de las ondas se chocan? Justifique

Figura 73. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 18 parte 1



Las hipérbolas pasan varias veces por puntos negros y estos no son crestas, solo los más claros, entonces por lo tanto en algunas ocasiones pasan por puntos de intersección como también n.o, en la perpendicular las crestas de onda pasa lo mismo

Figura 74. Imagen de la respuesta del estudiante B a la pregunta 18 parte 2

La respuesta que proporciona el estudiante B da cuenta de la construcción de la noción del fenómeno de interferencia y de la interferencia de tipo constructivo, ya que asocia el reforzamiento de las ondas con la diferencia de longitudes de onda que dan como resultado un número entero de longitudes de onda independientemente de su signo, además reconoce que a lo largo de la hipérbola se generan además de las regiones de intersección de las crestas donde hay construcción de las ondas, vecindades que el estudiante denomina como puntos negros donde también se genera interferencia de tipo constructivo, esto es verdad ya que los valles ubicados en las regiones oscuras también se superponen uno a uno, generando una amplitud de onda mayor, dando como resultado un número entero en la diferencia de longitudes de onda por lo cual habría interferencia de tipo constructivo.

El estudiante C no responde a las preguntas 15, 16 y 18 del instructivo de Geogebra, sin embargo, realizó los pasos en la hoja de cálculo para la construcción de las curvas antinodales y mostró los puntos donde se chocan los frentes de onda, por lo que se puede hacer un análisis cualitativo de sus construcciones.

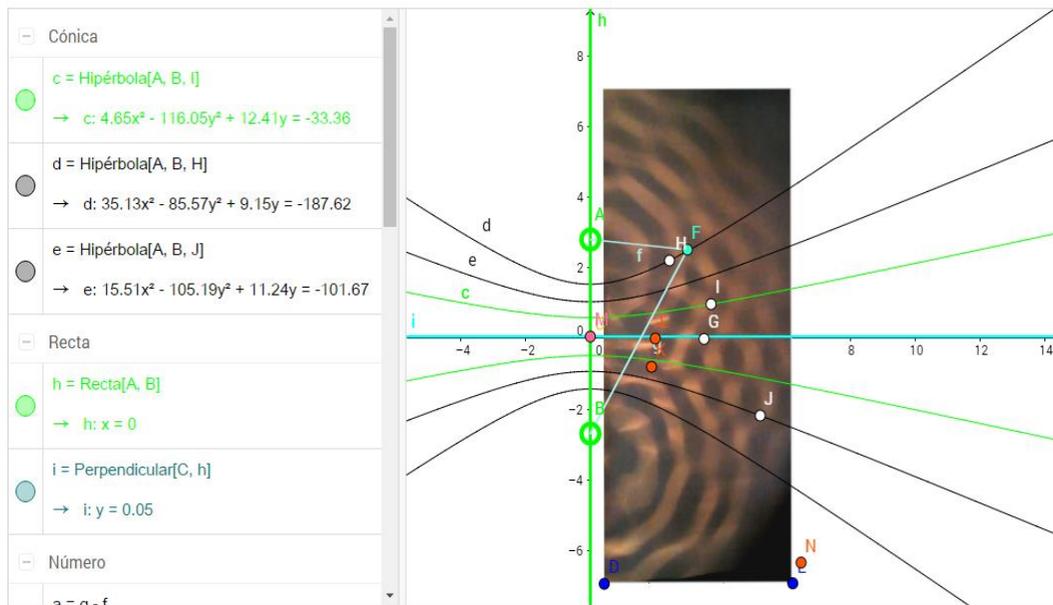


Figura 75. Hoja de trabajo del estudiante C

Link de la hoja de trabajo del estudiante C: <https://www.geogebra.org/m/RxgJS4X8>

Para el estudiante C el punto “E” que arrastra a lo largo de la hipérbola verde es llamado como “F” en su hoja de cálculo. El estudiante C no reconoce los puntos donde se chocan las crestas, ya que como se observa en la figura los puntos son situados de forma arbitraria a lo largo del patrón de interferencia. A pesar de que las medidas cuando se arrastra el punto “F” sobre las curvas antinodales y sobre la recta perpendicular arrojan un número entero, no indican si el estudiante reconoce dichos puntos como puntos de interferencia constructiva, ya que además no responde a las preguntas anteriores. Por lo tanto se concluye que no se tiene certeza de si el estudiante C presenta una noción de interferencia y de interferencia de tipo constructivo.

Nota: Los estudiante D y E presentan los mismos resultados que la estudiante B, por tanto se omite sus análisis.

A continuación se muestra los datos arrojados de la expresión matemática de interferencia de tipo constructivo:

<i>Respuestas</i>	<i>Estudiantes</i>
<i>Esperada</i>	3,4,5,6,8,9,28,20,30,27,11,15,14
<i>Errónea</i>	1,29,19,22
<i>Aproximada</i>	7,18,12,13

Tabla 4. Resultados de los datos arrojados de la expresión matemática de interferencia de tipo constructivo



Figura 76. Porcentajes de las respuestas esperadas, aproximadas y equivocadas de la expresión matemática de la interferencia de tipo constructivo.

El 62% de la población realizó la expresión matemática de la interferencia de tipo constructivo y un 19 % se aproximó a su formulación matemática, esto da cuenta de que los estudiantes adquirieron los conocimientos necesarios para realizar la formulación matemática, primero con la medida de las longitudes de onda en la actividad 2, para posteriormente medir la diferencia de caminos (o de segmentos) a lo largo del patrón de interferencia.

9. Conclusiones

Las actividades realizadas permiten evidenciar cómo los estudiantes construyen nociones de manera precisa con el uso de actividades problemáticas ligadas al contexto, actividades experimentales y uso de tecnologías digitales. El ejercicio diagnóstico permitió ver como los estudiantes no tenían clara la noción de interferencia y luego de realizar la actividad siguiente, se pudo formular por parte de algunos estudiantes una noción de los conceptos. Gutiérrez et al. (2013) determina que los problemas a tratar deben de tener un interés por parte de los estudiantes, lo cual se evidencia en cada actividad y es gracias a esto que las respuestas no son vacías sino que se dan con relación al texto presente en cada actividad. Además Gutiérrez et al. (2013) tiene en cuenta que este método solo funciona si existe una participación activa por parte de los estudiantes, lo cual fue posible evidenciar en cada una de las actividades propuestas en la investigación. Así los estudiantes no solo tuvieron la iniciativa de establecer presunciones acerca del concepto de onda y de interferencia en la actividad diagnóstica y la actividad 1 sino que pudieron comprobarlas mediante la experimentación y uso de tecnologías digitales.

Entre tanto, los procesos mentales realizados por los estudiantes corresponden en principio a la formulación de una idea y la producción de posibles soluciones y métodos. En este caso, no solo tiene una idea correspondiente, sino que además formula posibles respuestas a ellas por medio de hipótesis, que conlleva a un proceso de análisis continuo

inmerso en el desarrollo de cada actividad adquiriendo de esta manera un engranaje entre el nuevo conocimiento y el ya adquirido.

La aplicación de GeoGebra es más útil cuando se encuentre descargada en el ordenador ya que se pueden presentar problemas con la conexión a internet y los archivos pueden perderse o se puede tardar un gran tiempo el desarrollo de las actividades.

En las instituciones educativas pocas veces nos encontramos con algún software dinámico de las matemáticas. Esto puede generar algunos inconvenientes a la hora enseñar una palabra, un concepto o una proposición matemática en términos de lo que proponen Ausubel et al. (1991). Sin embargo, GeoGebra abre muchas posibilidades para que los profesores puedan trabajar el álgebra, la geometría, y en otras veces el cálculo que en muchos contextos educativos son estáticos y llevan tiempo trabajarlos en la pizarra con tablero y tiza. Una de ellas es la posibilidad de poder trabajarla directamente en la web sin una instalación del software que, siendo libre, algunas instituciones no la tienen instalado en sus computadores, como fue la inconveniencia de este trabajo. No se puede olvidar también que la web puede ser susceptible de mayores fracasos al trabajarla que cuando el software está instalado directamente en el computador, esto puede pasar por problemas en las conexiones de red.

