

**LAS CUERDAS COMO INSTRUMENTO PARA ANUDAR CONCEPTOS
FÍSICOS**

TENSIÓN, ELASTICIDAD, TORSIÓN Y VIBRACIONES

(Trabajo de grado)

Presentado por:

Harol Stif Cortés Villamil

Asesor:

Marina Garzón Barrios

Línea de Profundización

Enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física

Bogotá, 2015.

Dedicatoria

A la vida, con la que se juega a diario por el hecho de estar vivo.

A Ana Lucia Villamil Tiempos y a José Manuel Cortes Pineda que me otorgaron la vida, que me han acompañado a lo largo de este recorrido, en los que encuentro un apoyo para levantarme cuando caigo, una compañía aunque no la requiera y a pesar de los inconvenientes están hay siempre.

A mis hermanos July Andrea Cortes Villamil y José Manuel Cortes Villamil.

A los compañeros, los que están y los que se fueron sea cual fuere el motivo.

A los que viven y a los que dejaron de hacerlo.

A los que les gusta soñar la vida y hacen de la imaginación su forma de vida.

Agradecimientos

En primera medida agradezco a mis padres Ana Lucia Villamil Tiempos y José Manuel Cortes Pineda y como tal a mi familia por acompañarme en cada uno de los pasos que he dado a lo largo de este camino, para ellos mis eternos agradecimientos.

Un especial agradecimiento a mi asesora Marina Garzón por su atención, su dedicación, su paciencia y por sus muy atinados aportes, esenciales a la hora de construir este trabajo. El tiempo y su forma de ser han generado en mi una profunda admiración y respeto hacia su persona.

Un agradecimiento a la Universidad Pedagógica Nacional por permitirme espacios en los cuales crecer desde mi formación como docente y como persona.

Quiero agradecer a los compañeros José Luis Cárdenas (Chepe), Edward Meza, Sara Bermúdez, Sandra Rosero, Jessica Sánchez, Alexander Moreno, Fernando Moreno (Rino), Vanesa Rodríguez, Harol Quiñones, Camilo Verano, Luis Miguel Macías y Sergio Torres, aunque no son los únicos y sé que se me han quedado otros por nombrar, asimismo a los compañeros que se alejaron pero que todavía se mantienen presentes, por brindarme su amistad, por permitirme compartir y crecer a su lado.

RESUMEN ANALITICO EN EDUCACIÓN - RAE

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Titulo del documento	Las cuerdas como instrumento para anudar conceptos Físicos. Tensión, elasticidad, torsión y vibraciones
Autor(es)	Cortes Villamil, Harol Stif
Director	Garzón Barrios, Marina
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional. 2015, 70 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	ENSEÑANZA DE LA FÍSICA, RESILIENCIA, TENSIÓN, ESFUERZO, DEFORMACIÓN, ELASTICIDAD, TOERSIÓN, CARACTERÍSTICAS, TEJIDO, POLIMEROS.

2. Descripción
<p>La propuesta <i>Las cuerdas como instrumento para anudar conceptos Físicos. Tensión, Elasticidad, Vibraciones y Torsión</i>, nace de la necesidad de plantear una opción pedagógica alternativa con la cual hacer un aporte a comunidades en condiciones de vulnerabilidad, en donde el estudiante se forme nuevos conocimientos y se reconozca como ser social.</p> <p>Esta propuesta intenta que los diferentes obstáculos para la enseñanza a estas poblaciones se puedan disminuir haciendo que el estudiante establezca un acercamiento con sus iguales, sostenga un reconocimiento de sí mismo, se permita un dialogo abierto a la reflexión y la generación de experiencias en su forma de ver el mundo, la aceptación tanto de su propia persona como la de los demás sujetos son los que interactúa en la cotidianidad.</p> <p>Desde la hipótesis que ampliar el mundo de experiencias del sujeto a partir del uso de materiales familiares para él, puede producir un interés o curiosidad, se aprovechara para plantear preguntas dirigidas hacia el estudio de la Física y las características que allí comienzan a aparecer.</p>

3. Fuentes

Ávila León, L. C. (1996). *Vibración en cuerdas (Proyecto de grado)*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional. Facultad de Ciencia y Tecnología. Departamento de Física.

Coulomb, M. (1784) *Recherches Théoriques E Expérimentales*. L'Académie Royale.

Couso, D. B. –B. (2005). *Unidades didácticas en ciencias y matemáticas*. Bogotá: Magisterio.

Domínguez, A. I. (1997). *Análisis Estructural*. México, D. F: Instituto Politécnico Nacional. Dirección de Publicaciones y Materiales Educativos.

García – Vesga, M. C. (2013). *Desarrollo Teórico de la Resiliencia y su Aplicación en Situaciones Adversas: Una Revisión Analítica*. Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud.

Hermann, F. T. (2003). *Der Karlsruher Physikkurs. Energía, Cantidad de datos, Cantidad de movimiento, Entropía, Campos*. Alemania, Traducción en Santiago de Chile: Universidad de Karlsruher.

Hooke, R. (1678). *Lectures Des Potentia Restitutiva or of Spring Explaining the Power of Springing Bodies*. Londres: Royal Society.

J. Carlos Castillo, M. M. (2012). *El Tensor de Esfuerzos. Un Análisis Epistemológico Desde Una Perspectiva Pedagógica*. Nodos y nudos.

M. Arcá, P. G. (1990). *Enseñar Ciencia cómo empezar: Reflexiones para una educación científica de base*. Barcelona: Paidós. SAICF.

4. Contenidos

En el primer capítulo se toma *la tensión* sobre una cuerda como punto de partida para indagar acerca de cómo responde la cuerda cuando se encuentra tensionada, las diferentes variables que afectan a la cuerda permitiendo que se tense más o menos en comparación de unas cuerdas con otras. Asimismo se plantea una relación entre la tensión y el esfuerzo que puede generar la cuerda en su búsqueda por equilibrar el sistema.

Luego, se muestran las actividades propuestas en las que las cuerdas aparecen actuando bajo una tensión dada. Se somete a la cuerda a diferentes fuerzas y se observa su comportamiento en búsqueda de caracterizar a la cuerda desde su estructura, sus componentes, las dimensiones que ocupa y esto como afecta los esfuerzos que cada una de las cuerdas debe generar.

En el capítulo dos se indaga acerca de *la elasticidad*, de las características elásticas de las cuerdas, de cómo la composición de la cuerda afecta la elasticidad de la misma, asimismo, se identifica *la deformación* de la cuerda respecto a las fuerzas externas y de lo anterior como actúa la tensión de la cuerda, la elasticidad en relación con la deformación y los esfuerzos que se producen en la cuerda.

Para el capítulo dos se proponen actividades en las que se evidencia la elasticidad de las cuerdas, también se muestra como se limita la fuerza que puede comunicar la cuerda, la deformación de las cuerdas sometidas a fuerzas similares.

Los comportamientos *vibratorios* sobre las cuerdas se observan en el capítulo tres, a partir de lo observado en los capítulos anteriores se puede facilitar un acercamiento a la idea de pulso y frecuencia, como puede variar la frecuencia respecto a las cuerdas con las que se hace la experiencia, se plantea la vibración como la propagación de un movimiento que usa a la cuerda como medio.

La Torsión en una cuerda en el capítulo cuatro presenta un diálogo respecto a la fuerza de torsión que aparece en función de la magnitud del ángulo que se ha girado la cuerda. De la misma forma, se presenta una relación entre los tiempos de oscilación, las longitudes de las diferentes cuerdas u los grados que se gira un punto de referencia.

5. Metodología

La propuesta se enfoca en permitir un espacio en el que el estudiante puede interactuar con otras personas, tanto con los estudiantes como con los profesores, promoviendo a partir del trabajo también el cooperativismo y la colectividad entre los diferentes sujetos, primordiales para la formación de comunidad, se toma como punto de partida actividades diseñadas para hablar alrededor de los conceptos tensión, elasticidad, vibraciones y torsión, que pueden ser definidos en relación con las diferentes respuestas de las cuerdas a estímulos externos y que se abordan

en los diferentes capítulos.

Se proponen actividades que sirvan de *aparato resiliente* que permita a los jóvenes del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (I.C.B.F) reconocerse como sujetos sociales con la posibilidad de construir una *argumentación* respecto a diferentes características del mundo físico, a aumentar la autoestima de los estudiantes por medio de *procesos de aprendizaje individuales y colectivos*, que de alguna manera se considera que pueden servirle al sujeto para enfrentarse a esos diferentes momentos de adversidad, para lograr esto se ve la necesidad de fortalecer los lazos e interacciones sociales, así como las diferentes habilidades comunicativas que hacen parte de relacionarse con la comunidad.

6. Conclusiones

Las cuerdas son un medio, pero ¿Qué clase de medio?, para responder a esta pregunta y de acuerdo con F. Hermann (Herman, 2003.pág 42) en su trabajo *Der Karlsruher Physikkurs, energía, cantidad de datos, cantidad de movimiento, entropía, campos* “*las cuerdas conducen el momentum únicamente en un solo sentido*”, entonces, las cuerdas se convierten en un medio conductor de momentum, sin embargo, dada la rigidez de las mismas, solo fluye momentum por la cuerda cuando se tensiona y no cuando se genera presión en ella. Esta parte conduce a pensar en la tensión como la fuerza o flujo de momentum que según Hermann “*aun hoyen día se utiliza ampliamente el nombre de fuerza para la magnitud de F; en el fondo es más común que el nombre de flujo de momentum. Es necesario, por lo tanto, que nos acostumbremos a su uso*”. Así mismo este momentum se encuentra relacionado con la tensión y las características elásticas de las cuerdas.

La cuerda es pensada como un medio de propagación de acciones que ligadas a la tensión, el volumen de la cuerda o las posibles deformaciones que pueda sufrir, de la misma forma respecto a las fuerzas aplicadas al sistema. Las cuerdas son un medio que se configura respecto a los diferentes materiales que conforman a la cuerda, lo que puede hacer variar su elasticidad, volumen, flexibilidad.

Se observo que los estudiantes mostraron interés al interactuar con las cuerdas en el transcurso de las actividades, de lo que se puede observar que los estudiantes se guían en el trabajo experimental. Al acercar a los estudiantes a las diferentes cuerdas, ellos clasifican las diferentes cuerdas según su material, tamaño y las características que cada una de ellas tiene, como su elasticidad, su color, su rigidez, su grosor, entre otros, la densidad proporcionada por el material de cada cuerda, etc.

Los conceptos aunque en la discusión parecen claros, en la argumentación en algunos momentos no se observa coherencia con lo desarrollado en la sesión, lo que permite replantearse las actividades.

Elaborado por:	Harol Stif Cortes Villamil
Revisado por:	Marina Garzón Barrios

Fecha de elaboración del Resumen:	24	06	2015
--	----	----	------

Tabla de contenido

Introducción	11
1. Resiliencia – Vulnerabilidad y Educación Escolar.....	13
2. Pregunta principal.....	15
3. Objetivos del trabajo.....	15
4. La propuesta de aula.....	15
4.1 ¿Por qué trabajar con cuerdas?.....	15
4.2 ¿Qué tipo de estrategias desarrollar? Antecedentes.....	16
4.3 Para tener en cuenta.....	20
CAPITULO I. Empujando con Cuerdas. Tensión y Esfuerzo	21
1.1 Introducción.....	21
1.2 La tensión no es una fuerza.....	22
1.3 El efecto dual de la tensión.....	24
1.4 La tensión y la cantidad de movimiento.....	24
1.5 Relación tensión y esfuerzo.....	25
1.6 Reflexiones generales acerca del capítulo I.....	27
1.7 Actividad sobre tensión:.....	28
1.7.1. Reventar una cuerda.....	28
1.7.2. Tirar de una cuerda.....	29
1.7.3. Tensión en cuerdas amarradas.....	31
1.7.4. Empujar con cuerdas.....	32
CAPITULO II. Deformar Una Cuerda	34

2.1	Introducción	34
2.2	Una cualidad de las cuerdas.	34
2.3	La deformación y El módulo de elasticidad.....	36
2.4	Reflexiones generales acerca del capítulo II.....	36
2.5	Actividad acerca de la elasticidad de las cuerdas.....	37
2.5.1	Actividad con cuerdas elásticas.	37
2.5.2	Deformando cuerdas.	39
2.5.3	Estirar cuerdas.....	39
2.5.4	Cuerdas deformadas.....	40
2.5.5	Comportamiento elástico de una cuerda.	41
CAPITULO III Cuerdas Vibrantes		42
3.1	Introducción	42
3.2	Cuerdas, pulsos y frecuencias.....	43
3.3	Propagación o Transmisión del movimiento.	44
3.4	Reflexiones generales acerca del capítulo III.....	47
3.5	actividades con cuerdas vibrantes	48
3.5.1	Pulsos y vibraciones.....	48
3.5.2	Un pulso en la cuerda.....	49
3.5.3	Ejercicio con cuerdas en movimiento.	50
3.5.4	Un Teléfono y cuerdas.	50
CAPITULO IV. Torcer Una Cuerda. Fuerza de Torsión.....		53
4.1	Introducción.....	53
4.2	Torsión y oscilaciones.....	53
4.3	Torciendo cuerdas.....	55

4.4 Reflexiones generales acerca del capítulo VI.	58
4.5 Actividades con cuerdas torcidas.	60
4.5.1 Un ejercicio torciendo una cuerda.	60
4.5.2 Torcer un hilo y otro hilo.	61
4.5.3. Torciendo un hilo con una brújula.	62
CAPITULO V. Consideraciones Finales: Por qué la cuerda permite la propagación de estas acciones	63
Reflexiones generales sobre los resultados de la implementación.	65
Conclusiones.	67

Introducción

La propuesta *Las Cuerdas como Instrumento para Anudar Conceptos Físicos. Tensión, Elasticidad, Vibraciones y Torsión*, nace de la búsqueda de plantear una opción pedagógica alternativa con la cual hacer un aporte a comunidades en condiciones de vulnerabilidad, en donde se promueva en el estudiante nuevos conocimientos y se reconozca como ser social.

La población que inspiró esta propuesta son jóvenes que hacen parte de la institución del Instituto Colombiano Del Bienestar Familiar (I.C.B.F) del Orden de los Clérigos Regulares Somascos, Centro San Jerónimo Miliani de Bogotá. En esta institución se declara a la población estudiantil como población *irregular*, esto se refiere a que en los diferentes cursos no se maneja la edad promedio de cada curso como en otras instituciones, sino que se manejan diferentes edades hasta los dieciocho años.

Los jóvenes provienen de diferentes contextos problemáticos, han sufrido de problemas de abandono, violencia intrafamiliar, indigencia, desplazamiento, entre otros; la intencionalidad pedagógica con esta población está dirigida a posibilitar un apoyo a los sujetos más susceptibles para sobrepasar la adversidad o evitar recaer permanentemente en el mismo conflicto, de igual manera, busca permitir a la población que actúa en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la mecánica acercarse a un espacio de conocimiento interactivo, que permite construir otros espacios para la generación de conocimiento, revalorarse aspectos culturales a partir de acciones colectivas, etc.

La enseñanza es una acción muy amplia, la misma sociedad está regida bajo una lógica construida a partir de la difusión de conocimiento que en un momento fue muy restringido, y que por la misma ampliación de conceptos la divulgación se ha ido haciendo cada vez más flexible. Es la construcción de conocimiento la que permite que el sujeto se cuestione, igualmente, se encuentra una relación intrínseca con la transmisión de conocimiento, así que se debe reflexionar acerca de los saberes que se divulgan, pensar como se divulgan, a quien están dirigidos, la coherencia de los conceptos que se imparten.

La enseñanza es un trabajo en grupo, es una actividad conjunta en la que todos los que actúan deben enfocar toda su atención alrededor de las dinámicas que se proponen, así como dedicar el mayor tiempo posible a las actividades que se empleen para este fin. Las influencias culturales, sus rituales, los espacios en los que se desarrolla la persona, la demografía, también son un factor determinante para la enseñanza y la formación del estudiante. Lo que se encuentra muy relacionado con las facilidades económicas y el trato que lleve el sujeto con las diferentes personas que conforman su núcleo familiar. Por esto mismo el docente que se encuentre inmerso en el proceso de enseñanza no debe perder de vista a la sociedad que lo rodea y los continuos cambios del entorno junto con los diferentes contextos socioculturales que se desenvuelven.

Estos procesos se tornan aun más complejos cuando la población con la que se trabaja proviene de un contexto difícil, –el contexto hace referencia a los espacios y las diferentes clases de violencia en la que se han desenvuelto estos estudiantes-, provienen de un entorno en el que han evidenciado un sin número de experiencias negativas, algunas mas traumáticas que otras pero igualmente significativas; muchos estudiantes en estos contextos tienen tendencia a actuar violentamente ya sea contra otras personas o bien contra ellos mismos, lo que se puede convertir en un obstáculo para la ruta que se desee tomar en búsqueda de generar un proceso de enseñanza aprendizaje, más aun, estos espacios dan pie para re pensar las propuestas pedagógicas y reformular nuevas temáticas dirigidas a poblaciones con características muy similares, sin olvidar claro, a la población en general.

La experiencia de la práctica docente ha permitido un acercamiento a poblaciones que provienen de diferentes contextos sociales que han sido particularmente violentos. Me ha permitido pensar que la enseñanza no puede estar desligada de los contextos sociales, de los espacios y de la población para las cuales se proponen y desenvuelven los procesos de enseñanza-aprendizaje.

