

Contribución de la física al desarrollo de habilidades investigativas en estudiantes de ingeniería

(Physical contribution to the development of research skills in engineering students)

Rolando Serra Toledo¹, Ibette Alfonso Pérez², Rubén Herrera Rodríguez³,
Daniel Souza Ferreira Magalhães⁴, Mikiya Muramatsu⁵, Diogo Soga⁵, Diego Zottola Pareja⁶

¹Departamento de Física, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Ciudad de la Habana, Cuba

²Centro de Referencia para la Educación de Avanzada, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Ciudad de la Habana, Cuba

³Departamento de Bioingeniería, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Ciudad de la Habana, Cuba

⁴Laboratório de Neuroimagem, Hospital de Clínicas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil

⁵Grupo de Óptica e Sistemas Amorfos, Departamento de Física Geral, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

⁶Estudiante de Bioingeniería, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Ciudad de la Habana, Cuba

Recibido em 23/3/2013; Aceito em 27/5/2013; Publicado em 30/10/2013

Para elevar la calidad de los futuros especialistas es imprescindible la investigación científica debido al elevado ritmo de desarrollo de la ciencia y la técnica que hace que los profesionales tengan que reaccionar de manera creadora ante los problemas de mayor actualidad e importancia. Desarrollar el pensamiento científico es una de las finalidades de la Educación Superior y es responsabilidad de todas las disciplinas que conforman una carrera. Entre las funciones principales de un profesor universitario está su capacidad para utilizar formativamente los resultados del trabajo de investigación. El trabajo científico investigativo debe ser una exigencia académica desde los primeros años de la carrera, como parte de la formación integral de los estudiantes. En el trabajo se muestran los resultados alcanzados por la disciplina Física en el desarrollo del trabajo científico estudiantil con los estudiantes de la carrera de Ingeniería Biomédica del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, incrementándose considerablemente el número de estudiantes participando en la investigación científica y su motivación por ésta, la actividad de trabajo independiente y creadora y logrando la vinculación de los conocimientos con la práctica así como la integración con otras disciplinas de la carrera.

Palavras-chave: habilidades investigativas, ingeniería.

Scientific research is essential to improve the quality of future specialists, due to the high rate of development of science and technology which professionals have to respond creatively to the problems of greatest relevance and importance. Developing scientific thinking is one of the purposes of Higher Education and it is responsibility of all the disciplines that compose a career. Among the main functions of a university professor is their ability to use the results of the research to form the student. The scientific research should be an academic requirement since the early years of career, as part of integral formation of students. This work shows the achieved results of the Physical discipline in the development of student scientific work with students of the Biomedical Engineering career at the Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, significantly increasing the number of students participating in scientific research and their motivation for this, the activity of independent and creative work and making the link between knowledge and practice as well as the integration with other disciplines of the career.

Keywords: research skills, engineering.

1. Introducción

Para elevar la calidad de los futuros especialistas es imprescindible la investigación científica debido al elevado ritmo de desarrollo de la ciencia y la técnica que hace que los profesionales tengan que reaccionar de manera

creadora ante los problemas de mayor actualidad e importancia. Desarrollar el pensamiento científico es una de las finalidades de la educación superior y es responsabilidad de todas las disciplinas que conforman una carrera.

¹E-mail: serra@electronica.cujae.edu.cu.

El trabajo científico estudiantil constituye una de las actividades docentes de mayor importancia en la formación de profesionales de nivel superior y para lograr una preparación adecuada del egresado con el objetivo de que sea capaz de desarrollar una actividad investigativa acorde a su labor profesional se requiere de una atención multidisciplinaria tanto a la actividad científica estudiantil curricular como extracurricular [1].

Aunque en las carreras de ingeniería la actividad científica estudiantil se desarrolla fundamentalmente por vía extracurricular, la actividad docente curricular posee amplias posibilidades de formar al estudiante en el espíritu de la investigación científica ya que utilizando la vinculación de los contenidos de los programas de las asignaturas con los métodos de investigación propios de la ciencia particular, se puede brindar a los estudiantes los elementos generales sobre el método científico, el ciclo del conocimiento científico y en particular sobre la planificación y ejecución de una investigación.