Cuando se logra trabajar las ondas mecánicas, y en particular el fenómeno de interferencia con la plataforma de GeoGebra y los laboratorios físicos se puede ver que los estudiantes construyen su propio significado sobre el concepto de onda y el de fenómeno de interferencia, por medio de las proposiciones existentes en su estructura

cognoscitiva, sin necesidad de que aprendan estos por la presentación en su forma final (aprendizaje por recepción) de este contenido por parte del profesor. GeoGebra permite un dinamismo de la relación existente entre el álgebra y la geometría, relación que es un tanto análoga a la relación subyacente entre el patrón de interferencia (geometría) y la ecuación (álgebra) que generaliza y da cuenta de los puntos donde hay interferencia constructiva en dicho patrón. La utilización de estos medios como GeoGebra hace posible un aprendizaje por descubrimiento eficiente, pues en lugar de que el alumno tenga que gastarse grandes cantidades de tiempo en tomar una foto y medir las diferencias de camino por medio de una regla, no va a necesitar tanto tiempo como cuando se trabaja en GeoGebra, además las medidas que se realizan en el programa son más precisas.

Cuando la tarea de aprendizaje significativo es por recepción el aprendizaje tomará más tiempo (esto no contradice lo que plantea Ausubel sobre que es menos importante en la escuela el aprendizaje por descubrimiento que el aprendizaje por recepción en razón de la cantidad de tiempo adjudicados a estos) que la del aprendizaje por descubrimiento, ya que al trabajarlo físicamente se llevará mucho tiempo en la construcción de un patrón y la tarea de tomar las medidas de una manera física tanto por parte del estudiante como del profesor. Por otra parte, si el profesor usa algunas herramientas TIC para el aprendizaje por recepción, entonces los estudiantes no serán participes de la actividad y esto llevara tal vez a un aprendizaje por recepción repetitivo. Así pues, GeoGebra ofrece pues la posibilidad tanto de eficacia y precisión como una

mayor actitud del estudiante para que el aprendizaje sea significativo, es decir una disponibilidad por involucrarse con la tarea potencialmente significativa.

Como practicantes fue posible evidenciar gracias a las observaciones realizadas, cómo el método de enseñanza de los conceptos trabajados en el aula de clase por parte del docente, no era el apropiado debido a la poca interacción que los estudiantes tenían con los fenómenos tratados. De lo anterior nace nuestro interés por fortalecer cada uno de los conceptos que se deseaban trabajar por medio de la práctica experimental y el uso de las tecnologías digitales. La práctica experimental permite una relación en cuanto a lo real y el uso de las tecnologías digitales proporciona un interés al estudiante debido a la relación continua que tiene con éste y además su versatilidad para manipularlo. Así, el conocimiento adquirido no solo se aprende con facilidad sino que se tiene una relación con la realidad y además permite una manipulación directa con el fenómeno.

Restrepo (2004) deja claro que existe una dificultad en el momento de armonizar los conceptos teóricos con la realidad social de los estudiantes. Es en esta medida donde la metodología investigación acción tomó una importancia evidente en la investigación realizada. El hecho de conocer en principio la realidad social del contexto estudiantil fue de vital importancia a la hora de realizar la intervención conceptual, no solo para dar cuenta que tanto pueden saber los estudiantes de algún concepto, sino también en el momento de tener en cuenta los medios con los cuales se les hace más asequible el conocimiento. Así y acorde con Restrepo (2004) el reconocimiento de la práctica pedagógica realizada por el docente de la institución educativa permitió incursionar como practicantes en el diseño de una práctica pedagógica nueva que permitió el

mejoramiento de la forma en cómo se enseñan los fenómenos ondulatorios en el aula de clase y se centrara más en los medios por los cuales el aprendizaje puede ser más significativo para el estudiante.

Se deja al profesor la posibilidad de realizar la práctica experimental en su forma virtual para el fenómeno de interferencia de tipo destructivo a través del instructivo de Geogebra (Véase anexo correspondiente a la actividad 3), y a su vez la posibilidad de extender la práctica experimental para la enseñanza de tipos de interferencia constructiva y destructiva en su forma parcial a lo largo del patrón de interferencia, cuyo fenómeno ocurre cuando no se alcanzan a reforzar o a cancelar dos o más ondas en un medio de propagación.

10. Referencias bibliográficas

- Ausubel, D., Novak, Joseph., Hanaseian, Helen. (1991) Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo. Medellín, Colombia: Trillas.
- Ariza, M.R; Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 32 (1), pp. 101-115
- Bocanegra, A. (2012). Laboratorio de ondas mecánicas apoyado con Tecnologías de la Información y la Comunicación de libre acceso. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/11182/1/186622.2012.pdf>
- Crawford, F. (1968). *Ondas*. España: Reverté
- Díaz, P. (2012) Aprender y educar con las tecnologías del siglo XIX. Recuperado de <http://cmap.javeriana.edu.co/servlet/SBReadResourceServlet?rid=1KRS0DP7S-1YWQ573-3CX>
- Font, V., Godino, J., & D'Amore, B. (2007). Enfoque Ontosemiótico de las Representaciones en educación matemática. *For the learning of mathematics, Montreal*, 27(2), 3-9.
- Gamow, G. (2007). Biografía de la Física. España: Alianza Editorial
- Gutiérrez, J. De la puente, G. Martínez, A. Piña, E. (2013). Aprendizaje Basado en Problemas. Recuperado de: <https://www.um.es/documents/378246/2964900/Normas+APA+Sexta+Edici%C3%B3n.pdf/27f8511d-95b6-4096-8d3e-f8492f61c6dc>
- García, A; Gil, M.R. (2006). Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), 304-322.

- González, G.I. (2005). Enseñanza de ondas mecánicas en cuerdas usando Matemática. Universitas Scientarium. Vol 10. Número especial. Enero-Junio. Bogotá, Colombia. pp17-24.
- Muñoz, S. L. (2014). *Enseñanza del concepto de interferencia utilizando una metodología de aprendizaje activo como estrategia didáctica*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Manrique, C. (2012). Propuesta didáctica basada en la Metodología de Aprendizaje Activo, encaminada a construir el concepto de difracción partiendo de prácticas experimentales. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/8510/1/carolinamanriquetorres.2012.pdf>
- Ministerio de Educación Nacional (2010). Portafolio de Programas y Proyectos para el Desarrollo de Competencias. Recuperado de http://www.colombiaaprende.edu.co/html/competencias/1746/articles-249473_recurso_1.pdf
- Ministerio de Educación Nacional (2004). Formar en Ciencias: ¡El desafío! Recuperado de: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-81033_archivo_pdf.pdf
- Nieda, J; Macedo, B. (1997). Un Currículo Científico para Estudiantes de 11 a 14 años. Recuperado de <http://www.campus-oei.org/oeivirt/curricie/curri06.htm>
- Pantoja, A (2015). Manual básico para la realización de tesinas, tesis y trabajos de investigación. Madrid, España: Editorial EOS
- Peláez, A (1986). Didáctica de la física. Medellín, Colombia. Universidad de Antioquia
Facultad de educación
- Posada, J.G. (2013). Unidad didáctica: Enseñanza de las ondas mecánicas para grado octavo. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/9386/1/1067847370.%202013.pdf>
- Restrepo, B. (2004). La investigación-acción educativa y la construcción de saber pedagógico [Versión Electrónica]. Educación y educadores, 7, 45-55.

