



Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Educación

Trabajo fin de máster

**Análisis de las dificultades en
la comprensión de la
Cinemática en Bachillerato.
Evaluación del uso de *Tracker*
para facilitar el aprendizaje.**

Presentado por: Silvia Paricio Muñoz
Línea de investigación: Medios audiovisuales y nuevas
tecnologías aplicadas a la educación
Director/a: Juan José Vicente Martorell

Ciudad: Barcelona
Fecha: 18/07/2014

RESUMEN

Las dificultades en el aprendizaje de la Física son un problema recurrente en los alumnos de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, que suelen presentar problemas de comprensión, debido a conceptos abstractos y de difícil visualización.

A este problema, se debe añadir la creciente dificultad para motivar a los alumnos, que contribuye negativamente a su implicación e interés para el estudio.

El presente trabajo trata de evaluar las ventajas que podría aportar la implementación de un nuevo recurso informático en la enseñanza de una rama concreta de la Física: el movimiento, es decir, la Cinemática, con el fin de facilitar la comprensión y la motivación de los alumnos del primer curso de Bachillerato de la modalidad de Ciencias y Tecnología, mediante la grabación y el análisis de vídeos con el software *Tracker*. Para ello se estudia cuáles son las dificultades más comunes en esta rama y la procedencia de estos problemas de comprensión. También se realiza una pequeña investigación acerca de las herramientas más habituales que utilizan los docentes para solventar estas dificultades, y en qué puede suplir o complementar *Tracker* a los recursos que ya se utilizan, fomentando la autonomía y la creatividad de los alumnos, y conectando los fenómenos físicos con la vida cotidiana. Todo esto teniendo en cuenta el gran reto que supone para los docentes la introducción y el dominio de las TIC como una nueva forma de transmisión de conocimientos en el aula.

Palabras clave: Física, problemas de comprensión, motivación, movimientos, Cinemática, TIC, análisis de vídeo, *Tracker*.

ABSTRACT

Troubles in Physics learning are very common for Secondary School and High School students. These students usually present some comprehension problems due to abstract concepts and difficulties to visualize those concepts

Moreover, it is increasingly hard to motivate the students, which is adverse to their implication and interest for the studying.

This project is about assessing the advantages on implementing a new IT resource in the teaching of a particular branch of Physics (kinematics) and how it is helpful for the teacher to make the students understand the contents and to increase the motivation in students in first course at Science and Technologies modality in High School in this field. This new resource is to record and analyze video with software called *Tracker*. To this goal, it is necessary to study the most common troubles in Physics studying and the origin of these comprehension troubles. Learning tools usually used by teachers to solve these difficulties are investigated too. In addition the way *Tracker* can replace or complement present resources to promote students' autonomy and creativity and to connect physical phenomena with day-to-day life is explained. Finally it is important to remember that introducing and having a good command in ICT as a new way to transmit knowledge is a great challenge for the teachers.

Keywords: Physics, comprehension problems, motivation, movements, Kinematics, ICT, video analysis, *Tracker*.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	3
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
2.1.	OBJETIVOS	4
2.2.	BREVE FUNDAMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	5
2.3.	JUSTIFICACIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA.....	6
3.	DESARROLLO	7
3.1.	MARCO TEÓRICO.....	7
3.1.1.	CINEMÁTICA EN 1º DE BACHILLERATO	8
3.1.2.	DIFICULTADES EN EL APRENDIZAJE DE LA CINEMÁTICA	10
3.1.3.	RECURSOS TRADICIONALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA CINEMÁTICA	13
3.1.4.	LABORATORIO DE FÍSICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA CINEMÁTICA	15
3.1.5.	USO DE LAS TIC PARA LA ENSEÑANZA DE LA CINEMÁTICA.....	18
3.1.6.	ANÁLISIS DE VÍDEO PARA LA COMPRENSIÓN DE LOS MOVIMIENTOS MEDIANTE <i>TRACKER</i>	22
3.2.	METODOLOGÍA.....	23
3.2.1.	CONTEXTUALIZACIÓN	23
3.2.2.	MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	26
3.3.1.	ENTREVISTAS	26
3.3.2.	ENCUESTAS.....	30
3.3.3.	ESTUDIO PERSONAL DEL PROGRAMA	36
3.3.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	49
4.	PROPUESTA PRÁCTICA	51
4.1.	JUSTIFICACIÓN.....	51
4.2.	DESTINATARIOS	51

4.3. OBJETIVOS Y COMPETENCIAS	52
4.4. METODOLOGÍA	53
4.5. ACTIVIDADES Y TEMPORALIZACIÓN	54
4.6. EVALUACIÓN	55
5. CONCLUSIONES	57
6. LIMITACIONES DEL TRABAJO	59
7. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS	60
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
9. ANEXOS	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre el uso de imágenes y la educación científica	14
Figura 2. Imágenes ilustrativas de un libro de texto	15
Figura 3. Práctica laboratorio Cinemática, MRUA	18
Figura 4. Applet Cinemática	19
Figura 5. Estudio del plano inclinado en la interficie de Fisilab	20
Figura 6. Estudio del movimiento de un carrito por un plano inclinado con LAO	21
Figura 7. Gráficas experimentales distancia-tiempo para un carrito que cae y se lanza hacia arriba por un plano inclinado frente a la gráfica prevista por la mayoría de alumnos. (LAO)	21
Figura 8. Valoración del grado de dificultad para los contenidos implicados en el aprendizaje de la Cinemática	30
Figura 9. Causa principal, según los profesores encuestados, de las dificultades en contenidos útiles para el aprendizaje de la Cinemática	32
Figura 10. Causa principal, según los profesores encuestados, de las dificultades en contenidos específicos de la Cinemática	34
Figura 11. Porcentaje de uso de diferentes recursos para la enseñanza de la Cinemática	35
Figura 12. Calibración de los diferentes sistemas estudiados.	37
Figura 13. Establecimiento de los ejes de coordenadas de los sistemas	38
Figura 14. Interficie Ajustes del Corte	38
Figura 15. Seguimiento de la trayectoria de la masa puntual en cada sistema	39
Figura 16. Captura de pantalla del programa <i>Tracker</i>	40