A la hora de trabajar con población en condición de vulnerabilidad es necesario buscar instrumentos para fortalecer la capacidad de afrontar situaciones difíciles del entorno sociocultural. A este tipo de instrumentos se les da el nombre de *Resilientes* a causa de sus características reconstructivas, que aparecen como un refugio para esta población desde el cual se construye otra visión y nuevos conceptos del mundo en búsqueda de una mejora para las condiciones humanas.

Esta propuesta intenta que esos obstáculos del que se ha hablado anteriormente disminuyan haciendo que el estudiante establezca un acercamiento con sus iguales, sostenga un reconocimiento de sí mismo, se permita un diálogo abierto a la reflexión y la generación de experiencias en su forma de ver el mundo, estos aspectos permitirán una reformulación de las hipótesis que describen el entorno del estudiante, la aceptación tanto de su propia persona como la de los demás sujetos con los que interactúa en la cotidianidad.

1. Resiliencia – Vulnerabilidad y Educación Escolar.

La Resiliencia se ha definido como la capacidad que poseen los niños y niñas para afrontar situaciones adversas. Para algunos académicos la Resiliencia intenta entender cómo los niños y niñas, los sujetos adolescentes y las personas adultas son capaces de sobrevivir y superar adversidades a pesar de vivir en condiciones de pobreza, violencia intrafamiliar, o a pesar de las consecuencias de una catástrofe, entre otras. De acuerdo a Luthar (García-Vesga, 2013), la Resiliencia intenta promover procesos que ayuden al individuo y su ambiente social a superar o evitar situaciones donde exista el riesgo de caer en la delincuencia, la extorsión, o alguna otra forma de Resiliencia negativa -La Resiliencia negativa se refiere a que el sujeto que se ha desarrollado en un contexto violento puede llegar a familiarizarse de tal manera con su entorno, que puede haber encontrado una forma de sobrepasar la adversidad que lo envuelve por medio de la violencia, construir un mundo basado en visiones que aunque para él están bien, son erróneas y pueden afectar de manera directa a los demás sujetos-, el sujeto que se comporta resiliente busca formarse unas mejores condiciones de vida, está en búsqueda de sobrepasar la adversidad.

De igual manera, existe una amplia gama de autores que hablan al respecto, escritos relacionados con los diferentes espacios en conflicto por el que se ve afligida la sociedad en su proceso de crecimiento, para la humanidad la violencia es algo cultural e histórico que varía con las nuevas sociedades o grupos sociales emergentes, tan solo en Colombia la literatura que viene surgiendo relacionada a las diferentes problemáticas de violencia social y los efectos de esta violencia en las poblaciones es cada vez más numerosa.

Se sugiere acercarse al sujeto resiliente al conocimiento, a reflexionar en relación con lo que se está evidenciando, pensar en torno a la interacción con la demás gente y con el medio ambiente que lo rodea, asociar este conocimiento desde un objeto de estudio en este caso las acciones

sobre *las cuerdas*. En síntesis, la propuesta se enfoca en permitir un espacio en el que el estudiante puede interactuar con otras personas, tanto con los estudiantes como con los profesores, promoviendo a partir del trabajo también el cooperativismo y la colectividad entre los diferentes sujetos, primordiales para la formación de comunidad, se toma como punto de partida actividades diseñadas para hablar alrededor de los conceptos tensión , elasticidad, vibraciones y torsión, que pueden ser definidos en relación a las diferentes respuestas de las cuerdas a estímulos externos y que se abordan en los diferentes capítulos.

De ahí, que esta propuesta esté dirigida a que el estudiante se forme como persona, como el sujeto que hace parte de ese universo que se busca estudiar, que las actividades permitan que los estudiantes se relacionen con su entorno, tanto con el medio en el que se desenvuelve como con la población que actúa también en esos medios. Lo anterior pretende desarrollarse mediante las actividades que como maestro en formación en física puedo proporcionar en aras de direccionar al estudiante hacia un enfoque en el conocimiento de sí mismo y de su entorno, dándole la posibilidad de reflexionar sobre algunos aspectos del mundo físico; por lo que el crecimiento no debe ser solo disciplinar, también es necesario que allá un crecimiento como persona.

Se proponen actividades que sirvan de aparato resiliente que permitan a los jóvenes del I.C.B.F. reconocerse como sujetos sociales con la posibilidad de construir una *argumentación* respecto a diferentes características del mundo físico, a aumentar la autoestima de los estudiantes por medio *procesos de aprendizaje individuales y colectivos*, que de alguna manera se considera que pueden servirle al sujeto para enfrentarse a esos diferentes momentos de adversidad, para lograr esto se ve la necesidad de fortalecer los lazos e interacciones sociales, así como las diferentes habilidades comunicativas que hacen parte de relacionarse con la comunidad.

Desde la hipótesis que ampliar el mundo de experiencias del sujeto a partir del uso de materiales familiares para él, puede producir un interés o curiosidad, se aprovechará para plantear preguntas dirigidas hacia el estudio de la Física y las características que allí comienzan a aparecer.

Se busca que los estudiantes puedan expresar sus ideas, esto puede hacerse a partir de su grado de oralidad, ya sean esquemas, dibujos o cualquier otra representación, con las que se busca llegar a una construcción de conocimiento coherente, pertinente y lógico, para lo que se va a

trabajar a partir de la construcción de representaciones ya sea visuales, orales o escritas –las representaciones escritas no necesariamente deben ser párrafos extensos, pueden ser oraciones, fragmentos, etc.-. De acuerdo con M. Arcà-P. Guidoni-P. Mazzoli (M. Arcà, 1990).

2. Pregunta principal.

En relación con lo que se ha expuesto anteriormente, la pregunta que guía este trabajo es la siguiente: *¿qué estrategias usar para enseñar Física a comunidades en condiciones de vulnerabilidad?*

3. Objetivos del trabajo.

El objetivo general del trabajo es utilizar a las cuerdas como instrumento propiciador para indagar diferentes magnitudes físicas como tensión, elasticidad, torsión que permita desarrollar una propuesta de aula dirigida a población en general enfocado en poblaciones provenientes de contextos adversos o violentos.

Los objetivos específicos son: en primera instancia, identificar diferentes comportamientos físicos que las cuerdas permitan describir o caracterizar, para luego describir a las cuerdas como instrumento de organización de las ideas que se abordan a lo largo este escrito.

4. La propuesta de aula.

4.1 ¿Por qué trabajar con cuerdas?

Puesto que las cuerdas aparecen en diferentes campos de la Física de forma particular, este escrito se enfoca principalmente en nociones de la mecánica clásica como son las tensiones, las deformaciones, las oscilaciones o las torsiones, se considera -desde la perspectiva del autor- a la cuerda como un instrumento eficaz para concebir diferentes aspectos del mundo físico.

Para despertar el interés de la comunidad por el estudio de la Física es útil tener en cuenta como en la enseñanza de la física se hacen funcionales los objetos que tenemos a la mano, que se presentan en nuestro entorno cotidiano en que estamos inmersos y nos movemos a diario. El uso de un objeto que es familiar para el estudiante -como las cuerdas- posibilita un acercamiento a

cuestionamientos relacionados con los diferentes comportamientos físicos que pueda tener el elemento y a su vez, da pie para pensarse comportamientos similares desde cualquier otro objeto.

Se recopila entonces, una cantidad de características de las cuerdas para formar una construcción teórica desde la cual sostenerse para construir un puente que permita al estudiante acercarse a lo que acontece, de forma activa y participativa. Las cuerdas aparecen como un instrumento para relacionar términos e ideas o imágenes mentales, que al estudiar Física adquiere una importancia significativa. Las cuerdas permiten también, iniciar una conversación, que a su vez, facilita a la comunidad acercarse a conceptos y construir un conocimiento. Un acercamiento por medio del diálogo con la comunidad para pensar en el universo de la física, desde un objeto en común “*las cuerdas*”.

Alrededor de las propiedades o características de las cuerdas es posible organizar y estudiar diferentes comportamientos físicos. A partir de los primeros estudios que aparecen en la Física respecto a las acciones mecánicas de los cuerpos, se puede recalcar el uso de cuerdas con respecto al tema que se aborde, lo que posibilita percibir toda una cantidad de ideas que las envuelven y las propiedades o características asignadas a las cuerdas que así mismo cambian con respecto al tema en particular que se está trabajando de Física y este a su vez, con respecto al contexto histórico en el que se desarrollan, por lo que se considera observar a las cuerdas a partir de las diferentes perspectivas de la Física, estas perspectivas se toman desde los diferentes documentos que se muestran en la bibliografía, escritos separados cronológica y culturalmente que muestran diferentes estudios relacionados en los diferentes capítulos de este escrito.

4.2 ¿Qué tipo de estrategias desarrollar? Antecedentes.

De acuerdo con Ávila, en su tesis *Vibración en cuerdas*. (Ávila León, 1996, pág. 2) “*con conceptos básicos, y poder experimental y teóricamente llegar a entender el comportamiento de una cuerda en vibración...tiene por propósito facilitar el aprendizaje del tema relacionado con vibraciones en cuerdas*”. “*los conceptos son potentes instrumentos de conocimiento y que no solo facilitan a quien los posee a predicar de ciertos objetos o hechos singulares*”. Al respecto, las actividades que se propongan desempeñan un papel importante, ya que no solo saca al estudiante de ese letargo en el que se puede convertir una clase, sino que le permite debatir con los demás compañeros y generar nuevas ideas o cuestionamientos, desde Ávila “*pretende, pues*

inducir al niño a que jugando relacione conceptos como: estirado, tirante, fuerte, lento, más rápido, más duro, etc., con variables físicas como: tensión, y longitud que están íntimamente relacionadas con frecuencia y tono y de qué manera varían una con respecto a la otra”.

Esto permite pensar que las actividades con cuerdas son una herramienta muy útil para los sujetos, en su formación intelectual y humana, en el fortalecimiento de los lazos sociales y otras habilidades que hacen parte de relacionarse con la comunidad, además de buscar enriquecer el campo de experiencias del estudiante con el uso de materiales familiares para él.

Se considera que el uso de instrumentos como las cuerdas permite al estudiante que por medio de actividades se acerque a su entorno, lo conciba y reflexione acerca de cómo funciona. El trabajo con la población desde una formación introspectiva, la relación de la persona con el entorno y la población de lo rodea son base para acercar al estudiante al estudio de las ciencias por lo que no se ve apropiado que se encuentren desligadas. Los diferentes trabajos encontrados muestran a las cuerdas desde un estudio de diferentes fenómenos físicos. De acuerdo con lo anterior Ochoa en su estudio de péndulos, (Ochoa Moya, 2004, pág. 2) dice *“con el ánimo de formar personas que sean capaces de desenvolverse en el nuevo contexto en el cual se halla inmersa la sociedad”.*

Por otra parte, en el trabajo *Educación física a través del juego: Primaria: Materiales no convencionales: Propuesta de juegos con: Globos, cuerdas, papeles, embases y saquitos*, para Montes & Ruiz (García Montes, 2001, pág. 14) (...) *“el juego es ocupación de libre elección que se desarrolla dentro de unos límites de espacio y tiempo, según reglas de obligado cumplimiento y aceptadas voluntariamente y que tiene su origen en la propia cultura de los pueblos”.*

Debe ser claro que las actividades no deben confundirse con la idea de juegos, ya que el concepto juego puede conducir a un discurso más belicoso, es decir, a la hora de jerarquizar a los participantes premiándolos o por el contrario castigándolos -por ejemplo-, lo que no es pertinente para los propósitos de la investigación. Las actividades buscan llevar a los estudiantes a la Física que en ellas se representa, permitiéndoles también reflexionar y pensarse por un instante el mundo desde un punto de vista físico.

A la hora de pensar en las cuerdas como eje principal de las actividades que se llevan al aula, se encuentra una gran diversidad de cuerdas; de lo que en *Educación física a través del juego: Primaria: Materiales no convencionales: Propuesta de juegos con: Globos, cuerdas, papeles, embases y saquitos*, en el capítulo tres de cuerdas Quesada (García Montes, 2001, pág. 71) afirma “*Intentar describir las cuerdas es sencillo y complicado al mismo tiempo, pues si bien todos sabemos a qué nos referimos, sí tendríamos que especificar exactamente el tipo de cuerda a la que nos estamos refiriendo, pues, como veremos más adelante, podrá determinar las características de la actividad que realicemos*”, lo cual, genera la necesidad de identificar las cuerdas según los intereses y objetivos de cada actividad, por sus características físicas, sus cualidades, el tipo de cuerda, etc.

De igual manera, acorde con Quesada (García Montes, 2001, pág. 77) cuando dice “*Cuerdas deberíamos ofrecerles como elemento cotidiano, aunque no pensemos o no se nos ocurra a nosotros o vosotros unas actividades concretas. En nuestra clase debemos poner a su disposición este material y dejarles que jueguen: es el primer paso, y deberíamos estar pendientes de sus necesidades, de sus deseos, de ayudarles a realizarlos, a que “encuentren” a los otros, a que puedan expresarse..., también por medio de una cuerda*”, ya que también, de esta manera, se puede promover al estudiante a hacerse preguntas, que busque dar respuestas a las diferentes situaciones y fenómenos que pueda encontrar al tener un acercamiento por su propia cuenta con las cuerdas, que socialice y acuerde teorías con los demás compañeros; así mismo, llegar a los fenómenos a partir de los gustos e intereses de los estudiantes.

En síntesis, se busca una propuesta didáctica, que permita llevar a cabo los objetivos del proyecto, que se adapte de la manera más favorable a los diferentes contextos de la escuela, en relación con lo expuesto, D. Cuso, E. Badillo, G. Perafan y A. Adúriz-Bravo, en su trabajo *unidades didácticas en ciencias y matemáticas* (Couso, 2005, pág. 15) afirman (...) “*una propuesta didáctica no puede, por tanto, considerarse de valides universal: cada diseño debe valorarse en función de los objetivos que se persigan y del contexto concreto (para que alumnos, para que docente, para que interacción profesor-alumnos, para que contenidos, para que barrio, para que escuela, etc.)*”, por lo que respalda la propuesta de hacer un trabajo, que de manera general adquiera amplitud hacia los diferentes contextos, el cual también se pueda modificar y adaptar a los diferentes espacios.

En el primer capítulo se toma *la tensión* sobre una cuerda como punto de partida para indagar acerca de cómo responde la cuerda cuando se encuentra tensionada, las diferentes variables que afectan a la cuerda permitiendo que se tense más o menos en comparación de unas cuerdas con otras. Asimismo se plantea una relación entre la tensión y el esfuerzo que puede generar la cuerda en su búsqueda por equilibrar el sistema.

Luego, se muestran actividades propuestas en las que las cuerdas aparecen actuando bajo una tensión dada. Se somete la cuerda a diferentes fuerzas y se observa su comportamiento en búsqueda de caracterizar a la cuerda desde su estructura, sus componentes, las dimensiones que ocupa y esto como afecta los esfuerzos que cada una de las cuerdas debe generar.

En el capítulo dos se indaga acerca de *la elasticidad*, de las características elásticas de las cuerdas, de cómo la composición de la cuerda afecta la elasticidad de la misma, asimismo, se identifica la deformación de la cuerda respecto a las fuerzas externas y de lo anterior cómo actúa la tensión de la cuerda, y la elasticidad en relación a la deformación y a los esfuerzos que se producen en la cuerda.

Para el capítulo dos se proponen actividades en las que se evidencia la elasticidad de las cuerdas, también se muestra cómo se limita la fuerza que puede comunicar la cuerda, la deformación de las diferentes cuerdas sometidas a fuerzas similares.

Los comportamientos *vibratorios* sobre las cuerdas se observan en el capítulo tres, a partir de lo observado en los capítulos anteriores se puede facilitar un acercamiento a la idea de pulso y frecuencia, cómo puede variar la frecuencia respecto a las cuerdas con las que se hace la experiencia, se plantea la vibración como la propagación de un movimiento que usa a la cuerda como medio.

La torsión en una cuerda en el capítulo cuatro presenta un diálogo respecto a la fuerza de torsión que aparecen en función de la magnitud del ángulo que se ha girado la cuerda. De la misma forma, se presenta una relación entre los tiempos de oscilación, las longitudes de las diferentes cuerdas y los grados que se gira un punto de referencia.

4.3 Para tener en cuenta.

Ya que en las actividades se hace un ejercicio locomotor, en el que van a interactuar los estudiantes, es necesario reflexionar con ellos, que son los actores principales de las actividades; respecto a los riesgos de una mala caída o cualquier accidente que se pueda presentar. Los estudiantes deben saber que en cualquier momento se está propenso a un accidente, para que al momento de llevar a cabo las actividades se hagan con los cuidados necesarios.

Es de recalcar en los estudiantes las responsabilidades que se deben tener con el uso de instrumentos (tijeras, punzones, agujas, etc.) que podamos encontrar a la hora de la construcción de algún aparato, ya que esto pueden causar daños bajo un uso indebido de los instrumentos y fácilmente se puede presentar un percance del que el autor de este trabajo no se hará responsable.

CAPITULO I. Empujando con Cuerdas. Tensión y Esfuerzo

1.1 Introducción.

Se observa que cuando se estudia la tensión se desprecia la cuerda, ya sea su masa u otra característica, en textos de Física general como la Física de Resnick, Halliday y Krane, la Física de Giancoli, entre otros, por ejemplo: *“hacemos algunas hipótesis que simplifican el problema a costa de alguna realidad física.”* (...) *“suponemos también que la cuerda carece de masa (no se requiere una fuerza para acelerar las cuerdas) y son inextensibles (no se estiran, de modo que los objetos en movimiento lineal unidos por cuerdas tirantes tienen las mismas velocidades y aceleraciones).”* (Robert Resnick, pág. 100) O *“si la cuerda tiene masa despreciable, la fuerza ejercida en un extremo se transmite sin merma hacia cada partes de la cuerda y a todo lo largo de ella hasta el otro extremo”* (Giancoli, pág. 86).

