



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN OBJETO VIRTUAL DE
APRENDIZAJE COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA
LA ENSEÑANZA DE LA FORMACIÓN DE IMÁGENES EN
ESPEJOS ESFERICOS**

Iván Andrés Torres Salazar

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2014

DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAJE COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA FORMACIÓN DE IMÁGENES EN ESPEJOS ESFERICOS

Iván Andrés Torres Salazar

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director (a):

Ph.D. Freddy Alberto Monroy Ramírez

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2014

A mi familia por el apoyo incondicional que a diario me ofrece, en especial a mi esposa que siempre me alienta a seguir, a mis hijos y mis padres quienes motivan mi caminar.

Leo, tu partida no fue en vano, nos inspiró a iniciar este camino...

Agradecimientos

Al Ph.D. Freddy Alberto Monroy Ramírez, profesor del departamento de Física de la Universidad Nacional de Colombia, porque desde el principio acogió mis ideas valorándolas y dándoles mucha importancia, por estar siempre muy pendiente y por tenerme en cuenta para participar en eventos académicos que me permitieron adquirir muchos conocimientos y compartir con investigadores de muchas partes.

Al Ingeniero en Sistemas Jhon Freddy Fonseca docente del área de tecnología del colegio Arborizadora Alta I.E.D quién me apoyó con sus conocimientos de programación en el desarrollo de esta herramienta y en mi formación profesional, también por su diligencia y espíritu de colaboración.

Resumen

En este trabajo se presenta un Objeto Virtual de Aprendizaje el cual es un software diseñado en el lenguaje de programación Visual.net que orienta a los estudiantes de educación básica y media hacia el estudio del comportamiento de la luz (Modelo de Rayos) cuando incide sobre un espejo esférico, esto mediante el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, adicionalmente este software permite al estudiante construir la imagen de cualquier objeto en distintas situaciones de tal forma que el estudiante o usuario esté en condiciones de describir las imágenes formadas. El software está diseñado para que el estudiante escriba sus predicciones a partir del planteamiento de una situación determinada, de tal forma que al final de cada presentación confronte su hipótesis con el resultado. Lo anterior está enmarcado dentro de la Metodología de Aprendizaje Activo.

Palabras clave: Objeto Virtual de Aprendizaje, Metodología de Aprendizaje Activo, Óptica, Espejos, Imágenes, Reflexión, Rayos.

Abstract

In this paper, a Virtual Learning Object which is a software designed Visual.net the programming language that guides students in primary and secondary education to study the behavior of light (Model -ray) occurs when incident on a spherical mirror, this by the use of Information Technology and Communication, additionally this software allows the student to build the image of any object in different situations so that the student or user is able to describe the formed images. The software is designed for students to write their predictions from the approach to a particular situation, so that at the end of each presentation confronts his hypothesis with the result. This is framed within the Active Learning Methodology.

Keywords: Virtual Learning Object, Active Learning Methodology, Optics, Mirrors, Pictures, Reflection, rays.

Contenido

	Pág.
Agradecimientos	VII
Resumen	IX
Lista de figuras	13
Introducción	15
Capítulo 1 : JUSTIFICACIÓN	19
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
DELIMITACIÓN DEL TEMA.....	19
OBJETIVOS.....	21
Objetivo General.....	21
Objetivos Específicos	21
Capítulo 2 : HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA DE LA ÓPTICA GEOMÉTRICA	23
Capítulo 3 : ASPECTOS DISCIPLINARES EN ÓPTICA GEOMÉTRICA	31
RAYO DE LUZ	31
FRENTE DE ONDA.....	32
PRINCIPIO DE FERMAT	33
REFLEXIÓN DE LA LUZ.....	35
ESPEJOS ESFÉRICOS	38
FORMACIÓN DE IMÁGENES EN ESPEJOS ESFÉRICOS	39
CARACTERIZACIÓN DE LA IMAGEN	45
Capítulo 4 : PROPUESTA DIDÁCTICA	49
METODOLOGÍA DEL APRENDIZAJE ACTIVO	50
LENGUAJE TOTAL Y APRENDIZAJE ACTIVO	56
ACERCA DE LOS OVA.....	57
Capítulo 5 : EL OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAJE (OVA)	59
DISEÑO DEL OVA.....	59
ELABORACIÓN DEL OVA.....	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67

Bibliografía	71
---------------------------	-----------

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2-1 Telescopio de Galileo Galilei 1610.....	23
Figura 2-2 Historia de la Óptica (Línea del tiempo parte A).....	25
Figura 2-3 Línea del tiempo (Historia de la óptica parte B)	26
Figura 2-4 Historia de la Óptica (Línea del tiempo parte C)	27
Figura 2-5 Cámara Oscura	28
Figura 2-6 Holografía.....	29
Figura 2-7 Cable de Fibra Óptica.....	29
Figura 2-8 Sección de un cable de Fibra Óptica	30
Figura 3-1 RAYOS DE LUZ	32
Figura 3-2 Frentes de Onda en el Agua.....	32
Figura 3-3 Esquema que representa la afirmación de Herón de Alejandría	33
Figura 3-4 Esquema que representa la afirmación de Fermat (1657)	33
FIGURA 3-5 Reflexión de un rayo de luz	36
Figura 3-6 6 a) Espejo Cóncavo b) Espejo Convexo.....	39
Figura 3-7 Imagen formada en un espejo Cóncavo	40
Figura 3-8 Imagen formada en un espejo Convexo	41
Figura 3-9 a) Formación de imágenes	42
Figura 3-10 Geometría de la formación de imágenes en espejos esféricos	43
Figura 3-11 Geometría de la formación de imágenes en un espejo cóncavo (Parte b)	44
Figura 3-12 Rayos Reales y Virtuales.....	46
Figura 3-13 Imagen Real	47
Figura 4-1 Elementos del lenguaje total interrelacionados con los elementos del aprendizaje activo.....	51
Figura 4-2 Pirámide de Aprendizaje Activo (Cono del Aprendizaje)	55
Figura 4-3 Ciclo básico de los componentes del lenguaje.....	56
Figura 4-4 Interrelación de los componentes del lenguaje	57
Figura 5-1 Estructura del OVA	60
Figura 5-2 Codificación del Menú Principal	61
Figura 5-3 Menú Principal.....	61
Figura 5-4 Línea 1: Introducción	62

Figura 5-5 Línea 2 (Rayos Notables espejo Cóncavo)	63
Figura 5-6 Editor Gráfico del OVA.....	63
Figura 5-7 Video de la práctica	64
Figura 5-8 Simulación (Applet).....	65
Figura 5-9 Confrontación	66

Introducción

La elaboración de cualquier material didáctico en Colombia debe tener en cuenta los estándares establecidos por el Ministerio de Educación, por tanto para la elaboración del OVA¹ fue necesario tener en cuenta uno de los estándares básicos de competencias en ciencias naturales para un estudiante de grado noveno que, según el Ministerio de Educación Nacional, dice: “Reconozco y diferencio modelos para explicar la naturaleza y el comportamiento de la luz” (Ministerio de Educación Nacional (MEN), 2004). Cuando se habla de “modelos” para explicar el comportamiento de la luz, obligatoriamente se debe estudiar el modelo de rayos que es muy importante para entender muchos fenómenos que ocurren en la cotidianidad, incluyendo la formación de imágenes, sin embargo la enseñanza de estos modelos a través de los años no ha cambiado mucho ya que la principal herramienta para dicho estudio sigue siendo el tablero. En esta forma de enseñar el estudiante tiene un papel completamente pasivo que puede terminar en que el estudiante no solo no cumpla lo señalado en el estándar citado, sino que tampoco tenga algún interés por el estudio de las ciencias y en particular de la luz, su naturaleza y comportamiento.

La enseñanza de las ciencias naturales debe incluir al estudiante no solo como un actor importante sino como el protagonista, y por ende su papel debe ser activo dentro de su proceso de aprendizaje, tal y como lo plantea y desarrolla la UNESCO en su manual ALOP (Active Learning in Optics and Photonics) propuesta que se lleva aplicando en países en desarrollo desde el año 2006, aunque la iniciativa empezó

¹ Objeto Virtual de Aprendizaje

desde el año 1999, fortaleciendo disciplinadamente a docentes y dotándolos con material didáctico e ideas para la enseñanza de la óptica. En Colombia los docentes y estudiantes de pregrado y postgrado se han preocupado por la enseñanza en forma no “tradicional” de la óptica, en la Universidad Nacional, por ejemplo, se han presentado algunos trabajos de grado de Maestría con este enfoque, entre los cuáles se mencionan los siguientes: “*Diseño, construcción e implementación de una herramienta didáctica para abordar algunos conceptos fundamentales de óptica geométrica*”. (Herrera Pérez, 2012), “*Revisión de conceptos de óptica para la construcción y comprobación de espejos curvos*”. (Vásquez León, 2011), trabajo que propende por el fortalecimiento conceptual de los docentes de Física y “*La enseñanza de los fenómenos de óptica geométrica a estudiantes de undécimo grado desde la perspectiva del aprendizaje activo*”. (Rojas Sánchez, 2011).

El OVA se desarrolló inicialmente para ser utilizado por los estudiantes de la educación media del colegio distrital I.E.D. Arborizadora Alta J.M. con el objetivo Mejorar en dichos estudiantes la comprensión de los conceptos que subyacen en la óptica Geométrica, a partir de la implementación de las TIC² y por medio de la MAA³. A partir de la implementación de esta herramienta se espera que un estudiante de dicha institución este en capacidad de obtener y describir imágenes de distintos objetos, comprender los conceptos de reflexión en espejos esféricos, rayos notables y formación de imágenes en dicha clase de espejos y confrontar los resultados obtenidos en una simulación computacional con una práctica real. Es importante señalar que el OVA no pretende reemplazar al docente ni mucho menos convertirse en una “formula” que funciona por sí sola, el papel del docente sigue siendo muy importante ya que este debe ser un mediador y guía de todo el proceso “*El profesor es una guía del proceso de aprendizaje*” (UNESCO, 2006).

El OVA consta de un Menú de inicio en el que se presentan las siguientes opciones (Líneas):

² Tecnologías de la Información y la Comunicación

³ Metodología del Aprendizaje Activo

Capítulo 1 (Conceptos Preliminares), En este capítulo se presentan algunos conceptos básicos que el estudiante debe tener como ideas previas o preconceptos para abordar el OVA, aquí se presentan en forma de glosario con algunas ilustraciones.

Capítulo 2 (Rayos Notables en espejos Cóncavos)

Capítulo 3 (Rayos Notables en espejos Convexos)

Capítulo 4 (Formación de Imágenes en espejos Cóncavos)

Capítulo 5 (Formación de Imágenes en espejos Convexos)

Cada una de las líneas contiene los pasos que se plantean en la MAA: Planteamiento del problema, Predicciones Individuales, Predicciones Grupales, Demostración, Confrontación.

Teniendo en cuenta que según el Manual ALOP, la metodología de aprendizaje activo presenta ocho pasos, en este aspecto el presente OVA tiene una limitación ya que en el solo se consideran cinco de los ocho pasos, sin embargo el docente si puede aplicarlos mientras guía todo el proceso.

El desarrollo de esta herramienta demanda de un conocimiento amplio en tres áreas del conocimiento muy importantes:

1. FÍSICA: El conocimiento disciplinar parte del manejo adecuado del tema, lo que es fundamental para así evitar cambiar las ideas equivocadas de los estudiantes por unas aún más equivocadas.
2. DIDÁCTICA: Tener claras las virtudes de las distintas estrategias y sus debilidades, elegir una y ajustarla adecuadamente sin alterar sus propiedades e identificar sus efectos.
3. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN COMPUTACIONAL: Pretender enseñar cómo se enseñaba hace 10 o 20 años es una pretensión equivocada, es importante ingresar en el “habitar” de los estudiantes de la actualidad, es decir los medios electrónicos como la computadora. La fusión de estos elementos da como resultado el OVA ya descrito

Capítulo 1 : JUSTIFICACIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En grado undécimo normalmente está planteada la enseñanza de la óptica geométrica, y en particular la formación y descripción de las imágenes en los espejos esféricos, en la cual se han podido identificar una serie de dificultades en los estudiantes del colegio Distrital Arborizadora Alta Jornada Mañana. La mayoría de los estudiantes no logran entender cómo se forma una imagen en un espejo esférico, así como tampoco conceptualizan a fondo su descripción, para ellos los diagramas de rayos que se muestran son muy abstractos. Además, interpretar cuando o bajo qué circunstancias una imagen es virtual, real, derecha, ampliada o reducida, les parece algo que no tiene mucho sentido, ni utilidad. Lo anterior se aumenta si dichos tipos de imágenes se plantean desde las condiciones que deben cumplir las distancias imagen, objeto o focal.

DELIMITACIÓN DEL TEMA

A nivel de secundaria el ministerio de educación tiene claramente definidos los lineamientos curriculares para la enseñanza de la física en el grado undécimo. La óptica es uno de los temas más ampliamente considerado en estos lineamientos (Ministerio de Educación Nacional (MEN), 2004), sin embargo algunos docentes de secundaria que no conocen a fondo su importancia no la enseñan minuciosamente, por esta razón generalmente le dedican muy poco tiempo a ella y se enseña de manera superficial o insuficiente. De otra parte, los contenidos de óptica programados para el grado undécimo son excesivamente extensos ya que entre otros involucra temas como la óptica geométrica y la óptica ondulatoria, los cuales requerirían una alta inversión de tiempo y dedicación para su enseñanza a nivel de secundaria. Dentro de la óptica geométrica uno

de los temas relevantes y menos intuitivos es el de la reflexión de la luz en espejos esféricos, tema que normalmente se enseña muy superficialmente, lo que implica un aprendizaje meramente memorístico y numérico, alejándose de un aprendizaje conceptual y fenomenológico que es el ideal para muchachos de las edades consideradas. Por lo anterior este trabajo se limitó a diseñar una estrategia para la enseñanza de la formación de imágenes de diferentes objetos mediante espejos esféricos exclusivamente, ya que la formación de imágenes mediante espejos planos es más intuitiva.

En la Universidad Nacional de Colombia se encuentran varios trabajos finales de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales dedicados a la elaboración de estrategias didácticas, software educativo, implementación de herramientas entre otros, para la enseñanza de la óptica a nivel escolar, entre otros, se mencionan los siguientes:

- Diseño, construcción e implementación de una herramienta didáctica para abordar algunos conceptos fundamentales de óptica geométrica. (Herrera Pérez, 2012)
- Revisión de conceptos de óptica para la construcción y comprobación de espejos curvos. (Vásquez León, 2011)
- La enseñanza de los fenómenos de óptica geométrica a estudiantes de undécimo grado desde la perspectiva del aprendizaje activo. (Rojas Sánchez, 2011)

En los trabajos mencionados anteriormente existen elementos y consideraciones que fueron de gran ayuda en la elaboración de este trabajo.