Figura 17. Ejemplo de ajuste de datos a una función con la herramienta analizar ...	40
Figura 18. Gráficas de posición $x(t)$ e $y(t)$. MRUA.....	41
Figura 19. Gráficas de velocidad $v_x(t)$ y $v_y(t)$. MRUA	41
Figura 20. Gráfica del módulo del vector velocidad $v(t)$. MRUA	42
Figura 21. Gráficas de aceleración $a_x(t)$ y $a_y(t)$. MRUA.....	42
Figura 22. Gráfica del módulo del vector aceleración $a(t)$. MRUA	43
Figura 23. Gráficas de posición $x(t)$ e $y(t)$. MCUA	43
Figura 24. Gráfica de la posición angular $\theta(t)$. MCUA	44
Figura 25. Gráficas de velocidad lineal $v(t)$ y angular $\omega(t)$. MCUA.....	44
Figura 26. Gráficas de posición $x(t)$ e $y(t)$. TIRO PARABÓLICO	45
Figura 27. Gráficas de velocidad $v_x(t)$ y $v_y(t)$. TIRO PARABÓLICO	45
Figura 28. Gráfica del módulo del vector velocidad $v(t)$. TIRO PARABÓLICO	46
Figura 29. Gráficas de aceleración $a_x(t)$ y $a_y(t)$. TIRO PARABÓLICO.....	46
Figura 30. Gráfica del módulo del vector aceleración $a(t)$. TIRO PARABÓLICO	46
Figura 31. Fuerzas implicadas en el plano inclinado	47
Figura 32. Gráficas de posición $x(t)$ e $y(t)$. PLANO INCLINADO	47
Figura 33. Gráficas de velocidad $v_x(t)$ y $v_y(t)$. PLANO INCLINADO	48
Figura 34. Gráfica del módulo del vector velocidad $v(t)$. PLANO INCLINADO	48
Figura 35. Gráficas de aceleración $a_x(t)$ y $a_y(t)$. PLANO INCLINADO	48
Figura 36. Gráfica del módulo del vector aceleración $a(t)$. PLANO INCLINADO	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Grado de dificultad que presentan los alumnos en contenidos necesarios para el estudio de la Cinemática	31
Tabla 2. Grado de dificultad que presentan los alumnos en contenidos específicos de Cinemática	33
Tabla 3. Propuesta de programación para la Unidad Didáctica de Cinemática, incluyendo las 4 sesiones prácticas	54

1. INTRODUCCIÓN

Ya a principios de los ochenta, Aguirre (1983) reflexiona acerca de los motivos por los que la Física resulta una tarea difícil para la mayoría de los alumnos y del elevado porcentaje de suspensos en esta asignatura. Aguirre atribuye estos resultados poco satisfactorios a los procedimientos utilizados para la enseñanza de la Física, basados casi exclusivamente en el libro de texto y los apuntes como vehículo para la transmisión de conocimientos. Lo cierto es que, 30 años más tarde, los alumnos siguen presentando muchos problemas en esta asignatura, y los resultados académicos no han mejorado demasiado. Esto nos hace pensar que, a pesar de los numerosos estudios e investigaciones pedagógicas, las estrategias didácticas que utilizan los docentes en la actualidad no han evolucionado como deberían para dar respuesta a estas dificultades, ya que el libro de texto y la pizarra convencional siguen siendo el eje central de las clases de Física.

Sin embargo, podemos valorar positivamente la introducción de imágenes y gráficas para ilustrar los fenómenos, tanto en los libros de texto como en las explicaciones de los profesores, como una ayuda para la visualización de los conceptos. En este sentido, tal como afirman Pérez Flores, Pérez Ricárdez y Bastián (2005), las imágenes son muy importantes, porque contribuyen a generar representaciones mentales, reduciendo, en parte, la abstracción propia de la Física, ya que estas representaciones mentales permiten empezar a visualizar los conceptos. Ahora bien, todo apunta a que el uso de estas imágenes no es suficiente para facilitar la comprensión de la Física y mejorar los resultados en esta materia, es necesario ir más allá, innovar en cuanto a recursos didácticos para adaptarse a los alumnos y a sus procesos mentales.

Además, debemos tener en cuenta la gran influencia que ejercen las nuevas tecnologías en la sociedad actual, especialmente en la vida diaria de los alumnos. Resulta evidente que la educación debería evolucionar junto a la sociedad, adaptándose a sus cambios, y que por tanto, no puede mantenerse al margen de la tecnología, presente en todo lo que nos rodea. No obstante, muchos profesionales de la enseñanza desconocen o no hacen uso de la gran cantidad de posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías en el aula, más conocidas como TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación).