- Sandín, M.P. (2003). Tradiciones en la investigación Cualitativa. En M. P. Sandín. (Ed), Investigación cualitativa en Educación. Fundamentos y tradiciones (141-183). Madrid: Mc Graw and Hill Interamericana de España
- Tamayo, H., Perea, A., & Rivera, W. (2011). *Construcción del concepto de onda y de fenómenos ondulatorios en estudiantes de Educación media, utilizando un modelo virtual*. Revista Ingenium, 5(9), 27-31
- Torres, C., Racedo, D. (2014) *Estrategia didáctica mediada por el software Geogebra para fortalecer la enseñanza-aprendizaje de la geometría en estudiantes de 9° de básica secundaria* (proyecto de investigación). Universidad de la costa, Barranquilla, Colombia
- Truyol, E., Gangoso, Z. (2010) *la selección de diferentes tipos de problemas de física como herramientas para orientar procesos cognitivos*. investigações em ensino de ciencias, 15(3), 463-484.
- Vera, T. A. (2012). *Explorando las ondas: una propuesta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de algunos conceptos básicos del movimiento ondulatorio*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Varela Nieto, M. P., & Martínez Aznar, M. (1997). Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la Física: La resolución de problemas como actividad de investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 173-188.
- Vallejo, L. (2015). *Fundamentos básicos de Física para grado once* [Figura]. Recuperado de http://fisicapila.blogspot.com.co/2015_03_01_archive.html
- Young, H., y Freedman, R. (2009). *Física universitaria*, recuperado de [https://www.u-cursos.cl/usuario/42103e5ee2ce7442a3921d69b0200c93/mi_blog/r/Fisica_General_-_Fisica_Universitaria_Vol_2__ed_12\(Sears-Zemansky\).pdf](https://www.u-cursos.cl/usuario/42103e5ee2ce7442a3921d69b0200c93/mi_blog/r/Fisica_General_-_Fisica_Universitaria_Vol_2__ed_12(Sears-Zemansky).pdf)

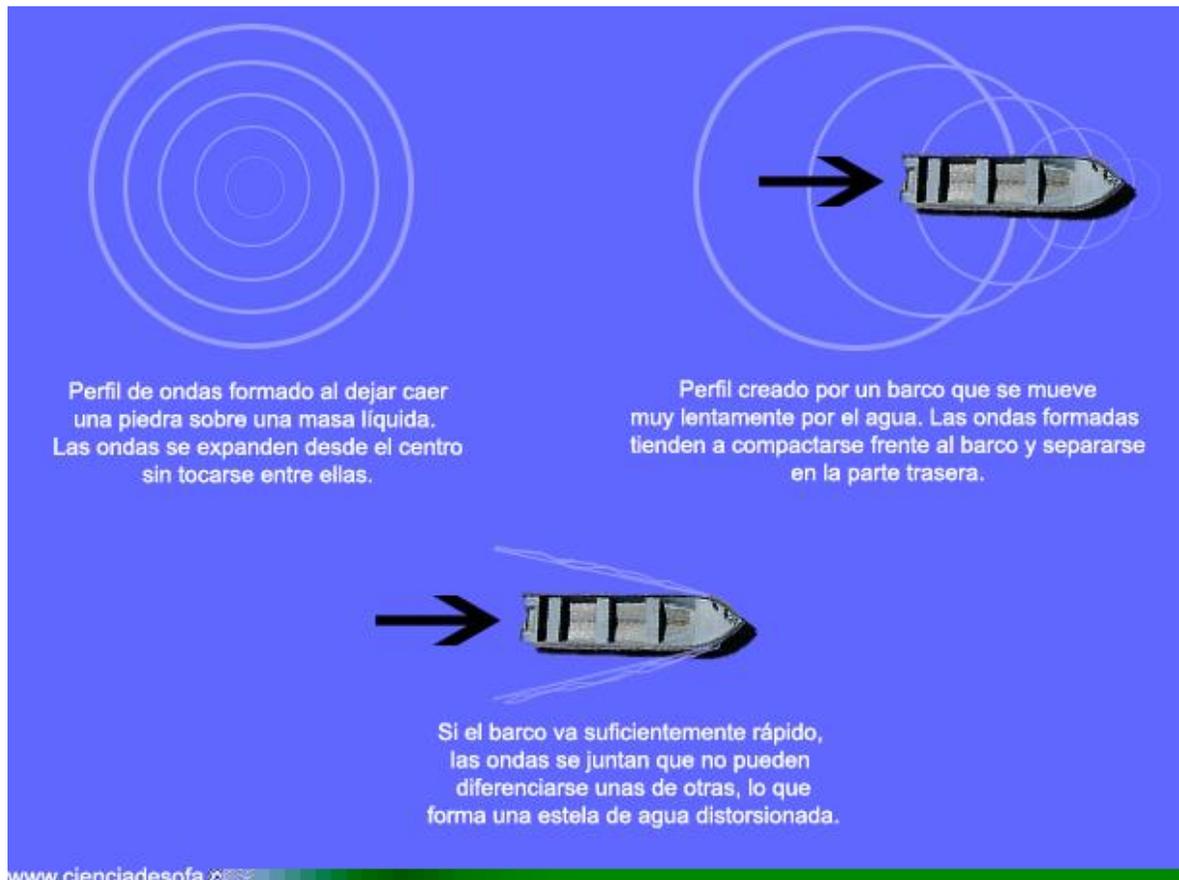
11. ANEXOS

EJERCICIO DIAGNÓSTICO

Actividad 1

Observar la siguiente ilustración y leer sus indicaciones. Luego responder a las preguntas de acuerdo a la lectura.

Ilustración 1.



Pereyra, Jordi. (2013). *Respuestas VI: Tartas mortales*. [Imagen]. Recuperado de

<http://cienciasofa.com/2013/04/respuestas-vi-tartas-mortales.html>

Lectura 1

Existe un ejemplo de sentido común de cómo las cosas producen ondas que transportan información. El ejemplo hace referencia al mar (o cualquier cosa formada por agua). Cuando un barco viaja sobre la superficie del mar, las ondas se propagan en la estela que deja. Esto afecta al movimiento de cualquier otro barco que haya en la misma zona del mar. Todos los barcos (peces, ballenas y objetos que haya en esa parte del mar) están expuestos a estas ondas y su rumbo está de alguna forma “informado” por ellas. Todos los navíos y objetos “producen ondas” y sus frentes de onda se interceptan y crean patrones de interferencia. Si muchas cosas se mueven a la vez en un medio repleto de ondas, Este se modula: se llena de ondas que se interceptan e interfieren. Esto es lo que ocurre cuando varios barcos navegan por la superficie del mar. Cuando observamos el mar desde una posición superior (desde una colina de la costa o desde un avión) en un día calmado, podemos ver las estelas de los barcos que han pasado por esa parte del agua horas antes. También podemos ver cómo se interceptan las estelas y cómo crean patrones complejos. La modulación de la superficie del mar producida por los barcos que se desplazan sobre el agua transporta información sobre los propios barcos. Es posible deducir la ubicación, la velocidad e incluso el tonelaje de los navíos analizando los patrones de interferencia de las ondas que han creado.

A medida que las ondas más recientes se superponen a las ya existentes, el mar se vuelve cada vez más rizado, ya que transporta cada vez más información. En un día despejado podemos comprobar que permanece modulado durante horas, a veces incluso durante días. Los patrones de onda que persisten son la memoria de los barcos que han pasado por esa parte del agua. Si el viento, la gravedad y la línea de la costa no cancelaran estos patrones, la memoria de las ondas del mar perduraría indefinidamente.

Laszlo, Ervin. (2010). El universo In-formado. (pp. 100). Recuperado de https://books.google.com.co/books?id=lph3pdCPhLwC&printsec=frontcover&dq=el+universo+informado&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=el%20universo%20in-formado&f=false

Preguntas de iniciación

Responder a las siguientes preguntas de acuerdo al texto.

1. **a)** Según el ejemplo del texto: ¿Qué significa que las cosas (cómo los barcos) en un medio (cómo el agua) produzcan ondas que transportan información?, **b)** ¿Podría dar otro ejemplo fuera del texto de cómo las ondas en un medio transportan información?