OBJETIVOS

El desarrollo de un software de estas características obedece a unos planteamientos y finalidades evidenciados en el objetivo general y los objetivos específicos que se exponen a continuación.

Objetivo General

Mejorar en los estudiantes del colegio Arborizadora Alta I.E.D⁴ Jornada Mañana la comprensión de los conceptos que subyacen en la óptica Geométrica, a partir de la implementación de las *TIC* y por medio de la metodología de aprendizaje activo.

Objetivos Específicos

- Construir con los estudiantes los conceptos de reflexión en espejos esféricos, rayos notables y formación de imágenes en dicha clase de espejos, con un Objeto Virtual de Aprendizaje (*OVA*) aplicando la metodología de aprendizaje activo.
- Inducir al estudiante a obtener y describir imágenes de distintos objetos aplicando la *MAA* por medio de una simulación computacional.
- Promover que el estudiante corrobore y confronte los resultados obtenidos en el *OVA* con situaciones reales utilizando material de laboratorio en una práctica experimental o en una *CID*⁵.

⁴ Institución Educativa Distrital

⁵Clase Interactiva Demostrativa

Capítulo 2 : HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA DE LA ÓPTICA GEOMÉTRICA

El hombre siempre ha sentido curiosidad por saber y entender el por qué es posible ver y distinguir los objetos, por ello muchas fueron las hipótesis que trataron de explicar este fenómeno. Es posible empezar a hablar de Óptica Geométrica casi que simultáneamente con el estudio de las lentes, en donde los primeros fenómenos que fueron objeto de estudio fueron la reflexión, la refracción y la formación de imágenes.

El hombre no tardó mucho tiempo en comprender muchos de los conceptos que encierra cada fenómeno y por tanto pudo formular principios, teoremas y leyes, las cuales dieron como consecuencia la construcción de instrumentos ópticos como el telescopio, el microscopio y el espectroscopio, elementos que han ido evolucionando hasta ser hoy día bastante sofisticados y muy utilizados en las investigaciones actuales.

Figura 2-1 Telescopio de Galileo Galilei 1610

(Hernández, 2004)



En la antigüedad el hombre también se interesó por este tipo de fenómenos, sin embargo es muy difícil tener certeza sobre ello ya que no existen registros que respalden esta afirmación, sin embargo se han encontrado algunos elementos que hacen pensar esto, por ejemplo en las antiguas tumbas egipcias fueron hallados algunos espejos metálicos, los cuáles se cree fueron usados para desviar los rayos del sol.

En muchas culturas antiguas se han encontrado lentes que fueron usadas como lupas e inclusive para generar fuego. *“Los hallazgos arqueológicos demostraron que fueron utilizadas para hacer las pequeñas inscripciones que aparecieron en objetos hallados en las esfinges de la Tumba de Minos, en Egipto. En Pompeya se halló una lente de 5 cm. de diámetro y se sabe que 3000 años a. C. en Mesopotamia se hacían lentes plano-convexas y biconvexas (algunas se conservan en museos como el de Berlín). Lo mismo ocurría en Creta donde se utilizaban como objetos sagrados para encender el fuego”* (PTIEM, 2001)

En las Figuras 2-2, 2-3 y 2-4 se describen los principales acontecimientos de la óptica geométrica hasta el siglo VI.

Muchos filósofos de la antigüedad dividieron sus opiniones con respecto a la facultad de “ver” los objetos, los pitagóricos crían que los ojos lanzan algo parecido a una proyección sobre los objetos *“la visión es causada por la proyección de imágenes lanzadas desde los objetos hacia los ojos”*. (PTIEM, 2001). Otros aseguraban que el ojo enviaba algo parecido a un *“tentáculo”* lanzado desde el ojo como creía el mismo Euclides. Otros creían que son los objetos quienes envían algún tipo de señal como el griego Epicuro quien afirmaba *“de los objetos brotan partículas que hieren los ojos e impresionan la vista.”*. (PTIEM, 2001)

Por su parte Aristóteles no creía en ninguna de las dos hipótesis, él pensó que el responsable de la visión era el medio mas no directamente el ojo o el objeto. Aristóteles aseguraba que la oscuridad era debida a el reposo del medio y que cuando un objeto hay *“Lumbre”* por parte del objeto, el medio es excitado y se produce la visión.

En la edad media fueron los árabes quienes adelantaron estudios en óptica puesto que esta rama de las ciencias naturales formaba parte de la medicina y las enfermedades del ojo humano era una de sus prioridades, estudiando a fondo el ojo, sus enfermedades y desarrollando elementos ópticos que permiten corregir dichas enfermedades.

El más importante expositor de la óptica árabe fue el iraquí Al-Haitham (965-1039) quien es considerado como el padre de la óptica moderna, fue el primero en hacer un análisis detallado y correcto de la cámara oscura. (PTIEM, 2001), ver Figura 2-5.

Figura 2-2 Historia de la Óptica (Línea del tiempo parte A)

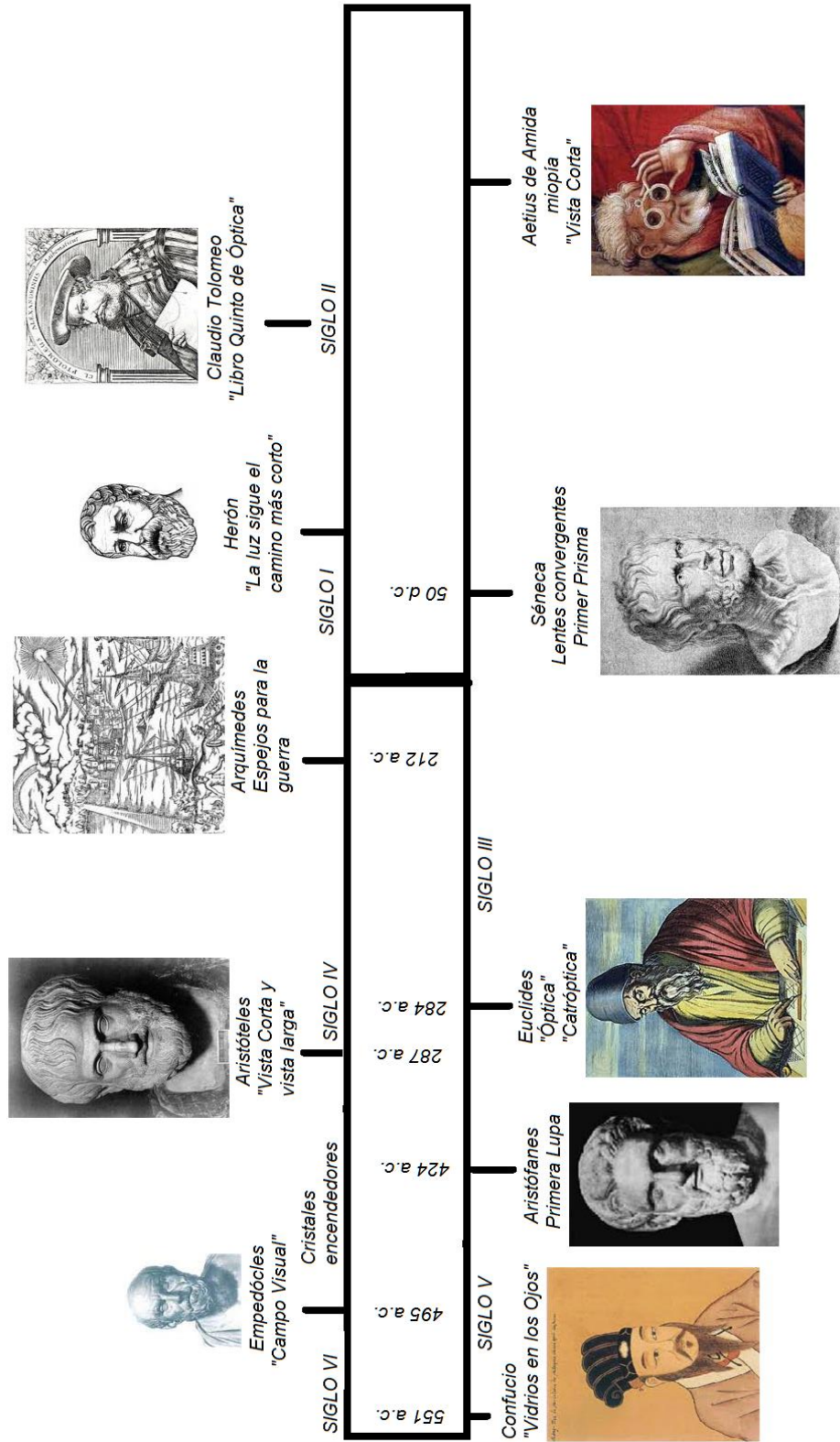


Figura 2-3 Línea del tiempo (Historia de la óptica parte B)

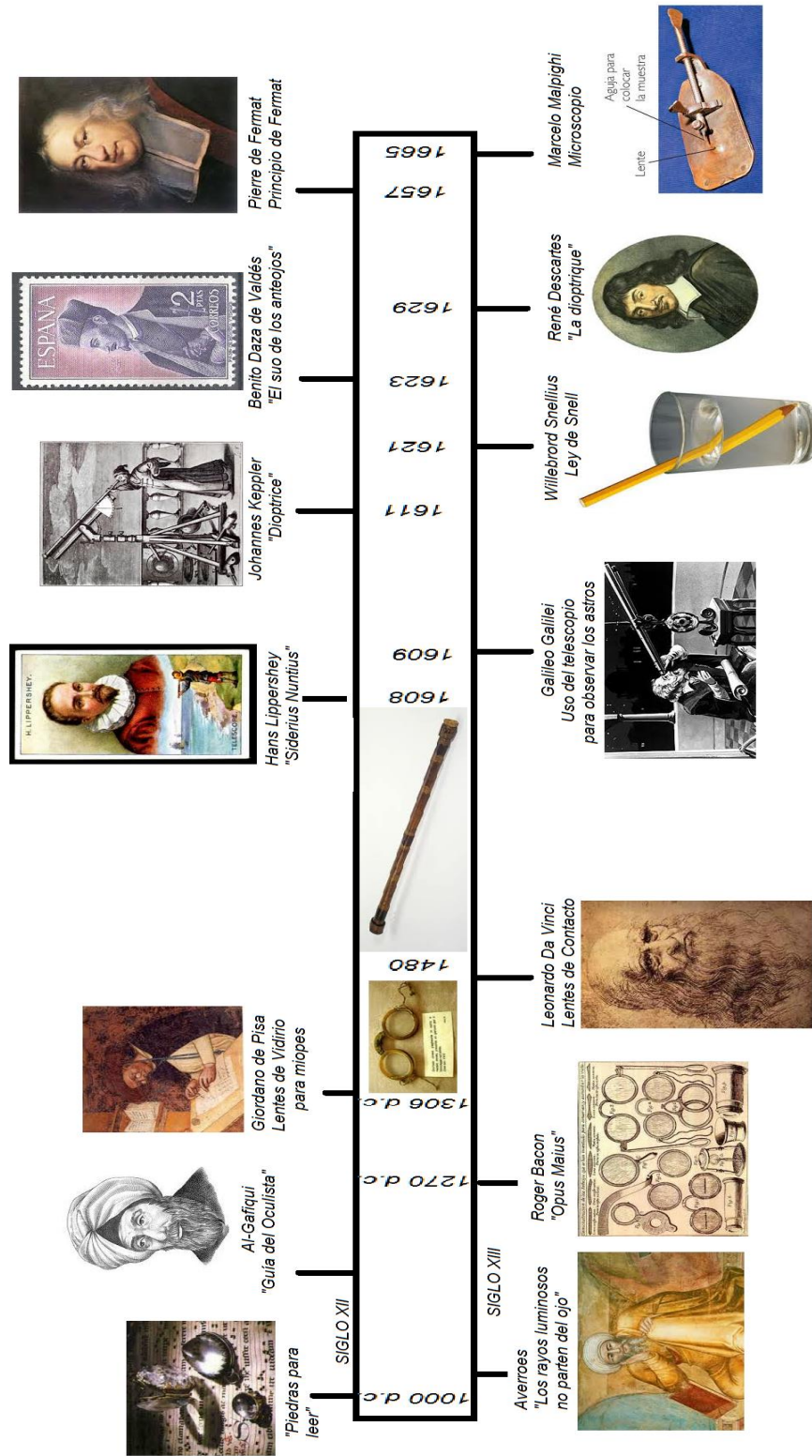
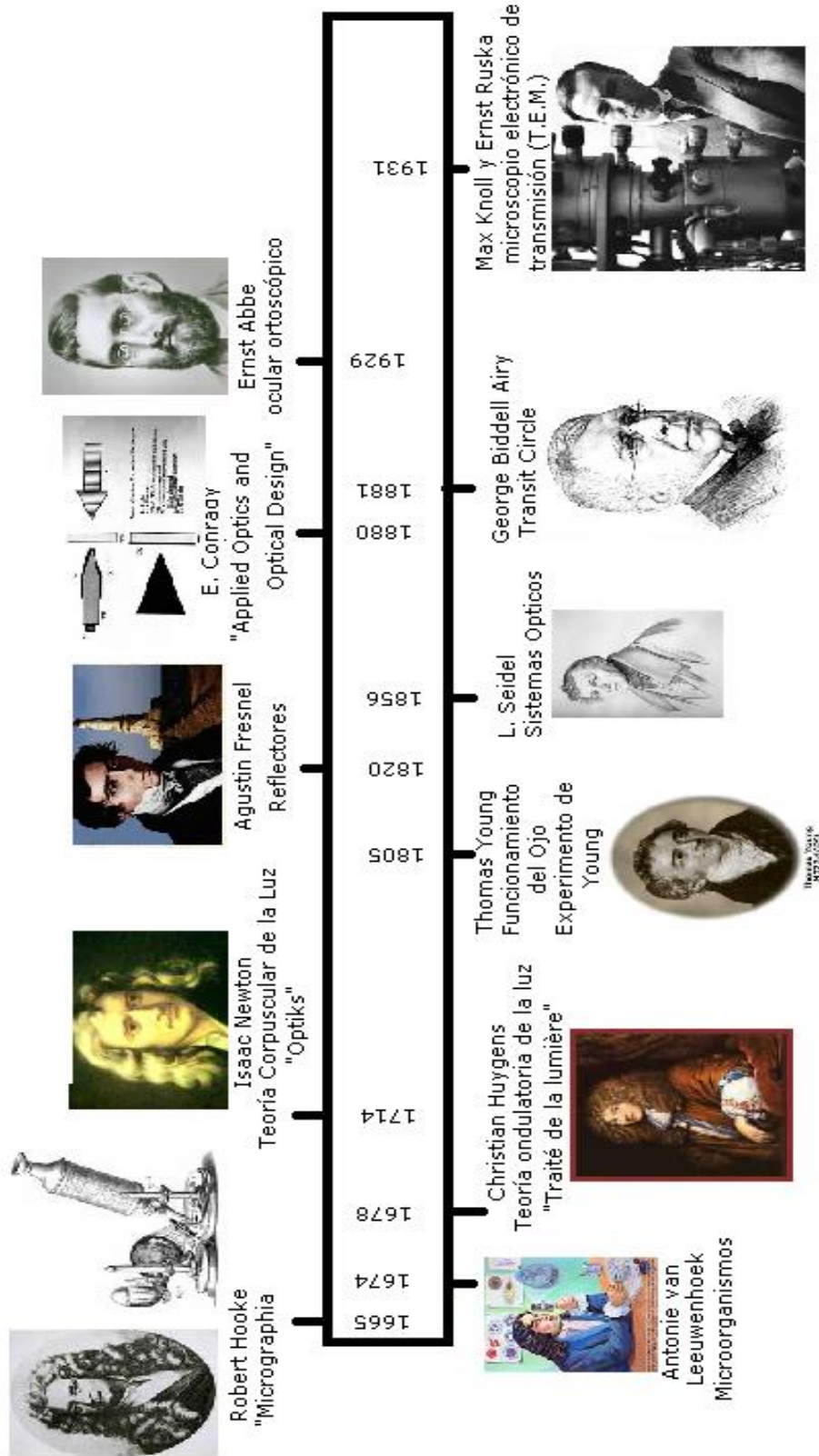
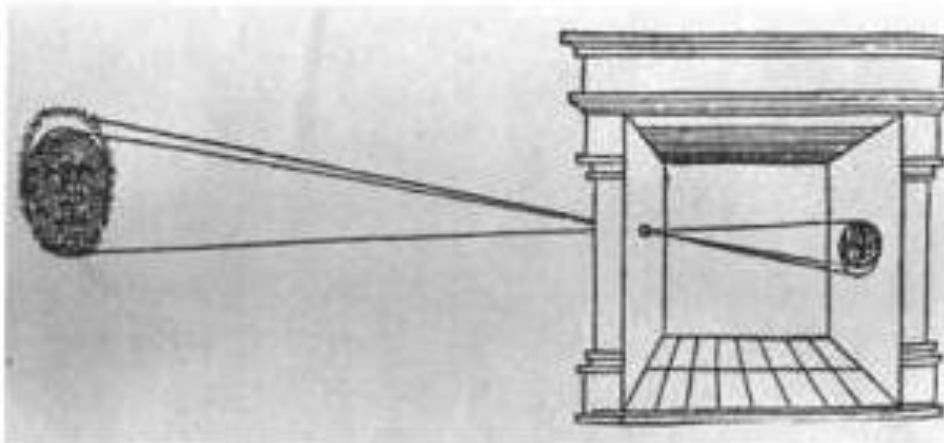