Luego, se recalca un punto importante para reflexionar, dado que habla del título del capítulo, dice Giancoli *“Note que las cuerdas flexibles y los cordeles sólo pueden jalar; no pueden empujar por que se doblan”*. Este escrito se encuentra enfocado en eso que está pasando con la cuerda, como responde al tirar de ella y hace un análisis de porque se puede llegar a afirmaciones como la de Giancoli acerca de empujar cosas con una cuerda.

La tensión varía con la cuerda que se trabaja y cobra mayor importancia a la hora de ejecutar una experiencia, si pensamos en una situación como la de tensar dos hilos en apariencia iguales, sin embargo uno de los hilos es un hilo de cabello y el otro es un hilo fino de nylon, con una misma fuerza actuando sobre ambos hilos se puede promover a que el hilo del cabello se fracture mientras que el hilo de nylon se mantiene tenso, entonces, aunque los dos hilos se tensionaron un cierto grado, la tensión en el hilo de cabello a sobrepasado la resistencia del hilo generando una fractura y que el hilo se reviente; en el hilo de nylon también se puede dar una fractura, sin embargo, se necesita una mayor tensión para que esto suceda.

De la misma forma en el caso donde una persona que se encuentre escalando a la mitad de un risco o realizando algún experimento en el laboratorio, la cuerda influye en los resultados de cualquier actividad en la que se use. Lo que promueve a que en este capítulo se aborde la idea de

tensión en una cuerda, suponiendo a la tensión como la resultante de someter al elemento cuerda a una fuerza externa, por ejemplo en el caso en que se tira de ambos extremos de la cuerda, esta se somete a una tensión en su interior. Se plantea una similitud entre la tensión y el esfuerzo que se generan en la cuerda, dado que el esfuerzo aparece como el efecto de una fuerza dada en una sección de área, así, la intención de este capítulo es construir actividades que posibiliten pensar la tensión como el esfuerzo que hace la cuerda, al mismo tiempo se plantea la pregunta ¿hasta qué punto se puede identificar el esfuerzo con la tensión?

1.2 La tensión no es una fuerza.

Una misma fuerza no producirá la misma tensión en dos cuerdas que sean diferentes en tamaño o estén compuestas de materiales diferentes, se aborda, entonces, el papel de la cuerda a partir de sus características.

Al pensar en las cuerdas, se ve que es importante de que están hechas las cuerdas, su grosor, su longitud, de cuantas fibras se compone, si es elástica, si es rígida, etc. Por lo tanto se pueden

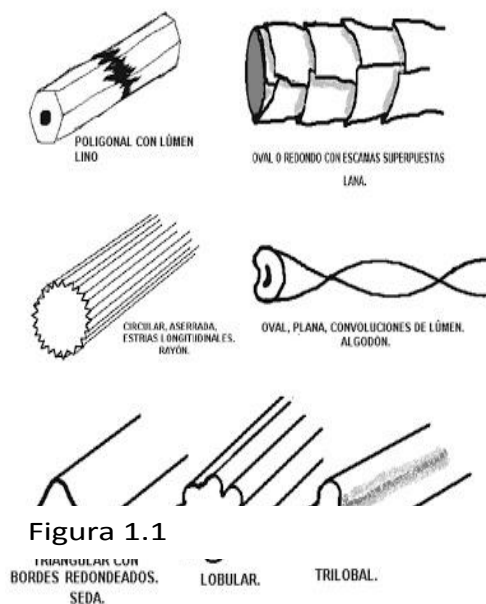


Figura 1.1

describir algunas características de las cuerdas desde su estructura y materiales que la componen, de lo que se recalcan dos maneras de hacer una cuerda, las cuerdas hechas a base de materiales naturales y las hechas a base de materiales sintéticos.

La primera clase de cuerdas a partir de fibras naturales como el algodón, el cáñamo o la lana que se retuercen entre ellas formando el cuerpo de la cuerda, entonces esta cuerda se compone de una cantidad de fibras que se retuercen entre sí y que puede contener pequeñas discontinuidades a lo largo de la cuerda entre fibra y fibra, para pensar en una cuerda natural que sea

constante, sin añadiduras o discontinuidades, al parecer, lo más cercano es la seda que es de los pocos materiales naturales con estas características. La figura 1.1 muestra algunas fibras representada a partir de observaciones con el microscopio.

Otra clase de cuerda es la que se hace a base de polímeros, de esta manera es más fácil encontrar cuerdas que sean lisas y continuas. Las cuerdas de seguridad como la de la Figura 1.2 son un tipo de cuerda artificial. Estas cuerdas constan de dos partes: *el alma* que es la parte interna y no visible de la cuerda, consta de miles de hilos continuos a lo largo de la longitud de la cuerda, el alma representa entre el sesenta y el ochenta por ciento de la resistencia de la cuerda. Por otro lado está *la camisa* que es la parte externa de la cuerda y protege el alma de la cuerda de humedad, polvo, entre otras, también obedeciendo a la clase de cuerda de la camisa puede depender hasta el veinte por ciento de la resistencia de la cuerda.



Figura 1.2

Una cuerda de metal muestra de forma más clara la idea de una cuerda continua, sin espacios o brechas a lo largo de lo que constituye el cuerpo de la cuerda. De acuerdo con Cadavid “*cuando un medio continuo sólido se somete a fuerzas de cuerpo o de superficie, el estado*

de tensiones –que restaura el equilibrio interno- contiene dos componentes: la axial y la tangencial. El de deformación correspondiente involucra así mismo componentes normales y distorsionales (respectivamente)” (R., 2009), así, una fuerza produce que la cuerda cambie su estado, reconfigurando su propia estructura, la cuerda entonces se encontrara tensionada a lo largo de cada parte que la compone, o al menos, cada parte que compone a la cuerda en la sección donde se encuentra tensionada, por lo que se asocia una relación directa entre la tensión T que aparece y la fuerza F con la que se jala de la cuerda, así, a medida que aumenta la fuerza aumentara la tensión en la cuerda.

Si se suspende una masa mediante una cuerda, el peso de la masa afecta la tensión en la cuerda, aunque no significa que la magnitud del peso del cuerpo sea la misma que la magnitud de la tensión que aparece en la cuerda. Igualmente a medida que varía el peso varía también la tensión, a causa de las características de la cuerda, la fuerza aplicada y la tensión que se efectúa no son idénticas.

Se puede concluir que la tensión esta en proporción con la fuerza que está actuando sobre la cuerda y el espacio de la cuerda que se ve afectado. Así, al pensar en la definición de tensión respecto a la geometría que se usa se puede observar: una tensión lineal T_l como la fuerza F que

actúa sobre la longitud l de la cuerda $T_l = \frac{F}{l}$, una tensión de área T_A como la fuerza que actúa sobre una sección de área A transversal a la longitud de la cuerda y una tensión de volumen $T_V = \frac{F}{V}$ para la fuerza actuando en el volumen V de la cuerda. La tensión de volumen en la cuerda muestra a la tensión a partir de la densidad de la cuerda, dado que $V = \frac{m}{\mu}$ con m y μ como la masa y la densidad de la cuerda respectivamente, y una fuerza $F = m \cdot a$ para a como la aceleración del sistema, entonces T_V aparece relacionado directamente a la densidad de la cuerda como $T_V = a \cdot \mu$, por lo tanto, cuando la densidad de la cuerda toma valores muy altos deben haber valores considerablemente grandes de tensión que permita variar el estado de movimiento de la cuerda.

1.3 El efecto dual de la tensión.

La tensión habla del cuerpo que está soportando una fuerza que actúa sobre dos extremos que están separados una cierta distancia. En sus lecciones, el francés M. Lamé (LAMÉ, 1866) muestra a esta tensión como la fuerza que actúa en una cantidad de partes que conforman un medio de propagación, dividiendo al medio en dos secciones, una sección en la que los componentes del medio se comportan de manera repulsiva, mientras que en la otra los componentes tiene un comportamiento atractivo.

Entonces, para Lamé al parecer la tensión tiene un comportamiento dual sobre el medio, generando que una sección se contraiga y otra sección se expanda a causa de las fuerzas externas aplicadas. Lo anterior se evidencia en el momento en que se estira una cuerda lo suficiente mente elástica para permitir observar cómo no solo se estira más que su longitud inicial cuando se encontraba en reposo, sino que también se observa como a causa de la tensión adquirida la cuerda a disminuido su diámetro.

1.4 La tensión y la cantidad de movimiento.

El alemán Frederick Hermann al pensar en la medición de la intensidad de flujo de momentum, sabiendo que el momentum se relaciona con la variación de fuerza aplicada en el tiempo, propone: *“por no existir tensión alguna, no pasa ningún flujo de momentum a través del elástico. Pues bien si lo estiramos hasta que alcance una longitud (...) En este momento, existe,*

evidentemente, un flujo de momentum” (Hermann, 2003). Para Hermann el flujo de momentum parece que también se presenta de forma dual, donde una sección del circuito por el que fluye el momentum se encuentra tensionado, mientras la otra parte del circuito se encuentra comprimido, por lo que esta otra visión parece concordar con el efecto dual que Lamé plantea.

De modo que es fácil pensar que al tensionar una cuerda se transfiere un flujo de momentum en la cuerda que actúa de forma dual, tensionando la cuerda en la dirección de su longitud, mientras que se produce una presión perpendicular a la dirección de la tensión. Se encuentra una relación entre la tensión y el momentum por lo que al tirar de las cuerdas aparece una tensión T que se relaciona de forma inversa tanto al tiempo t de propagación del momentum P , como a la longitud l de la cuerda de la forma $T = \frac{P}{tl}$, al área A de sección de la cuerda $T = \frac{P}{tA}$, o al volumen de la cuerda $T = \frac{P}{tV}$.

Lamé plantea una perspectiva interesante que podría referirse también al respecto del flujo de momentum – no se afirma que Lamé hable del momentum en sí o del flujo del mismo, sino que colabora con una de tantas interpretaciones- cuando piensa en las vibraciones internas del material respecto a las fuerzas externas “...mas cuando el esfuerzo sobre la superficie pone en movimiento algún punto material, la vibración se comunica a las moléculas interiores, el sólido se deforma ligeramente y se constituye bajo otro nuevo estado de equilibrio.” (LAMÉ, pág. 5). Al tomar una sección muy pequeña de la cuerda, se piensa la tensión como el esfuerzo al que se puede someter esa sección de cuerda para contrarrestar las fuerzas externas y es a causa de este esfuerzo que se da un movimiento o un cambio en el estado de movimiento.

1.5 Relación tensión y esfuerzo.

Anteriormente se había denotado a una tensión de área como la fuerza que actúa en una sección de área transversal de la cuerda, por lo que se deben considerar las similitudes que aparecen entre la tensión y el esfuerzo que produce la cuerda al estar tensionada.

El esfuerzo σ que se produce en la cuerda se define como $\sigma = \frac{F}{A}$, donde A no se toma como una sección de área transversal sino como una sección de área muy pequeña que se toma de la cuerda. Este esfuerzo aparece de forma muy similar a la tensión, pero ahora en cada pequeña

fracción del material que compone un objeto continuo como puede ser en este caso la cuerda. Así, se determina como el esfuerzo que aparece en una sección de la cuerda, también se toma como la resistencia de la cuerda, dado que abarca la capacidad de la cuerda a producir esfuerzos ante diferentes niveles de fuerza, cuando estos esfuerzos son sobrepasados por las fuerzas externas se puede generar una fisura en cualquier punto a lo largo de la cuerda, lo que no sería

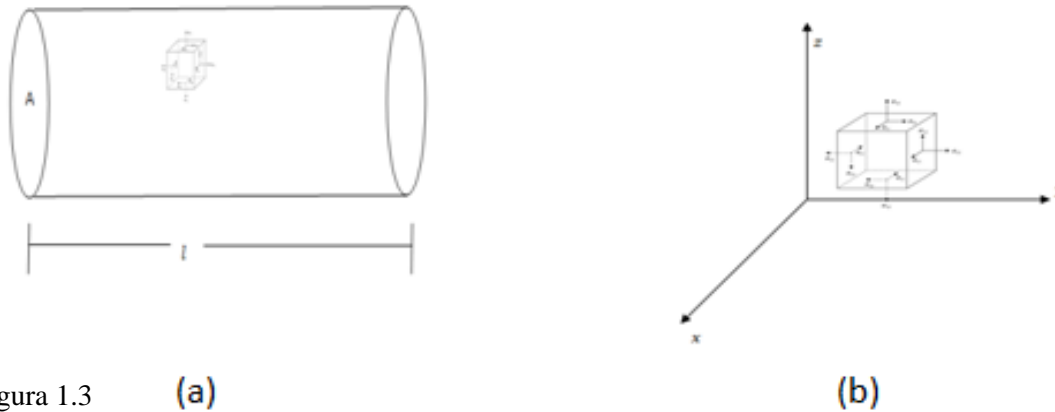


Figura 1.3

(a)

(b)

muy agradable para el ejemplo que se propuso en un principio de un escalador que pende de una cuerda sobre un plano vertical como una peña o un risco. Para el anterior ejemplo no sería muy favorable que el esfuerzo fuera menor a la fuerza. Esta representación de esfuerzo se mantiene estrechamente ligada al volumen y las características de la cuerda.

A partir del estudio de los medios continuos se afirma que el hilo está constituido por un material isotrópico y homogéneo es decir, que es continuo en cada una de las partes que lo conforma. Entonces $\sigma = \frac{F}{A}$ de la misma forma se encuentran a un esfuerzo relacionado a una tensión de área de la cuerda. Se evidencia que para la primera igualdad al hablar de la cuerda no se ve solo desde su longitud, A es el área transversal del hilo, más aun, puede representar una área muy pequeña que hace parte de una sección de cuerda, una convención es idealizar estas zona de esfuerzos como las caras de un cubo de lados iguales para geometrizar los acontecimientos -Figura 1.3 a-. Este esfuerzo al dibujarlo en el plano cartesiano se debe escribir en función de los ejes coordenados, para lo que acorde con la convención Einstein el esfuerzo quedara en término de subíndices como σ_{ij} -Figura 1.3 b- donde i y j habla de los posibles valores de la deformación respecto a los ejes coordenados.

De esta manera, σ_{ij} se puede representar como una matriz de *iesimos* y *jesimos* valores, que hablara de cómo son los esfuerzos en la sección de la cuerda, a la hora de pensar que la tensión y por lo tanto los esfuerzos actúan sobre una cuerda se facilitan los cálculos puesto que actuarían magnitudes de fuerzas únicamente sobre el eje de las x -no se desea afirmar de lo anterior que en los demás ejes coordenados no está sucediendo nada, solo que se hace un primer enfoque en lo que ocurre alrededor de un solo eje coordenado-, de lo que se puede obtener que $\frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial z} = 0$, para un sistema con fuerzas equilibradas.

La tensión y el esfuerzo parecen iguales. En el capítulo se propone a la tensión de área, donde el área se deduce como la sección transversal de la cuerda, mientras tanto, el área del que el esfuerzo se refiere a una sección de la cuerda que puede ser mucho más pequeña y que ocupa un espacio en la cuerda, así, se dirá que esta pequeña sección de cuerda esta tensionada.

Aunque no es intención del capítulo hablar de presiones, si se debe recalcar que al pensar a una tensión, la presión, el esfuerzo y el stress –que traduciéndolo a español significa tensión- también se tornan similares, por lo que se dirá que el esfuerzo habla tanto de la tensión como de la presión, así mismo estos últimos pueden ser similares en magnitud aunque con sentidos opuestos, la tensión se comporta como si los componentes del material se repelieran desde el centro de masa de la sección de cuerda, mientras que la presión se comporta como si los componentes del material se atrajeran hacia el centro del cuerpo.

1.6 Reflexiones generales acerca del capítulo I

En un primer momento cuando se usa solamente un hilo, al jalar del hilo a causa de las características que lo constituyen -su tamaño, grosor, el material que lo compone, etc.-, tiene una mayor tendencia a la ruptura, por lo que es muy sencillo reventar un hilo. Se puede decir así que con una fuerza externa determinada el hilo se ha tensionado de tal manera que el esfuerzo generado por la cuerda es menor a la fuerza exterior que causa la tensión en la cuerda, por lo que en algún lugar de la cuerda la concentración de tensión será lo suficiente alta para hacerla ceder produciendo que sus componentes se separen, causando así una ruptura en la cuerda.

Al repetir la actividad y aumentar el número de hilos, esto hace que la fuerza que se ejerce sobre los hilos, que debe ser similar en magnitud a la que se usa en la primera parte del ejercicio, se divida en cada uno de los hilos que aparecen en la actividad, causando que la tensión también se

disipe en cada una de las cuerdas y el esfuerzo que cada cuerda debe hacer al buscar el equilibrio es menor.

Al haber pensado en la tensión y el esfuerzo que se genera en una cuerda es necesario plantearse como llevar la información a los estudiantes de forma coherente, sencilla, clara en la que el estudiante afiance sus conocimientos, que se generen nuevos conceptos así como la relación que pueden tener los diferentes aspectos encontrados. A partir de lo planteado se diseñan actividades que tendencia a construir o reforzar las ideas que los estudiantes tienen acerca de la tensión y el esfuerzo que aparece en las cuerdas, conceptos que se construyen a partir del trabajo en grupo, como de los diferentes puntos de vista que pueden aparecer en las reflexiones acerca de las actividades. Cada uno de los capítulos muestra una cantidad de actividades al respecto.