Las TIC favorecen la participación activa del alumno, la interacción entre profesores y estudiantes, el trabajo en grupo y la conexión con el mundo real. Todos estos aspectos aproximan la ciencia a la realidad de los alumnos, promoviendo así su interés por la asignatura, su motivación e implicación en el aprendizaje, y la clarificación de ciertos conceptos que suelen resultar complicados. Por tanto, es interesante que los docentes se esfuercen en conocer y aprender a utilizar este tipo de recursos como herramienta para facilitar la comprensión y la participación.

Con esta investigación nos proponemos analizar un recurso TIC en concreto, un software para el análisis de vídeos, estudiando en qué medida y en qué aspectos concretos puede ayudar a los alumnos para la comprensión de la Cinemática. Para ello, este trabajo se divide en tres etapas:

En primer lugar, con el fin obtener una información adecuada y completa que asiente las bases de la investigación, se ha realizado una revisión bibliográfica, mediante la cual se ha construido un marco teórico en el que se resume el estado actual de ciertos aspectos relacionados con el tema. En este capítulo se describe el papel que juega la Cinemática en el currículum de Bachillerato, así como las dificultades más comunes que se presentan en esta rama de la física. También se analizan los recursos que acostumbran a utilizar los profesores para combatir estos problemas de aprendizaje, haciendo especial mención al laboratorio y las TIC, para terminar concretando *Tracker*, un software que analiza vídeos fotograma a fotograma.

En una segunda etapa se realizan entrevistas y encuestas, en las que se pregunta a varios profesores por la importancia que le conceden a cada una de las dificultades detectadas en Cinemática, así como sus orígenes y los recursos que utilizan para hacerles frente. De este modo, nos hacemos una idea del grado en que los profesores hacen uso de las TIC.

Finalmente, se presentan los resultados de un estudio de *Tracker* a nivel personal, en el que se valora su potencial y la posibilidad de implementarlo en el aula, además de evaluar si realmente puede contribuir a la mejora de la comprensión de la Cinemática, a la motivación de los alumnos y a la aproximación de las teorías físicas con la realidad de los alumnos.

En resumen, la investigación parte de una revisión de la enseñanza actual de la Cinemática para dar lugar a una propuesta didáctica orientada al beneficio del alumno, que pretende complementar las insuficiencias de la metodología actual.

1.1. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

En la búsqueda de una propuesta de investigación para mi trabajo fin de máster, han sido varios los motivos que me han llevado a escoger este tema:

En primer lugar, tras finalizar mi formación escolar, he tenido la oportunidad de dar clases particulares a varios alumnos, la mayoría de los cuales han presentado problemas para comprender la Física, para relacionarla con la realidad y conocer sus aplicaciones prácticas. Además, durante el período de prácticas, también he podido observar un gran número de alumnos con dificultades en esta materia. Lo cierto es, que trabajando con estos alumnos, he podido identificar las mismas dificultades que yo misma tenía, tanto en mi etapa de Bachillerato, como en las asignaturas relacionadas con la Física a lo largo de mi Licenciatura en Química.

Es por esto que considero de vital importancia investigar la raíz de estos problemas, ya que solo conociendo su procedencia les podremos poner solución, brindando una ayuda a los alumnos y evitando que pasen a niveles superiores sin haber asimilado una serie de conceptos necesarios para el buen desarrollo de la futura formación. Del mismo modo, también es fundamental analizar las estrategias metodológicas y los recursos didácticos que más utilizan los docentes en la enseñanza de la Física, así podremos comprobar hasta qué punto resultan eficaces estos recursos o si es necesario plantearse la introducción de otros nuevos, centrándonos especialmente en las nuevas tecnologías, no tan solo por todas las posibilidades que nos ofrecen las TIC en educación, sino porque contribuyen en gran medida a la motivación y la participación del alumnado, conectando los aprendizajes teóricos con su realidad cotidiana.

Por otro lado, tras reflexionar sobre este asunto decidí comentarlo con mi tutor de prácticas, quien me explicó que estaba intentando introducir un nuevo recurso en la enseñanza de la asignatura, y me animó a desarrollar el tema para el Trabajo fin de Máster. Se trata de un software gratuito llamado *Tracker*, que permite la introducción de vídeos, descomponiéndolos en fotogramas. La propuesta me pareció muy interesante, así que decidí investigar sobre el tema, sobre los pros y los contras de este software y sus aplicaciones prácticas, para llegar a plantear una propuesta didáctica.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como ya se ha comentado anteriormente, los alumnos de Bachillerato siempre han presentado bastantes dificultades para comprender los diferentes fenómenos físicos y relacionar la teoría con la realidad y la vida cotidiana. Estas dificultades de comprensión suelen tener su origen en conceptos abstractos y de difícil visualización, o en ideas previas erróneas.

Además, los alumnos no son capaces de relacionar los contenidos de la Física con la realidad, de manera que conciben la asignatura como un conjunto de teorías sin aplicación ni utilidad práctica, dando lugar a una falta de interés por su estudio.

Todo esto, junto a la creciente dificultad para motivar a los alumnos de hoy en día, unos alumnos inmersos en la Sociedad de la Comunicación, dominada por las nuevas tecnologías y en la que impera la pasividad, la falta de esfuerzo y de constancia, lleva a replantearse el modo en que se imparte la asignatura, pues habitualmente se sigue una metodología tradicional, que no permite la participación activa de los alumnos ni facilita su comprensión.