Figura 2-4 Historia de la Óptica (Línea del tiempo parte C)



Después de estos grandes investigadores los cuales elaboraron los principios básicos de la óptica geométrica, autores como Fresnel se encargaron de desarrollar la óptica geométrica más sofisticada usada para la construcción de instrumentos ópticos cada vez más potentes.

Figura 2-5 Cámara Oscura
(Corpas, 2007 - 2010)

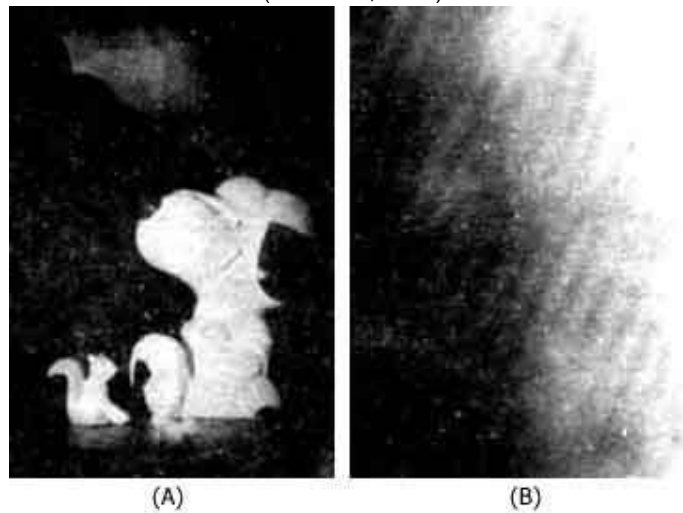


A partir del siglo veinte el desarrollo de la óptica fue vertiginoso, lo que implica que se crearon muchos instrumentos basados en los principios de la óptica geométrica clásica, tales como lentes de uso personal más eficaces, prácticos y sofisticados, telescopios cada vez más potentes, los cuales fusionaron la óptica con la electrónica y la mecánica cuántica que nace con este siglo, instrumentos de proyección como los proyectores de acetatos y los actuales Video Beam, cámaras fotográficas cada vez más completas y con resoluciones impensables. Por otro lado, el nacimiento de la mecánica cuántica y del estudio del átomo dio pie para la incursión de la óptica en este campo, ganándose un papel fundamental en el estudio del mundo microscópico, esta rama de la óptica actualmente se conoce como Holografía ver Figura 2-6.

La Holografía es un sistema que permite reconstruir una imagen tridimensional en una placa sin el uso de lentes, este sistema puede compararse con una cámara fotográfica pero que en lugar de usar lentes usa espejos, por lo que requiere de montajes y técnicas bastante elaboradas para tener éxito, el avance de esta técnica fue posible solamente después de la invención del láser alrededor de los años sesenta.

Figura 2-6 Holografía. A) Imagen Producida por el Holograma B) Franjas de interferencia en el plano del Holograma

(Malacara, 2010)



En la actualidad la Holografía es una rama de la óptica muy presente en la investigación de punta, encaminada en aportar en ciencias como la biología o la medicina, puesto que con esta técnica es posible reconstruir la imagen de algunas células para así identificarlas permitiendo diagnósticos tempranos por parte de los médicos a sus pacientes *“Una compañía israelí ha diseñado un nuevo escáner que permitirá a los médicos examinar la anatomía de su paciente con más precisión gracias a una imagen holográfica...”* (Euronews, 2014)

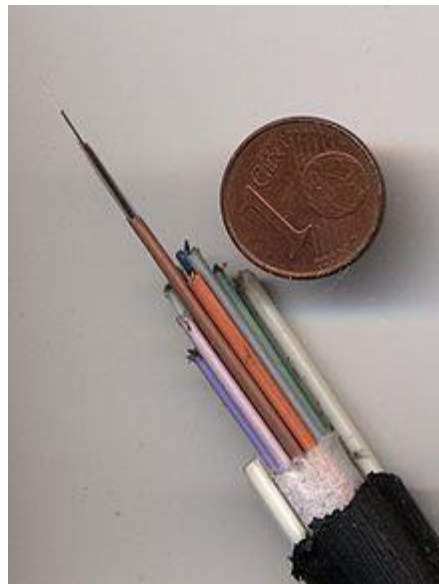
Otra rama importante de la óptica que actualmente está en furor es el estudio de la Fibra Óptica, muy valiosa por sus aportes en las Telecomunicaciones y por tanto muchas personas están haciendo investigación de vanguardia encaminada en mejorar cada día la experiencia de las personas a la hora de comunicarse con el mundo.

Figura 2-7 Cable de Fibra Óptica
(Wikipedia, 2014)



La fibra óptica puede describirse como un medio de transmisión de la luz, es decir que a diferencia de los medios de transmisión comunes como los cables habituales en donde se transmiten pulsos eléctricos, en la fibra óptica se transmite luz, la cual puede codificarse de tal forma que pueda transportar información. La ventaja que tiene es que una fibra de estas es muy delgada como se puede ver en la Figura 2-8 y que la velocidad de transmisión es la velocidad de la luz.

Figura 2-8 Sección de un cable de Fibra Óptica
(Wikipedia, 2014)



Es posible continuar describiendo las múltiples aplicaciones de la óptica y mencionando las diversas líneas de investigación que esta ciencia le entrega al mundo a diario, investigaciones que culminan en avances científicos que permiten al hombre vivir su día a día con mayor comodidad haciendo cosas que hace unos pocos años nadie imaginó, la comunicación instantánea a pesar de los miles de kilómetros de distancia, observar lo más pequeño recreando imágenes que nunca nadie creyó ver, observando el universo con tanto detalle; entre muchas otras oportunidades que en la actualidad tiene la humanidad.

Capítulo 3 : ASPECTOS DISCIPLINARES EN ÓPTICA GEOMÉTRICA

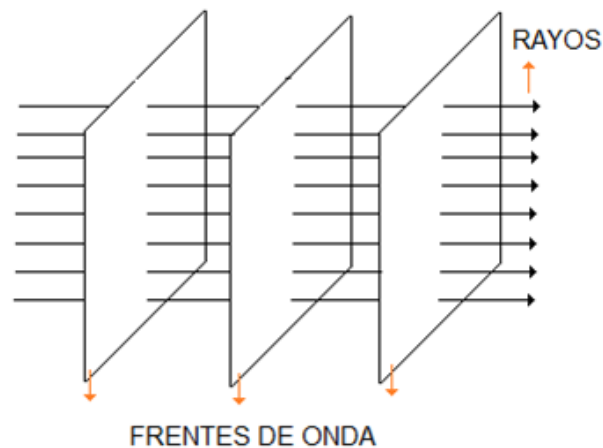
“La óptica es la rama de la física que se encarga del estudio de la luz, su comportamiento y sus manifestaciones, esta se divide en dos pilares fundamentales, los cuales dependen de las propiedades ondulatorias que se trate, por una parte la óptica geométrica que se ocupa de la reflexión, la refracción y la dispersión de la luz y por el otro lado se tiene la óptica física u ondulatoria que estudia el resto de propiedades de la luz”. (Herrera Pérez, 2012)

En la mayoría de los textos y los programas de óptica se puede evidenciar de manera muy marcada una clara separación entre las denominadas Óptica Física y Óptica geométrica, pero esta separación no tiene nada que ver con que se estudien fenómenos diferentes, básicamente que en la segunda, se establecen una serie de condiciones que permiten eliminar una gran cantidad de variables como la naturaleza de la luz, su velocidad, longitud de onda o frecuencia y así estudiar los fenómenos que casi siempre se pueden percibir a simple vista, la reflexión y refracción de la luz como principales objeto de estudio de la óptica geométrica. *“La óptica geométrica se considera cuando la longitud de onda de la energía radiante es pequeña en comparación con las dimensiones físicas del sistema óptico ($\lambda \rightarrow 0$). En la aproximación de la óptica geométrica no se tiene en cuenta el carácter ondulatorio ni fotónico de la luz. En ella se estudia, no la luz en sí, sino su trayectoria a partir del concepto de rayo de luz”.* (María Sagrario Millán, 2003)

RAYO DE LUZ

El concepto más importante para desarrollar el OVA es el de rayo de luz, ya que es la base del modelo geométrico utilizado para describir la formación de las imágenes

Figura 3-1 RAYOS DE LUZ
(Serway, Física Tomo II, 1999)



Se entiende como rayo de luz al modelo utilizado en la óptica geométrica para representar el desplazamiento de los frentes de onda los cuales se desplazan en línea recta y los rayos que los representan son perpendiculares a dichos frentes como se ilustra en la Figura3-1.

FRENTE DE ONDA

Cuando se deja caer una piedra en un estanque con agua es posible observar una serie de círculos que se forman en el agua, estos círculos, están constituidos por todos los pulsos que están vibrando al mismo tiempo y evidencian las crestas de la onda, así, también, los círculos intermedios están evidenciando los valles de la onda, a estas regiones, en este caso del agua, se les denomina Frente de Onda. (Ver Figura 3-2)

Figura 3-2 Frentes de Onda en el Agua
(Muñoz Riffo, 2007)



A partir de lo anterior y en forma más general se puede definir un frente de onda como “el lugar geométrico de todos los puntos adyacentes en los cuales la fase de vibración de una magnitud física, asociada con la onda, es la misma. Es decir, en cualquier instante, todos los puntos de un frente de onda están en la misma parte de su ciclo de variación.” (Freedman, 2005)

PRINCIPIO DE FERMAT

Herón de Alejandría afirmó hace aproximadamente dos mil años lo siguiente: “Un rayo de luz que sale de un punto S , que se refleja sobre un espejo y después llega a otro punto P recorre la trayectoria más corta posible en el espacio” (Hecht, 1975) (ver Figura 3-3). Sin embargo esta afirmación no se cumple en todos los casos, de hecho se cumple únicamente para la reflexión en materiales homogéneos, en la refracción, por ejemplo, esta aseveración de Herón no se cumple. Si consideramos un rayo de luz que incide desde el punto S , se refracta en un material y llega al punto P dentro del material (Ver figura 3-4), Aquí la trayectoria más corta es una línea recta de S a P , sin embargo esta no es la trayectoria seguida por el rayo de luz. Esta corrección de la observación de Herón la realizó en 1657 Fermat así: “Un rayo de luz, al ir de un punto a otro, sigue la trayectoria que le toma el menor tiempo para hacerlo”

Figura 3-3 Esquema que representa la afirmación de Herón de Alejandría

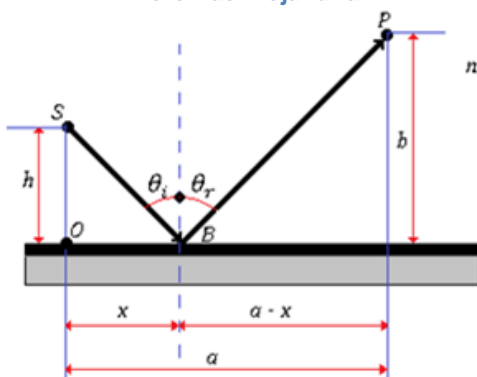
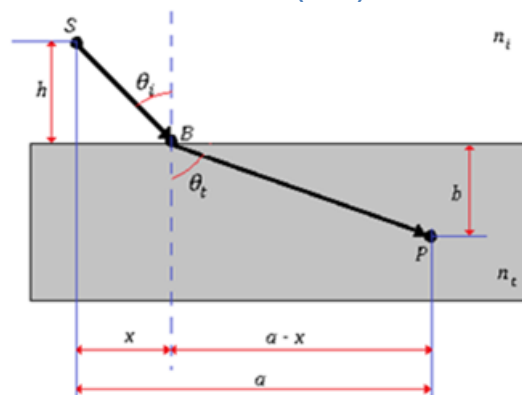


Figura 3-4 Esquema que representa la afirmación de Fermat (1657)



La afirmación de Fermat tampoco puede considerarse del todo verdadera puesto que también debe corregirse, dicha corrección se presenta a continuación.