1.7 Actividad sobre tensión:

1.7.1. Reventar una cuerda.

Una actividad que se plantea es la de reventar hilos, esta actividad promueve a identificar las cualidades de las cuerdas que se usan en la actividad, como los materiales que las componen o la manera en que están construidas. De la misma forma se busca reconocer ideas acerca de las acciones, los comportamientos de las cuerdas. La idea al reventar cuerdas es reflexionar acerca de los esfuerzos y las tensiones que aparecen en el ejercicio y la relación que aparece al variar el número de cuerdas que se dispongan para la experiencia. Con lo que se permite generar un dialogo con todo el grupo, en el que se permita apreciar la experiencia desde el punto de vista de los diferentes estudiante con lo que se pueda llegar a un común acuerdo de los conceptos a tratar.



Figura 1.4

En la primera parte de la actividad se toma de ambos extremos a un hilo de cocer o hilo de croché y se tira del hilo con la intención de reventar el hilo, al respecto, se cuestiona a los participantes de la actividad acerca de ¿Qué pasa con la tensión en cada hilo? De esta misma

forma se cuestiona, ¿Tiene que ver algo la tensión con la ruptura del hilo?, ¿Por qué piensa que sucede lo anterior?, ¿Afecta en algo el hilo a la tensión? Para cada parte de la actividad se establece un tiempo determinado, tanto para la experiencia, como para el desarrollo de preguntas y su respectiva reflexión.

A continuación, se repite la actividad adhiriendo uno, dos o el número de hilos que se vea conveniente por repetición, al menos diez repeticiones. Ahora ¿Qué sucedió con la tensión cada vez que se hacía el ejercicio?, ¿Qué sucedió con la ruptura del hilo? ¿Cómo se afectan los hilos cuando se agrupa una gran cantidad y se tira de ellos? Se dan tiempos apropiados a los estudiantes para que desarrollen cada parte de la actividad y contesten las preguntas propuestas, además se debe dar un determinado tiempo para analizar lo que pudo haber sucedido en la actividad.

Se hace una reflexión acerca de lo que está sucediendo en la cuerda y como estos comportamientos que aparecen se pueden evidenciar mediante la experiencia, asimismo, se evidencia como las características en que están construidas y los materiales con los que están hechas las cuerdas presentan un factor determinante a la hora de hacer las actividades.

1.7.2. Tirar de una cuerda.

La actividad que se propone es permitir que los estudiantes reconozcan las cualidades de las cuerdas que se usan, identificar en que se diferencian. Se desea reconocer las ideas de los estudiantes acerca de las cuerdas, sus acciones, en qué grado se pueden tensionar las diferentes cuerdas. Con la actividad se desea reflexionar acerca de los aspectos tensión y esfuerzos que se desarrollan durante la experiencia, de la misma forma promover actitudes colaborativas, compromiso con los demás compañeros y el trabajo en grupo.

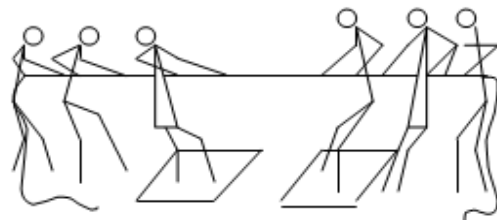


Figura 1.5

La propuesta busca que el estudiante asocie las tensiones que se generan en la cuerda al tirar de ella y como estas tensiones varían cada vez que se aumenta el número de estudiantes.

Se dibujan dos cuadrados en el suelo, separados una cierta distancia, que servirán como base donde se paran los primeros dos participantes como se muestra en la Figura 1.5. A cada participante se le entrega un extremo de una misma cuerda. Posteriormente se pide a los estudiantes que den algunas observaciones sobre la cuerda, se les pide que respondan preguntas como: ¿las cuerdas son gruesas o delgadas?, ¿Cuál es su material? ¿Son lisas? ¿Son ásperas? ¿Están tejidas? ¿No están tejidas? ¿Cómo estas características pueden influir en la cuerda a la hora de jalar?, ¿De qué pueden estar compuestas las cuerdas?

Se deben establecer tiempos apropiados para cada parte de la actividad, para que los estudiantes respondan las preguntas propuestas, desarrollar una discusión que gire en torno de la experiencia y algunos comportamientos físicos que allí se relacionen. Las actividades no necesariamente tienen que llevar este orden, se deja al gusto e interés del lector o interesado, el escrito, sin embargo, busca ser lo más coherente posible a la hora de plantear alguno de los temas propuestos.

A continuación, ambos participantes deben sostener y tirar de la cuerda buscando sacar al participante que tiene al frente de su base. Hay que aclarar con los participantes que ninguno de los que están dentro de las bases, pueden salirse de esta mientras dure la actividad, ya que en el momento en que lo haga, perderá su turno automáticamente, afectando de esta manera al grupo que represente.

Seguidamente, se repetirá el ejercicio adhiriendo cada vez un participante a cada lado. Se establece una cantidad de tiempo para la actividad de la siguiente forma: cada turno empieza a partir del momento en que se genere tensión en la cuerda, el tiempo los estudiantes pueden contarlos en voz alta, que cuenten hasta diez por ejemplo.

Luego, se solicita a los estudiantes hacer un dibujo de la actividad en el que plasmen las tensiones que ellos pudieron advertir en la actividad, ¿Cuál es el papel de la cuerda en la actividad?, ¿que tanto se tensiona la cuerda?, ¿Cómo se puede evidenciar la tensión que se ha generado?, ¿la persona que jala de la cuerda puede sentir la tensión? Y si es así, ¿Qué sintió?, ¿podría describir la tensión experimentada?

Por último se indaga respecto a como se ve el estudiantes dentro de la actividad, ¿Que hizo para ayudar a ganar a su equipo?, ¿Cuál es el rol de cada uno de ellos en el juego?, ¿Cuál es el papel que juegan los compañeros?, ¿le pareció fácil o difícil tirar de la cuerda?, cuando se ha resuelto las diferentes preguntas, se establece un diálogo para que puedan profundizar en sus respuestas. Al finalizar la actividad se solicita a los estudiantes conclusiones a las que pueden haber llegado, así como su punto de vista o posibles sugerencias acerca de la actividad.

1.7.3. Tensión en cuerdas amarradas.

Un sistema de tensiones también se puede observar en una sucesión de cuerdas que se amarran entre ellas. Se construirá una actividad que este pensada para construir con el estudiante la idea de esfuerzo en las cuerdas y como el esfuerzo se encuentra relacionado a la tensión en la que se encuentra la cuerda, cómo se comporta la tensión en la zona de la cuerda en la que actúa, de lo que se ve pertinente también pensar en la constitución de la cuerda, su estructura o material.

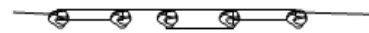
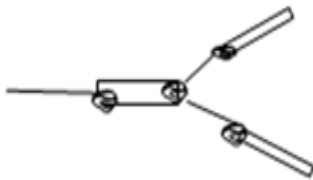


Figura 1.6

Inicialmente, se solicita a los participantes que detallen las cuerdas con las que se va a hacer la actividad, cuerdas como: hilo de coser, de croché, cordones, nylon, y cauchos. Se les invita a que



a)



b)

Figura 1.7

se dialogue acerca de lo que hace diferente a estas cuerdas. A continuación se atan las cuerdas de sus extremos entre sí; -similar a la Figura 1.6- se indica a los estudiantes que jalen del circuito de cuerdas buscando que en algún lugar de la serie se produzca una ruptura, a lo que se da un tiempo prudente para la descripción de las cuerdas e intentar romper el circuito de cuerdas.

Después, se hace lo mismo cambiando la disposición de las cuerdas, del modo que se muestra en las Figuras 1.7a y 1.7b a lo que se dan también ciertos tiempos para reordenar el

circuito de cuerdas e intentar romper las ataduras jalando de los extremos. Luego se prescinde del hilo de coser –el hilo de coser tiene más tendencia a la ruptura que las otras cuerdas-, y se repite de nuevo la actividad, por lo que se requiere de otros tiempos para repetir la experiencia.

Luego del ejercicio se cuestiona a los estudiantes acerca de las diferentes configuraciones que se usaron en el ejercicio, entendiendo la configuración como el orden en que se encuentran atadas las cuerdas, ¿pasó lo mismo en todas las configuraciones?, ¿en que afectan las diferentes configuraciones a las cuerdas?, ¿Qué pasó cuando se repitió la actividad quitando el hilo de coser?, ¿Cómo es la cuerda que más resistió?, ¿Que características tiene?, ¿Cómo es la cuerda que menos resistió? ¿De qué manera el material de la cuerda influye en los resultados de la actividad? Si influye. ¿Cómo representaría el momento en que aparece la ruptura en la cuerda?, que construya una idea a partir de sus respuestas donde represente ese momento en el cual la cuerda se rompe, ya sea por medio de un grafico o cualquier otra forma de expresión, que se abstraiga ese momento de la ruptura, que describa los instantes en que sucedió la ruptura en esa zona de la cuerda. Se deben determinar unos tiempos apropiados para la resolución de las preguntas y la posible discusión que aparezca en el momento de la reflexión en torno a las respuestas de los estudiantes.

Posteriormente se repite la experiencia esta vez produciendo una discontinuidad en alguna de las cuerdas más gruesas –una grieta de forma transversal a la longitud de la cuerda como en la Figura 1.8, esto puede ser con un bisturí o un instrumento con filo, así que se debe tener bastante precaución al usar este instrumento-lo que permite pensar en: ¿Qué sucedió?, ¿Paso lo mismo que en las otras experiencias?, ¿Afecto en algo la grieta?, ¿Cómo pudo afectar la grieta en la cuerda? se determinan unos tiempos determinados para la nueva experiencia, así como para contestar las preguntas y hacer una reflexión en torno a las respuestas. Al finalizar la actividad se solicita a los estudiantes conclusiones a las que pueden haber llegado, así como su punto de vista o posibles sugerencias acerca de la actividad.

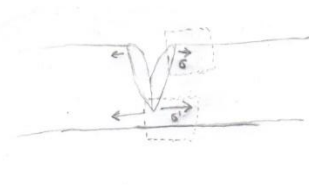


Figura 1.8

1.7.4. Empujar con cuerdas.

Se busca pensar en una actividad que relacione las características elásticas de las cuerdas con la tensión natural de cada una, las posibilidades de que la cuerda genere movimiento en un objeto. Se intenta identificar las posibilidades de las cuerdas de empujar objetos.

Se presenta una cantidad de cuerdas a los estudiantes, se pide tomen una y que las describan, que hablen de ellas, ¿Cómo es la cuerda?, ¿es elástica?, ¿es rígida?, ¿es delgada?, o ¿es gruesa?, ¿Como está construida? A continuación, se sitúa a los participantes en una base a una distancia considerable de un objeto, el cual deben empujar con la cuerda que han escogido. El participante no debe moverse de su lugar mientras dure la actividad puesto que puede perder el turno o afectar de alguna manera al equipo que representa. Para la actividad utiliza determinada cantidad de tiempo. Cuando termina la actividad se hacen varios cuestionamientos a los estudiantes como: ¿Qué dificultades encontró para hacer la actividad?, ¿se puede empujar un objeto con una cuerda?, ¿Cuáles son las características que debería tener una cuerda para poder empujar un objeto? Para responder las preguntas se determina una cantidad de tiempo al que se suma el tiempo que pueda durar la reflexión. Al finalizar la actividad se solicita a los estudiantes conclusiones a las que pueden haber llegado, así como su punto de vista o posibles sugerencias acerca de la actividad.

CAPITULO II. Deformar Una Cuerda

2.1 Introducción.

Al estar sometidas a fuerzas externas las cuerdas pueden tensionarse, produciéndose un esfuerzo por parte de la cuerda para buscar un estado de equilibrio, este esfuerzo se da en mayor o menor medida respecto a diferentes particularidades de la cuerda como su capacidad de deformarse y volver a su estado inicial, su elasticidad.

La elasticidad en la cuerda debe tenerse en cuenta en muchos casos, por ejemplo la vida de los escaladores cuando se encuentran sujetos de una cuerda depende de que la elasticidad sea suficiente para sostener el cuerpo sin que la rigidez de la cuerda genere impacto sobre el escalador en el caso de una caída, algo en lo que interesados al respecto han caído en cuenta, en el artículo *la cuerda y su uso* del su curso de montañismo de la pontificia universidad católica de chile se resalta la importancia de las cuerdas a la hora de trabajar con ellas.

2.2 Una cualidad de las cuerdas.

Como la elasticidad habla de la cualidad recuperadora de una cuerda, el material y la estructura de la cual están constituidas influye en las tensiones y la deformación que se puede generar en la cuerda, por otro lado la elasticidad también determina en qué medida aparece una tendencia a volver a su estado inicial después de haber estado sometido a una fuerza externa que la altere. Una vez la cuerda se libera de la fuerza externa, esta tiende a volver a su estado inicial de lo que se deduce un esfuerzo de la cuerda por retornar a su posición de origen.

Según el escocés y físico William Ritchie en su artículo de 1830 *sobre la elasticidad de fibras de vidrio*, “*si los átomos de cuerpos sólidos se deslizan desplazándose una cantidad mecánica ellos se esforzaran por retomar su forma o estado primitivo cuando la perturbación causal es removida.*” (Ritchie, pág. 215). Cuando Ritchie se refiere a los átomos de los cuerpos, se entenderá a estos *átomos* como aquello que compone la cuerda, no se desea caer en algunas discusiones acerca de cómo se ven afectados estos átomos, como se alteran las estructuras moleculares que componen a la cuerda o cosas por el estilo que en el momento no vienen al caso.

Así, los componentes de la cuerdas se ven sometidos a una deformación instantánea, que perdura mientras la fuerza externa este actuando sobre la cuerda.

Al jalar un hilo, el hilo se encuentra bajo la acción de una tensión T que aumenta proporcional a la fuerza F aplicada. Robert Hooke 1635-1705 muestra en su trabajo sobre la potencia restitutiva de los resortes una relación lineal entre la longitud l y el peso P , de forma que $P = Kl$, que luego se aceptara de la forma $F = Kx$. En este sentido $P = K \Delta l$, donde K es una constante de proporcionalidad que habla de la rigidez del material, esta relación peso y longitud luego se piensa en el mismo escrito como *ley natural de los cuerpos que rebotan* la cual el autor reproduce con un hilo de alambre estirado llegando a la misma proporción, que lleva a pensar también en la relación de proporcionalidad entre las longitudes final e inicial como la constante de deformación ε que se determina a partir de que $\Delta l = \varepsilon l_0$, por lo cual la longitud final l_f se define a partir de la forma $l_f = \varepsilon l + l_0$.

Así, la tensión se verá en mayor o menor grado afectada si los hilos que se utilizan para hacer la experiencia varían respecto a sus características deformables, entonces al impartir la fuerza en la cuerda, esta se deformara durante el tiempo que dure la fuerza externa o de forma permanente una vez se libere de las fuerzas actuantes, por lo que consecuentemente se va a generar una de dos clases de deformación, la *deformación elástica* que se da cuando –en este caso- una cuerda que está sometida a una tensión puede volver a su estado inicial una vez se suspende la fuerza externa aplicada y la *deformación plástica* que aparece cuando la fuerza externa aplicada es mayor al esfuerzo que puede generar la cuerda, por lo que la cuerda puede deformarse permanente mente o hasta llegar al punto de fracturarse, al respecto se refiere Juan Carlos Castillo y compañía en su artículo acerca del tensor de esfuerzos. “*Si bien tanto los cuerpos elásticos como los plásticos se oponen a ser deformados, los primeros buscan restaurar su condición de no deformación tan pronto cesan las acciones que la han generado, mientras que los segundos no.*” (J. Carlos Castillo, pág. 40)

La deformación ε se da como la razón entre la longitud inicial de la cuerda l y la variación de la longitud Δl que ha sufrido la cuerda luego de la fuerza suministrada, así, la deformación se da como $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$, por lo que se puede afirmar que mientras mayor sea el cambio en la distancia de la cuerda mayor será también la deformación que esta presenta.

2.3 La deformación y El módulo de elasticidad.

Al pensar en una cuerda de un material como metal, cobre o latón y al embobinar esta cuerda se ha reconfigurado la cuerda de tal manera que ahora se reconocerá como resorte o muelle. Este resorte se deforma de tal manera que las condiciones en que se utilizan son diferentes, la longitud y características elásticas de la cuerda están variando ya que al mismo hilo de alambre se le puede aplicar cierta cantidad de peso a partir de lo cual esta bobina presenta un comportamiento elástico más claro y fácil para medir.

Respecto a lo que Hooke se refiere sobre las longitudes en función del peso, se propone hacer una relación del esfuerzo σ en función la deformación ϵ , ahora que si σ es proporcional a ϵ , aparece una constante de proporcionalidad c , así que si la relación que aparece es lineal, se puede escribir como $\sigma = c\epsilon$, por lo que $c = \frac{\sigma}{\epsilon}$, para $E = c$, entonces, $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$ donde esta constante E habla de la elasticidad del material y se denomina modulo de elasticidad de Young gracias a su precursor el científico inglés Thomas Young (1773 – 1829).