El trabajo científico estudiantil constituye una de las formas más efectivas para lograr la vinculación de los conocimientos del alumno universitario con la práctica. Además desarrolla en ellos la habilidad para el análisis y la valoración crítica de los resultados y contribuye a la asimilación de los conocimientos [2]. El trabajo investigativo debe constituirse como un sistema que contemple a todos los estudiantes universitarios, pues como se ha planteado el componente investigativo está presente en la estructura del sistema de conocimientos, en el modo en que se enseña y se aprende y en la manera de resolver los problemas [3]. Cualquier tipo de investigación que se proyecte para los estudiantes debe estar vinculada a algún tipo de ejercicio académico (trabajo extraclase, trabajo de curso, examen final, trabajo de diploma u otros) y en ello ha estado fundamentada la instrumentación del presente trabajo [4, 5].

Diversos autores refieren que la función del docente radica en gran medida, en su capacidad para utilizar formativamente los resultados del trabajo de investigación y que el trabajo científico investigativo debe ser una exigencia académica desde los primeros años de la carrera, como parte de la formación integral de los estudiantes [6-8].

La actividad científica estudiantil, por tanto, es el trabajo investigativo que realizan los estudiantes durante su formación como futuros profesionales, dirigidos, tutorados y asesorados por sus profesores. Forma parte del proceso docente educativo, tanto en lo curricular como en lo extracurricular y puede realizarse de forma individual o en grupos científico - estudiantiles. Su objetivo es el desarrollo de habilidades y hábitos propios del trabajo científico investigativo, es decir para la aplicación del método científico en la solución de problemas profesionales. Este objetivo debe ser debidamente adecuado durante el tiempo de estudio de acuerdo al año académico correspondiente.

Las características generales que se definieron para

organizar la actividad científica estudiantil en la carrera de ingeniería biomédica en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (Cujae) son fundamentalmente las siguientes: 1) La organización de la actividad a lo largo de los años académicos de la especialidad debe cumplir el carácter de sistema, preparando sucesivamente a los estudiantes en los diferentes aspectos de la metodología de la investigación que sirven de base a su futura actividad investigativa como profesionales. 2) Es necesario que exista una estrecha relación entre las actividades del trabajo científico estudiantil curricular y el extracurricular. 3) La labor investigativa de los estudiantes debe ir adquiriendo un carácter científico investigativo en la medida en que vayan incorporando los conocimientos, técnicas y métodos adquiridos con independencia y creatividad. 4) Se debe incrementar el nivel de independencia del estudiante desde una actividad dirigida por profesores, pasando por la parcialmente dirigida hasta una actividad totalmente independiente. 5) El nivel de asimilación en el que se trabaje la actividad debe ir transitando desde el reproductivo - aplicativo, pasando por aplicativo y aplicativo - creativo hasta creativo. 6) La complejidad de las tareas investigativas debe elevarse gradualmente desde el primero hasta el último año de la carrera. 7) Debe tener un enfoque multidisciplinario, con la determinación de asignaturas rectoras en cada año y la precisión de habilidades rectoras que en cada curso deberá lograr el estudiante de acuerdo a los criterios del colectivo de año en la asignación de tareas para la actividad científica. 8) Los temas de los trabajos investigativos de los estudiantes para esta actividad deben estar en relación con los contenidos de las asignaturas que reciben en cada año académico o con los planes temáticos de investigación del Departamento. 9) La vinculación de los estudiantes con una temática debe permanecer por varios cursos. 10) Debe lograrse en las investigaciones el vínculo necesario con la comunidad.

Uno de los elementos más importantes en la organización del trabajo científico estudiantil es el logro de un trabajo independiente adecuado por parte de los estudiantes.

Definir el concepto de trabajo independiente es uno de los aspectos más discutidos cuando se aborda este problema en la literatura pedagógica. El problema se resume al hecho incuestionable de que el trabajo independiente se puede caracterizar por un gran número de aspectos tanto internos como externos y que son difíciles de integrar en una sola definición del concepto dado. La mayoría de los pedagogos elevan al rango de rasgo esencial uno u otros aspectos que caracterizan globalmente el trabajo independiente, por lo que adquiere de esta forma dicha definición un carácter unilateral.