Se supone ahora que un rayo de luz atraviesa m superficies desde S hasta P , cada superficie separa medios de distintos índices de refracción, teniendo en cuenta que la velocidad de la luz en cada medio es distinta se puede determinar el tiempo que tarda el rayo en atravesar la primera superficie así:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{v}$$

Teniendo en cuenta que cada S representa el ancho de cada medio se tiene entonces que:

$$\Delta x_1 = S_1$$

$$t_1 = \frac{S_1}{v_1}$$

Ahora se quiere saber el tiempo total que tarda el rayo de luz en recorrer desde S hasta P , es decir en atravesar los m medios, por tanto se requiere sumar todos los tiempos así:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_m$$

$$t = \frac{S_1}{v_1} + \frac{S_2}{v_2} + \frac{S_3}{v_3} + \dots + \frac{S_m}{v_m}$$

$$t = \sum_{i=1}^m \frac{S_i}{v_i}$$

Hasta este punto se tiene una forma de obtener el tiempo si se sabe el ancho de cada medio y la velocidad de la luz en cada uno de ellos, sin embargo lo que se conoce es el valor de cada medio, por tanto:

$$n = \frac{C}{v} \Rightarrow v = \frac{C}{n}$$

$$t = \frac{1}{C} \sum_{i=1}^m n_i S_i \quad (1)$$

A la expresión anterior se le conoce con el nombre de Longitud de la Trayectoria Óptica (L.T.O) es decir que $t = L.T.O$ ⁶, ésta expresión se puede escribir de otra forma si se considera la trayectoria S a P como un solo medio no homogéneo cuyo índice de refracción varía conforme cambia S, es decir se tiene una función $n(s)$ para el índice de refracción, teniendo entonces un número continuo y por tanto infinito de superficies, dicha expresión queda como:

$$L.T.O = \int_S^P n(s) ds \quad (2)$$

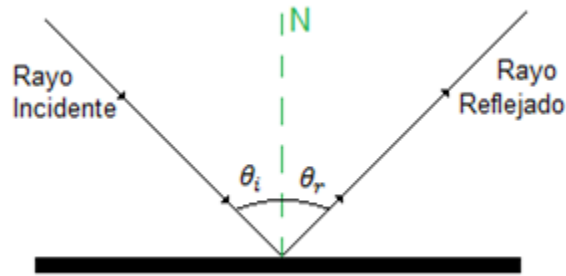
Teniendo en cuenta todo lo anterior queda entonces corregido el principio de Fermat y se puede enunciar de la siguiente forma: *“Un rayo atraviesa siempre un camino que corresponde a la longitud de trayectoria óptica más corta”* (Hecht, 1975)

REFLEXIÓN DE LA LUZ

Cuando un rayo de luz es interceptado por una superficie, esta produce un cambio en la dirección del rayo, generándose un nuevo rayo, al primero se le denomina rayo incidente y al segundo rayo reflejado, sin embargo, esto ocurre cuando la superficie refleja la totalidad del rayo incidente, de lo contrario existiría un fenómeno denominado refracción. Cabe anotar que en el caso de los espejos, no ocurre la refracción. Existe un comportamiento general en esta situación: el ángulo que forma el rayo incidente con la normal a la superficie tiene la misma magnitud del ángulo que forma el rayo reflejado con la normal, mejor conocida como ley de la reflexión, esto se puede ver de manera más clara en la Figura 3-5.

⁶ Expresión usada por Eugene Hecht (1975)

FIGURA 3-5 Reflexión de un rayo de luz

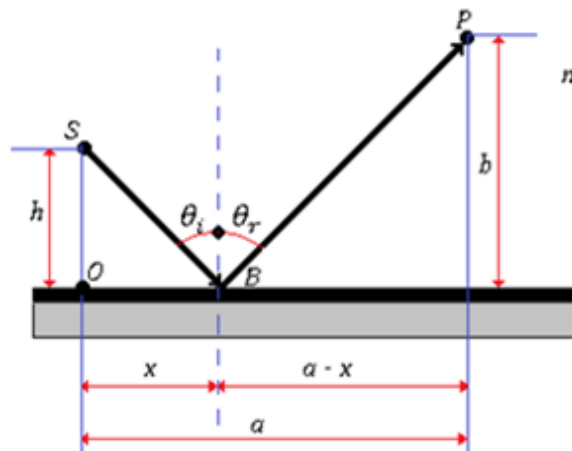


La ley de la reflexión enunciada aquí se puede demostrar a partir de la aplicación del principio de Fermat y del cálculo diferencial, para lo cual se considera de nuevo la Figura 3-3, en donde la longitud de la trayectoria óptica está dada por:

$$L.T.O = n\overline{SB} + n\overline{BP}$$

$$L.T.O = n(\overline{SB} + \overline{BP})$$

Donde n es el índice de refracción.



Según el esquema las longitudes de S a B de B a P se pueden obtener a partir de la aplicación del teorema de Pitágoras por tanto:

$$\overline{SB} = \sqrt{h^2 + x^2}$$

$$\overline{BP} = \sqrt{(a - x)^2 + b^2}$$

$$L.T.O = n(\sqrt{h^2 + x^2} + \sqrt{(a-x)^2 + b^2})$$

$$L.T.O = n((h^2 + x^2)^{\frac{1}{2}} + ((a-x)^2 + b^2)^{\frac{1}{2}})$$

$$L.T.O = n\left((h^2 + x^2)^{\frac{1}{2}} + (a^2 - 2ax + x^2 + b^2)^{\frac{1}{2}}\right)$$

Considerando a x como la variable y a , b , h como constantes, y teniendo en cuenta que se busca encontrar el tiempo más corto, es decir encontrar un punto crítico para la función $L.T.O$, se procede a derivar esta función con respecto a x para luego determinar el punto mínimo de la función para lo cual se iguala a cero la derivada:

$$\frac{d(L.T.O)}{dt} * \frac{dx}{dx} = \frac{d(L.T.O)}{dx} * \frac{dx}{dt} = \frac{d(L.T.O)}{dx} * c = 0$$

$$\frac{d(L.T.O)}{dx} = n\left(x(h^2 + x^2)^{-\frac{1}{2}} + (x-a)((a-x)^2 + b^2)^{-\frac{1}{2}}\right)$$

$$\frac{d(L.T.O)}{dx} = n\left(\frac{x}{(h^2 + x^2)^{\frac{1}{2}}} + \frac{(x-a)}{((a-x)^2 + b^2)^{\frac{1}{2}}}\right)$$

$$\frac{d(L.T.O)}{dx} = n\left(\frac{x}{\sqrt{h^2 + x^2}} - \frac{(a-x)}{\sqrt{(a-x)^2 + b^2}}\right)$$

$$\frac{d(L.T.O)}{dx} = n\left(\frac{x}{SB} - \frac{(a-x)}{BP}\right)$$

Si se observa con atención la Figura 3-3 se puede identificar las siguientes relaciones:

$$\sin \theta_i = \frac{x}{SB}$$

$$\sin \theta_r = \frac{a-x}{BP}$$

$$\frac{d(L.T.O)}{dx} = n(\sin \theta_i - \sin \theta_r)$$

Teniendo en cuenta la condición de optimización para determinar el valor mínimo de la función L.T.O se tiene:

$$0 = n(\sin \theta_i - \sin \theta_r)$$

$$\sin \theta_i = \sin \theta_r$$

$$\theta_i = \theta_r \quad (3)$$

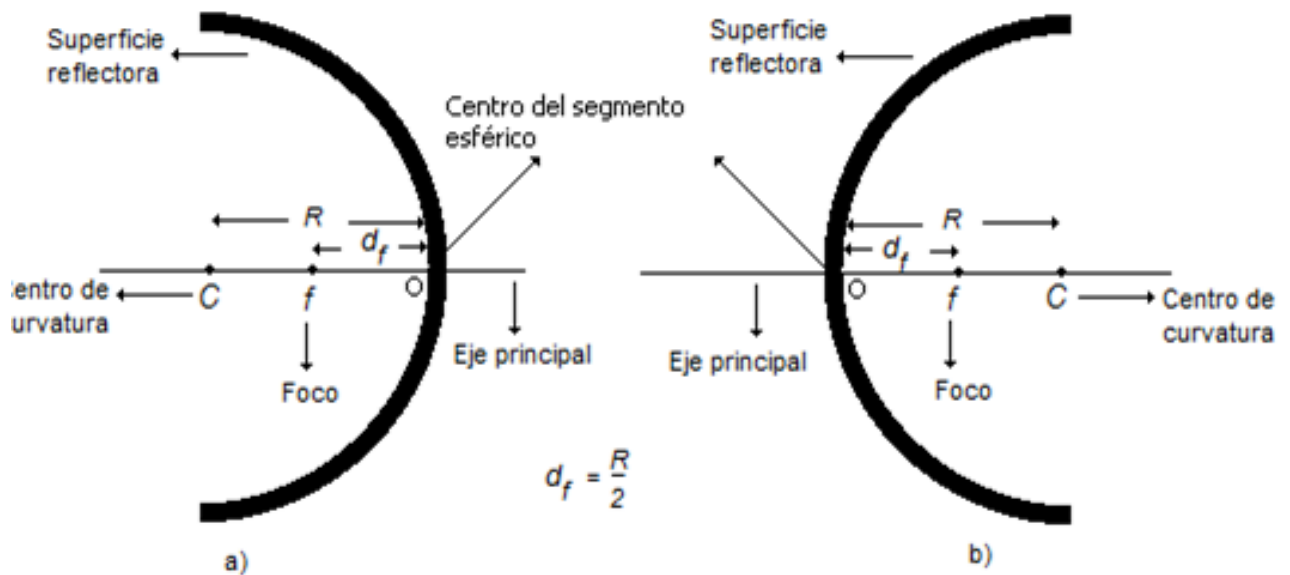
Quedando así demostrada la principal regla para la reflexión de la luz.

Es importante resaltar que la demostración de la ley de reflexión no es muy usual en los textos de Física básica, por tanto aquí se presenta en caso de que algún maestro de Física de educación media quiera estudiarla.

ESPEJOS ESFÉRICOS

Un espejo esférico es un “trozo” o fragmento de esfera que tiene superficies lisas que reflejan la luz de tal forma que permiten la formación de imágenes. En estos espejos se distinguen elementos tales como el radio de curvatura, el foco o distancia focal y dependiendo de cuál sea la superficie reflectora se puede denominar al espejo como cóncavo o convexo (ver Figura 3-6).

Figura 3-6 6 a) Espejo Cóncavo b) Espejo Convexo



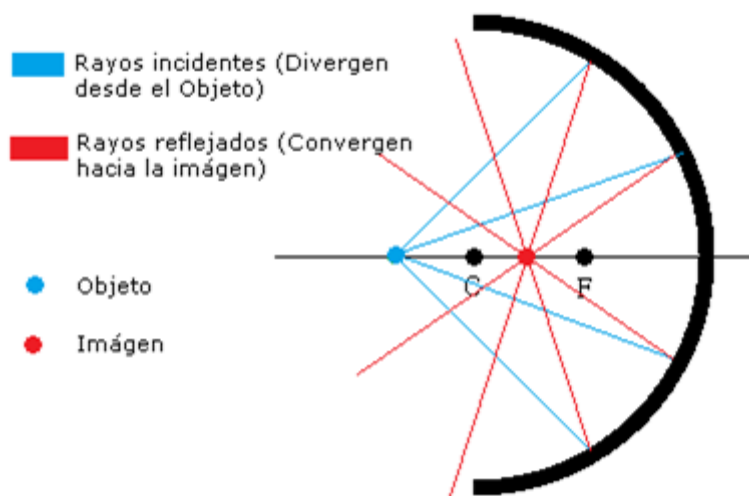
Es importante definir algunos elementos:

1. Distancia Focal (f): Equivale a la mitad del radio de curvatura.
2. Distancia de la imagen (d_i): Longitud entre la imagen formada y el centro del segmento esférico (O').
3. Distancia del Objeto (d_o): Distancia entre el centro del segmento esférico (O') y la posición del objeto que se quiera retratar.

FORMACIÓN DE IMÁGENES EN ESPEJOS ESFÉRICOS

La formación de imágenes en espejos esféricos obedece a la ley de la reflexión, por lo que al hacer incidir varios rayos luminosos sobre la superficie reflectora de un espejo esférico se pueden encontrar ciertas regularidades.