Definición que se muestra en la *miscelánea de trabajos de Thomas Young* acerca del módulo de elasticidad respecto a una presión dada “*el módulo de la elasticidad de cualquier Sustancia es una columna de la misma sustancia, capaz de producir una presión sobre su base que es al peso provocando un cierto grado de compresión, como la longitud de la Sustancia es a la disminución de su longitud.*” (Peacock, 1855, pág. 129). Se deduce a la presión que se refiere el enunciado anterior ligada con el esfuerzo y la relación entre las longitudes de la sustancia como la deformación del material. Así, las características deformables de las cuerdas y el esfuerzo que estas generan para restituir su forma, como los materiales de los que se conformen las diferentes cuerdas hablan de cómo es la elasticidad en cada una de las diferentes cuerdas.

2.4 Reflexiones generales acerca del capítulo II.

Trabajar con cuerdas elástica permite acercarse a diferentes ideas, además de identificar las diferentes cuerdas. El esfuerzo que aparece en la cuerda se muestra como la tensión de la cuerda, esta relación muestra que a medida que aumenta la tensión aumenta el esfuerzo, sin embargo, si se aplica una misma fuerza a una cuerda de diámetro diferente, puede variar la cantidad de esfuerzo generado de la misma forma que la tensión que se produce.

Por otra parte, la deformación es la razón entre la variación de la longitud a causa de la fuerza externa y la longitud inicial de la cuerda –Figura 2.1-. Al haber aclarado estas constantes, la

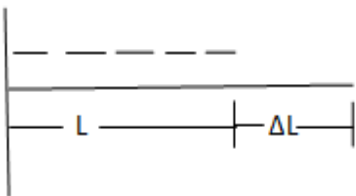


Figura 2.1

relación entre el esfuerzo y la deformación da cuenta del módulo de elasticidad en la cuerda o módulo de Young, que se aparece en relación directa al esfuerzo e inversa a la deformación de la cuerda.

De lo anterior se puede observar también una relación directa entre la constante elástica de la cuerda y el módulo de elasticidad de la cuerda, donde el módulo de elasticidad varía con el material que compone a cada una de las cuerdas, la constante elástica también varía de forma directa a la sección de área transversal y de forma inversa a la longitud inicial de la cuerda, así, esta misma relación se encuentra respecto a la fuerza que actúa sobre la misma.

Al respecto de lo que ha flexionado entono de la elasticidad y el esfuerzo propios de la cuerda, de cómo se encuentran relacionados a su vez con la tensión. Es necesario cuestionarse acerca de las actividades en las que se permita al estudiante tener un acercamiento con lo que se ha dicho en este capítulo.

2.5 Actividad acerca de la elasticidad de las cuerdas.

2.5.1 Actividad con cuerdas elásticas.

Se propone una actividad con la que se permita construir con el estudiante los conceptos de elasticidad, de esfuerzo y deformación, así como su relación. Se busca acercar al estudiante a estas magnitudes, que se genere una reflexión desde la experiencia mediante la actividad con el fin de que el estudiante pueda pensar sobre las características elásticas de las cuerdas.

Se toman cuerdas de diferente elasticidad y se solicita a los participantes que identifiquen la cuerda, que observen su estructura, ¿Las cuerdas están hechas de la misma forma o cambia en algo su estructura?, ¿En qué se diferencian?

Luego, se atan las cuerdas de uno de los extremos a un punto fijo -en este caso una pared-, se fija una marca a cierta distancia de la cuerda, como muestra la Figura 2.2 donde la marca es algo que pende de la cuerda. Posteriormente se invita a que cada participante jale de la cuerda correspondiente. Entonces ¿Qué sucede al tirar de la cuerda?, ¿Se estiran las cuerdas de la misma manera? ¿Se altera de alguna manera la marca en la cuerda?

El participante no puede pasarse de los límites o distancias establecidos, de lo contrario ese turno será anulado. Cada turno dura mientras el participante permanezca tirando de la cuerda, se determina una cantidad de tiempo para que se mantenga la cuerda tensionada, los demás participantes pueden llevar un conteo regresivo de diez hasta cero por ejemplo.



Figura 2.2

Posteriormente se hará lo mismo colocando la marca en longitudes diferentes de las cuerdas y adhiriendo un participante en cada turno. ¿Cómo actúan las cuerdas al irse sumando participantes para halar?, ¿Hasta qué punto se estiran las cuerdas?, ¿La marca también se sigue deformando?

A partir de estas preguntas se busca reflexionar con los participantes alrededor de lo que ha sucedido en la experiencia, como las fuerzas aplicadas han actuado sobre cada una de las cuerdas produciendo una tensión, que cuerda se ha visto más afectada y como esta tensión se relaciona con la deformación. De igual manera se solicita a los estudiantes destacar algo que para ellos hubiera sido llamativo, así como las conclusiones que pudieran haber llegado o su punto de vista y posibles sugerencias acerca de la actividad. Para que los estudiantes respondan las preguntas propuestas se proponen un determinado tiempo, así como para llevar a cabo la discusión respectiva alrededor de lo sucedido en la experiencia.

Debe observarse como aparece una relación entre el estiramiento de las diferentes cuerdas y la tensión que se genera en cada una de ellas, que este estiramiento depende también de la elasticidad de estas mismas cuerdas. Al tirar de las ellas aparecen diferentes manifestaciones que se pueden evidenciar.

2.5.2 Deformando cuerdas.

Reflexionar en torno a la deformación y las tensiones que aparecen en la cuerda lleva a proponer una actividad en la que el estudiante se acerque a estos aspectos. Mientras que por medio del dialogo se pueda llevar al estudiante a proponer ideas, generar conclusiones y reconocer las opiniones de los pares en torno a la experiencia.

Se propone en la actividad que se empiece por pintar una área en alguna parte de una cuerda, que tome en cuenta el tamaño del área y ubique un punto intermedio, puede usar una regla para ubicar las distancias, los participantes que van a tirar de la cuerda, deben en primera instancia estirar la cuerda de uno de sus extremos una cierta distancia, manteniendo el otro extremo inmóvil, y se observan de nuevo las nuevas longitudes de la marca su posición respecto al origen. Luego, manteniendo la cuerda estirada, como quedo en el paso anterior, se estira la cuerda del extremo opuesto al que se jalo la primera vez una distancia igual a la que se estiro anteriormente, manteniendo estático el extremo opuesto, del que se tiro en una primera instancia la cuerda.

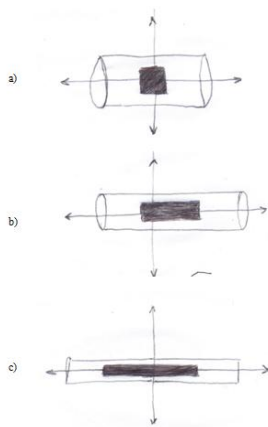


Figura 2.3

A continuación, se procede a observar las dimensiones de la marca y su posición respecto al origen. Por último, se suelta la cuerda de ambos extremos permitiendo que vuelva a su posición en reposo y se observa la marca de la cuerda de nuevo. Usar la regla, las cuerdas y la toma de medidas no debe llevar más de treinta minutos.

En el transcurso de las actividades se propone a los estudiantes que se cuestionen acerca de las marcas que se hicieron en las cuerdas, ¿Cuáles cuerdas se estiraron más?, ¿Cuáles cuerdas menos?, acerca de las tensiones que aparecen en cada cuerda, ¿Cómo varían las marcas respecto a la posición inicial?, ¿Cómo se relacionan las marcas que se hicieron y las deformación que se genero en la cuerda?, ¿Cómo se puede relacionar la tensión que aparece en la cuerda y la deformación que aparece en la misma?

2.5.3 Estirar cuerdas.

Se plantea una actividad en la que se pueda encontrar una relación entre una fuerza aplicada, la tensión de la cuerda y como se afectan las cuerdas a causa de su elasticidad. Se genera un

acercamiento a las reflexiones de Hooke. De igual manera, con las actividades se busca plantear un espacio para fomentar el trabajo colectivo.

En un primer instante se hace una medida de las cuerdas que se van a usar, hilos de coser, de croché, cordones, de nylon y cauchos de diferentes grados de elasticidad, libres de masa. Y se cuestiona a los estudiantes respecto a ¿qué cuerda es más elástica?, ¿Qué hace que la cuerda sea más o menos elástica?, ¿Cómo se pueden identificar estas características elásticas de las cuerdas?

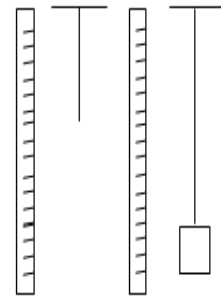


Figura 2.4

A continuación, cada grupo suspende mediante una cuerda masas de diferente magnitud, dado que las cuerdas se estiran a causa del peso, se procede a tomar la nueva longitud en las cuerdas. Después, se procede a adherir otra masa a la cuerda y se toman las medidas respectivas de nuevo.

Se propone que la actividad se trabaje en grupos para que luego de la toma de medidas los grupos comparen los resultados de sus experiencias y mediciones hechas. A continuación se procede a preguntarse acerca de ¿Cómo afectaban las masas a la longitud de la cuerda? ¿Qué tiene que ver la elasticidad con las longitudes que puede tomar las cuerdas a causa de las masas a las que se somete?

2.5.4 Cuerdas deformadas.

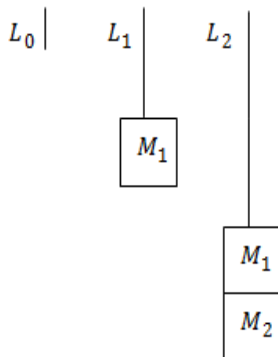


Figura 2.5

Se construye una actividad en la que se pueda ampliar la idea de deformación de la cuerda, que promueva en los estudiantes actitudes colaborativas, compromiso con los demás compañeros y el trabajo en grupo.

Esta actividad es una continuación de la anterior actividad de *estirar cuerdas*. En un primer instante se hace una medida de las cuerdas que se usan, libres de masa. A continuación, cada grupo suspende mediante cada cuerda una masa de una cierta magnitud determinada, dado que las cuerdas se estiran a causa del peso, se

procede a tomar las medidas mediante el uso de reglas, de las diferentes longitudes que se estiran las cuerdas. De lo que se hacen varios cuestionamientos acerca de ¿Qué cuerda se puede alargar más?, ¿Por qué una cuerda y no otra? Después, se procede a adherir otra masa a la cuerda y se toman las medidas respectivas de nuevo, ¿hay alguna relación entre las diferentes longitudes que pude tomar la cuerda?, ¿Cómo se pueden relacionar las diferentes longitudes que toma la cuerda?, ¿Qué sucede en el momento en que se liberan las cuerdas de las masas que las deforma?

Se propone que la actividad se trabaje en grupos para que luego de la toma de medidas los grupos comparen los resultados de sus experiencias y mediciones hechas. El ejercicio se toma una cantidad de tiempo de la clase mientras se hace el montaje y se hacen las respectivas medidas, y otro tiempo para el análisis de datos junto con la respectiva discusión.

2.5.5. Comportamiento elástico de una cuerda.

Para la actividad, se propone que sobre una base plana, se ate una punta de una cuerda, mientras que la otra punta se amarra a una masa –puede ser una tiza-, que a continuación se jala una distancia medible bajo un ángulo inferior a quince grados, lo que proporcionara una tensión en la cuerda. En este punto se reflexiona acerca de ¿Qué puede pasar en el sistema cuando se deja en libertad al cuerpo?, ¿Cómo está influyendo el ángulo que se le da a la cuerda con respecto a la horizontal? En el momento en que se encuentra tensionada la cuerda, se suelta la masa y se toma la distancia que puede alcanzar la masa cuando se suelta. Entonces, ¿Por qué sucede lo que se observo en la práctica?, ¿Qué papel juega la cuerda?, ¿Cómo influyen las características de la cuerda a la actividad?, ¿Cómo influye la tensión en el ejercicio?, también se pueden tomar las diferentes distancias que se observan en el sistema masa-cuerda mientras tiende al reposo. Cada grupo tiene una cuerda diferente con la que se puede repetir la actividad cambiando las masas. Se determinan unos tiempos prudentes para la actividad y las veces que se repita, así también otros tiempos para responder las preguntas y para plantear una discusión acerca de lo acontecido en la práctica.

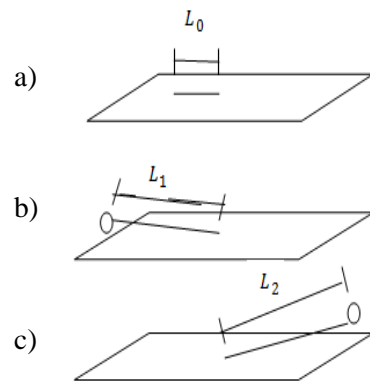


Figura 2.6

CAPITULO III Cuerdas Vibrantes

3.1 Introducción.

Hasta este punto se ha reflexionado acerca de lo que puede suceder en la cuerda cuando actúan fuerzas externas sobre ella, como se comporta la cuerda bajo diferentes grados de tensión a los que se somete. Todo esto permite hablar de las posibles deformaciones que se presentan en la cuerda a causa de fuerzas externas y reconocer cómo estas varían si se tienen en cuenta sus características elásticas. Las magnitudes de las que hemos hablado, tensión, esfuerzo y deformación son importantes para hacer vibrar una cuerda.

Una vibración aparece como una deformación que se desplaza en un medio, en este caso una cuerda que se encuentra bajo cierto grado de tensión, a causa de una interacción con un cuerpo externo, al deformarse la cuerda aparece en ella un esfuerzo con el que busca restituirse, intenta quedar en su estado inicial de equilibrio.

Si la interacción entre la cuerda y el cuerpo externo es permanente, la cuerda adquiere una nueva tensión desde el punto de interacción a lo largo de la cuerda, como muestra la Figura 3.1, en el momento en que se desplaza la cuerda se genera una pequeña oscilación que se disipa rápidamente, la oscilación incrementa mientras la cuerda toma la nueva posición. Por ejemplo, en el caso en que tensionamos una cuerda y con un dedo la desplazamos una cierta distancia.

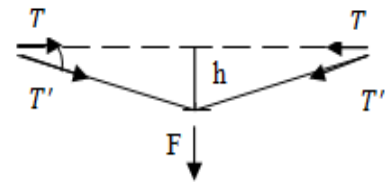


Figura 3.1

La oscilación que se expone en el caso anterior, aparece a causa de que la cuerda se hubiera perturbado, cuanto mayor es la elasticidad y la tensión, mayor es la amplitud de la oscilación, que se afecta, también, de acuerdo con las características elásticas de los cuerpos.

Si a una cuerda que se encuentra tensionada se le proporciona una fuerza en algún punto de su longitud y esta actúa en un lapso de tiempo muy corto, esta fuerza actúa sobre la cuerda desplazándola una cierta distancia h perpendicularmente a la longitud y formando un ángulo respecto a sus nodos, como muestra la Figura 3.1, en este mismo instante se produce una tensión $T' > T$ en la cuerda que perdura mientras se mantiene la fuerza externa.

En el instante en que cesan las fuerzas externas, la zona de la cuerda que se encuentra tensionada produce un esfuerzo que tiende a restablecer su estado inicial y para lograrlo la sección que se ha liberado se mueve de arriba hacia abajo una cantidad de veces con tendencia al reposo.

Al pensar en la cuerda, en el momento en que se libera y vuelve a su posición inicial la tensión en el sistema ha disminuido hasta su tensión inicial, pero a su vez, la cuerda se mantiene con una cantidad de movimiento que permite que la cuerda continúe con su desplazamiento, el cual va disminuyendo a medida que se va alejando de su posición de origen, momento en el que esa misma cuerda de nuevo ha adquirido una nueva cantidad de tensión que la fuerza a volver a su posición inicial de nuevo, que dependiendo de las características elásticas de la cuerda y la tensión inicial podría repetirse determinadas veces. Así como muestra la Figura 3.2, la cuerda puede pasar de la posición A a la posición B , de la posición B a la posición C , de la posición C a la posición D , de la posición D a la posición E , de la posición E a la posición F , de la posición F a la posición G , de la posición G a la posición H y de la posición H volver a su estado inicial en la posición I .

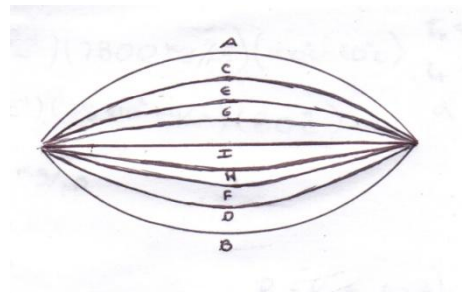


Figura 3.2

3.2 Cuerdas, pulsos y frecuencias.

Si se estira una cuerda cierta distancia atando uno de sus extremos para que permanezca estático mientras que el otro extremo se agita de arriba hacia abajo volviendo a quedar en la posición inicial justo antes de mover la cuerda -como se muestra en la Figura 3.3-, entonces se ha generado un pulso. Este pulso se manifiesta como una deformación que se traslada a lo largo de la cuerda con una intensidad que se disipa a medida que la recorre. En el caso en que se agita la cuerda de forma sucesiva, como en el caso de la Figura 3.4, se dirá que la cuerda está vibrando, pero para que exista alguna vibración sobre la cuerda se necesita que la cuerda esté tensa.