2. ¿Por qué cree que es posible deducir la ubicación, la velocidad e incluso el peso de los barcos analizando los patrones de interferencia de las ondas?

3. De acuerdo a su comprensión del texto o a su intuición, defina: **a)** ¿Qué es una onda?, **b)** ¿Qué es un patrón de interferencia? Intente ilustrarlos con un dibujo.

ACTIVIDAD 1

Actividad 2

Responder a las preguntas conforme a la lectura.

Lectura 2.

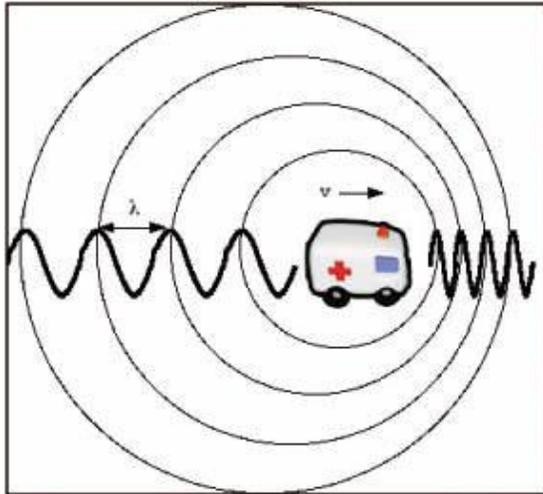
Cuando una ambulancia en movimiento activa la sirena, sentimos un sonido que viaja hacia nosotros. A medida que la ambulancia se acerca, podemos sentir ese sonido con mayor intensidad, sin embargo, cuando la ambulancia comienza a alejarse de nuestra ubicación, el sonido empieza a ser menos intenso hasta desaparecer (Véase figura 1). El sonido no lo podemos ver cuando se acerca o se aleja, debido a que se propaga por el aire, y este es un medio que no podemos ver a simple vista. Si viviéramos en el agua, podríamos ver las perturbaciones que provoca el sonido de la sirena, debido a que el agua es un medio perceptible a nuestra vista. (Véase figura 2).



Villegas, Daniela; Paredes, María T. (2015). *El sonido*. [Imagen]. Recuperado de:

<https://www.emaze.com/@ALTFFIIF/El-Sonido>

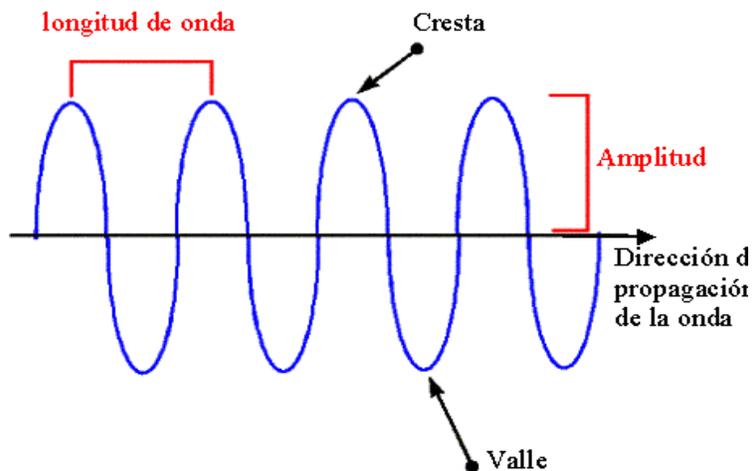
Figura 1. *Cuando la ambulancia está cerca de nosotros podemos sentir el sonido de la sirena con mayor intensidad, pero a medida que se aleja la ambulancia, el sonido se hace menos intenso.*



Universitat Politècnica de València (2008). *doppler.jpg*. [Imagen]. Recuperado de: <http://web-sisop.disca.upv.es/imd/cursosAnteriors/2k7-2k8/websTreballs/carfabro/doppler.jpg>

Figura 2. *Dibujo que representa la perturbación que genera el sonido de la sirena de una ambulancia. En la parte delantera de la ambulancia hay una mayor intensidad del sonido, por el contrario en la parte trasera hay una menor intensidad del sonido a medida que se aleja la ambulancia.*

El sonido producido por la sirena de la ambulancia se propaga por el aire, a pesar de que el movimiento del sonido no sea perceptible ante nuestros ojos. Si pudiéramos ver la propagación del sonido cuando se mueve en una dimensión (A lo largo de una recta), veríamos una serie de “olas” que se repiten (Véase figura 3).



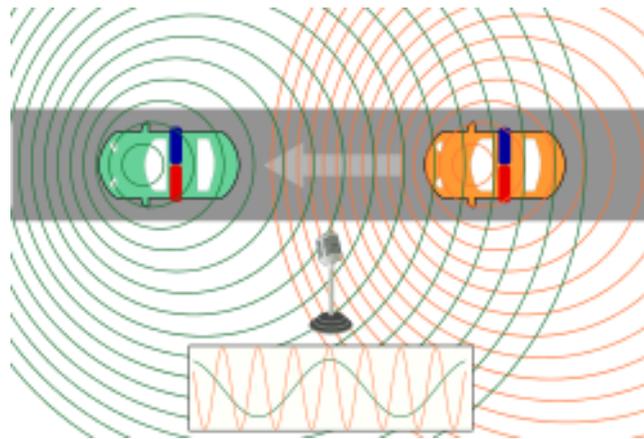
Vincci (2011). *Elementos de una onda*. [Imagen]. Recuperado de:
<http://talvezcuerdo.blogspot.com.co/2011/05/elementos-de-una-onda.html>

Figura 3. Dibujo de una porción de onda moviéndose en una dimensión (a lo largo de una recta). Se observan cada una las partes que la componen: **Las crestas y los valles** son los puntos máximos y mínimos respectivamente que alcanza la onda cuando se propaga, la **amplitud** es la altura de cada “ola” partiendo desde la recta (que representa el estado de reposo del medio por donde se propaga la onda, en este caso aire) hasta una cresta o un valle. **La longitud de onda** es la distancia que hay entre cresta y cresta o entre valle y valle consecutivos.

Cuando el sonido es muy intenso los **picos o crestas** de las “olas” se encuentran muy próximos entre sí, por el contrario, cuando el sonido tiene poca intensidad, las crestas de las “olas” se hallan alejados entre sí (Véase figura 2).

Las crestas y los valles de una onda coinciden exactamente con los frentes de onda (Véase nuevamente la figura 2). Por esta razón los frentes de ondas pueden ser tanto valles como crestas vistas en dos dimensiones. Por lo cual la distancia que hay entre dos circunferencias (o dos elipses) consecutivas generan una longitud de onda.

Cuando pasan muchas ambulancias a nuestro alrededor, el sonido es insoportable, debido a que el sonido de una sirena se suma con el sonido de otra, provocando **interferencia** del sonido en el medio donde nos encontremos.



sonidoCBtis37Equipo6, (2016). *El sonido- Equipo 6*. [Imagen].Recuperado de:
<http://sonidocbtis37equipo6.blogspot.es/1462127759/el-sonido/>

Figura 6. *Interferencia del sonido generado por la suma del ruido de las dos sirenas de los coches.*

Responder a las siguientes preguntas de acuerdo al texto, a su conocimiento del tema, o a su intuición

De acuerdo a su comprensión del texto, a su conocimiento del tema, o a su intuición defina:

1 ¿Qué es una onda?

2 ¿Qué es la interferencia de ondas?

ACTIVIDAD 2: ONDAS

Actividad 3

Responder a las preguntas conforme a la lectura.

Lectura 1.

Cuando es lanzada una roca a un estanque de agua, la fuerza que ejerce la piedra sobre la superficie del agua genera una perturbación, a la cual se le denomina onda, lo que podemos observar es una serie de círculos concéntricos que se propagan en la superficie, estos círculos son los picos o crestas de la onda. Como la fuerza que ejerce la piedra cuando cae en el agua no es constante, el agua comienza a estabilizarse quedando nuevamente en equilibrio. El objeto que genera una onda se le denomina **fente de**

onda, por ejemplo la piedra cuando es lanzada sobre la superficie del agua se convierte en una **fente de onda**.