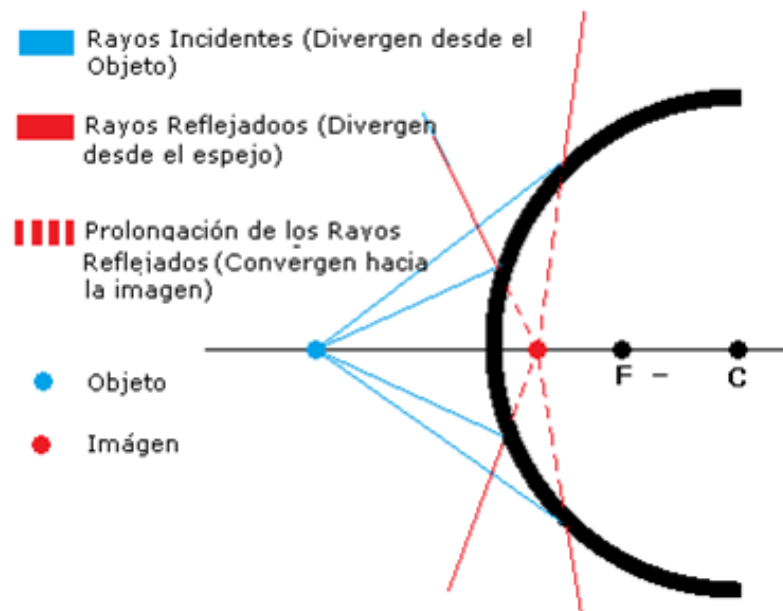
Figura 3-7 Imagen formada en un espejo Cóncavo



En la Figura 3- 7 es posible ver la formación de la imagen de un cuerpo puntual situado sobre el eje principal, los rayos que salen del objeto hacia el espejo divergen y se reflejan de tal forma que todos convergen en un punto cualquiera sobre el eje principal, este punto es la imagen y en este caso es una imagen real ya que se forma en el eje principal “positivo” del espejo⁷. (Serway, Física Tomo II, 1999)

⁷ Por convención se plantea el lado izquierdo del centro del segmento esférico como positivo, y el derecho como negativo

Figura 3-8 Imagen formada en un espejo Convexo



Para la formación de las imágenes en espejos esféricos se tienen en cuenta los denominados rayos notables o “paraxiales” (Hecht, 1975), los cuales se pueden describir de la siguiente forma:

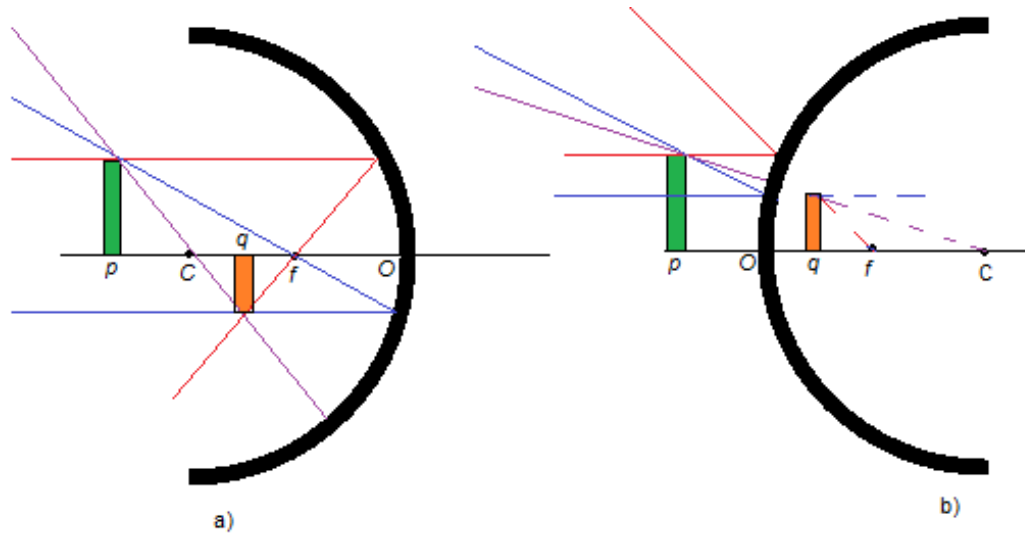
- Rayo Incidente paralelo al eje principal: Se refleja pasando por el foco.
- Rayo Incidente que pasa por el foco: Se refleja paralelo al eje principal.
- Rayo Incidente que pasa por el centro de curvatura: Se refleja pasando por el centro de curvatura.

A partir de los rayos notables y con algunas convenciones es posible determinar la formación de una imagen con información importante como su ubicación y su naturaleza.⁸

La formación de imágenes se da en la intersección de los rayos reflejados de los rayos incidentes notables o puede darse en la intersección de las prolongaciones de los mismos (ver figura3-9).

⁸ Con la palabra “Naturaleza” se hace referencia a si la imagen es virtual o real, si es derecha o invertida.

Figura 3-9 a) Formación de imágenes en un espejo cóncavo b) Formación de imágenes en un espejo convexo



Analíticamente es posible predecir la formación de una imagen describiendo sus características aplicando la ecuación de los espejos:

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} \tag{4}$$

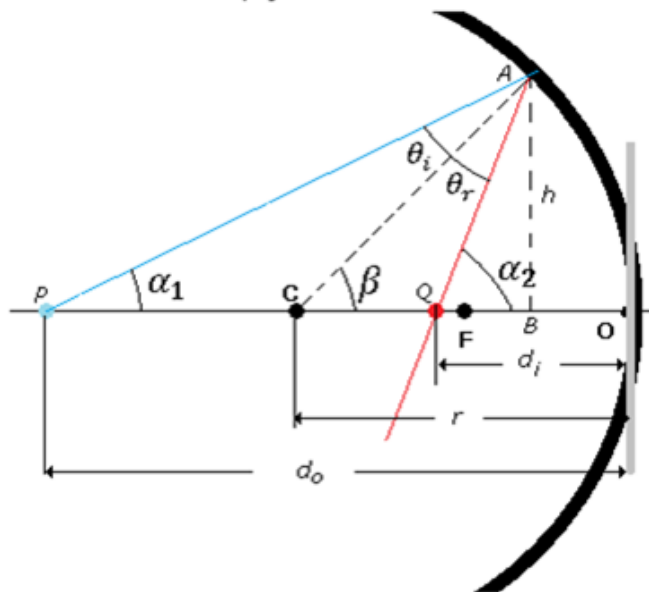
Y para determinar el tamaño de la imagen es posible a partir de la siguiente relación:

$$M = \frac{h}{H} = -\frac{d_i}{d_o} \tag{5}$$

Donde h es la altura de la imagen, H es la altura del objeto y M es el aumento el cual representa el tamaño de la imagen con respecto al tamaño del objeto.

Para demostrar las expresiones (4) y (5) se debe observar con atención la Figura 3-10 que se muestra a continuación:

Figura 3-10 Geometría de la formación de imágenes en espejos esféricos



De la figura anterior se deduce que $90^\circ - \alpha_1 + \beta - \theta_i = 90^\circ$ por tanto:

$$\beta = \alpha_1 + \theta_i \quad (6)$$

$$90^\circ - \beta + \alpha_2 - \theta_r = 90^\circ$$

Teniendo en cuenta la ley de la reflexión se tiene que $\theta_i = \theta_r$ de la ecuación (3) obteniendo

$$\alpha_2 = \beta + \theta_i \quad (7)$$

Al restar las ecuaciones (6) y (7) se obtiene:

$$\begin{aligned} \beta - \alpha_2 &= \alpha_1 + \theta_i - \beta - \theta_i \\ 2\beta &= \alpha_1 + \alpha_2 \end{aligned} \quad (8)$$

Teniendo en cuenta que los rayos son paraxiales, es decir que los ángulos α_1 , β y α_2 son muy pequeños (Alonso & Finn, 1976) se tiene que:

$$\tan \alpha_1 \approx \alpha_1 \approx \frac{\overline{AB}}{\overline{PB}} \approx \frac{h}{d_o + \overline{OB}}$$

$$\tan \alpha_2 \approx \alpha_2 \approx \frac{\overline{AB}}{\overline{QB}} \approx \frac{h}{d_i + \overline{OB}}$$

$$\tan \beta \approx \beta \approx \frac{\overline{AB}}{\overline{CB}} \approx \frac{h}{r + \overline{OB}}$$

Teniendo en cuenta que los ángulos son muy pequeños se puede hacer la siguiente aproximación: $\overline{OB} \approx 0$ "...si α_1 es pequeño, la distancia \overline{OB} es despreciable comparada con d_i , d_o y r ..." (Sears, Zemansky, & Young, 1986) por lo que las expresiones anteriores quedan así:

$$\alpha_1 \approx \frac{h}{d_o}, \quad \alpha_2 \approx \frac{h}{d_i}, \quad \beta \approx \frac{h}{r}$$

Al reemplazar estas expresiones en la ecuación (8) se obtiene la ecuación de los espejos:

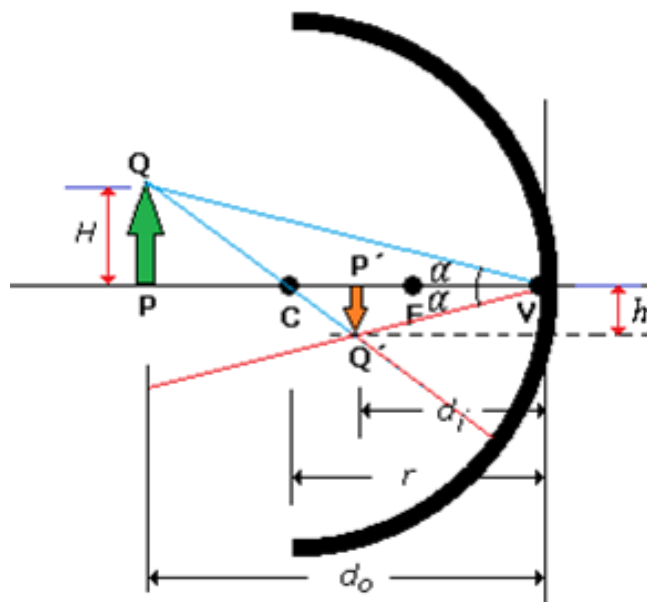
$$\frac{2h}{r} = \frac{h}{d_o} + \frac{h}{d_i} \Rightarrow \frac{2}{r} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

Recordando además, que la distancia focal (f) corresponde a la mitad del radio de curvatura: $r = 2f$ se tiene:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

Que corresponde a la ecuación (4) presentada anteriormente.

Figura 3-11 Geometría de la formación de imágenes en un espejo cóncavo (Parte b)



De la construcción mostrada en la Figura 3-11, se pueden establecer las siguientes relaciones:

$$\tan \alpha = \frac{H}{d_o} = -\frac{h}{d_i} \Rightarrow \frac{h}{H} = -\frac{d_i}{d_o}$$

Definiéndose el aumento (M) como la razón entre el tamaño de la imagen y el tamaño del objeto se tiene entonces que:

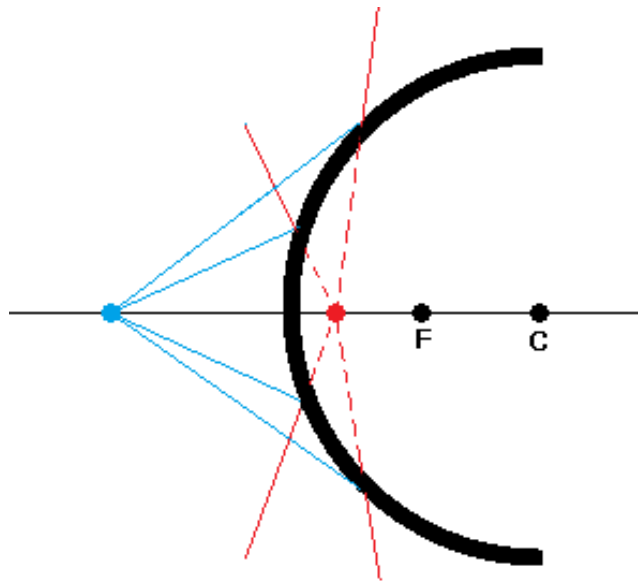
$$M = \frac{h}{H} = -\frac{d_i}{d_o}$$

Es importante tener en cuenta que el modelo de rayos del cual se desprende toda la construcción matemática mostrada hasta ahora, tiene limitaciones ya que empieza a fallar cuando el objeto tiene dimensiones cercanas a las del radio de curvatura del espejo, por tanto se debe aclarar que el objeto debe ser relativamente pequeño, comparado con el espejo, si se quiere aplicar el modelo de rayos.

CARACTERIZACIÓN DE LA IMAGEN

Cuando se forma una imagen mediante el uso de cualquier espejo es posible hacer una caracterización de la misma teniendo en cuenta algunos elementos como lo son el tamaño, la orientación y los rayos de luz responsables de su formación. El modelo de rayos considera dos tipos de rayos de luz, los primeros denominados rayos reales que iluminan al objeto del que se quiere obtener una imagen, provenientes directamente de alguna fuente de luz. El segundo tipo de rayos denominados rayos virtuales, son aquellos que no provienen directamente de la fuente y por ende no iluminan el objeto en cuestión.

Figura 3-12 Rayos Reales y Virtuales



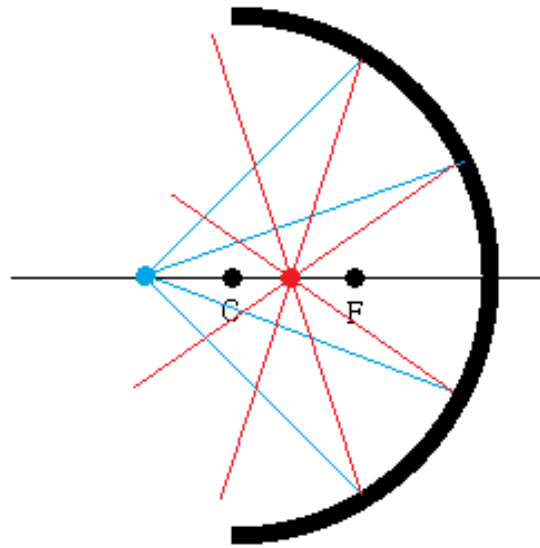
En la Figura 3-12 es posible apreciar los dos tipos de rayo en un espejo convexo, las líneas azules corresponden a los rayos incidentes, las líneas rojas corresponden a los rayos reflejados, y las líneas punteadas son la prolongación de cada rayo reflejado, estas prolongaciones no provienen directamente de la fuente luminosa por tanto se denominan rayos virtuales, mientras que las líneas continuas que si provienen directamente de la fuente de luz ya sean incidentes o reflejadas son los rayos reales.

Cuando una imagen se forma a causa de los rayos virtuales se dice entonces que esta imagen es virtual, como ocurre en la Figura 3-12 en donde el punto azul es el objeto y el punto rojo es la imagen, vale la pena aclarar que la imagen se forma en el sitio donde los rayos reflejados ya sean reales o virtuales se cruzan.

En la Figura 3-13 se tiene un espejo cóncavo que forma una imagen real ya que la imagen se forma a causa de los rayos reales. Estos ejemplos no contemplan tamaño de la imagen ni orientación debido a que se han representado los objetos y sus imágenes como cuerpos puntuales.

“Una imagen virtual es la que parece estar formada por luz que proviene de la imagen, pero que en realidad no es atravesada por ningún rayo de luz.....Una imagen real está formada por rayos de luz reales que la atraviesan. Las imágenes reales se pueden proyectar en una pantalla” (Tippens, 2001)

Figura 3-13 Imagen Real



Para la caracterización de una imagen en un espejo esférico a partir de la ecuación del espejo, se han establecido una serie de convenciones que permiten hacer este trabajo en forma más sencilla: en primer lugar se establece el punto en el que el eje principal se cruza con el espejo, este punto es el origen de un sistema coordenado, la parte izquierda de ese punto se considera con valores positivos y la parte derecha con valores negativos, así si la distancia de la imagen es positiva esta será REAL y si está al lado derecho será Virtual, en un espejo convexo, la distancia focal, por tanto, es negativa.