Esta investigación pretende evaluar el uso de una nueva herramienta informática para el estudio de los movimientos en Física a nivel de Bachillerato. Este recurso consiste en el análisis de vídeos mediante un software llamado *Tracker*, suponiendo una fuente de motivación para los alumnos por su carácter tecnológico y porque permite la interacción en el proceso de aprendizaje.

2.1. OBJETIVOS

A partir del problema descrito, el fin último de la investigación es establecer una propuesta didáctica mediante la cual, se facilite a los alumnos el aprendizaje y la comprensión de la Física. Para ello se plantean un objetivo general y una serie de objetivos específicos, cuya consecución conduzca a una propuesta didáctica efectiva y atractiva para los alumnos.

Objetivo principal:

- Evaluar el uso del vídeo como recurso didáctico para la enseñanza de la Cinemática en 1º de Bachillerato.

Objetivos específicos:

- Comprender las dificultades de los alumnos de Bachillerato en el aprendizaje de la Cinemática.
- Conocer los recursos didácticos más utilizados para la enseñanza de la Cinemática.
- Estudiar la influencia de las TIC en el aprendizaje y la motivación de los alumnos de Bachillerato.
- Estudiar *Tracker* como herramienta de trabajo en el laboratorio de Física, para la mejora de los conceptos de Cinemática por parte de los alumnos.

2.2. BREVE FUNDAMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Para llevar a cabo esta investigación, en primer lugar se realiza una revisión bibliográfica para descubrir cuáles son las dificultades más comunes que presentan los alumnos de Bachillerato en el aprendizaje de la Física, dónde se encuentra el origen de estos problemas de comprensión, y qué recursos suelen utilizarse para darles respuesta, haciendo especial hincapié en el uso del laboratorio y de las TIC, pues son dos herramientas que sirven de gran ayuda para clarificar los conceptos de los estudiantes, ya que les permiten observar y analizar los fenómenos de manera visual, reduciendo en parte la gran abstracción de la materia. Comprobamos hasta qué punto, estos dos recursos ayudan a mejorar la comprensión y los resultados de los alumnos.

La segunda fase de la investigación, de carácter más práctico, consiste en preguntar a varios docentes por las dificultades en Física que ellos mismos identifican en sus alumnos, a partir de su experiencia profesional, así como los recursos didácticos que utilizan para hacerles frente, mediante una encuesta.

Para terminar, nos centramos en el uso de una herramienta que combina laboratorio y TIC. Se trata de evaluar el uso de *Tracker*, un software gratuito que permite la introducción de vídeos, particularmente de movimiento de objetos (caída libre, tiro parabólico, plano inclinado...), para descomponerlos en fotogramas y analizar el movimiento. Dado que el curso ya ha terminado, no se puede realizar este estudio con alumnos, de manera que nos basamos en la evaluación personal de su uso y las posibilidades que ofrece en el aula, y en la experiencia de un profesor de Física que ya ha implementado el programa con sus alumnos en un par de ocasiones.

2.3. JUSTIFICACIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

Para contextualizar adecuadamente la investigación se ha realizado una revisión bibliográfica, teniendo en cuenta la relevancia de las fuentes respecto al tema, el prestigio de las publicaciones y la autoridad que poseen los autores en función de su trayectoria académica y su experiencia en el campo.

Las principales fuentes consultadas, en función de su accesibilidad, han sido libros y artículos, en formato papel y digital, así como diferentes investigaciones publicadas en la red, relacionadas con la didáctica de la Física, las nuevas tecnologías aplicadas al aula o que traten específicamente el uso de *Tracker*. Algunas de estas fuentes han tenido que ser descartadas por la imposibilidad de acceder a ellas.

Se han consultado también manuales y tutoriales de uso del programa para aprender a utilizarlo y sacarle el máximo partido, siendo conscientes de todas las posibilidades que ofrece el mismo dentro de nuestro campo de estudio, y poder así realizar una propuesta didáctica adecuada y completa.

Destacan, entre todas las fuentes consultadas el trabajo de Pozo y Crespo, incluido en su libro *Aprender y enseñar ciencia*, con relación a la Didáctica de la Física y las dificultades en su aprendizaje. También se han tenido muy en cuenta las publicaciones de Caamaño con respecto a los trabajos prácticos en el laboratorio.

3. DESARROLLO

El objetivo de la presente investigación es la evaluación de un recurso didáctico en la enseñanza y el aprendizaje de la Física, con respecto a la mejora de la comprensión y la motivación de los alumnos.

El recurso en cuestión es el software *Tracker*, cuyo funcionamiento y aplicaciones se desarrollarán más adelante, y el cual se utiliza especialmente para el estudio de los movimientos. Este aspecto es decisivo para delimitar el contexto de la investigación, centrado en el estudio de la Cinemática, que aunque se introduzca en 4º de ESO, se desarrolla con más profundidad en el currículum de 1º de Bachillerato.

En este capítulo se describe el desarrollo de la investigación, es decir, el proceso que se ha seguido desde la revisión bibliográfica, hasta el estudio de campo y los resultados obtenidos. En primer lugar se contextualiza el trabajo, tratando en el marco teórico una serie de aspectos que justificarían el uso de *Tracker*, como la importancia de la Cinemática en la formación académica de los alumnos, las dificultades más comunes en este campo y las limitaciones de los recursos utilizados para facilitar la comprensión. A continuación, se realiza una descripción de la metodología utilizada para el estudio de campo, así como las muestras y los resultados obtenidos a partir de la investigación.