La distancia radial entre cresta y cresta de una onda se denomina **longitud de onda** (Véase figura 1).

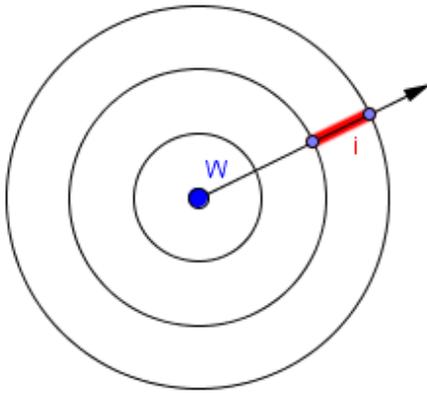


Figura 1. El punto “W” representa una piedra lanzada sobre el agua, el segmento “i” de color rojo es una longitud de onda, que es la distancia entre dos crestas sucesivas. Su distancia es radial porque el segmento “i” es una porción de radio del círculo más grande.

Las longitudes de onda se cuentan desde la fuente de onda debido a que la piedra que cae en el estanque produce la primera perturbación que origina la extensión de la onda a lo largo de la superficie del agua.

En la figura 2 tenemos que el segmento “i” de color rojo es una longitud de onda, al igual que el segmento “j” de color verde y el segmento “l” de color azul. En total hay tres longitudes de onda formadas por las tres crestas (los tres círculos) que componen la onda vista desde arriba.

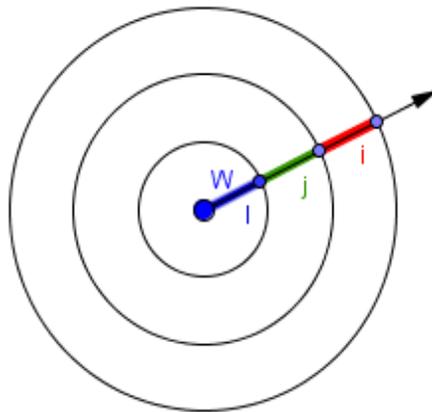


Figura 2. El punto “W” representa una piedra lanzada sobre el agua, el segmento “i” de color rojo es una longitud de onda, al igual que el segmento “j” de color verde y el segmento “l” de color azul. En total hay tres longitudes de onda contadas desde la fuente de onda.

Cuando dos rocas son lanzadas de forma simultánea a un estanque, se genera una onda por cada fuente, y la suma de las dos ondas genera lo que se denomina como interferencia de ondas.

En el momento en el que se suman las ondas las crestas de cada onda se chocan.
(Véase la figura 1). En estos puntos hay **interferencia constructiva** porque las crestas se suman una con la otra, creando una cresta total de mayor altura.

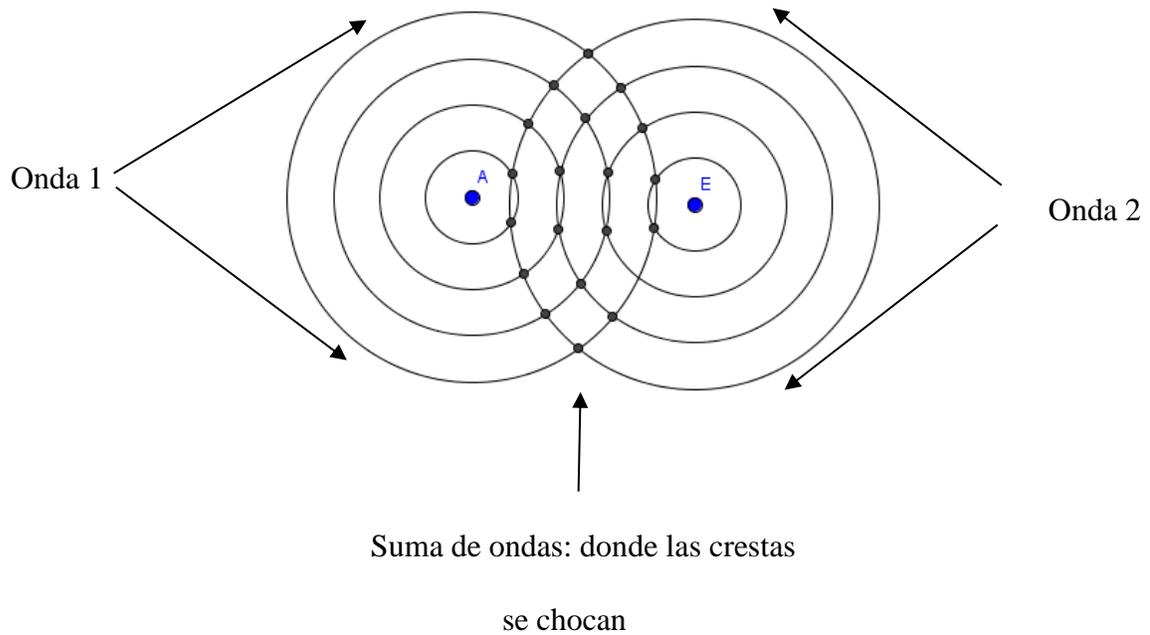
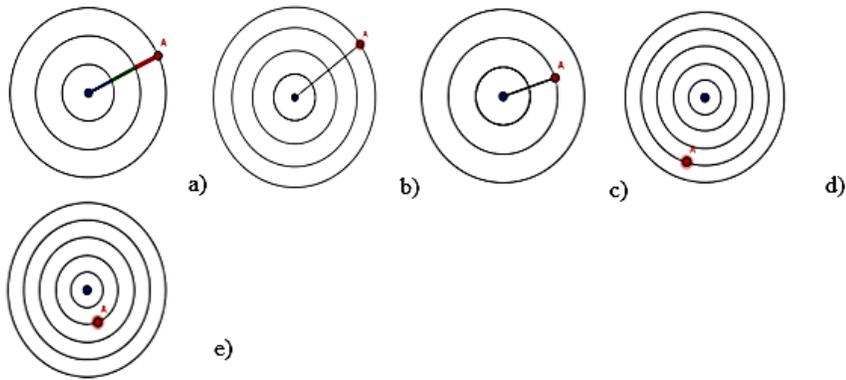


Figura 2. Los puntos A y E representan las dos piedras lanzadas sobre el agua, los puntos negros son aquellos puntos donde se chocan las crestas de las dos ondas.

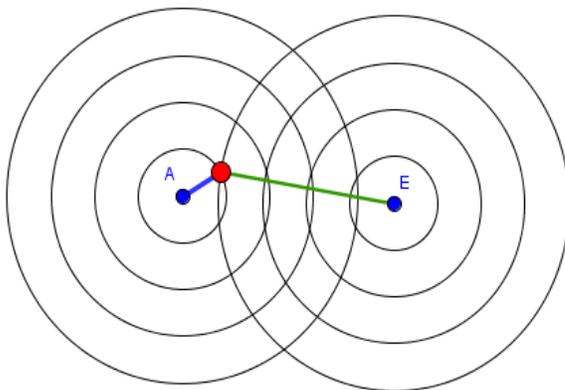
Actividad

1. Contar las longitudes de onda que hay desde la fuente de ondas hasta el punto A.



2. Contar las longitudes de onda que hay desde cada fuente de ondas hasta el punto de color rojo. Luego restar las dos distancias en términos de las longitudes de onda.