Otra forma de Caracterizar la imagen generada por un espejo, es determinar si dicha imagen es Derecha o Invertida, por lo tanto se debe especificar si es con respecto a la horizontal o a la vertical, aquí se estudia con respecto al horizonte. En la ecuación del espejo se tiene entonces que si el aumento es negativo, entonces la imagen es invertida, y si el aumento es positivo entonces la imagen es derecha.

Capítulo 4 : PROPUESTA DIDÁCTICA

La presente propuesta reúne los elementos propios de tres disciplinas diferentes: La Física, La Didáctica y la Tecnología. Lo más importante es que al tener un propósito educativo se pueden convertir en herramientas muy poderosas tanto para el docente como para el estudiante. Imaginemos que se puede multiplicar dicho poder en el ámbito educativo; existe una forma de hacerlo, si alguien pudiera reunir las de tal forma que se complementaran tanto como piñones en una máquina, que se entendiera que cada una es tan importante como las otras.

La enseñanza de la Física por medio de las TIC resulta tener un grado importante de éxito comparada con la enseñanza tradicional de marcador y tablero, igualmente ocurre con la enseñanza aplicando estrategias o metodologías de índole pedagógico. Una metodología que ha sido directamente aplicada por los profesores de Física en los Estados Unidos ha tenido un rotundo éxito, mostrando excelentes resultados en poco tiempo (UNESCO, 2006), dicha metodología es conocida como Metodología de Aprendizaje Activo (MAA). Aplicando las herramientas que proveen las TIC junto con las estrategias pedagógicas y didácticas, resulta mucho más exitoso a la hora de enseñar, que si se aplican cada una por separado. El OVA desarrollado reúne los elementos ya mencionados aplicando la MAA y los conocimientos en programación y en entornos de aprendizaje.

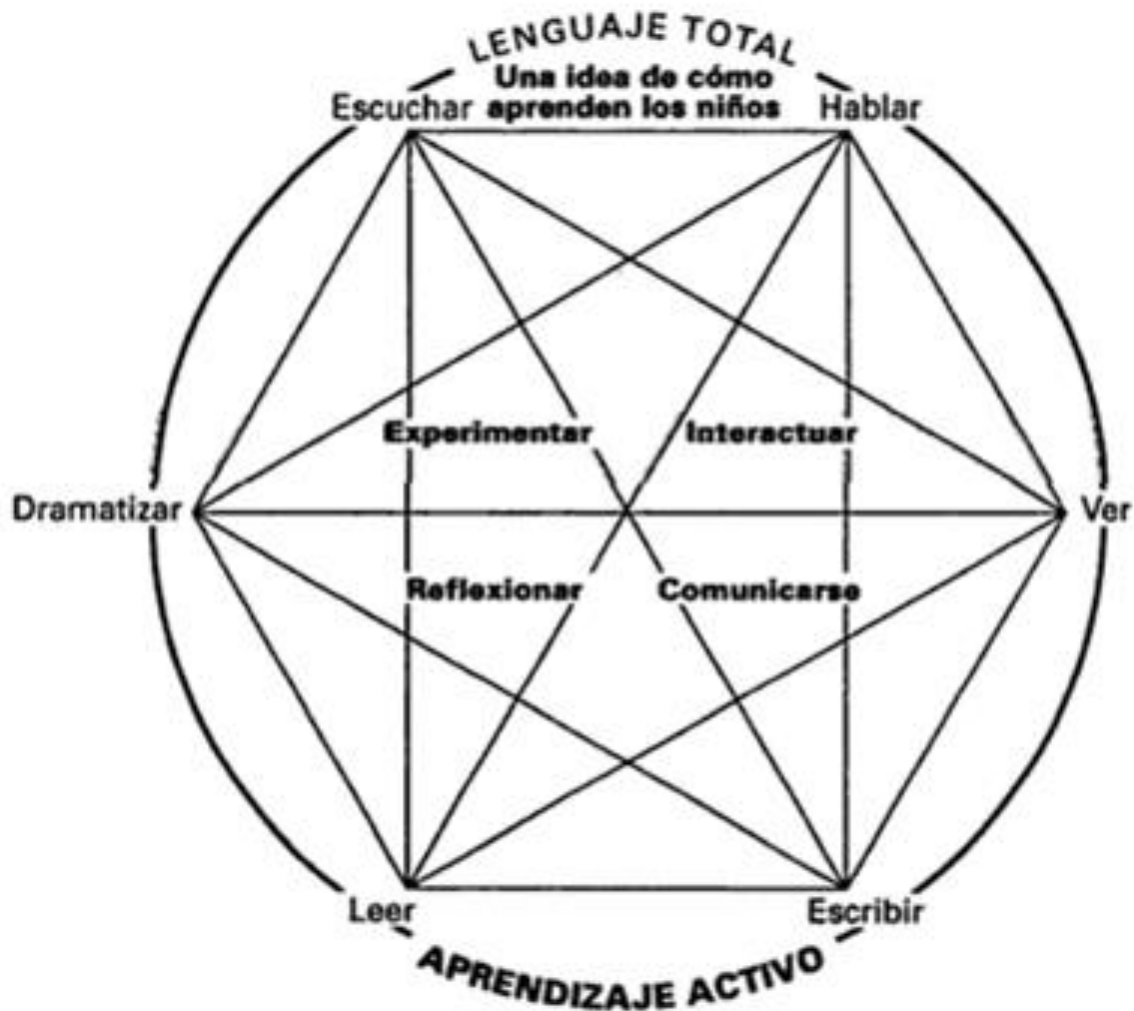
Un trabajo de esta magnitud resulta ser muy complejo, debido a que la programación de simuladores y los entornos gráficos ofrecen cierto nivel de dificultad, igualmente ocurre con la aplicación de la MAA ya que la formulación de las predicciones y de la forma en que se van planteando las distintas preguntas y situaciones no es menos difícil, sin dejar

de mencionar la importancia del dominio disciplinar para así poder proponer las situaciones más adecuadas y que permitan tanto la inclusión de las TIC como de la MAA, por lo tanto la aplicación de este software debe ser un trabajo adicional al presente. Es importante señalar, adicionalmente, que el desarrollo de este tipo de herramientas es escaso siendo pocos los que se atreven a ejecutar este tipo de proyectos.

METODOLOGÍA DEL APRENDIZAJE ACTIVO

“Del mismo modo que están interrelacionados los componentes del lenguaje total, también están los componentes del aprendizaje activo (Figura 4-1). Los niños aprenden haciendo: experimentando e interactuando con las personas y con los distintos materiales que encuentran a su alrededor” (Rubio y Galí, 1998) El Aprendizaje Activo básicamente busca que el estudiante interactúe con su entorno, que sea él quien construya conocimiento a partir de la observación directa del mundo real, tal y como se plantea en el Manual ALOP (UNESCO, 2006).

Figura 4-1 Elementos del lenguaje total interrelacionados con los elementos del aprendizaje activo



En el proceso enseñanza – aprendizaje, los elementos del lenguaje Total son fundamentales para que exista un aprendizaje y por supuesto que se de en forma de aprendizaje activo.

En el aprendizaje activo como es posible apreciar en la figura, es necesario que se den los elementos del lenguaje y que sea el estudiante el principal locutor y protagonista, a diferencia de la metodología tradicional en donde es el maestro quien da los tiempos, se expresa casi la totalidad del tiempo y plantea sus ideas conforme las aprendió él y no da la oportunidad de plantear otras ideas o pensamientos.

La interacción es fundamental independientemente de la herramienta de aprendizaje que se utilice es muy importante que exista discusión entre los estudiantes y que cada uno

argumente su punto de vista: *“Lo que escucho, lo olvido. Lo que escucho y veo, lo recuerdo un poco. Lo que escucho, veo y pregunto o converso con otra persona, comienzo a comprenderlo. Lo que escucho, veo, converso y hago, me permite adquirir conocimientos y aptitudes. Lo que enseño a otro lo domino.”* (Bacon, 1996)

A partir de lo expuesto anteriormente y de la mano con lo que se representa en la figura 2.1 se llevarán a cabo en este orden los siguientes pasos para garantizar que existan sino todos, la mayoría de los elementos del aprendizaje activo:

1. Presentación de la situación: Se presenta al estudiante la situación, describiendo cada uno de los elementos que forman parte de ella. El primer elemento del aprendizaje que se requiere en este paso: **Ver**.
2. Planteamiento del problema: Se indica de forma clara cuál es el experimento o práctica que se llevará a cabo sin ejecutarla. El segundo elemento del aprendizaje que se requiere en este paso: **Escuchar y/o Leer**.
3. Predicciones Individuales: El estudiante dispondrá de un tiempo para indicar que ocurrirá cuando se ejecute la experiencia, es posible plantear unas preguntas concretas o puntuales. El tercer elemento del aprendizaje que se requiere en este paso: **Escribir**
4. Predicciones Grupales: Ahora en grupos se otorga otro tiempo para que se genere una discusión, entre los estudiantes, de sus respuestas individuales y se obtenga una sola propuesta o respuesta grupal. El cuarto elemento del aprendizaje que se requiere en este paso: **Hablar y/o Escuchar**
5. Socialización: Cada grupo deberá exponer su respuesta o idea, para ello pueden nombrar un vocero por grupo quien será el encargado de hacer tal exposición. El quinto elemento del aprendizaje que se requiere en este paso debe combinar los elementos de escuchar, ver y hablar por tanto: **Interactuar y Comunicarse**.
6. Demostración: Se efectúa o ejecuta la experiencia, en este caso es posible que la experiencia sea demostrativa *“Clases Interactivas Demostrativas (CID)”* (UNESCO, 2006). También pueden llevarse a cabo prácticas experimentales efectuadas por los mismos estudiantes, Laboratorio de aprendizaje Activo

(LAA). El sexto elemento del aprendizaje que se requiere en este paso:

Experimentar

7. Confrontación, extrapolación y discusión de los resultados con las predicciones realizadas: Se hace un paralelo entre lo que se pensaba inicialmente y lo que se pudo observar en la práctica, también se puede aprovechar para que cada grupo genere una conclusión. Así mismo se orienta la discusión con los estudiantes para extrapolar los resultados o los fenómenos observados. El séptimo elemento del aprendizaje que se requiere en este paso: **Reflexionar**

Según el Manual ALOP (UNESCO, 2006), los pasos descritos anteriormente se pueden resumir de la siguiente forma:

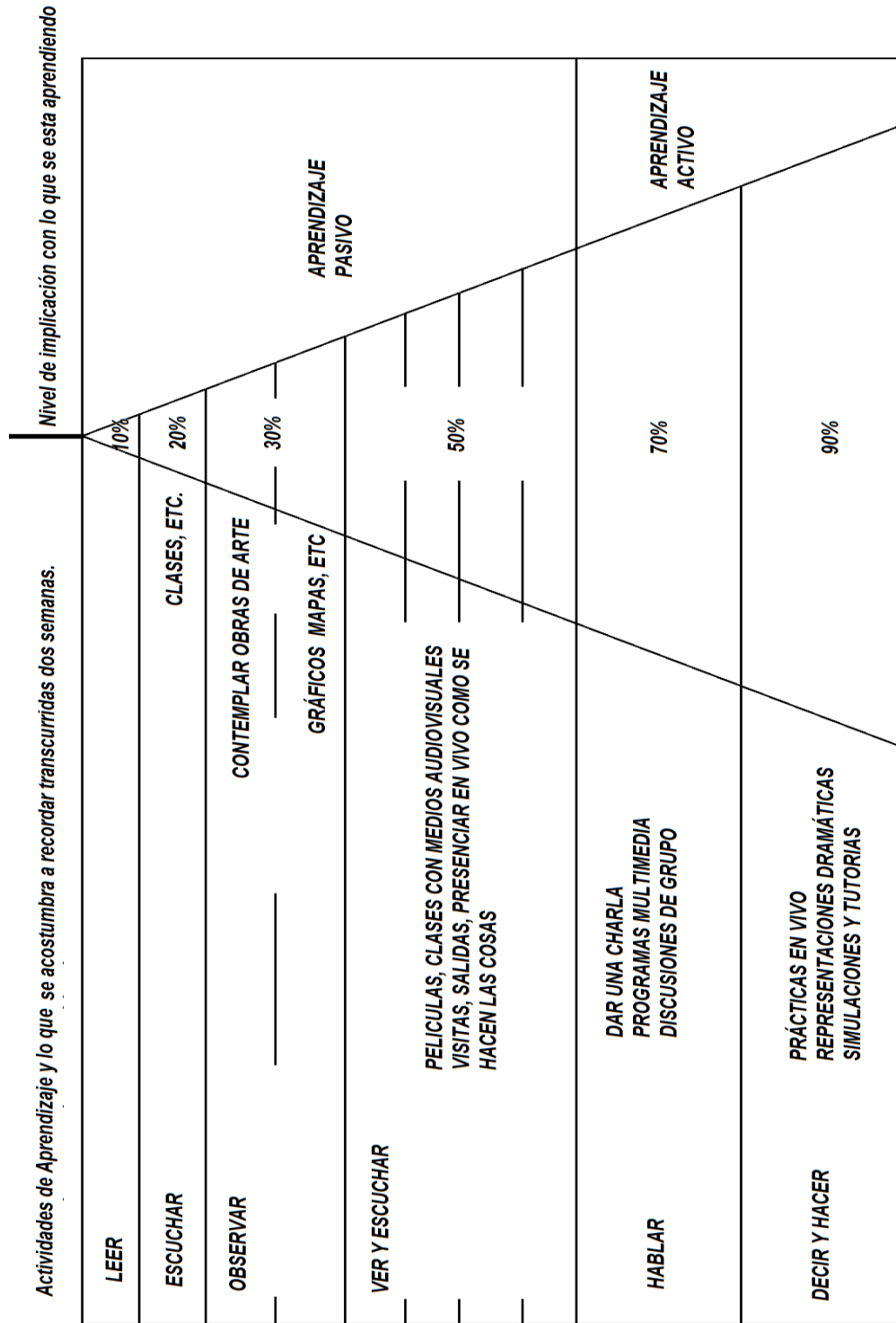
1. *El docente describe el experimento y, si fuera necesario, lo realiza sin proyectar el resultado del experimento*
2. *Los estudiantes deben anotar su predicción individual en la Hoja de predicciones, la cuál será recogida al final de la clase, y donde el estudiante debe poner su nombre. Se debe asegurar al estudiante que estas predicciones no serán evaluadas, aunque una parte de la nota final del curso puede ser asignada por la simple asistencia a las CID (Clases Interactivas Demostrativas)*
3. *Los estudiantes discuten sus predicciones en un pequeño grupo de debate con los 2 o 3 compañeros más cercanos.*
4. *El docente obtiene las predicciones más comunes de toda la clase*
5. *Los estudiantes registran la predicción final en la hoja de predicciones.*
6. *El docente realiza la demostración mostrando claramente los resultados.*
7. *Se pide a algunos estudiantes que describan los resultados y que los discutan en el contexto de la demostración. Los estudiantes anotan estos resultados en la hoja de resultados la cual se llevaran para estudiar.*
8. *Los estudiantes (o el docente) discuten situaciones Físicas análogas con diferentes características superficiales (o sea diferentes situaciones físicas) pero que responden al mismo concepto físico.*

El Aprendizaje Activo surge como una estrategia didáctica innovadora y alternativa como consecuencia del ya demostrado fracaso de la metodología tradicional, a continuación se muestra una tabla comparativa entre el Aprendizaje Activo y el tradicional o aprendizaje pasivo. (UNESCO, 2006):

APRENDIZAJE PASIVO	APRENDIZAJE ACTIVO
Docente y Libro son las autoridades del conocimiento.	Los estudiantes construyen su conocimiento realizando actividades. La observación del mundo real es la autoridad y fuente de conocimiento.
Las creencias estudiantiles no son explícitamente desafiadas.	Utiliza un ciclo de aprendizaje que desafía a los estudiantes a comparar sus predicciones (Basadas en sus creencias), con el resultado de experimentos.
Los estudiantes no se dan cuenta de las diferencias entre sus creencias y lo que dice en clase el profesor	Estudiantes cambian sus creencias cuando ven las diferencias entre ellas y sus propias observaciones.
El rol del profesor es como autoridad	El profesor es una guía del proceso de aprendizaje.
Desalienta la colaboración entre alumnos	Estimula la colaboración entre estudiantes.
En la clase de Física se presentan “hechos” de la Física con poca referencia a experimentos	Se observan en forma comprensible los resultados de experimentos reales.
El laboratorio se “Usa” para confirmar “lo aprendido	El laboratorio se usa para aprender conceptos.