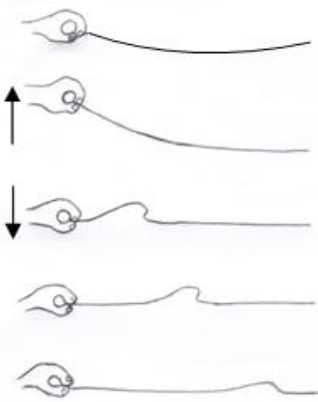


Figura 3.3

Cuando la vibración tiene un comportamiento periódico se puede hablar de frecuencia como la cantidad de pulsos que aparecen en un determinado tiempo. Para el caso de la cuerda tensa –Figura 3.2- los pulsos se dan cada vez que sube y baja la cuerda, por ejemplo, si suponemos una cuerda de un metro de longitud que está afinada en *la* –las cuerdas en la música se afinan en diferentes tonalidades o frecuencias conocidas como notas musicales estas son: *do, re, mi, fa, sol, la, si*, entre otras- , así que al decir que la cuerda esta afinada en *la* quiere decir que la cuerda oscila a una frecuencia de cuatrocientos

cuarenta hertzios, lo que es aproximadamente un pulso cada dos punto veintisiete en el orden de diez a la menos tres segundos o dicho de otra manera cuatrocientos cuarenta pulsos por segundo.

En conclusión, la tensión y la vibración muestran una relación en la cual a medida que varía la tensión en la cuerda, las vibraciones en la cuerda también varían. La cantidad de vibraciones está determinada por la tensión que se ejerce en el sistema.

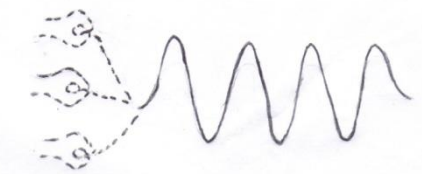


Figura 3.4

3.3 Propagación o Transmisión del movimiento.

Si hay dos cuerdas afinadas a la misma frecuencia o tonalidad y se pone en movimiento una de ellas, la otra cuerda también se verá afectada en su movimiento. Al respecto Robert Hooke en su *explicación del poder elástico de los cuerpos* dice “*el universo sensible, consiste en cuerpos y movimiento*”...“*el movimiento se comunica por impulsos dados entre otros cuerpos del universo*. Posterior a esto, él hace una suposición: “*...un número de cuerdas musicales A, B, C, D, E, etc. afinadas ciertos tonos, y un número parecido de otras cuerdas, como a, b, c, d, e, etc. Se encuentran en la misma afinación respectivamente...*”, “*... A debe percibir el movimiento de a, pero no el de b, el de c, o el de d, y de igual manera para B debe percibir el movimiento de b, pero no el de a, el de c, o el de d, y así para el resto.*” (Hooke, 1678, pág. 8). Estas expresiones le sirven a Hooke para plantearse la idea de cómo se debe comunicar el movimiento en los

cuerpos, en este caso en la cuerda cuya tensión afecta a la propagación del movimiento, de la misma forma que afecta la frecuencia en que vibra la cuerda.

Cuando Hooke habla de la afinación de las cuerdas tiene en consideración cómo la tensión está afectando la frecuencia a la que vibra la cuerda. Puesto que el segundo grupo de cuerdas a, b, c, d, e , que están afinadas a la misma frecuencia del primer grupo A, B, C, D, E surgen dos posibles situaciones: la primera, que todas las cuerdas sean iguales y con la misma tensión, que la cuerda A es igual a la cuerda a , la cuerda B es igual a la cuerda b y así sucesivamente; la segunda situación, que sean cuerdas diferentes que están tensionadas de tal manera que vibran con una misma frecuencia, o en alguna variable de la misma frecuencia, entonces, la cuerda a afectara el movimiento de la cuerda A aunque sean diferentes, la cuerda b el movimiento de la cuerda B aunque sean diferentes y así sucesivamente. La propagación del movimiento por las cuerdas depende de las diferentes tensiones a la que pueda estar sometida la cuerda.

Sin embargo, se podría llegar a pensar que la vibración de una de las cuerdas, tomemos la cuerda A , actué solamente en una de las otras cuerdas por ejemplo la cuerda a , actuará sobre las otras cuerdas también b, c, d, e , afectando en mayor medida a las cuerdas que tienen la misma frecuencia de vibración en que actúa la cuerda A . esto ocurre por ejemplo: cuando las cuerdas están dispuestas como se muestra en la Figura 3.5, al poner a vibrar una de ellas esta vibración se comunica a las demás, es el mismo caso de tener una guitarra donde los puentes de la guitarra actúan como nodos, para afinar una cuerda al poner a vibrar una cuerda las demás cuerdas también vibran por lo que aconsejable sostenerlas de forma tal que no vibren para evitar que las demás cuerdas interfieran con la vibración de la cuerda.

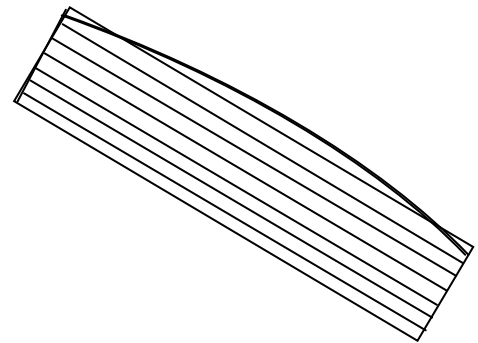


Figura 3.5

Para entenderlo más claramente vale la pena analizar el siguiente ejemplo: si se estira una cuerda elástica y se pulsa en un lugar diferente al punto central a la mitad de su longitud, se puede referenciar como la deformación de traslada a lo largo de la cuerda lo que hace referencia a como se transmite el movimiento.

Esta propagación de movimiento por las diferentes partes de la cuerda lo considera Hooke *congruente* lo que significa que la frecuencia de movimiento se transmite con la misma magnitud, el término así como la imagen de la Figura 3.5 se toma de las lecturas de la potencia restitutiva de un resorte de Robert Hooke.



Figura 3.6

Para ilustrar este aspecto se propone otro ejemplo: suponga que tres cuerpos A, B, C. se encuentran dispuestos como en la Figura 3.6 y cada uno se encuentra en vibración en su propio lugar, ahora, el cuerpo B se comunica con el cuerpo A en E, y con el cuerpo C en F, por lo que los movimientos se

intercambian continuamente; el movimiento del cuerpo B será comunicado al cuerpo A en la zona E y en esta misma zona el movimiento de A será comunicado a B que luego será comunicado a C en la zona F, en la misma zona donde el cuerpo C comunicará movimiento a B para que se traslade a E. De esta forma los cuerpos siempre tienen la misma velocidad y cada uno transmite una cantidad de movimiento al cuerpo que tiene contiguo en determinado tiempo.

A partir de lo planteado acerca del movimiento, se propone que el movimiento de un cuerpo a cierta frecuencia administrara una cantidad de movimiento a otro cuerpo que esté en las vecindades del primer cuerpo, esta cantidad de movimiento también estaría ligada a las frecuencias con que se pueda estar moviendo el primer objeto, del mismo modo a la tensión y la elasticidad del material. Así, para nuestro caso, la cuerda permite la propagación de un movimiento a partir de una sucesión de pulsos, o en palabras de Hooke una *transmisión congruente de movimiento* en la cuerda, que al estar a una cierta distancia de otra cuerda que esta tensionada de tal forma que emite como frecuencia natural la misma frecuencia a la que vibra la primera cuerda, la segunda cuerda se ve alterada en su movimiento.

Puesto que se supone que las cuerdas están afinadas a la misma tonalidad, una cuerda en movimiento que actúe bajo cierta frecuencia afectará de manera directa en el estado de movimiento de cualquier otra cuerda que se encuentre actuando bajo una tensión particular que le permita moverse con una frecuencia similar. Dicho de otra manera, como las oscilaciones de la cuerda hablan de una frecuencia, esta frecuencia resulta también relacionada de forma directa con la tensión bajo la que actúa la cuerda.

3.4 Reflexiones generales acerca del capítulo III.

Dado que la frecuencia de vibración de un cuerpo –la cuerda– está relacionada directamente con la tensión y las características que lo conforman como su longitud o su densidad, si se suponen a un grupo de cuerdas de similares características sometidas bajo una misma tensión, la frecuencia de vibración de las cuerdas debe ser la misma o muy similar, así, al poner en movimiento una de las cuerdas, la cantidad de movimiento que genera la primera cuerda mientras esta vibrando se desplaza a cada una de las otras cuerdas haciéndolas vibrar de forma sincronizada, lo que quiere decir que de esta manera las cuerdas empezaran a oscilar a la misma frecuencia.

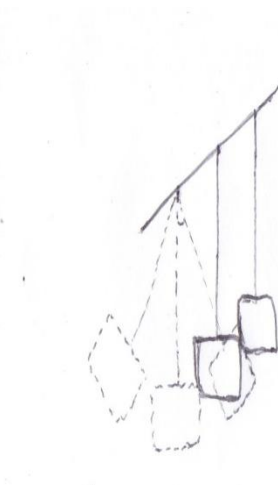


Figura 3.7

En el caso que alguna característica de la cuerda cambie ya sea su longitud, densidad o el material con el que está hecha, la cuerda también puede cambiar su estado de movimiento, aunque no se mueva a la par con las otras cuerdas si lo hará en algún grado relacionado a la frecuencia de vibración, lo que hablaría de oscilaciones con diferente amplitud o diferente velocidad.

En el caso de tener cuerdas de diferentes características sometidas a la misma fuerza, esta fuerza actuara en cada cuerda de manera independiente puesto que cada cuerda se mantiene bajo una tensión diferente. En el momento de mover alguna de las cuerdas, esta cuerda transmite una cantidad de movimiento a las demás cuerdas, sin embargo cada cuerda va a moverse bajo su propia frecuencia.

Las ideas que surgen alrededor de las cuerdas pueden llevarse a las aulas por medio una actividad que promueva a que el estudiante piense que el movimiento que se genera en la cuerda se puede propagar, identificar que características debe tener la cuerda para que se dé en mayor o menor medida esta variación de movimiento.

3.5 actividades con cuerdas vibrantes

3.5.1 Pulsos y vibraciones.

A la hora de pensar en una actividad en la que se use una cuerda que esta vibrando se debe pensar reflexionar acerca de la relación que puede aparecer entre la tensión y la frecuencia de vibración, se busca que el estudiante se acerque al concepto desde el cual pueda generar sus propias conclusiones.

Se empieza la actividad tensionando una cuerda elástica, entonces, se cuestiona a los estudiantes acerca de ¿Qué sucederá con la cuerda si se aplica una fuerza momentánea en un punto intermedio, perpendicular a su longitud -como en la Figura 3.1-?, se les solicita que describan como podría ser el comportamiento de la cuerda al haberla soltado. Se otorga una cantidad de tiempo para que los estudiantes piensen al respecto.

Luego, se estira de la cuerda y se suelta dejándola en movimiento, lo que se puede repetir las veces que se considere necesario, a continuación se le pregunta a los estudiantes ¿Qué sucedió cuando se pulso la cuerda?, respecto a las preguntas hechas antes de la experiencia ¿Qué tan coherentes eran?, ¿paso lo que pensaban que iba a pasar?, si no, ¿en donde estuvo el error? Ahora, ¿Qué pasaría si se pulsa la cuerda en algún otro lugar que no sea en la mitad de la longitud?, ¿Pasaría lo mismo en la cuerda?, ¿Cambiaría en algo el comportamiento de la cuerda?, se indica a los participantes que describan como podría ser el comportamiento de la cuerda en esta ocasión.

Se determina una cantidad de tiempo para que los estudiantes reflexionen al respecto, que escriban o construyan una hipótesis desde sus propias experiencias y se procede a hacer la actividad. Desde la cual se procede a preguntarle a los estudiantes acerca de ¿Qué paso con la cuerda en esta ocasión?, ¿la cuerda se comporto del mismo modo que en el primer momento o cambio en algo? Se determinan uno tiempos apropiados para que el estudiante construya las hipótesis y responda las preguntas. Así como para la reflexión acerca de las respuestas y lo que sucedió en la actividad.

3.5.2. Un pulso en la cuerda.

Se busca una actividad en la que se pueda relacionar a una cuerda tensa con el movimiento de un pulso a lo largo de ella, resaltar las características elásticas de la cuerda que permiten que el pulso se propague. Al mismo tiempo se desea que el estudiante amplíe su lenguaje construyendo alternativas que le permita dar cuenta de la experiencia.

Para la actividad se le entrega a los estudiantes cuerdas de diferentes características una por estudiante o varias cuerdas por grupo -como se crea más pertinente-, las cuales los estudiantes pueden definir. A continuación, se estira una cuerda cierta distancia atando uno de sus extremos para que permanezca estático mientras que el otro extremo se agita de arriba hacia abajo volviendo a quedar en la posición inicial justo antes de mover la cuerda -como se muestra en la Figura 3.3- , a lo que se deben dar unos tiempos apropiados tanto para atar el extremo como para sacudir la cuerda.

Entonces se cuestiona a los estudiantes acerca de ¿Qué se puede decir de las características de las cuerdas usadas en la experiencia?, ¿Cómo están construidas las cuerdas?, ¿De qué material son?, ¿Se pudo evidenciar el pulso?, ¿En qué cuerda se evidencia mejor la propagación del pulso?, ¿Por qué cree que se observa mejor el pulso y su movimiento en esa cuerda y no en otra? Se solicita a los estudiantes que representen de forma gráfica el pulso que observaron en la actividad.

Luego se pide a los estudiantes que agiten de forma sucesiva hacia arriba y hacia abajo las cuerdas a lo que se pregunta ¿influye en algo las diferentes características de la cuerda al agitarla sucesivamente?, ¿Cómo se comportan los pulsos que se generan en la cuerda?, ¿Qué sucede con los pulsos si se aumenta o se disminuye la tensión en la cuerda?, de igual manera que en la primera parte de la actividad se solicita a los estudiantes que grafiquen las cuerdas que agitaron y como percivieron la sucesión de pulsos. Se deben dar unos tiempos determinados responder las preguntas anteriores y hacer un análisis de las diferentes respuestas, así como a las representaciones gráficas.

3.5.3. Ejercicio con cuerdas en movimiento.

Se piensa una actividad que permita relacionar las diferentes ideas de los estudiantes acerca de cómo se comporta la cuerda cuando se pone a oscilar. La experiencia se piensa para ampliar el concepto de vibración desde el movimiento de cuerdas tensas, se busca también que se desarrollen actitudes de trabajo en grupo por parte de los participantes.

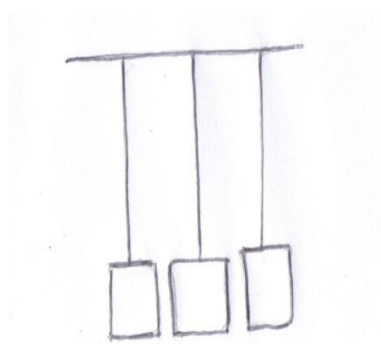


Figura 3.8

Se propone que varias cuerdas en apariencia iguales, del mismo material, mismas características y longitud, se sometan a un peso igual, esto se hace a partir del uso de masas de igual magnitud que se suspenden mediante cuerdas, una masa por cuerda. A continuación se cuestiona a los estudiantes acerca de ¿Qué pasaría si pusiera a oscilar una de las cuerdas?, ¿se verían las demás cuerdas afectadas en su cantidad de movimiento?

Luego se pone a oscilar una de las cuerdas. Entonces, ¿Qué sucedió? ¿Qué tan acertadas fueron las predicciones de los estudiantes?, ¿Cuál puede ser una posible explicación para lo que sucedió?, ¿las características de la cuerda afectan en algo el resultado de la experiencia? La actividad se puede repetir cambiando la disposición de las cuerdas a la hora de poner a oscilar una de ellas, o, así mismo cambiando el tipo de cuerdas.

Los tiempos de la actividad deben ser apropiados para la creación del montaje, lo que dure la oscilación de las cuerdas en cada actividad y el número de repeticiones que se desee hacer cambiando los parámetros del ejercicio en cada repetición.

En el ejercicio se hace un énfasis en las cuerdas, dado que es el propósito del escrito ver su comportamiento bajo diferentes estados, que se puede decir acerca de lo que está sucediendo con la cuerda cuando se encuentra tensionada, como en este caso.

3.5.4 Un Teléfono y cuerdas.

Una cuerda tensa puede salir de su estado de equilibrio vibrando por lo que se piensa una actividad en la que se pueda ampliar con el estudiante el concepto de medio de propagación, en qué momento la cuerda actúa como medio de propagación y que se propaga por la cuerda.

Entonces la actividad busca pensar con el estudiante en las vibraciones y como se desplazan, que por medio de las vibraciones se pueden relacionar aspectos comunicativos e interpretación de signos, y al mismo tiempo se promueve que el estudiante interactúe con los demás compañeros y trabaje en grupo.



Figura 3.9

Como primera medida se deben construir con los estudiantes varios teléfonos. El teléfono consta de dos vasos desechables unidos desde su base con una cuerda -como muestra la Figura 3.9-. Una vez contruidos los aparatos se cuestiona a los participantes acerca de ¿cómo puede ser el funcionamiento de estos instrumentos?, ¿cómo puede influir la longitud, el grosor o el material de las cuerdas? Se debe determinar una cantidad de tiempo apropiada para la construcción del teléfono.

A continuación, se sitúan a los participantes a una distancia prudente, dejando que entablen una conversación por medio de los teléfonos. Un primer sujeto situado a un extremo del primer teléfono envía varios mensajes cada cierto espacio de tiempo, que el participante que este en el otro extremo del teléfono debe recibir y posteriormente reenviar por un nuevo teléfono al compañero que se encuentre al otro extremo, él cual recibe y reenvía de nuevo el mensaje.