Todo esto será la base para elaborar posteriormente una propuesta práctica adecuada y coherente, con posibilidad de ser aplicada en el aula.

3.1. MARCO TEÓRICO

Según establece el Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del Bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas, la Cinemática juega un papel de gran relevancia en el currículum de Física de 1º de Bachillerato, ya que la mayoría de los contenidos están directa o indirectamente relacionados con ella y sus implicaciones. Esta rama de la Física recoge un conjunto de leyes que describen el movimiento de los cuerpos sin considerar las causas que lo originan, permitiendo explicar muchos de los fenómenos que observamos diariamente en la vida cotidiana.

3.1.1. CINEMÁTICA EN 1º DE BACHILLERATO

Dado que la investigación se ha realizado en la ciudad de Barcelona, se ha tenido en cuenta la legislación autonómica catalana, por lo tanto, tal como dispone el DECRETO 142/2008, de 15 de julio, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas del bachillerato, la Física de Bachillerato debe promover en el alumnado el interés por buscar respuestas científicas en coherencia con los aprendizajes realizados y proporcionar una visión amplia de los conocimientos, instrumentos y posibilidades de la física en la actualidad. Asimismo, los estudiantes deben poder establecer relaciones entre la física y el entorno, evidenciando la presencia de la física en distintos contextos, y seleccionando los contenidos de manera tal que desarrollen las competencias que aplicarán en situaciones y contextos diversos, haciendo suyas las herramientas usadas actualmente en el trabajo científico.

En resumen, uno de los principales objetivos de la asignatura es conseguir que los alumnos comprendan los fenómenos físicos y los relacionen el entorno que les rodea, siendo conscientes de las aplicaciones reales de la física. Además, en el Decreto se contemplan las competencias y objetivos relacionados con la física de Bachillerato en general, pero para este trabajo se han seleccionado aquellos que se desarrollan específicamente en el campo de la Cinemática.

En primer lugar, podemos encontrar tres competencias específicas:

- Competencia en indagación y experimentación, que se desarrolla especialmente mediante las prácticas de laboratorio.
- Competencia en la comprensión de la naturaleza de la ciencia, que les permite comprender la ciencia y distinguir explicaciones científicas de aquellas que no lo son.
- Competencia en la comprensión y capacidad de actuar sobre el mundo físico, que implica apropiarse de conceptos fundamentales, modelos y principios de la física y dominar sus métodos y técnicas propios.

Como todas las materias, tiene también una contribución a las competencias generales. En este caso se desarrollan las siguientes:

- Competencia comunicativa. Los alumnos deben aprender a comunicar ciencia describiendo hechos y fenómenos, y argumentarlos utilizando modelos científicos y un lenguaje apropiado.

- Competencia en investigación. Mediante el uso de métodos y técnicas propios los alumnos deben comprender el proceso científico de investigación y sus implicaciones en el día a día.
- Gestión y tratamiento de la información y competencia digital. Los alumnos deben ser capaces de obtener y gestionar información de distintas fuentes, bibliográficas o empíricas, y desarrollar capacidad técnica y crítica para seleccionar y analizar esta información.
- Competencia personal e interpersonal. Capacidad de plantear problemas relevantes, reflexionar y encontrar respuestas sometidas a autocritica. Tanto personalmente como en el trabajo compartido con otras personas.
- Competencia en el conocimiento e interacción con el mundo. Los alumnos deben comprender y aplicar los conocimientos para dar explicación a los fenómenos de movimiento y sus implicaciones en su entorno.

Por otro lado, puesto que los objetivos que se citan en la ley son generales para toda la etapa de Bachillerato, se ha decidido consultar los objetivos concretos de la Cinemática en la programación de Unidad Didáctica de un libro de texto de la Comunidad Autónoma (Edebé, 2008). El libro en cuestión divide la Cinemática en dos unidades didácticas (Movimiento y Estudio del movimiento), pero aquí se presentan en un mismo bloque:

- Comprender que los movimientos siempre son relativos a un sistema de referencia.
- Utilizar lenguaje científico con propiedad para describir el movimiento de los cuerpos.
- Conocer y distinguir las clases de movimientos.
- Utilizar adecuadamente las distintas unidades que se usan en el estudio de los movimientos.
- Interpretar y presentar la información referente a movimientos mediante tablas y gráficas.
- Utilizar las TIC para el estudio de los movimientos.

(Edebé, 2008)

Finalmente, en lo que se refiere a contenidos, dentro del currículum de la Física en 1º de Bachillerato, la Cinemática pretende que los alumnos aprendan a utilizar los sistemas de coordenadas, llamados sistemas de referencia, necesarios para expresar de forma vectorial los elementos principales de cualquier movimiento, es decir, posición, desplazamiento, trayectoria, velocidad y aceleración. Los alumnos deben comprender que existen diferentes tipos de movimientos en función de estos elementos, y que se rigen por una serie de ecuaciones matemáticas.

También deben ser capaces de identificar los diferentes tipos de movimientos, describirlos mediante ecuaciones y gráficos, y dar explicación a los fenómenos cotidianos.

3.1.2. DIFICULTADES EN EL APRENDIZAJE DE LA CINEMÁTICA

Como ya se ha comentado en capítulos anteriores, suelen darse bastantes problemas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física. Tras un estudio bibliográfico, se ha comprobado que han sido muchos los autores que han tratado este tema, y han publicado estudios sobre las dificultades de aprendizaje y sus posibles causas.