Ejemplo:

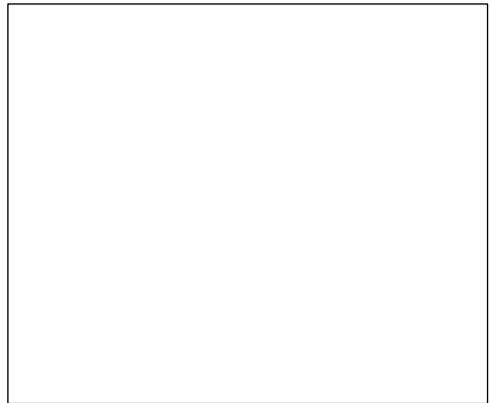
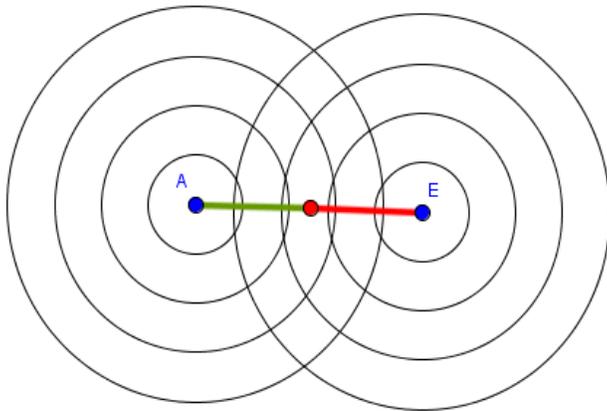
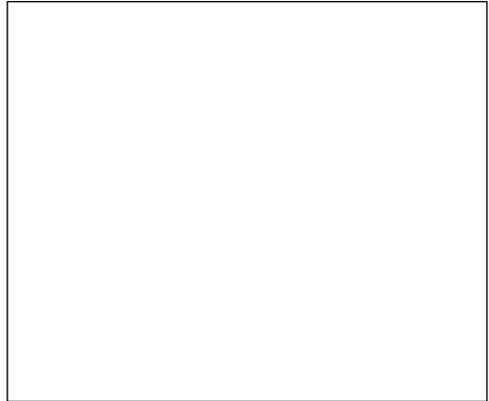
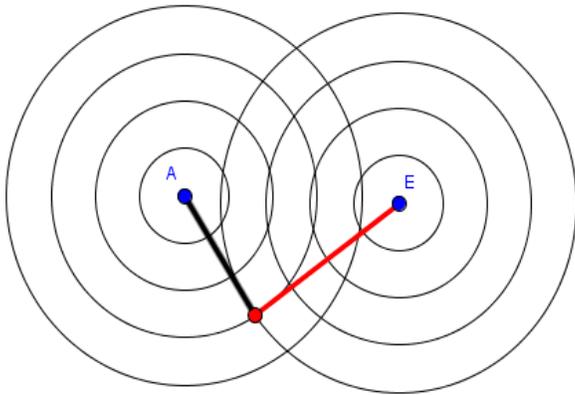
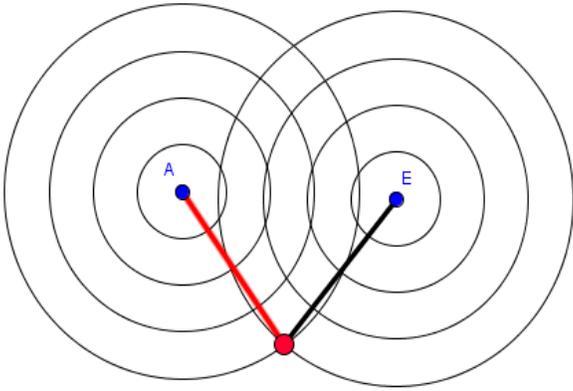


Desde la fuente A hasta el punto rojo hay una longitud de onda.

Desde la fuente E hasta el punto rojo hay cuatro longitudes de onda.

$$4 - 1 = 3$$

La resta de las dos distancias da como resultado 3 longitudes de onda.



IMPORTANTE: Hay dos tipos de interferencia: Interferencia constructiva y destructiva. La interferencia constructiva se genera cuando la diferencia entre los segmentos me da un número exacto, como se vio en el ejemplo del punto 2 (4 longitudes de onda menos 1 longitud de onda es igual a 3 longitudes de onda) Y la interferencia destructiva se genera cuando la diferencia entre los segmentos me da la mitad de un número exacto (por ejemplo 3.25 longitudes de onda menos 1.75 longitudes de onda es igual a 1,5 longitudes de onda).

ACTIVIDAD 3: LAS ONDAS

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Realizar las siguientes actividades en GeoGebra:

1. En la foto ubica un punto por cada fuente de onda (véase la figura 1).

Nota: Es indiferente el nombre, la forma o el color de los puntos.

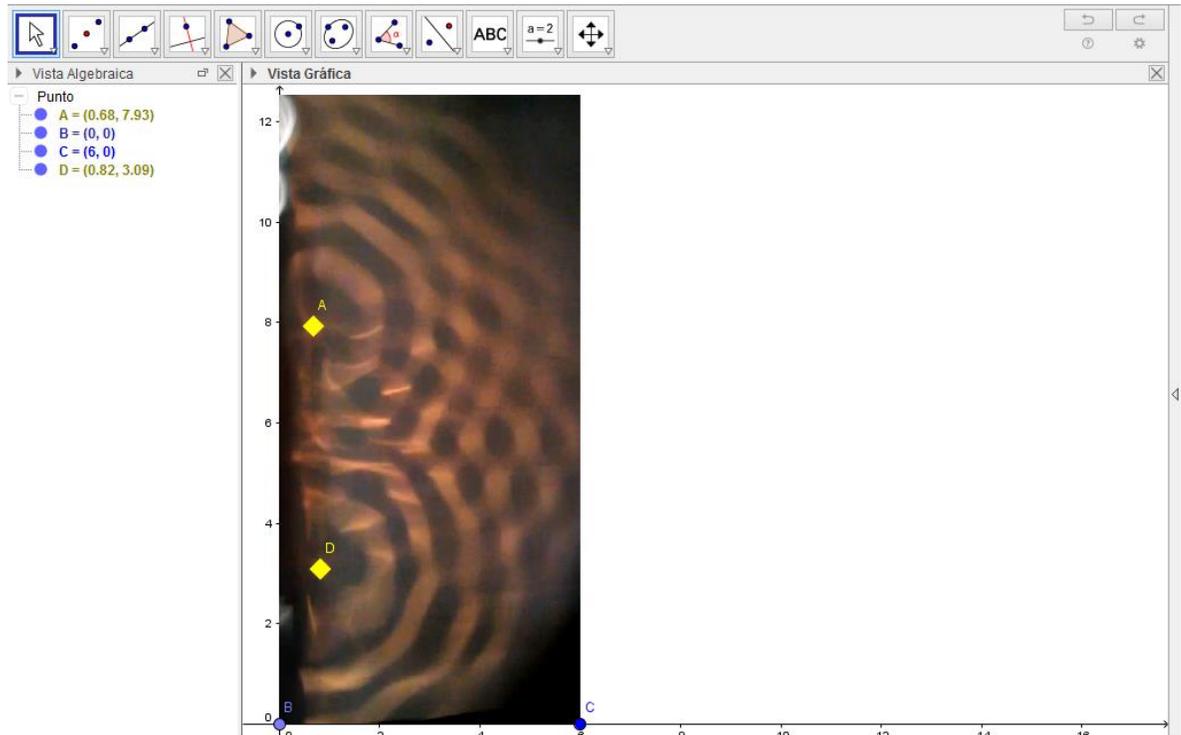


Figura 1. Puntos A y D que están ubicados en las dos fuentes de ondas.

2. a) Ubica un punto arbitrario sobre la imagen, y luego trace dos segmentos desde las fuentes hasta el punto arbitrario construido. (Véase la figura 2).

Nota: Es indiferente los nombres, la forma y el color tanto del punto arbitrario como de los segmentos construidos.