Esta acción se repetirá para el número de participantes y teléfonos con que se trabaje la actividad, el participante que este en el extremo final del último teléfono deberá escribir los mensajes que ha recibido. Los participantes solo pueden comunicarse por el teléfono, no pueden hacer señas o algún otro tipo de maroma que le dé más claridad al mensaje para sus compañeros. Los mensajes que se propongan en la actividad serán oraciones cortas de máximo diez palabras con un lapsus de minuto a minuto y medio entre cada oración, mientras cada uno de los mensajes llega al último receptor.

A continuación, se hace una reflexión acerca de la actividad, de las particularidades que pueden haber encontrado los estudiantes, del papel de las cuerdas en la actividad, se propone pensar en que otras oportunidades o en que otros ejemplos puede suceder algo parecido, y se reflexiona acerca de los mensajes que se enviaron. De igual manera se solicita que hablen de las conclusiones a las que pudieran haber llegado, así como su punto de vista o posibles sugerencias acerca de la actividad.

CAPITULO IV. Torcer Una Cuerda. Fuerza de Torsión

4.1 Introducción.

Se dirá de la torsión que se trata de una deformación que aparece en la cuerda o en cualquier otro cuerpo cuando al mantenerse fija de un extremo, el extremo opuesto se somete a una fuerza que produce una rotación. Por ejemplo al torcer un hilo elástico sería más sencillo que torcer un hilo de hierro, mas aun en el momento en que se generara la torsión y se libera la fuerza deformadora el esfuerzo del hilo por volver a su estado inicial será mayor uno de los hilos que en el otro. Por lo tanto, se puede decir que la torsión depende tanto de la fuerza deformadora, como de las características volumétricas y elásticas de la cuerda.

Diferentes físicos en la historia se han cuestionado sobre este aspecto entre ellos William Ritchie y Charles Coulomb. El primero, en la memoria *Acerca de la elasticidad en fibras de vidrio*, del físico inglés Ritchie (Ritchie, 1830), una cualidad de las cuerdas es la de poderse someter a diferentes niveles de torsión sin que se fracture fácilmente.

Si una cuerda se somete a una torsión, al quedar en libertad, intenta restituirse y volver a su posición inicial. En el artículo titulado *Recharches Theoriques Et Experimentales*, tomado de Las Memorias de la Academia Royal del año de 1874, el físico francés Charles-Augustín de Coulomb (1736 - 1806) determina la fuerza de torsión de diferentes hilos cuando son torcidos o girados un cierto ángulo.

4.2 Torsión y oscilaciones.

El trabajo que hace Coulomb es en particular un buen aporte a los intereses de este escrito, pues con diferentes hilos de metal, él determina la fuerza de torsión elástica que aparece en hilos de hierro y latón respecto a la longitud, el grosor de los hilos, a los grados de tensión que se les aplica, con lo que llega a -como él la llama- "*la ley de reacción de la torsión*".

Coulomb suspende por medio de un hilo de hierro un peso cilíndrico de dos punto doscientos ochenta centímetros de diámetro y otro peso de seis centímetros de diámetro respectivamente de

la forma como se muestra en la Figura 4.1 –la Figura 4.1 y 4.2 son tomadas de los apuntes teóricos experimentales de Charles Coulomb pagina 269-, al respecto Coulomb dice “sobre el cual no hay ninguna torsión mientras el peso del cilindro permanece en reposo” (Coulomb, pág. 230), entonces, a partir de que el sistema se encuentre en reposo se gira el cilindro un cierto ángulo, desde el cual se libera el cilindro permitiendo que en el hilo actúe una fuerza recuperadora que tiende a dejar al hilo en su posición inicial, esta fuerza recuperadora es la que llama Coulomb “fuerza de torsión”. Esta fuerza habla se refiere también al esfuerzo que se genera en la cuerda a causa de la torsión y la tensión que aparece en la cuerda.



Figura 4.1

El peso cilíndrico empieza a oscilar disminuyendo su amplitud con cada oscilación, si el hilo es lo suficientemente elástico las oscilaciones tienden a detenerse en su posición inicial, en la que se encontraba un instante antes de haber girado el peso cilíndrico.

Coulomb plantea la fuerza de torsión F_t respecto a su relación directamente proporcional a la variación de ángulo, o ángulo de oscilación ($A - S$), donde A es un ángulo de oscilación inicial $ACM = \sphericalangle A$ y S es un ángulo de oscilación posterior $MCm = \sphericalangle S$ -Figura 4.2-, como $F_t = n(A - S)$.

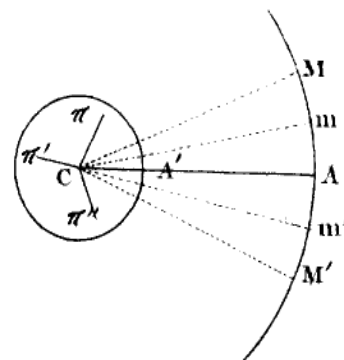


Figura 4.2

Los ángulos de torsión varían en un tiempo de oscilación dt , luego, el momento de torsión se plantea de la forma proporcional tanto al ángulo de oscilación, como al tiempo de oscilación y a un coeficiente que depende de la naturaleza del hilo, este mismo coeficiente lo toma luego Coulomb como la rigidez del hilo, mientras propone a su vez al tiempo en función de la masa y del radio del peso cilíndrico, así como de la rigidez del hilo.

4.3 Torciendo cuerdas.

En su escrito, Coulomb va a diseñar diferentes experiencias que permitan observar cómo actúa la fuerza de torsión en función tanto de la longitud como del grosor del hilo. Para esto utiliza hilos de hierro y latón, ambos con tres calibres diferentes, para ser más exactos uno, siete y doce, -es de recalcar que las unidades con que trabaja Coulomb se han convertido a unidades más familiares, a las unidades usadas por el sistema internacional de unidades (S.I), esto, para facilidad del autor-.

A continuación, como primer momento, se someten a tensión los hilos de hierro, se cuelgan cilindros de diferentes pesos en cada experiencia, un peso de media libra y otro de dos libras, se registra un mismo número de oscilaciones -veinte oscilaciones- para todas las experiencias que muestre cada cilindro después de haber sido girado, se registra también el tiempo que duran estas oscilaciones. Los datos que aparecen a continuación en la tabla 4.1 se son tomados respecto a los datos tomados del hilo de calibre doce ya que con los de calibre siete Coulomb llega a resultados muy parecidos y con el hilo de calibre uno se torna complejo trabajar y tomar datos.

Tabla 4.1: Hilos de hierro y pesos

Hilos de Hierro #	12	12	12
Peso aplicado(g)	226.796	226.796	907.184
Longitud del hilo(cm)	22.8598	58.651	Indeterminada
Angulo de torsión (°)	180	° ₀ = 1080 ° _F = 405	180
# de oscilaciones	20	Primeras 10	20

Tiempo de oscilación (s)	120	2 a 3 más largos	242
--------------------------	-----	------------------	-----

Hay que aclarar que al declarar la longitud de algunos hilos como indeterminada es porque no se definen en los apuntes de Coulomb, por lo que en este trabajo se pensara entonces que los hilos así definidos tienen la misma longitud de los otros hilos de la experiencia veintidós punto ochocientos cincuenta y nueve centímetros. De esta manera, en la mayoría de las experiencias la longitud del hilo será constante mientras se varían los pesos.

A continuación se repite la experiencia esta vez con los hilos de latón, a tres diferentes hilos de latón pero de igual longitud son sometidos bajo tensión a dos cuerpos diferentes, uno un cuarto del peso del otro, media libra y dos libras respectivamente, a los que luego se aplican diversos grados de torsión, registrando los tiempos que dure cada cilindro oscilando una cantidad de veces determinada, se muestra en la tabla 4.2, los datos del hilo número siete dado que con el hilo doce se llega a resultados muy parecidos mientras con los de calibre uno es más difícil de trabajar esto a causa de la elasticidad de las diferentes cuerdas.

Tabla 4.2: Hilos de latón y pesos

Hilos de latón N°	7	7	7	7
Peso aplicado (g)	226.796	907.184	907.184	907.184
Longitud del hilo(cm)	22.86	22.86	22.86	91.44
Grados de torsión (°)	360	360	° ₀ = 720 ° _F = 450	1080
Tiempo de oscilación (s)	57	110	111	222

# de oscilaciones	20	20	20	20
-------------------	----	----	----	----

Donde θ_0 es el grado de torsión que se aplica al cilindro y θ_F el grado en que se detiene luego de las oscilaciones. Esta variación de ángulo habla de la deformación que ha sufrido el hilo a causa de la torsión que se le administro. A lo que Ritchie se refiere en el numeral dos de su escrito (Ritchie, pág. 215) “*si por ejemplo un hilo de hierro se tuerce una cantidad de veces, este no vuelve a su estado inicial exactamente, pero permanece torcido. En hilos de vidrio por el contrario parece que no se limita esta propiedad, mientras que el hilo permanece entero*”. Sin embargo el número de oscilaciones en el tiempo para hilos de la misma longitud siguen siendo los mismos o muy cercanos. Entonces el ángulo de torsión no está afectando el tiempo de oscilaciones; de la misma forma, aunque todas las mediciones son con hilos de la misma longitud, también se hace la experiencia cambiando la distancia de algunos hilos.

Respecto a lo que se ha dicho en este capítulo se puede afirmar entonces que:

Cuando la masa varia en una relación de uno a cuatro, es decir, de media libra a dos libras entonces los tiempos de oscilación varían de uno a dos, es decir al doble del tiempo.

Cuando la longitud de la cuerda varia en una relación de uno a cuatro, es decir, alargando cuatro veces el tamaño de la cuerda entonces el tiempo aumentara de uno a dos, es decir el doble del tiempo.

Luego de las experiencias anteriores, Coulomb busca repetirlas manteniendo esta vez la misma longitud pero cambiando el grosor de los hilos, para esto se usan tres tipos de hilos tanto de hierro como de latón que luego se someten a una tensión a través de la suspensión de un cilindro de dos libras, encontrando que al examinar las experiencias, aparece entonces una relación entre las dimensiones del hilo y los tiempos de oscilación.

En el momento que se cambian las dimensiones del hilo se está cambiando también el valor de los tiempos de oscilación, más aun, se pueden llegar a los mismos tiempos de oscilación cambiando las dimensiones de los mismos hilos. Entonces podemos obtener un tiempo de

oscilación determinado con un hilo de cierta longitud y grosor, y podemos encontrar los mismos tiempos si variamos tanto la longitud como el grosor del hilo, pero si cambiamos la longitud o el diámetro del hilo los tiempos de oscilación que se obtendrán serán diferentes.

De los tiempos de oscilación Coulomb afirma que “*mientras el ángulo de torsión no sea muy considerable el tiempo de oscilación es sensiblemente isócrono*”, igualmente que “*si la tensión más o menos grande del hilo no tiene influencia sobre la fuerza de tensión F_t , la cantidad n para un mismo hilo será la misma con una tensión de media libra y una de dos libras, por consiguiente se tiene que T es proporcional a la masa M del hilo $T \propto \sqrt{M}$* ” (Coulomb, 1784, pág. 242). Al haber tiempos iguales Coulomb hace una equivalencia entre la raíz del periodo de oscilación de un péndulo y el tiempo que él propone como $\frac{l}{g} = \frac{Ma^2}{2n}$, de la que luego se hace referencia a la rigidez n respecto al peso $P = Mg$ del cilindro, a su radio a y a la longitud l del hilo que se use en la experiencia, desde la ecuación $n = \frac{Pa^2}{l}$ a partir de la cual se puede representar al momento de torsión y por consiguiente a la fuerza de torsión en la forma $F_t = \frac{Pa^2(A-S)}{l}$, dado que el peso $P = Mg$ depende de la masa M y la constante gravitacional g , se encuentra una fuerza de tensión de proporciones directas tanto a la masa como al ángulo de torsión e inversa a la distancia del hilo.

Coulomb hace manifiesto que hay una tensión causada por los giros en el hilo a partir de su torsión, que es diferente a la causada por el peso que se suspende en este, es decir, el ángulo que se gira el hilo inicialmente, por lo que la tensión T tendrá una relación directa con el ángulo de torsión θ_t , entonces, a medida que aplique en el hilo un ángulo mayor, mayor será la tensión que sufrirá el hilo.

4.4 Reflexiones generales acerca del capítulo VI.

Al girar una cuerda a partir del ángulo de torsión, el peso del sistema que habla de la tensión a la que está sometida la cuerda, su capacidad de deformación y el esfuerzo que puede generar la cuerda a causa de una acción externa, se produce una fuerza que genera el movimiento de reposición, una fuerza restitutiva que para este caso toma el nombre de *fuerza de torsión*, esta fuerza actúa sobre la cuerda a partir del momento en que se ha alterado el sistema, trasladando

cierta posición a la masa en el momento en que se deja en libertad de movimiento al cuerpo, para Coulomb (Coulomb, 1784) la fuerza es proporcional a un ángulo de torsión y depende de la longitud de la cuerda así como del peso del cuerpo que se ha suspendido.

Así, al torcer la cuerda aparece una fuerza restitutiva que aumenta a medida que aumenta la masa del cuerpo que se suspende, sin embargo, en este caso en el que se aumenta la magnitud de la masa, al quedar libre de movimiento el sistema, el ángulo con el que oscila a causa de la fuerza de torsión es mayor al que aparece cuando se usan masas de menor magnitud, mientras que los tiempos también aumentan.

Los tiempos se comportan de tal manera que si se aumenta al doble la masa del cuerpo que se suspende los tiempos aumentan cuatro veces el valor del tiempo inicial, estos tiempos de oscilación también varían respecto a las características de las cuerdas que se usen en la experiencia, de igual manera, si se aumenta la longitud de la cuerda consecuentemente aumenta el tiempo de oscilación, por ejemplo al aumentar la magnitud de la longitud de la cuerda los tiempos de oscilación tienden a aumentar.

Como los tiempos de oscilación son variables, en el momento de tomar datos se debe ser muy paciente o concentrado con el ejercicio ya que cualquier descuido puede entorpecer la recopilación de los datos y por ende los resultados de la experiencia.

Contemplar y reflexionar acerca de los tiempos de oscilación se puede detallar a la hora de repetir la experiencia cambiando alguna de las variables del sistema, ya sea la longitud de la cuerda, la misma cuerda, el ángulo de torsión, etc. Puesto que se permite evidenciar la duración de los tiempos mientras transcurre el ejercicio.

Estas experiencias permiten dar cuenta de la clase de hilo que se está usando, de su rigidez, de las tensiones que actúan sobre hilos, de las posibles deformaciones que pueden sufrir estos mismos a causa del ángulo de torsión al que se ha sometido. Así como el esfuerzo que aparece en la cuerda a causa de la torsión del hilo. Por lo que se presentan actividades que permitan al estudiante acercarse a los aspectos anteriores.

4.5 Actividades con cuerdas torcidas.

4.5.1 Un ejercicio torciendo una cuerda.

Para hacer una relación entre los tiempos de oscilación, las longitudes, las diferentes masas con que se somete la cuerda y los grados de torsión de un hilo. Se crea una actividad que promueva que los participantes de la misma interactúen entre ellos, promuevan ideas y propuestas para el desarrollo de la actividad.

Así, se comienza por suspender una masa mediante una cuerda de cierta longitud. En el momento en que el sistema cuerda-masa se equilibra y queda en reposo, se pregunta a los participantes ¿Qué pasara si se gira la masa?, ¿Cómo puede responder el sistema a una torsión en el hilo?, se ubica un punto de referencia en la masa, el cual se gira un cierto ángulo, formando una semicircunferencia perpendicular a la dirección de la longitud de la cuerda como en la Figura 4.3.

Dado que al girar la cuerda a causa de la tensión generada por el peso de la masa también se produce una fuerza de torsión, se utiliza un cronometro para medir los tiempos a partir del momento en que se da libertad de movimiento a la masa, que produce un determinado número de oscilaciones, buscando volver a su posición en reposo. Entonces se determina una cantidad de oscilaciones y se marca el tiempo que dure la cuerda en hacer estas mismas oscilaciones.

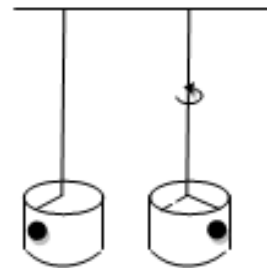


Figura 4.3

Ahora, ¿Qué paso en la actividad?, ¿Influye en algo la clase de cuerda que se use en la actividad? Y si se usa otra masa de magnitud distinta ¿Cómo puede alterar el sistema? La actividad se puede repetir las veces que se crea necesario cambiando como se desee las variables de la experiencia. Para el montaje de la actividad y la toma de datos se deben determinar los tiempos que se crean prudentes, así mismo determinar tiempos para la discusión y reflexiones alrededor de la experiencia.

La actividad permite que se enfoque la cuerda desde una característica como es el esfuerzo que genera la cuerda para volver a su estado inicial cuando actúa una tensión y una torsión sobre ella

y esto a su vez, lleva a pensar en las características elásticas y el material con el que están compuestas las cuerdas que se usan.

4.5.2 Torcer un hilo y otro hilo.

En el momento en que se piensa en actividades con torsiones se hace necesario recapacitar en torno al volumen de la cuerda que actúa y como este volumen influye en las oscilaciones que pueden aparecer a causa de la deformación que se produce en la cuerda. Se piensa también la actividad para que el estudiante se acerque a los demás compañeros y participe de acciones grupales buscando ver cómo actúa la cuerda a causa de la torsión.