Probablemente, el motivo principal de estos problemas proceda de la dificultad de la propia materia, que muchas veces puede ser abstracta y de difícil comprensión para los alumnos, dadas sus limitaciones para visualizar de forma clara los fenómenos.

Pozo y Gómez (2006a) afirman: “De hecho, estas dificultades pueden llegar a darse incluso entre los propios profesores de ciencias y no con poca frecuencia en los libros de texto que estudian los alumnos” (p.19)

Asimismo, este tipo de dificultades no son un tema novedoso, sino que a pesar de la evolución de la enseñanza, los alumnos y la sociedad en general, parece que los problemas en Física son los mismos que años atrás.

Ya a principios de los 90, Valente y Neto (1992) resumían en tres aspectos generales los principales motivos que justificaban la “opacidad” de la Mecánica, en base a trabajos anteriores de diversos autores, aunque son aplicables a toda la Física de Bachillerato. (p.80)

1. Existencia, a veces, de conocimientos previos en conflicto con los conocimientos que la escuela pretende transmitir. (...). (Gunstone, 1987)
2. (...) Gran parte de los alumnos no consigue razonar de forma efectiva a un nivel formal compatible con las necesidades cognitivas que implica cualquier acercamiento a la mecánica. (Shayer y Adey 1981; Sequeira 1981)
3. Insuficiencias en el conocimiento cualitativo (Larkin, 1980). Para tener acceso a la cuantificación, o sea, para operar con fórmulas de un modo significativo, el alumno necesita poseer una sólida base de conocimiento cualitativo, “sin ella, es posible que sepa fórmulas sin, todavía, saber física” (Jung, 1985)

Las concepciones alternativas de los alumnos son habituales en Física, y suponen un importante obstáculo para una comprensión adecuada de los fenómenos físicos, ya que la materia está compuesta por contenidos cuyos nombres son familiares en el vocabulario de los alumnos, y que por tanto generan gran cantidad de ideas previas erróneas, que resultan difíciles de erradicar, ya que se encuentran muy arraigadas por proceder de la intuición.

Pozo y Gómez (2006b) sostienen que estas ideas previas que los alumnos suelen utilizar para explicar la realidad de forma intuitiva, compiten con éxito con lo que se enseña en la escuela. Además, en la enseñanza de la física, se recurre a representaciones idealizadas que ayudan al alumno a simplificar los problemas que se plantean, para poder profundizar en ellos y llegar a comprenderlos, pero que están bastante alejadas de la realidad que percibe.

Por otra parte, también debemos tener en cuenta las ideas previas insuficientes, que limitan la comprensión de nuevos conceptos basados en los aprendizajes anteriores. Muchas veces, los alumnos llegan a la etapa de Bachillerato con deficiencias en varios conceptos que se consideran asimilados y que son necesarios para poder seguir avanzando en la materia. Es habitual que estas ideas previas erróneas o insuficientes se deban a tareas repetitivas, en las que el alumno reproduce las respuestas de forma mecánica sin razonar, o basándose en la intuición más que en razones científicas.

No hay que olvidar tampoco la falta de motivación de los alumnos, cada vez más presente en los adolescentes, debida quizá a un cambio en el sistema de valores actual, en el que impera la pasividad, la falta de implicación y de esfuerzo, y en la que predomina una cultura audiovisual desde la infancia, marcada por las nuevas tecnologías.

Pero, en muchas ocasiones, esta falta de motivación es fruto de la falta de conexión de los conceptos con la realidad, o de la dificultad para comprender las aplicaciones prácticas de los aprendizajes. Esto deriva en que los alumnos perciban la materia como algo sin sentido y sin utilidad. Es muy típico escuchar a los alumnos frases como: “¿de qué me sirve en la vida saber la velocidad a la que vuela un balón de baloncesto?”

Sin embargo, para llevar a cabo la investigación, debemos contextualizar el estudio, ya que hasta este momento se han mencionado las dificultades generales que se encuentran frecuentemente en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física de Bachillerato. Dado que no se han encontrado fuentes bibliográficas que traten directamente de los problemas en el aprendizaje de la Cinemática, me he basado en mi experiencia personal, como alumna y como profesora, a la hora de identificar las distintas dificultades que presentan los estudiantes con los contenidos de esta rama de la Física, y que se enumeran a continuación:

- Representación gráfica y numérica de vectores
- Distinción entre dirección y sentido de los vectores
- Relación entre coordenadas vectoriales y módulo, dirección y sentido
- Cálculos trigonométricos
- Expresión y conversión de unidades
- Capacidad para relacionar fórmulas
- Situar sistemas de referencia inerciales y no inerciales
- Visualizar las 3 dimensiones del eje de coordenadas
- Distinción entre desplazamiento y trayectoria
- Relación de derivabilidad entre espacio y velocidad en función del tiempo (velocidad y aceleración)
- Interpretar y representar gráficas de posición, velocidad y aceleración
- Establecer posición y velocidad inicial (x_0 , v_0)
- Relación entre sentido del movimiento y signo matemático
- Distinción entre parámetros lineales y angulares
- Conceptos de velocidad y aceleración normal y tangencial
- Independencia entre ejes OX y OY en composición de movimientos

Algunas de estas dificultades provienen de insuficiencias en los aprendizajes previos de Matemáticas, otras son propias de la Cinemática en particular, y otras, generales en todas las materias científicas.