Los aspectos más comunes tomados como base son los de actividad, creatividad e independencia. También es frecuente encontrar definido este concepto, a través de sus manifestaciones externas organizativas, como

son:

“... el trabajo independiente es el conjunto de actividades que los estudiantes realizan sin la intervención directa del profesor para resolver tareas propuestas por éste en la dirección del proceso docente” [9].

“... el trabajo independiente es toda actividad realizada por el estudiante en forma individual o colectiva, por orientación o iniciativa propia, en la que relaciona correctamente la realización de dicha tarea con los métodos para desarrollarla, y aplica sus conocimientos y capacidades sin que se produzca la intervención directa del docente” [10].

Una de las definiciones donde se orienta en su sentido esencial la importancia del trabajo independiente es la que expresa: “un medio de inclusión de los alumnos en la actividad cognoscitiva independiente, como un medio de su organización lógica y psicológica” [11].

La esencia del trabajo independiente radica en el análisis de los nexos que unen a los componentes de la actividad independiente, es decir, el alumno actuando en calidad de sujeto de la actividad. El nexo entre los elementos antes señalados se puede establecer solamente en la interacción de ambos, tomando como punto de partida para ello la existencia de un problema mental o problema cognoscitivo.

Consideramos que el trabajo independiente en la enseñanza no puede realizarse sin la ayuda y dirección adecuada del profesor desde el punto de vista pedagógico aunque no debe obviarse la actividad cognoscitiva del estudiante y esto ha sido un elemento esencial en la implementación de nuestra propuesta.

Otro de los elementos importantes tenidos en cuenta para el diseño y organización del trabajo científico-estudiantil en nuestra propuesta es el análisis de las tendencias actuales de la enseñanza de la ingeniería en Cuba que se pueden caracterizar a través de los siguientes rasgos [12-14]:

1. Lograr una formación más sólida y un conocimiento más profundo de las ciencias básicas y los fundamentos de las ciencias de ingeniería.
2. Formar un profesional más integral, versátil y flexible cuya virtud fundamental sea su capacidad de autopreparación y adaptación.
3. Formar un profesional en estrecha vinculación con la industria, con las habilidades profesionales básicas.
4. Fortalecer la formación socio humanística de este profesional.
5. Fortalecer la formación económica y la capacidad para desarrollar una gestión empresarial efectiva y eficiente.
6. Potenciar la preparación del futuro profesional en el campo de la informática y la telemática.

Estos rasgos caracterizan las tendencias en la formación de los profesionales de la ingeniería en la actualidad y la física, como el resto de las disciplinas que conforman las diversas carreras de ingeniería, debe jugar el rol que le corresponde en la consecución de los objetivos de la formación de estos futuros profesionales que se derivan de dichas tendencias. Las mismas demandan de manera explícita o implícita la necesidad de producir transformaciones radicales en el proceso de enseñanza-aprendizaje que estimulen el desarrollo del aprendizaje independiente de los estudiantes por encima de la transmisión de conocimientos por parte del docente, del pensamiento lógico y divergente, de la creatividad y en general de los modos de pensar y actuar de este futuro profesional.

En el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, se han desarrollado recientemente nuevas propuestas didácticas para el diseño y la utilización de modernos medios de enseñanza y sistemas de experimentos en las diferentes formas de enseñanza aprendizaje de la disciplina física, como contribución para lograr incrementar la comprensión de las leyes y conceptos estudiados, la motivación y al desarrollo de habilidades prácticas y de observación en la enseñanza aprendizaje de esta disciplina [15-17].

En el presente trabajo se muestra la implementación de la propuesta didáctica de realización de trabajos científico estudiantiles como parte del perfeccionamiento del proceso de enseñanza aprendizaje de la disciplina física en la carrera de ingeniería biomédica.

2. Implementación de la propuesta

El colectivo de año existe como estructura organizativa del proceso de enseñanza-aprendizaje en los diferentes años académicos de las carreras universitarias. Su máximo representante es un profesor que se designa para planificar y controlar la ejecución del proyecto educativo que tiene lugar entre estudiantes y profesores. Esta figura del proceso pedagógico juega un papel fundamental en la coordinación del trabajo metodológico que se realiza en el año que coordina.