De la misma forma que en la actividad anterior, se suspende una masa a un hilo y mientras se permite que quede en reposo, se pide a los estudiantes que describan los diferentes hilos. Luego, cuando el sistema se ha equilibrado se tuerce un cierto ángulo la masa –como en la Figura 4.3- y se deja en libertad para que oscile, por lo que se indica a los estudiantes que cuenten dos oscilaciones y el tiempo que estas duran. A partir de lo que se hacen cuestionamientos acerca de ¿Qué paso con las oscilaciones en cada hilo?, ¿Cuál cuerda se demora mas en oscilar?, ¿Cómo se relacionan las características de los hilos con las oscilaciones de las cuerdas?

A esta sección de la actividad se deben dar unos tiempos apropiados para que el participante pueda tomar los tiempos de oscilación, responder las preguntas y hacer un análisis en torno a la experiencia y las diferentes respuestas que se den por parte de los estudiantes.

A continuación se repite la experiencia el número de veces que se considere necesario adhiriendo un hilo en cada repetición. Al respecto se cuestiona al estudiante sobre ¿Qué sucedió con las oscilaciones al aumentar el número de hilos? ¿Que sus con los tiempos de oscilación?, ¿Con todos los hilos sucedió lo mismo?, ¿Qué hilos se comportaron diferente al aumentar su número y girarlos el mismo ángulo? Al igual que en la primera parte de la actividad se establecen unos tiempos considerables para cada repetición del ejercicio, así como para la adición de los hilos cada vez que se repite el ejercicio y la toma de tiempos. de la misma manera se deben dar unos tiempos apropiados para la resolución de las preguntas propuestas y una reflexión en torno tanto a lo sucedido en la experiencia como a lo que respondieron los participantes de la actividad.

4.5.3. Torciendo un hilo con una brújula.

Una característica de una cuerda elástica es se pueda torce por lo que se busca desarrollar una actividad en la que se identifique la torsión que se presenta en una cuerda que está sometida a una tensión dada. La actividad también busca que se relacionen los diferentes materiales con los que está construida una cuerda con el grado de torsión que se puede generar en la cuerda, así como el número de oscilaciones que aparece en la cuerda a causa del esfuerzo de la cuerda por restituirse y la deformación con la que puede quedar la cuerda una vez vuelve a su estado en reposo.

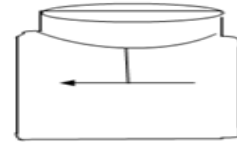


Figura 4.4

Para la actividad se hace un agujero en el centro de la tapa de un frasco, por el que se suspende un hilo haciendo un nudo que sea de diámetro mayor al del agujero de la tapa para que sostenga el hilo, mientras se ata el otro extremo del hilo al centro de un imán largo, de manera que al suspenderla quede en equilibrio.

Se introduce al imán en el frasco y se cierra, observando que el imán en el interior del frasco quede suspendido y en equilibrio, como muestra la Figura 4.4 a continuación se interroga a los participantes acerca de ¿Qué pasaría si se gira el frasco?, ¿Cuál sería el comportamiento de la cuerda que sostiene el imán? Para la construcción de los instrumentos se deben dar unos tiempos apropiados de la misma forma que para contestar las preguntas.

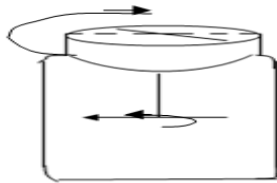


Figura 4.5

Cuando el imán allá llegado al equilibrio -cuando el imán se quede quieto marcando al norte magnético de la tierra-, gire el frasco un ángulo respecto a la posición de la aguja y observe lo que sucede. ¿Qué sucedió? ¿Qué paso en la cuerda?, ¿En que otros casos puede pasar algo parecido en la cuerda?, ¿Cómo influye la cuerda a lo que sucede en la experiencia? Para esta segunda parte de la actividad también deben ser pensados unos tiempos acordes

Se deben considerar los tiempos para la construcción de la brújula, así como para que los estudiantes respondan las preguntas propuestas y la discusión que se hace posteriormente se haya terminado la actividad.

CAPITULO V. Consideraciones Finales: Por qué la cuerda permite la propagación de estas acciones

Las cuerdas son un medio, pero ¿Qué clase de medio?, para responder a esta pregunta y de acuerdo con F. Hermann (Hermann, 2003, pág. 42) en su trabajo *Der Karlsruher Physikkurs* *energía, cantidad de datos, cantidad de movimiento, entropía, campos* “*las cuerdas conducen el momentum únicamente en un solo sentido*”, entonces, las cuerdas se convierten en un medio conductor de momentum, sin embargo, dada la rigidez de las mismas, solo fluye momentum por la cuerda cuando se tensiona y no cuando se genera presión en ella. Esta parte conduce a pensar en la tensión como la fuerza o flujo de momentum que según Hermann “*Aun hoy en día se utiliza ampliamente el nombre de fuerza para la magnitud de F ; en el fondo es más común que el nombre de flujo de momentum. Es necesario, por lo tanto, que nos acostumbremos a su uso*”. Así mismo este momentum se encuentra relacionado a la tensión y las características elásticas de las cuerdas.

La cuerda es pensada como un medio de propagación de acciones que ligadas a la tensión, el volumen de la cuerda o las posibles deformaciones que pueda sufrir, de la misma forma respecto a las fuerzas aplicadas al sistema. Las cuerdas son un medio que se configura respecto a los diferentes materiales que conforman a la cuerda, lo que pueden hacer variar su elasticidad, volumen, flexibilidad

Es necesario hacer una reflexión relacionada a los medios de propagación y medios continuos, que nos permita visualizar el papel que está jugando las cuerdas en cada uno de los estudios antes mencionados, así como hay cuerdas hechas de pequeñas fibras en donde cada fibra ocupa una sección de espacio de la cuerda, el tensor de esfuerzos permite hacer un acercamiento mediante la discretización de la cuerda.

En los medios continuos cuando se piensa en las cuerdas como algo material, tangible, de tal manera que la materia que conforma la cuerda ocupa todo el espacio de la misma, sin dejar poros o espacios vacíos, de igual forma, se pueden tomar una fracción de esta haciendo tantos cortes

transversales o tangenciales como se desee y tomar una sección de volumen si se busca indagar desde la constitución de la cuerda, su densidad, elasticidad, que de igual manera permite pensar en los estados de deformación que pueda tomar el cuerpo y los esfuerzos que se puedan generar para llegar a estos estados, cosa en la que los señores LaGrange y Morh (R., 2009), entre otros, colaboran plasmando bajo una gran razonamiento su trabajo y quienes piensan, así como dicen Castillo y compañía respecto a palabras de Duhem (J. Carlos Castillo, pág. 8), “*Para LaGrange, los cuerpos son cuerpos continuos, donde sus diversos elementos, impenetrables, se obstaculizan los unos a los otros en sus movimientos.*” O Cadavid (R., pág. 118) “*el círculo de Morh entrega información rápida relacionada con la transformación del estado de tensiones...*”, a partir de la deformación que puede sufrir una cuerda mediante la torsión hace meditar respecto a los diferentes estados, tanto de movimiento como de esfuerzo, en cualquiera de las secciones de la cuerda o mediante la evolución de sus coordenadas espaciales durante un periodo de tiempo. Esta deformación será o no permanente respecto a la cantidad de elasticidad que tenga el cuerpo, lo que permitirá al cuerpo volver a su estado inicial o permanecer deformado luego de haber dejado de aplicar en el cuerpo una fuerza externa.

Si las cuerdas son los medios ¿se podría afirmar que el medio se altera respecto a la estructura de las cuerdas? La cuerda puede ser de cualquier material y esto cambiara por completo los resultados de las observaciones, pueden ser un conjunto de fibras entorchadas que forman un solo cuerpo cilíndrico y elástico, sin embargo, el material del que está conformada la cuerda, ya sea de fibras naturales o de materiales sintéticos -polímeros-, puede variar y con esto la configuración de la cuerda, también se piensa respecto a su estructura particular, en este caso también depende del material de las cuerdas ya que una cuerda de acero tendría propiedades diferentes a las que pueda tener una de cobre, de aluminio o hierro.

Aunque cada una de las cuerdas que se mencionan anteriormente son elásticas, su cantidad de elasticidad si es diferente, de la misma forma que en ellas cambian también los esfuerzos que pueden producir a causa de fuerzas externas aplicadas, lo que se puede observar en las posibles deformaciones o fracturas que se proporcionen.

Reflexiones generales sobre los resultados de la implementación

El grupo de trabajo con quienes se desarrollaron algunas de estas actividades estuvo conformado por seis estudiantes de ciclo cuatro, Se observó que los estudiantes mostraron interés al interactuar con las cuerdas en el transcurso de la actividad, de lo que se puede observar que los estudiantes se guían en el trabajo experimental. Se observa que los muchachos se confunden con el despeje de ecuaciones, pero al desarrollar las sesiones los estudiantes van relacionando las ecuaciones y el fenómeno en sí, esto permite replantearse las actividades que se proponen.

Algunos estudiantes recalcan la interacción entre ellos y la cuerda a causa de lo que sentía en las manos, a lo que se recalcó la fricción y las variaciones térmicas. Al pensar en cómo se efectúa la fuerza, los estudiantes piensan en que son de carácter físico y mental, sin profundizar en ninguno de los conceptos. Cuando se pide que piensen en las cuerdas, los estudiantes las clasifican desde su color, su longitud, hablan también del peso de las cuerdas, se observa que al emplear nuevo lenguaje con los estudiantes, ellos son receptivos, aunque pueden caer en una acción mecánica repitiendo el termino sin caer en cuanta de lo que se trata a profundidad, sin embargo, es claro que se deben aclarar los términos que se usan dentro del lenguaje científico y sus respectivos significados.

Los estudiantes que estuvieron en las primeras sesiones se muestran más animados para el desarrollo de las actividades a causa, posiblemente, de que se familiarizan con las dinámicas de las actividades.

Aunque lo muchachos que estuvieron antes participan un poco más, los estudiantes que entran a ahora muestran cierto desinterés tanto para participar en la actividad como para participar en la reflexión de la misma, desinterés que aunque se reduce en el transcurso de la sesión, se hace manifiesto esporádicamente, lo que permite genera una reevaluación de las actividades Se observa que los estudiantes intentan usar diferentes posiciones del cuerpo para buscar aplicar más fuerza durante el desarrollo de las actividad, dan diferentes explicaciones al respecto de igual manera que las ideas enfocadas en la idea de tensión.

Al acercar a los estudiantes a las diferentes cuerdas, ellos clasifican las diferentes cuerdas según su material y las características que cada una de ellas tienen, como su elasticidad, su color, su rigidez, su grosor, entre otros, la densidad proporcionada por el material de cada cuerda, etc.

Los conceptos aunque en la discusión parecen claros, en la argumentación no se observa coherencia con lo desarrollado en la sesión. Se recalca la ausencia intermitente de algunos estudiantes, que los estudiantes pueden estar en una clase pero en la siguiente no.

Algunos estudiantes pueden manifestar desinterés esporádico, lo que manifiestan acostándose en los puestos a dormir o evitando entrar a la actividad. Al analizar las cualidades de las diferentes cuerdas, tratan de describir las características elásticas de las diferentes cuerdas a partir de la facilidad de cada una para alongarse y su respectiva rigidez, sin embargo, pueden fallar a la hora de tener argumentos para sostener una afirmación. En la reflexión parece quedar clara la idea, más aun, ellos dan otros ejemplos donde puede pasar algo similar al fenómeno estudiado en la actividad.

Los estudiantes se ven interesados por actividades que sean más dinámicas y que puedan interactuar de una manera más activa, ya que hay actividades que requieren más de paciencia, son menos dinámicas y también –supongo- por la facilidad que tienen los estudiantes para distraerse, algunos de los estudiantes se desaniman.

Fue necesario re establecer las actividades, los tiempos estipulados fueron cortos en relación a los tiempos que se invirtieron, dado que fuera porque se extendían los tiempos del análisis y la discusión de las diferentes actividades o por los tiempos que se tomó la institución para otras gestiones.

Conclusiones

Es de resaltar la complejidad de la población con la que se llevo a cabo la unidad, lo jóvenes pueden estar tomando apuntes y de un momento a otro dejar de hacerlo, enfocando su atención en cualquier otra cosa, a lo que se está atento para buscar reenfocar la atención del estudiante, o entrar a la clase y quedarse en la silla durante toda la clase sin participar –aunque se le pida que lo haga-, ni hacer alguna clase de movimiento, ya sea hablar o escribir, así como los muchachos que después de diez minutos están durmiendo es sus puestos, respecto a lo que también se reflexionó con los estudiantes, lo que pudo causar que, así como algunos de los jóvenes que llegaban a dormir prefirieran no ingresar a clase, otros optaron por dejar de hacerlo. También es de tener en cuenta que los estudiantes se ven con la libertad de ir y venir cuando quieran dado que también viven en esta institución.

A la hora de desarrollar las actividades los estudiantes pueden seguir instrucciones puntuales con las que deben proceder en el instante, sin embargo, al dar diferentes instrucciones para desarrollar en tiempos extra clase no se observa que allá ninguna clase de continuidad por lo que no se observa que se desarrolle ningún trabajo fuera del aula. Al estudiar las bitácoras que se encuentra que los estudiantes no toman apuntes, se les ah pedido que se escriba todo lo que suceda en cada una de las actividades, lo que se ve es que los estudiantes solo han copiado cosas de lo que se escribió en el tablero en su momento, muchas de las preguntas que se presentaron durante las actividades están sin contestar, aunque durante las discusiones que se hacían en torno a cada actividad se notara coherencia en las respuestas, sin embargo, los estudiantes no escriben.

La falta de participación de los estudiantes se ha recalcado durante las actividades, por lo que en el momento de pensar en posibles opiniones, posturas o propuestas que refuercen la unidad didáctica no se han encontrado muchas opciones, algunos de los estudiantes que hablaron al respecto dan su punto de vista positivo recalcando cosas de una u otra actividad, aunque no aparecen propuestas para mejorar o cambiar en la propuesta por parte de los estudiantes.

Aunque este escrito se creó pensando en nociones de la mecánica clásica, también se encuentran algunas características de las cuerdas en otros campos de la Física que se invita al lector a reflexionar al respecto.

Bibliografía

- Ávila León, L. C. (1996). *Vibración en cuerdas (Proyecto de grado)*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional. Facultad de Ciencia y Tecnología. Departamento de Física.
- Bronowski, J. (1973). *El ascenso del hombre*. Londres: Península.
- Coulomb, M. (1784). Recherches Théoriques Et Expérimentales. *L'Académie Royale* , 43.
- Couso, D. B.-B. (2005). *Unidades didácticas en ciencias y matemáticas*. Bogotá: Magisterio.
- Dominguez, A. I. (1997). *Análisis Estructural*. México, D. F.: Instituto Politecnico Nacional. Direccion de Publicaciones y Materiales Educativos.
- García Montes, E. y. (2001). *Educación física a través del juego: Primería: Materiales no convencionales: Propuesta de juegos con: Globos, cuerdas, papeles, embases y saquitos*. Madrid: Gymnos.
- García-Vesga, M. C. (2013). Desarrollo teórico de la Resiliencia y su aplicación en situaciones adversas: Una revisión analítica. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niños y Juventud* , 63-77.
- Giancoli, D. C. (2006). *FÍSICA Principios y Aplicaciones*. México: Pearson Educación .
- Hermann, F. T. (2003). *Der Karlsruher Physikkurs. Energía, Cantidad de datos, Cantidad de movimiento, Entropía, Campos*. . Alemania, traducción en Santiago de Chile: Universidad de Karlsruhe.
- Hooke, R. (1678). *Lectures Des Potentia Restitutiva or of Spring Explaining the Power of Springing Bodies*. Londres: Royal Society.
- J. Carlos Castillo, M. M. (2012). El tensor de esfuerzos. Un análisis epistemológico desde una perspectiva pedagógica. *nodos y nudos*, 16.
- LAMÉ, M. (1866). leçons sur la théorie mathématique de l'élasticité des corps solides. En M. LAMÉ, *leçons sur la théorie mathématique de l'élasticité des corps solides* (pág. 400). Paris : L'ÉCOLE IMPÉRIALE POLYTECHNIQUE.
- M. Arcà, P. G. (1990). *Enseñar Ciencia cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base*. Barcelona: Paidós. SAICF.
- Ochoa Moya, D. D. (2004). *El péndulo en Newton, Hamilton y los sistemas caóticos*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional. Facultad de ciencia y tecnología. Departamento de física.

- Peacock, G. (1855). *Miscellaneous Works of The Late Thomas Youg, M.D., F.R.S., &co., and One of The Eigth Foreign Associates of The National Institute of France*. Londres: Jhon Murray, Albemarle Street.
- R., J. H. (2009). *Mecánica del medio continuo: una iniciación* . Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- Ritchie, W. (1830). On the Elasticity of Threads of Glass, with Some of The Most sefull Applications of this Property of Torsion Balances. *Royals society*, 222.
- Robert Resnick, D. H. (2001). *Física Vol.1*. México: Continental. S.A.
- Rodríguez T, M. U. (1996). *Introducción al tema de ondas a la educación básica secundaria*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional. Facultad de Ciencia y Tecnología. Departamento de Física.
- Vedia, L. A. (1986). *Mecánica de Fractura*. Buenos Aires: Proyecto Multinacional de Investigación y Desarrollo en Materiales OEA-CNEA.