Es definitivo que entre mayor sea el nivel en que se involucra a un individuo en una actividad este tendrá un nivel mayor de aprendizaje, para comprenderlo un poco mejor, se debe observar la siguiente pirámide planteada por (Dale & Chall, 1948)

Figura 4-2 Pirámide de Aprendizaje Activo (Cono del Aprendizaje)
(Dale & Chall, 1948)



Como se observa en la Figura 4-2, las acciones que involucran el hablar, el decir y el hacer son las acciones que involucran al aprendizaje activo con un 70% y 90% de nivel de implicación con lo que se está aprendiendo, mientras que en el aprendizaje pasivo, con muchas más acciones, la más alta es de 50% con el ver y escuchar.

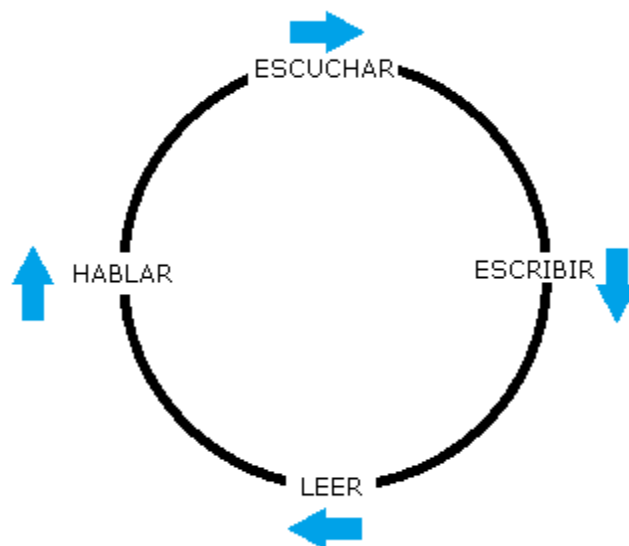
LENGUAJE TOTAL Y APRENDIZAJE ACTIVO

Si un individuo vive cada experiencia, seguramente aprenderá más de ella que si alguien se la contara, o si alguien la escribiera y se la dieran a dicho individuo para que la lea. El desarrollo del lenguaje está inmerso dentro del aprendizaje, y a continuación podrá verse dicha relación.

El ser humano ha desarrollado distintos mecanismos que forman parte del lenguaje para comunicarse, la lectura, la escritura, la expresión oral o simplemente escuchando, son cuatro formas distintas de lenguaje, el lenguaje total considera a las cuatro interrelacionadas más no por separado.

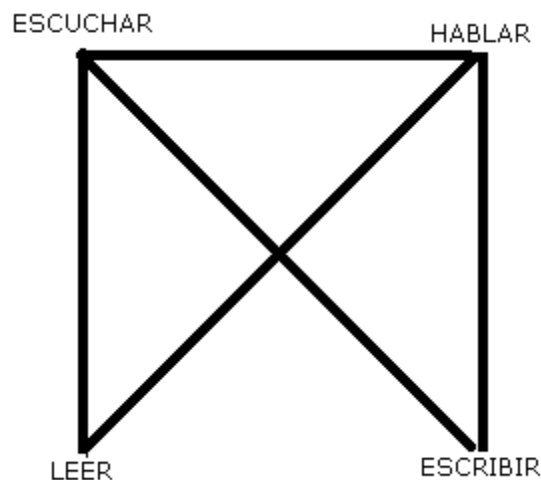
Si se consideran cada uno de estos elementos del lenguaje por separado, en el individuo deberían cumplir con el siguiente ciclo:

Figura 4-3 Ciclo básico de los componentes del lenguaje



En la Figura 4-3 puede verse claramente el sentido en el que deben presentarse los elementos del lenguaje al ser considerados como individualmente y por separado, así, si un estudiante quiere hablar, lo primero que debe hacer es escuchar, luego debe escribir lo que escucha, para así poder leerlo y por último hablar de ello, para nuevamente escuchar, sin embargo es importante recordar que estos elementos, en el aprendizaje activo, no son considerados como individuales y que por el contrario están muy bien interrelacionados (Schwartz & Ollishuke, 1998), como se observa en la Figura 4-4. Allí los elementos básicos del lenguaje no están dirigidos en una sola vía, y básicamente pueden darse si se quiere al tiempo, este es uno de los planteamientos más importantes del aprendizaje activo.

Figura 4-4 Interrelación de los componentes del lenguaje



ACERCA DE LOS OVA

"Un objeto de aprendizaje es cualquier entidad, digital o no digital, la cual puede ser usada, re-usada o referenciada durante el aprendizaje apoyado por tecnología. Ejemplos de aprendizajes apoyados por tecnologías incluyen sistemas de entrenamiento basados en computador, ambientes de aprendizaje interactivos, sistemas inteligentes de instrucción apoyada por computador, sistemas de aprendizaje a distancia y ambientes de aprendizaje colaborativo" (Miranda, 2008)

Enmarcada en esa definición un OVA puede ser una simulación que tenga varios elementos, que tenga como objetivo la enseñanza de algún contenido, que permita al

estudiante interactuar, y uno de los más importantes, que le ofrezca al estudiante la retroalimentación inmediata, así el estudiante podrá hacer la práctica las veces que sean necesarias.

Con respecto a las simulaciones, es importante tener en cuenta que:

- Conjugan la teoría con la práctica
- Ofrecen la retroalimentación inmediata, así el estudiante puede manipular variables observar y generar conclusiones
- Optimizan el proceso enseñanza – aprendizaje
- Generan motivación e interés en los estudiantes (Gámez, 2011)

Capítulo 5 : EI OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAJE (OVA)

La idea de crear un OVA surge en las aulas del I.E.D. Arborizadora Alta en el momento en que se quiere desarrollar una práctica experimental, sin embargo fue en la Universidad Nacional de Colombia durante las clases que ofrece la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, donde esta idea no solo tomó forma sino que también se fundamentó teóricamente.

DISEÑO DEL OVA

Teniendo en cuenta que el OVA está enmarcado dentro de la MAA el entorno debe considerar cierta cantidad de formularios⁹ por cada línea¹⁰ que se quiera desarrollar, además debe tener una secuencia determinada que no rompa el esquema de dicha metodología.

Las líneas a considerar son:

1. Introducción
2. Rayos Notables (Espejos Cóncavos)
3. Rayos Notables (Espejos Convexos)

⁹ Puede considerarse como un formulario a cada pantallazo que da el software

¹⁰ Una línea es un grupo de formularios que consolidan un concepto

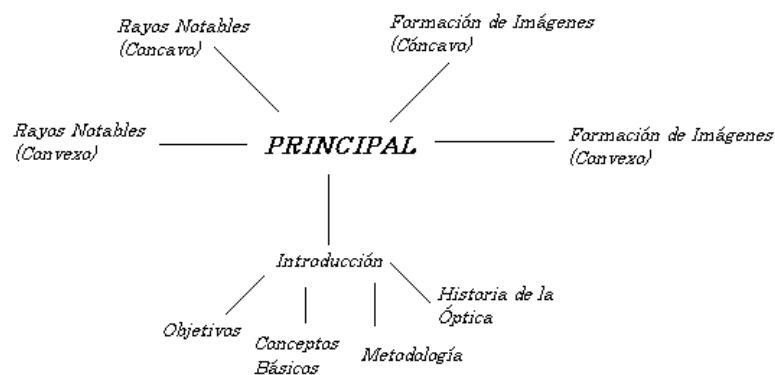
4. Formación de Imágenes (Espejos Cóncavos)
5. Formación de Imágenes (Espejos Convexos)

Cada línea a excepción de la primera línea (Introducción) contiene los elementos (Pasos) propios de la MAA, los cuáles son:

1. Planteamiento de la Situación
2. Predicciones (Individuales)
3. Predicciones (Grupales)
4. Desarrollo de la Práctica (Fotografías-Videos)
5. Socialización
6. Conclusiones - Confrontación

El siguiente es un mapa que muestra la estructura del OVA

Figura 5-1 Estructura del OVA



A partir de la estructura mostrada en la figura 5-1 se empieza la construcción del OVA utilizando el lenguaje de programación Visual Basic. Net.

La Figura 5-2 muestra el código fuente del primer formulario que corresponde al menú principal, mientras que en la Figura 5-3 se puede observar lo que genera dicho código a la hora de compilar y correr el programa, en esta imagen es posible reconocer los elementos mencionados en la Figura 5-1.

Figura 5-2 Codificación del Menú Principal

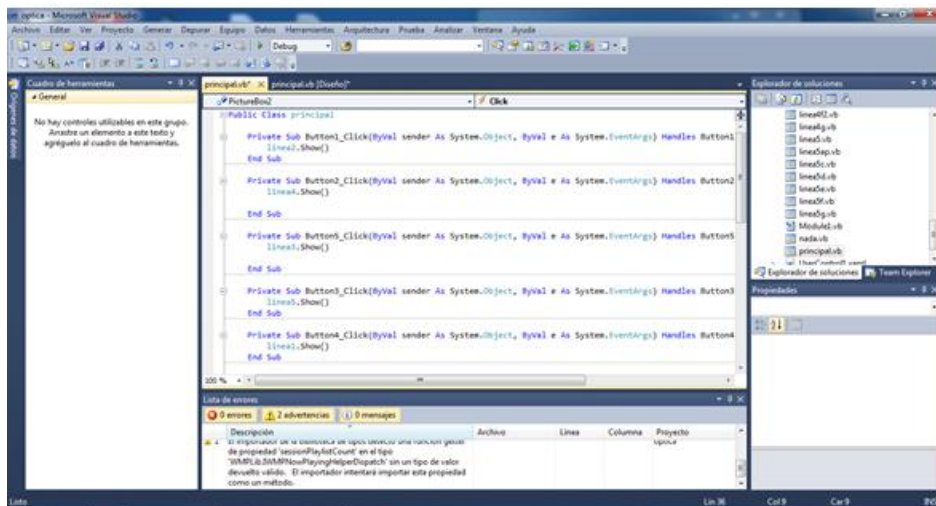
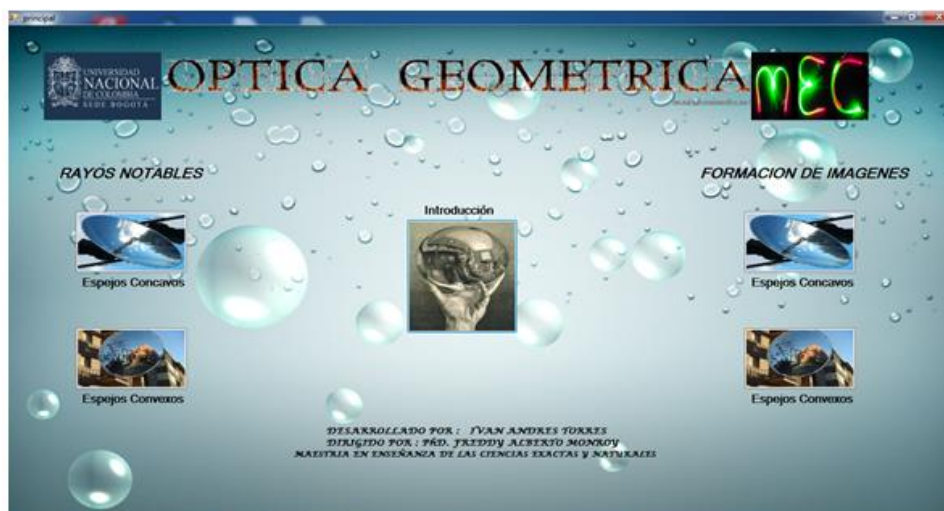


Figura 5-3 Menú Principal



ELABORACIÓN DEL OVA

La elaboración del OVA empieza con la formulación de las situaciones que se van a plantear como problemas, recreando las prácticas, fotografiándolas y grabándolas en video como material didáctico que sería incluido dentro de la herramienta.

La primera línea denominada Introducción, tiene la siguiente presentación:

Figura 5-4 Línea 1: Introducción



En esta línea el estudiante tiene un primer acercamiento acerca de lo que es el ova sus objetivos, la metodología, y algunos pre saberes enmarcados en los conceptos básicos y la historia de la óptica.

En general se abordan dos problemas, el primero es el reconocimiento de los denominados rayos notables y el segundo problema a abordar, es el de la formación de imágenes, ambos problemas, en el contexto de los espejos esféricos.

El primer problema que se aborda en el OVA, como se mencionó anteriormente, es el de la verificación mediante una práctica experimental de los denominados rayos notables, buscando que el estudiante luego de especular acerca del fenómeno, discutir con sus compañeros, ver unas fotografías y unos videos, interactuar mediante simulaciones con la situación y responder una serie de preguntas, deduzca el comportamiento de la luz al ser reflejada por un espejo esférico.