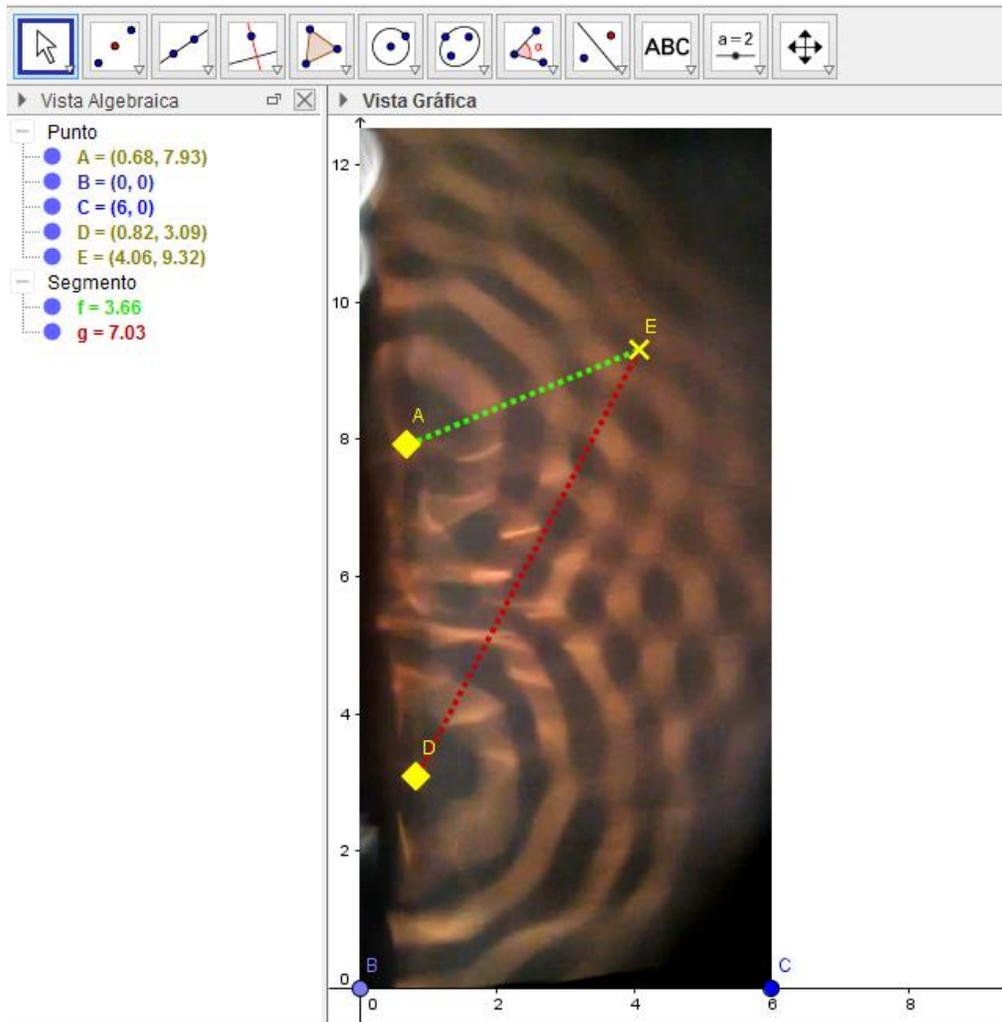


Figura 2. Punto E arbitrario (que en la imagen está en forma de cruz) y los dos segmentos (verde y rojo) construidos desde los puntos de fuente hasta el punto arbitrario E.

b) ¿Qué medida tienen tus segmentos?

3. En la parte inferior izquierda (Al lado del signo de interrogación en GeoGebra online) haz clic y escribe la resta o diferencia entre los segmentos que hallaste en el punto dos. (Por ejemplo $g - f$). Luego da Intro (Véase la figura 3).

Describe qué sucede con la diferencia entre los segmentos, cuando arrastras el punto arbitrario que escogiste.

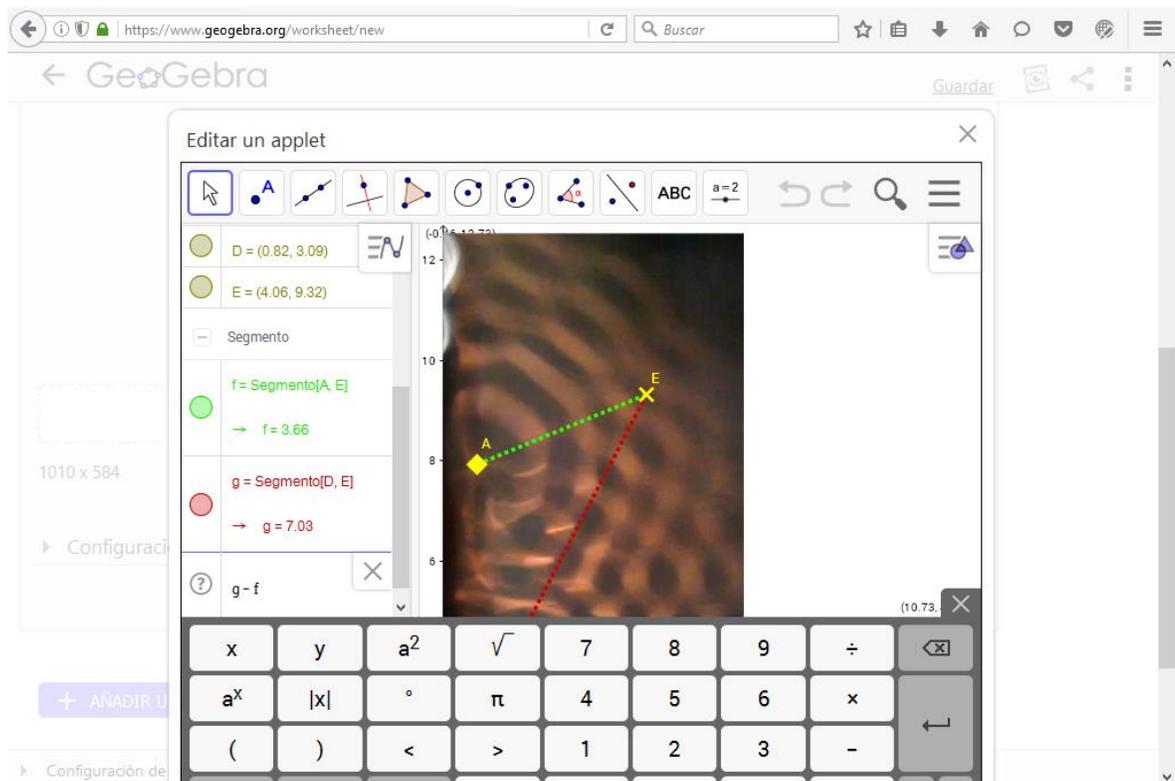


Figura 3. Vista de Geogebra online. En la parte inferior izquierda se escribe la diferencia entre los segmentos construidos, para nuestro caso es la resta entre el segmento “g” y el segmento “f”

4. Ubique los puntos donde considere se chocan las crestas de las ondas en la fotografía.
5. ¿Cómo distingue los puntos dónde se chocan las crestas?

6. Arrastra el punto arbitrario “E” hasta uno de los puntos que escogiste donde se chocan las crestas de las ondas.

¿Qué punto escogiste?

7. Cuenta el número de longitudes de onda ¿Cuántas longitudes de onda hay desde cada fuente a ese punto que escogiste?

8. Resta ambas cantidades de longitudes tomadas en el literal 7, ¿Cuál fue tu resultado?

9. Compara los resultados **entre** la resta de las cantidades de longitudes **y** la resta entre los segmentos hallados en GeoGebra.

Describe lo que observa

10. Realiza nuevamente el ejercicio desde el punto 6 al 9 de esta guía y completa la siguiente tabla con los datos obtenidos:

Puntos escogidos	Segmento 1	Segmento 2	Resta de segmentos	Resta de segmentos dado en Geogebra
	R_1	R_2	$R_2 - R_1$	$L_2 - L_1$

Tabla 1. Valores de la diferencia o resta de segmentos de las longitudes de onda contadas y el valor de la diferencia de segmentos arrojadas por Geogebra.