Los colectivos de primer y segundo año de la carrera de Ingeniería Biomédica acordaron, como parte del trabajo metodológico, la estrategia de que las asignaturas de Física desarrollaran trabajos de investigación curriculares en los cuales los estudiantes aplicaran los conocimientos adquiridos en las diferentes asignaturas del año y de esta forma contribuir a su integración.

La disciplina física en la especialidad de ingeniería biomédica comenzó la realización de trabajos de investigación curriculares con los estudiantes de primero y segundo año de la carrera en las asignaturas de Física I, Física II y Física III.

Los profesores de física definieron los elementos a tener en cuenta para la realización de los trabajos de investigación: Aplicación de leyes y conceptos de física,

integración de las diferentes asignaturas del año, vinculación con la especialidad, utilización de bibliografía actualizada e internet, utilización de la computación, utilización del idioma inglés y vínculo con la comunidad.

Las asignaturas seleccionadas para su integración en los trabajos a realizar fueron: circuitos, cálculo, bioquímica, computación, economía e inglés.

Desde el punto de vista organizativo se formaron, para la realización de los trabajos investigativos, equipos de trabajo en los grupos con una integración de no más de 3 estudiantes para garantizar el aporte individual necesario. Cada equipo debe seleccionar, de la comunidad donde viven sus integrantes, un centro de salud (Policlínico, Hospital, Centro de fisioterapia, Centro de investigaciones médicas) donde analizarán en la temática de investigación seleccionada las técnicas utilizadas, equipamientos empleados y el impacto en la comunidad.

Temas de la física y trabajos realizados por los estudiantes:

Física I

- Mecánica (biomecánica del cuerpo humano, mecánica de los fluidos en el cuerpo humano, sistema circulatorio y respiratorio y modelos energéticos del cuerpo humano).
- Termodinámica (el hombre como sistema termodinámico y terapias con calor).
- Oscilaciones y ondas (bioelasticidad y elementos de acústica física).

Física II

- Electromagnetismo (electroterapia y electropuntura, magnetoterapia e influencia de los campos electromagnéticos en la salud humana).
- Óptica (el ojo y los defectos fundamentales de la visión, el microscopio óptico, holografía, ensayos ópticos no destructivos y sus aplicaciones a la medicina y anaglifos aplicados a la biomédica).

Física III

- Física moderna (laserterapia, laserpuntura y el microscopio electrónico).
- Física nuclear (medicina nuclear y gammagrafía).

3. Resultados obtenidos

Dentro de los trabajos desarrollados por los estudiantes, mostraremos como ejemplo la construcción de hologramas y anaglifos relacionados con el estudio de la óptica por su alto grado de motivación y actualidad.

3.1. Construcción de hologramas por los propios estudiantes

El desarrollo de nuevas propuestas didácticas para el diseño y la utilización de sistemas de experimentos en

las diferentes formas de enseñanza aprendizaje de la disciplina física, que incluyan el uso de nuevos dispositivos tecnológicos desarrollados recientemente en el mundo, adquiere una gran importancia como contribución para lograr incrementar la comprensión de las leyes y conceptos estudiados, la motivación y al desarrollo de habilidades prácticas y de observación en la enseñanza aprendizaje de esta disciplina [16].

Los hologramas pueden ser construidos con la utilización de punteros láser que están fabricados con diodos láser que emiten en el espectro visible, lo que hace factible su utilización en la enseñanza aprendizaje de la física universitaria y en particular de la óptica [17], por sus grandes ventajas en relación con los láseres gaseosos convencionales como los de He-Ne de gran costo y difícil manipulación.

Para la obtención de los hologramas se construyó una instalación experimental portátil y se obtuvieron los primeros hologramas de objetos de diferente forma y profundidad.

3.2. Construcción de anaglifos por los propios estudiantes

En la enseñanza de carreras de ingeniería, los materiales de estudio contienen imágenes cargadas de gran variedad de técnicas auxiliares para ayudar a comprender mejor dimensiones, posiciones relativas, etc. Se requiere en muchos casos de imágenes tridimensionales que son de gran ayuda y permiten la mejor comprensión de los temas tratados debido a que se introduce la información de profundidad.