3.1.3. RECURSOS TRADICIONALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA CINEMÁTICA

La metodología más habitual utilizada por los docentes es la tradicional, centrada en las explicaciones teóricas del profesor y la toma de apuntes, y cuyos recursos didácticos principales son la pizarra tradicional, el libro de texto, el laboratorio e incluso la proyección de presentaciones digitales.

Sin embargo, son muchos los detractores de esta metodología, ya que no permite la participación del alumno en el proceso de aprendizaje, de manera que la clase se convierte en algo tedioso y aburrido para el estudiante, que desconecta de la explicación y deja de atender. Además, la falta de interacción del alumno no permite al profesor evaluar si éste comprende o no los conceptos, y por tanto ir adaptando las explicaciones para la mejor asimilación de los contenidos.

Ruíz (2011), en su tesis doctoral, evidencia las numerosas desventajas de la enseñanza tradicional: “insuficiente análisis e interpretación, tendencia a la ejecución, pocos procedimientos para aprender a aprender, pobre desarrollo de las habilidades, insuficiente desarrollo de la reflexión y la generalización”. (p.16)

Por otra parte, es frecuente que, por temas organizativos, en la enseñanza de la Física se separen las clases de teoría, resolución de problemas y prácticas de laboratorio, generando así, una falta de conexión entre los conceptos y las aplicaciones prácticas. Tal como afirma Franco (2010) en su curso interactivo de Física en Internet para la Universidad del País Vasco:

La separación de teoría, problemas y prácticas es didácticamente poco aconsejable y bajo ningún punto de vista viene impuesta por la estructura de la Física, que es un cuerpo de conocimiento compacto en el que se conjugan aspectos teóricos y prácticos. (...) Esta separación es normalmente discriminatoria para las prácticas, ya que su peso relativo disminuye frente a la teoría y los problemas. Éstos se convierten, de este modo, en el factor determinante a la hora de evaluar el rendimiento de los alumnos.

Aun así, los apuntes de la asignatura Recursos Didácticos de este máster de la profesora Palacios Ortega (2014), reflejan que los libros de texto han ido evolucionando para adaptarse a los cambios de la pedagogía, siendo habitual encontrar resúmenes, mapas conceptuales, preguntas para motivar la curiosidad de alumno, historias para captar su atención, imágenes.

Dentro de la educación formal, existen dos tipos de imágenes: los modelos y las gráficas. Los modelos sirven para ilustrar descripciones y explicaciones sobre los fenómenos naturales para facilitar su comprensión. Por otro lado, las gráficas representan de forma visual la relación entre variables.

A continuación se presenta un mapa conceptual que resume de forma gráfica la relación entre el uso de imágenes y la educación científica.