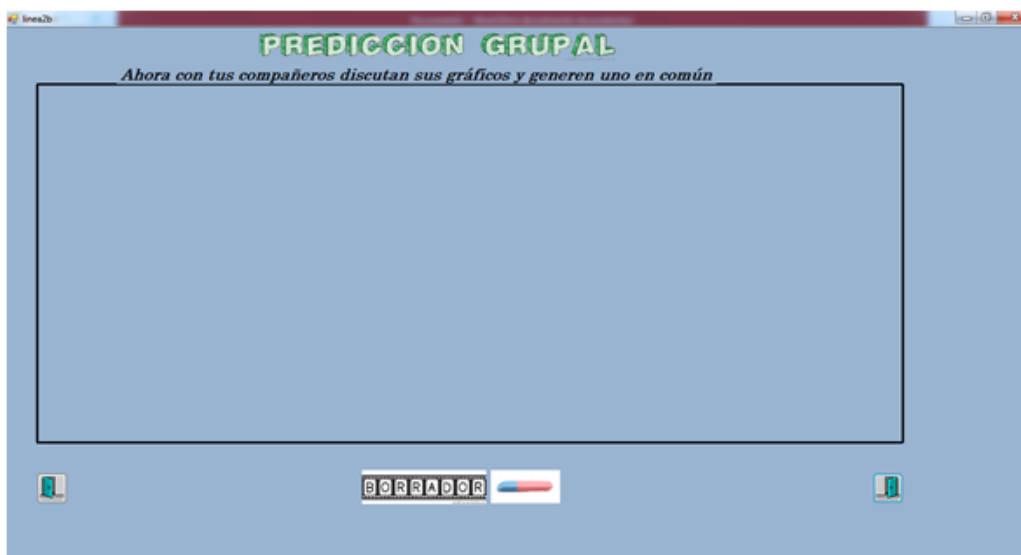
La línea 2 del OVA desarrolla los Rayos Notables en espejos Cóncavos tal y como se establece en la MAA, en la Figura 5-5 se establecen el primer y segundo paso de dicha metodología, el planteamiento de la situación y la formulación de las predicciones las cuales pueden hacerse mediante texto o mediante un editor gráfico perteneciente al OVA (Figura 5-6):

Figura 5-5 Línea 2 (Rayos Notables espejo Cóncavo)



En el editor el estudiante podrá plasmar sus predicciones en forma gráfica, este editor consta de dos elementos básicos, un lápiz y un borrador,

Figura 5-6 Editor Gráfico del OVA



Haciendo el recorrido por los pasos de la MAA a continuación se lleva a cabo el desarrollo de la práctica o también conocida como la demostración, aquí, ello se hace mediante el uso de fotografías y videos (Figura 5-7).

Figura 5-7 Video de la práctica

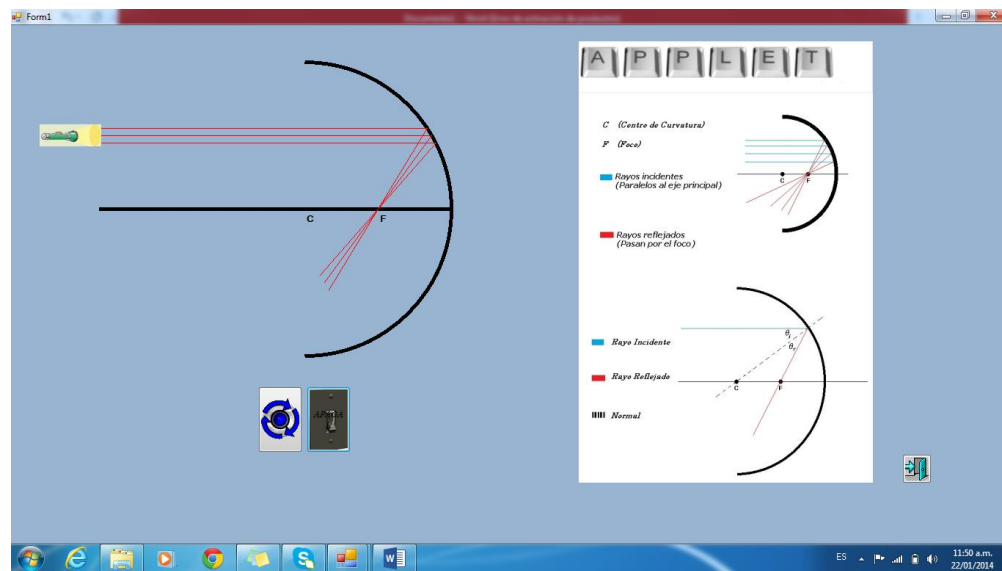


La socialización se puede realizar por parte del maestro en el aula, indagando por las respuestas a las predicciones, sin embargo en el programa quedan guardadas las respuestas a las preguntas que el estudiante contestó de tal manera que la socialización se hace simultáneamente con todos los otros momentos y gracias a esa facultad del programa al final se puede hacer una retroalimentación.

En la socialización que se plantea, el estudiante deberá describir lo que vio y registrarlo en las cajas de texto que ofrece cada formulario, esto le permitirá hacer una confrontación de lo que pensaba el, sus compañeros antes de la práctica y de lo que piensa después de la práctica.

Una vez se ha realizado la práctica, el estudiante tiene la facultad en este OVA de interactuar con la situación, esto lo podrá hacer mediante una simulación que provee el programa dentro de cada línea tal y como se aprecia en la Figura 5-8:

Figura 5-8 Simulación (Applet)



Dependiendo de la línea los applet tienen determinadas funciones, el caso del applet de la Figura 6-8 el estudiante dispone de una linterna que podrá mover verticalmente y encenderla de tal forma que los rayos salen paralelos al eje principal de un espejo cóncavo que se encuentra justo en frente observando lo que ocurre cuando los rayos se reflejan.

Al final de todo este proceso, llega el momento de hacer la confrontación. En el formulario de predicciones (Figura 5-5) existe un cuadro de texto en donde el estudiante podrá registrar sus respuestas, más adelante hay un formulario que se denomina Descripción de los resultados, allí el estudiante registra las nuevas respuestas y al final en la confrontación podrá observar lo que pensaba antes y lo que piensa después de la práctica.

Figura 5-9 Confrontación



The image shows a web browser window with a form titled "CONFRONTACION" in large, bold, pink letters. The form is divided into two main sections by a vertical line. The left section contains two prompts: "Lo que pensabas..." and "Lo que pensaban tu y tus compañeros...". The right section contains the prompt "Lo que piensas ahora" and a larger text area with the instruction "En el siguiente espacio escribe una conclusión de la práctica". Below the text area is a "FIN" button.

En el formulario mostrado en la Figura 5-9 se presenta una confrontación entre lo que el estudiante pensaba antes de la práctica y lo que piensa después de la misma y podrá escribir una conclusión u opinión acerca de la práctica.

Lo mostrado en las figuras anteriores corresponde a la segunda línea, Rayos Notables Espejo Cóncavo, son cuatro líneas más en donde se desarrollan los demás conceptos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La conjugación de tres elementos fundamentales encaminados a un mismo fin: Componente disciplinar clara, estrategia metodológica e implementación de una herramienta didáctica basada en TIC'S es un reto que por su complejidad y extensión hacen que el trabajo aquí presentado, cobre un gran valor para la enseñanza a nivel de la secundaria; y en este trabajo ese reto se logró alcanzar con gran éxito, esto es demostrado por el producto final presentado.

Típicamente el trazo de rayos para formar la imagen de un objeto, dada por un espejo esférico, es mostrado por el docente en el tablero, sin evidenciar ninguna relación directa con hechos físicos reales, solamente se muestra como un modelo geométrico, mientras que, cuando un estudiante desarrolla el tema con ayuda del OVA aquí presentado, él puede evidenciar la relación del modelo geométrico con el fenómeno físico de una manera prácticamente directa, debido a la interacción con la herramienta computacional y al uso de la MAA como ayuda didáctica.

El diseño metodológico de este software puede extenderse a otras ramas de la física e inclusive a otras ciencias o ramas del conocimiento.

La implementación del presente OVA requiere del acompañamiento continuo del maestro para así asistir al estudiante en caso de presentársele alguna duda o dificultad bien sea de la disciplina o del manejo del software.

En anteriores trabajos realizados en la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, donde se desarrolló un OVA para enseñar algún tema o concepto, el papel del autor en la mayoría de ocasiones se restringió a la recopilación de la información, al desarrollo de la parte disciplinar del tema y a un bosquejo de la metodología a utilizar dentro del OVA, contando en la mayoría de

ocasiones con la asesoría de un diagramador y/o un programador para la implementación de la herramienta computacional; este no es el caso del presente trabajo, ya que el mismo autor realizó la diagramación, el diseño y la programación requerida para obtener como producto final una herramienta TIC, que utilizando una metodología que ha mostrado suficientemente que funciona muy bien, tal como lo es la MAA, muestra de una manera clara e interactiva algunos conceptos de la óptica geométrica.

La aplicación del presente OVA con estudiantes y docentes de secundaria es un trabajo adicional, que queda abierto para ser realizado por otros docentes a diferentes niveles de la secundaria.

Es importante que los equipos en donde se utilice el OVA estén dotados de un Mouse para permitir un mejor desempeño del estudiante a la hora de realizar sus predicciones en el editor gráfico.

La aplicación de esta herramienta a los estudiantes debe estar siempre bajo la supervisión del maestro, debe recordarse que esta herramienta nunca ha tenido como fin reemplazar al docente en el proceso enseñanza – aprendizaje que debe darse en el aula.

**A. Anexo: Objeto Virtual de
Aprendizaje – Formación de
Imágenes en Espejos Esféricos (DVD)
Ejecutable e Instalador**

Bibliografía

- Alonso, M., & Finn, E. (1976). FÍSICA (Campos y Ondas). En M. Alonso, & F. Edwuard, *FÍSICA (Campos y Ondas)* (págs. 849-851). Mexico D.F.: Fondo Educativo Interamericano S.A.
- Bacon, A. &. (1996). Active Learning: 101 Strategies to Teach Any Subject . En A. &. Bacon, *Active Learning: 101 Strategies to Teach Any Subject* (pág. 15). Prentice Hall.
- Corpas. (2007 - 2010). *Corpas. Info*. Recuperado el 2014, de <http://www.corpas.info/tag/camara-oscura/>
- Dale, E., & Chall, J. (1948). *A Formula for Predicting Readability*. Ohio: Bureau of Educational Research.
- Freedman, R. A. (2005). *Física Universitaria con Física Moderna*. Mexico: Pearson.
- Fundación Wikimedia, I. (11 de 05 de 2001). *Wikipedia*. (Fundación Wikimedia, Inc.) Recuperado el 09 de 11 de 2013, de Wikipedia: http://es.wikipedia.org/wiki/Visual_Basic_.NET#Visual_Studio_.NET_.282002.29
- Gámez, I. E. (2011). Simulación Basada en Cómputo y el Desarrollo de Competencias Genéricas. *Foro Interregional de Investigación sobre Entornos Virtuales de Aprendizaje*, 93-102.
- Hecht, E. (1975). *Teoría y Problemas de Optica*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Hernández, C. A. (2004). Galileo: El Arte de la Ciencia. En C. A. Hernández, *Galileo: El Arte de la Ciencia*. Bogotá: Impresol Ediciones Ltda.
- Herrera Pérez, E. (2012). Diseño, construcción e implementación de una herramienta didáctica para abordar algunos conceptos fundamentales de óptica geométrica. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Mackenzie, D., & Sharkey, K. (2003). *Aprendiendo Visual Basi.Net en 21 lecciones avanzadas*. Mexico: Pearson Editores.
- María Sagrario Millán, J. E. (2003). Optica Geométrica. En J. E. María Sagrario Millán, *Optica Geométrica* (pág. 19). Barcelona: Ariel S.A.

- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2004). Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Bogotá: Cargraphics S.A.
- Miranda, J. J. (01 de Octubre de 2008). *Uso Educativo de Medios*. Obtenido de Uso Educativo de Medios:
<http://usodemedioseneducacion.blogspot.com/2008/10/objetos-virtuales-de-aprendizaje-ovas.html>
- Muñoz Riffo, M. H. (2007). *Física Virtual Colegio la Mision*. Recuperado el 2014, de <http://fisicavirtual.cl/aula/course/view.php?id=12>
- PTIEM. (2001). *Plataforma de Teleformación de la Intranet Educativa Municipal*. Recuperado el 15 de 10 de 2013, de Plataforma de Teleformación de la Intranet Educativa Municipal.: <http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/index.php>
- Rojas Sánchez, G. A. (2011). La enseñanza de los fenómenos de óptica geométrica a estudiantes de undécimo grado desde la perspectiva del aprendizaje activo. Bogotá: Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.
- Rubio y Galí, F. (1998). Aprendizaje activo: una organización de la clase centrada en el alumno. En F. Rubio y Galí, *Aprendizaje activo: una organización de la clase centrada en el alumno* (pág. 19). Toronto: Narcea S.A.
- Schwartz, S., & Ollishuke, M. (1998). *Aprendizaje activo: una organización de la clase centrada en el alumnado*. Madrid: NARCEA S.A. DE EDICIONES.
- Sears, F. W., Zemansky, M. W., & Young, H. D. (1986). Física Universitaria. En F. W. Sears, M. W. Zemansky, & H. D. Young, *Física Universitaria* (pág. 855). U.S.A: Addison-Wesley Iberoamericana S.A.
- Serway, R. A. (1997). FÍSICA. En R. A. Serway, *FÍSICA* (pág. 1028). Bogotá: Mc Graw Hill.
- Serway, R. A. (1999). Física Tomo II. En R. A. Serway, *Física Tomo II* (pág. 1058). Mexico D.F.: Offset S.A.
- Telematic, I. (2012). *Slideshare*. Recuperado el 01 de 2014, de <http://www.slideshare.net/alexbm1976/vb-net-telematic>
- Tippens, P. E. (2001). Física Conceptos y Aplicaciones. Mexico D.F.: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- UNESCO. (2006). *Active Learning In Optics and Photonics (ALOP) (Aprendizaje Activo en Óptica y Fotónica)*. UNESCO.
- UNESCO. (2006). Manual de Entrenamiento ALOP. Oregon: UNESCO.

Vásquez León, S. F. (2011). Revisión de conceptos de Óptica para la construcción y comprobación de espejos curvos. Bogotá: Maestría en Enseñanza de las Ciencia Exactas y Naturales.