Estudiantes de segundo año de ingeniería biomédica y de ingeniería civil con la tutoría de profesores de física, han desarrollado un trabajo de investigación extracurricular que ha permitido la obtención de anaglifos para aplicaciones en estas especialidades [18].

Los anaglifos son registros bidimensionales capaces de provocar un efecto tridimensional cuando se observan utilizando espejuelos de dos colores (fundamentalmente rojo y verde o rojo y azul). Las imágenes planas a través de las cuales se obtiene un anáglifo son relativamente diferentes. En el caso de que las imágenes sean fotografías, deben ser obtenidas de manera que estén separadas entre sí una distancia aproximada a la separación ínter-ocular media. Una vez que las imágenes que forman el par estereoscópico son obtenidas, estas deben ser procesadas mediante un programa de computación el cual realizará el filtraje de estas dos imágenes en los colores indicados y posteriormente son superpuestas obteniéndose el anáglifo final que al ser observado con los espejuelos especiales descritos anteriormente permiten al cerebro formar una imagen tridimensional.

Para la obtención de los anaglifos, se desarrolló un software en Matlab que ofrece la mayor simplicidad posible al usuario.

Se reportan anáglifos construidos por los estudiantes para diferentes aplicaciones biomédicas y de ingeniería civil.

Principales resultados obtenidos:

- Definición de las características generales que deben caracterizar la organización y el desarrollo de la actividad científica estudiantil en la carrera de ingeniería biomédica.
- Análisis de las tendencias actuales de la enseñanza de la ingeniería en Cuba como base de la propuesta.
- Incremento considerable en la cantidad de estudiantes realizando trabajo de investigación y participando en la jornada científica estudiantil.
- Aplicación de conceptos, leyes y métodos de la física a la especialidad.
- Incremento de la motivación por las asignaturas de la disciplina física y por la especialidad.
- Integración de las asignaturas del año en los trabajos realizados.
- Desarrollo de habilidades para el trabajo independiente de investigación y para exponer y defender los trabajos realizados.
- Utilización de bibliografía actualizada y de internet.
- Vinculación de los estudiantes con la comunidad.
- Conocimiento de las tecnologías biomédicas que se aplican en nuestro país y en el mundo.

Entre los logros fundamentales del trabajo realizado se encuentran el incremento considerable de la motivación por el estudio de la física y por su carrera, la adquisición por parte de los estudiantes de hábitos educativos, de disciplina, de organización, de independencia; el desarrollo de la iniciativa, del amor al trabajo, del sentimiento de colectivismo y de la responsabilidad social al visitar los estudiantes centros de salud de la comunidad para la realización de los trabajos de investigación.

4. Conclusiones

El trabajo científico estudiantil constituye una de las actividades docentes de mayor importancia en la formación de profesionales de nivel superior y para lograr una preparación adecuada del egresado con el objetivo de que sea capaz de desarrollar una actividad investigativa adecuada acorde a su labor profesional.

Con el desarrollo de esta experiencia pedagógica se logró elevar considerablemente el número de estudiantes participando en la investigación científica, se potenció la actividad de trabajo independiente vinculada a la disciplina física, se incrementó la motivación por la física y por su especialidad, la interrelación entre las diferentes asignaturas del año y la utilización de la información científico-técnica por los estudiantes desde los primeros

años de la carrera y se logró el vínculo de los estudiantes con la comunidad como contribución a su formación integral.

La investigación sobre la construcción de hologramas y anáglifos con los resultados que se presentan ha sido desarrollada por estudiantes de segundo año de las carreras de ingeniería biomédica e ingeniería civil, demostrando las potencialidades del trabajo científico estudiantil al obtener los primeros anáglifos construidos en el país para aplicaciones en ingeniería.