11. Escribe la expresión matemática de la resta de segmentos $R_2 - R_1$

12. Trace una recta que pase por los puntos de fuente A y D (haciendo clic en el comando:  y clic en los puntos de fuente), luego trace un **punto medio** entre los puntos de fuente (haciendo clic en el comando:  y luego clic en el comando punto medio: , por último hacer clic en los puntos de fuente). Posteriormente trace una **perpendicular** sobre el punto medio (haciendo clic en el comando:  y doble clic en el punto medio). (Véase la figura 4).

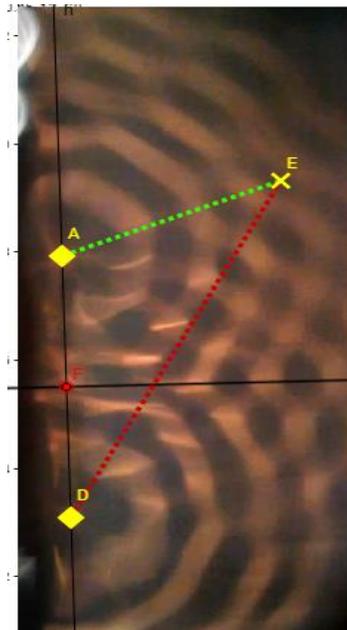


Figura 4. Segmento de recta AB y su punto medio (de color rojo en la figura).

13. Si arrastro el punto arbitrario “E” a lo largo de la **recta perpendicular** al segmento de recta AD. ¿Cuál es el valor de la diferencia o resta de segmentos $g - f$?

Nota: Si la diferencia de segmentos arroja un valor muy próximo a un número entero, redondearlo a dicho valor. (Por ejemplo 2,86 redondea a 3; 0,9 redondea a 1).

14. Trazar una **hipérbola** haciendo clic en el comando que lleva el mismo nombre, ubicado en el comando , luego hacemos clic en los puntos de fuente A y D, y en uno de los puntos construidos donde se chocan las crestas. Repetir el mismo proceso para los demás puntos que no estén sobre una hipérbola. (Véase la figura 5).

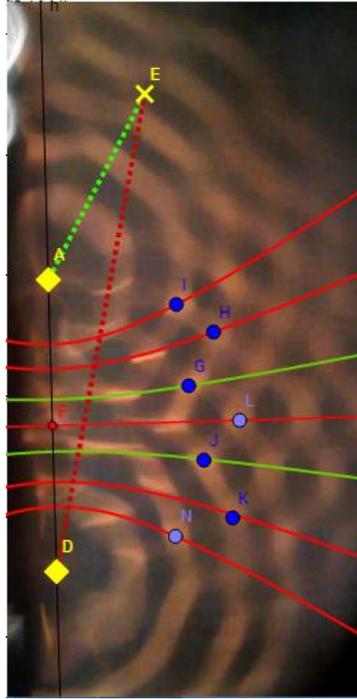


Figura 5. Hipérbolas (de color rojo y verde en la figura) que pasan por los puntos donde se chocan las crestas.

15. Si arrastro el punto arbitrario “E” a lo largo de la hipérbola de color verde ¿Cuál es el valor de la diferencia o resta de segmentos $g - f$?

Nota: Si la diferencia de segmentos arroja un valor muy próximo a un número entero, redondearlo a dicho valor. (Por ejemplo 2,86 redondea a 3; 0,9 redondea a 1).

16. Tabular los valores de las restas de segmentos a lo largo de cada una de las hipérbolas, hallando inicialmente el valor $g - f$ de la hipérbola menos cóncava (hipérbola de color verde) hasta hallar el valor $g - f$ de la hipérbola más cóncava (La

última hipérbola construida). Por último colocar en la tabla el valor $g - f$ a lo largo de la recta perpendicular al segmento de recta AD.

	Valor de la resta de segmentos $g - f$
Hipérbola 1 (de color verde en la figura 5)	
Hipérbola 2	
Hipérbola 3	
Recta perpendicular al segmento de recta AD	

Tabla 2. Diferencia o resta de los segmentos a lo largo de cada una de las hipérbolas y la recta perpendicular al segmento de recta AD.

17. ¿Los valores de las restas de segmentos para las cuatro opciones anteriores generan números enteros de longitudes de onda? Justifique.

18. Si se sabe que en los puntos donde se chocan las crestas de las ondas la diferencia de los segmentos $R_2 - R_1$ generan un número entero de longitudes de onda en los cuales existe interferencia constructiva:

a) ¿Entonces también se genera interferencia constructiva a lo largo de las hipérbolas y en la recta perpendicular? Justifique.

b) ¿A lo largo de las hipérbolas y en la recta perpendicular las crestas de las ondas se chocan? Justifique.

19. Ubica un punto arbitrario sobre la imagen y luego trace dos segmentos desde las fuentes hasta el punto arbitrario construido. (Véase la figura 6). En la parte inferior izquierda (Al lado del signo de interrogación en GeoGebra online) haz clic y escribe la resta o diferencia entre los segmentos que hallaste. (Por ejemplo $l - j$). Luego da Intro.

20. Arrastra el punto arbitrario “M” (de color amarillo en la imagen) en el interior de la hipérbola verde hasta una zona de la fotografía donde la diferencia o resta de los segmentos $l - j$ sea de $\frac{1}{2}$ (de 0.5 unidades).

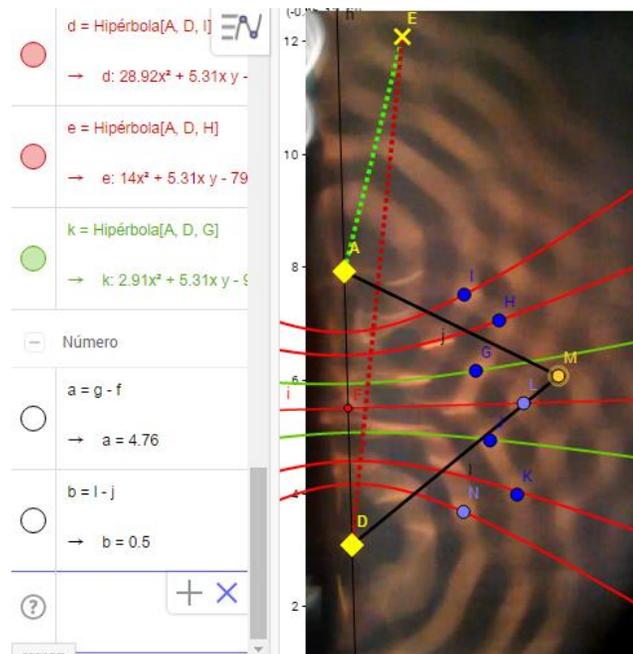


Figura 6. Punto “M” arbitrario (que en la imagen está de color amarillo) y los dos segmentos (de color negro) contruidos desde los puntos de fuente hasta el punto arbitrario “M”. La diferencia o resta de los segmentos $l - j$ me indica en la vista algebraica que es de 0.5 unidades.

21. Haciendo clic derecho sobre el segmento j damos clic en borrar, repetimos el paso anterior con el segmento l . Posteriormente trazamos una hipérbola haciendo clic en el comando que lleva el mismo nombre, y luego hacemos clic en los puntos de fuente A y D, por último hacemos clic en el punto “M”. (Véase figura 7).

22. Repetir los pasos 14, 15 y 16 para trazar las demás hipérbolas. Para la segunda hipérbola (ubicada al lado de la hipérbola de color verde) se arrastra el punto arbitrario hasta llegar a una diferencia de segmentos con un valor de 1,5. Para la tercera hipérbola se arrastra el punto arbitrario hasta llegar a una diferencia de segmentos con un valor de 2,5. Para la cuarta hipérbola se realiza el mismo proceso para llegar a una diferencia de segmentos con un valor de 3,5. Y así sucesivamente si existieran más **curvas antinodales** en la fotografía del patrón de interferencia.