Referencias

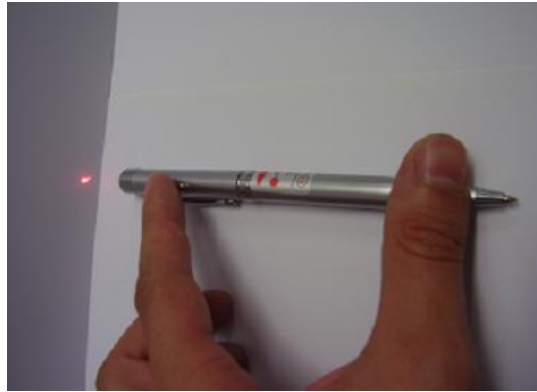
- [1] A. Pompa y F. Lam, Informe final del proyecto pedagógico: *Sistema de Investigación Científico Estudiantil como Componente Indispensable en la Formación Profesional* (Facultad de Medicina Veterinaria, La Habana, 2000).
- [2] A. Quirós y J. Morales, *Revista Cubana Educación Superior* **2** y **3**, 107 (1982).
- [3] H. Torres y C. Álvarez de Zayas, *RECES* **13**, 111 (1993).
- [4] F. López, B. Peralta y S. Konnilovich, *RECES Número especial*, 29 (1998).
- [5] C. Vidal, *Educación Médica Superior* **2**, 127 (1988).
- [6] F. Gay y C. Ruiz, *El Proceso de Enseñanza Aprendizaje Modular en la Licenciatura de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, (Taller de Educación Veterinaria, La Habana, 1993).
- [7] R. González, *RECES* **46**, 11 (1996).
- [8] A. Pompa y F. Lam, *Contribución al Desarrollo del Componente Investigativo Estudiantil en el 1er Año de la Carrera de Medicina Veterinaria*. Memorias del Evento Pedagogía (Habana, Cuba, 2001), p. 87.
- [9] C. Álvarez de Zayas, *Epistemología y Ciencia*, Editorial Educación **1**, 90 (1997).
- [10] A. Bencomo y J. Luis, *Revista Varona Año IV*, No. 8, 44 (1982).
- [11] P. Pidkasty, *La Actividad Cognoscitiva Independiente en los Alumnos en la Enseñanza Pedagógica* (Editorial Progreso, Moscú, 1980).
- [12] E. Castañeda, *Caracterización General del problema del Diseño Curricular de Carreras Universitarias a las puertas del tercer Milenio desde una Óptica Latinoamericana*. Conferencia Inaugural del Curso de Diseño Curricular de la Universidad de Verano (ISPJAE, Cuba, 2007).
- [13] E. Castañeda, *El modelo del profesional y la enseñanza de la Ingeniería del siglo XXI*, Ponencia al XVIII Congreso Panamericano Educación y Ejercicio Profesional de la Ingeniería (Lima, Perú, 2008).
- [14] H. Falcón, *Una Concepción de Profesionalización desde la Disciplina Física General en Ciencias Técnicas*. Tesis Doctoral, Cuba, 2002.
- [15] R. Serra, *La utilización del Holograma como Medio de Enseñanza y de Educación Social en Cuba a través del Vínculo Investigación – Docencia – Extensión Universitaria*. Tesis Doctoral, Cuba, 2004.

- [16] Rolando Serra Toledo, Gilda Vega Cruz, Angel Ferrat Zaldo, José. J. Lunazzi y Daniel. S.F. Magalhães, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **31**, 1401 (2009).
- [17] Rolando Serra Toledo, Alfredo Moreno Yeras, Daniel. S.F. Magalhães, Mikiya Muramatsu, José B. Lemus, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **32**, 3502 (2010).
- [18] D. Zottola, A. Hernández, R. Serra, *Anaglifos en la Enseñanza de la Ingeniería Biomédica*, V Latin American Congress on Biomedical Engineering, Habana, IFMBE Proceedings **33**, 362 (2011).

Material suplementar del artículo: Contribución de la física al desarrollo de habilidades investigativas en estudiantes de ingeniería

Algunos resultados de la construcción de hologramas y anáglifos por los propios estudiantes:

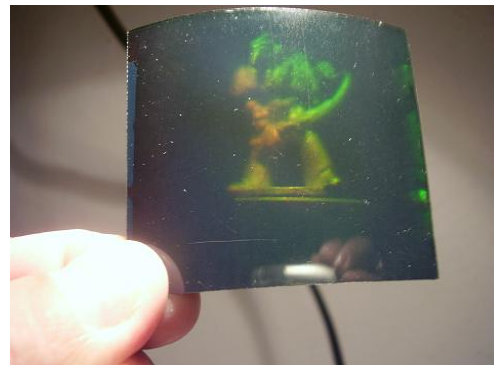
1. Construcción de hologramas



Puntero láser utilizado para la obtención de los hologramas

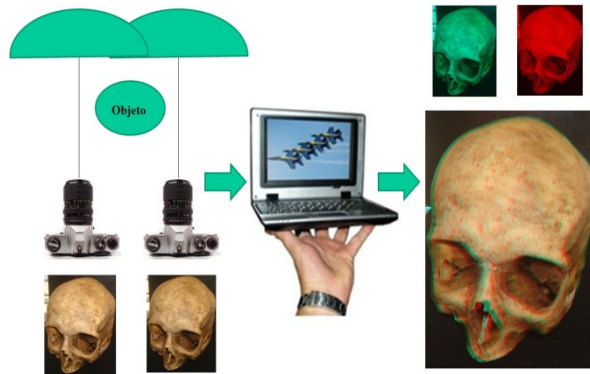


Instalación experimental portátil para la obtención de hologramas

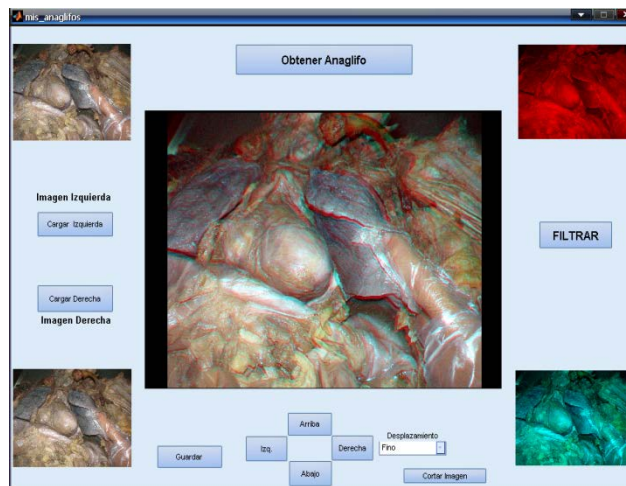


Se muestran el objeto holografiado y el holograma obtenido

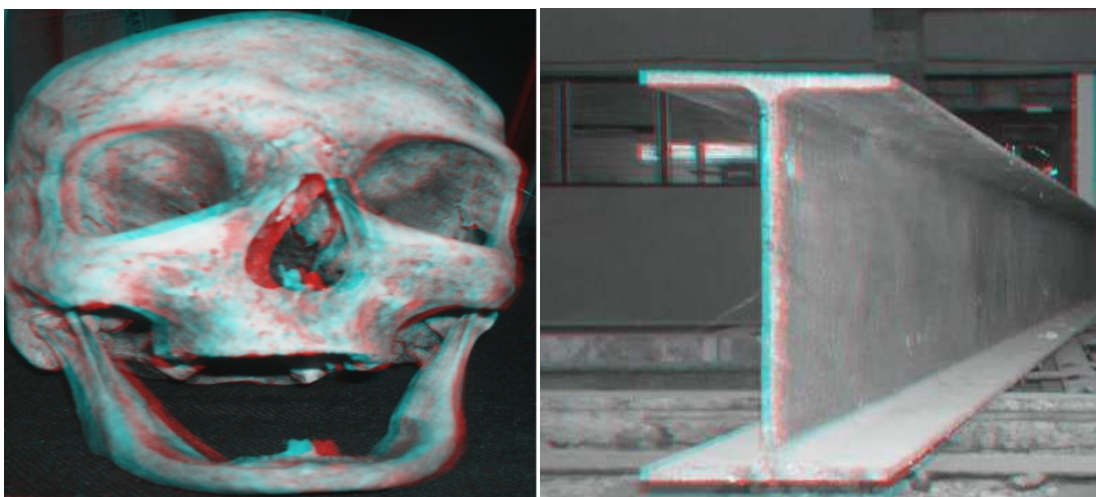
2. Construcción de anáglifos



Esquema de los pasos necesarios para la obtención de los anáglifos



Interfase del software desarrollado



Anáglifos de un preparado anatómico y una viga