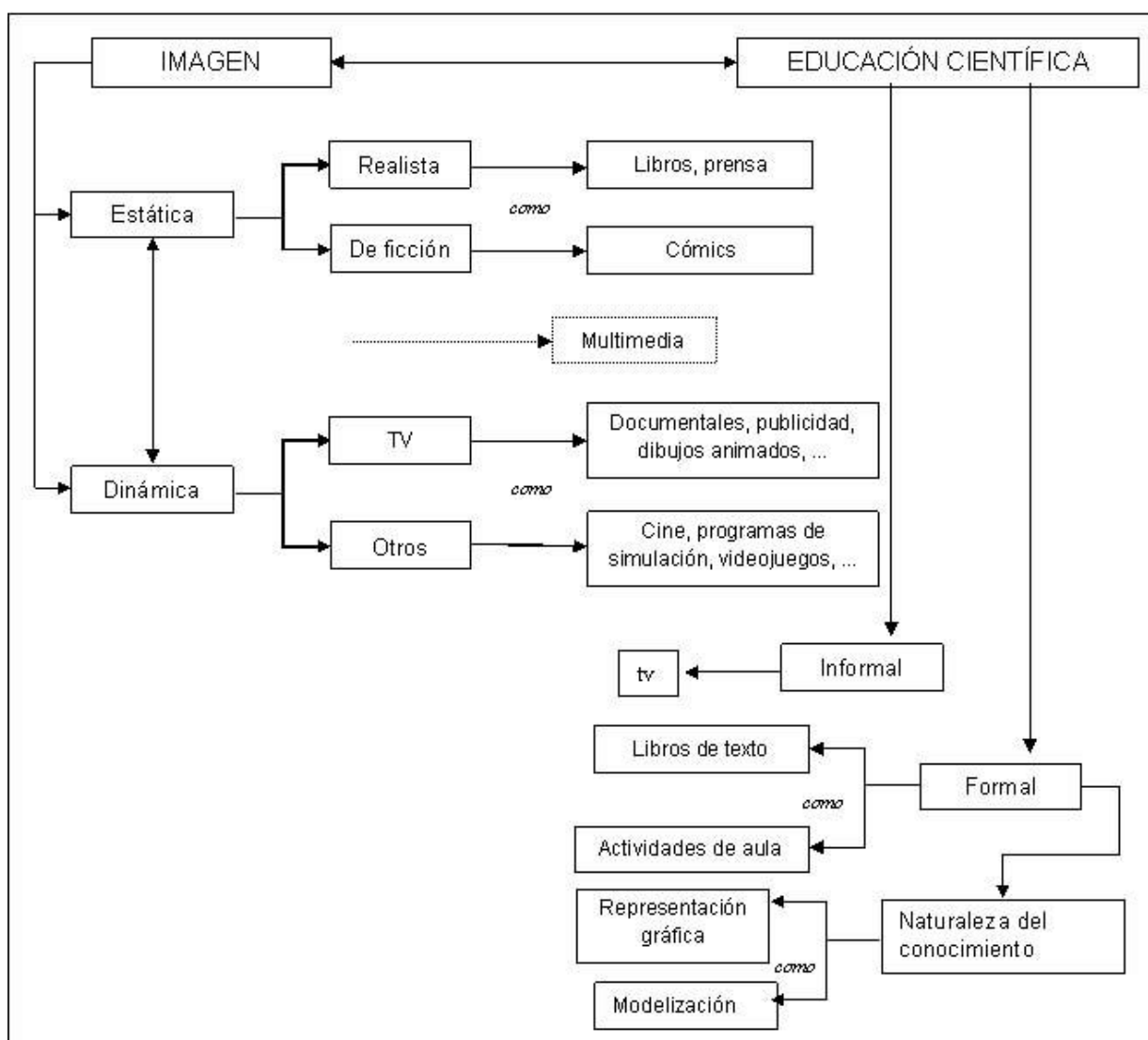


Figura 1. Relación entre el uso de imágenes y la educación científica (Perales, 2008)

Como se observa en la Figura 1, existe una diferencia entre las imágenes estáticas y las dinámicas. Las últimas se tratarán con detalle en apartados posteriores. Respecto a las estáticas, cabe destacar su uso en la enseñanza tradicional, tanto en los libros de texto como en las presentaciones en PowerPoint.

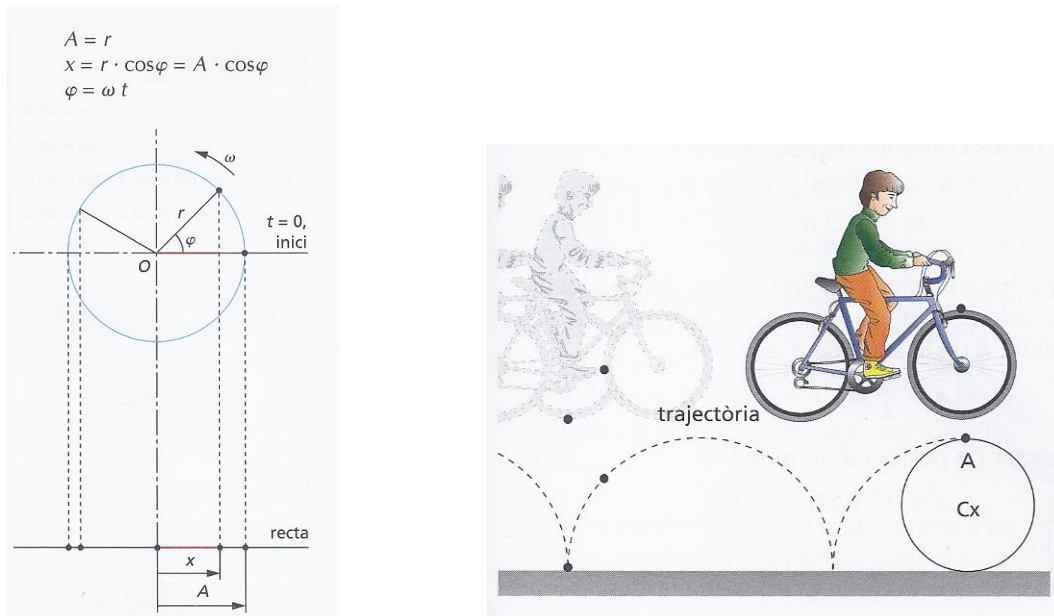


Figura 2. Imágenes ilustrativas de un libro de texto (Brúixola, 2006)

Este tipo de imágenes también son de gran ayuda para paliar la desconexión entre la teoría y la realidad, pero no permiten introducir la variable tiempo, por lo que resulta complicado visualizar el movimiento. Normalmente, para solucionar este impedimento, se utilizan como recurso didáctico las prácticas de laboratorio, que aunque no permiten relacionar directamente la realidad con las fórmulas, sí facilitan la observación de la evolución del movimiento con el tiempo.

Por último, las prácticas de laboratorio son también un recurso muy útil propio del método tradicional, pero se considera que merecen un apartado específico en este trabajo, en el que se pueda hacer un mayor hincapié, debido a su estrecha relación con el uso de *Tracker*, objeto principal de la investigación.

3.1.4. LABORATORIO DE FÍSICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA CINEMÁTICA

El laboratorio es uno de los recursos más utilizados por los profesores de ciencias, y resulta muy eficaz para facilitar la comprensión de los conceptos, ya que, aproxima

la teoría a la realidad y permite que los alumnos tomen parte activa en el aprendizaje, siendo ellos mismos quienes lleven a cabo la experiencia, observen los fenómenos y reflexionen sobre los resultados obtenidos, fomentando la autonomía.

“Me lo contaron y lo olvidé, lo vi y lo entendí, lo hice y lo aprendí.”

(Confucio)

Asimismo, no debemos olvidar que la Física, como toda ciencia, es una actividad práctica, por lo que su enseñanza debe incluir la experimentación y los trabajos prácticos en el laboratorio. De hecho, la realización de experiencias prácticas es recomendada por la legislación:

Las actividades experimentales son una parte esencial de la materia y su presencia debe ser relevante. Los estudiantes deben alcanzar capacidades como: formular una hipótesis sobre un fenómeno susceptible de producirse o de ser producido, diseñar y realizar experimentos para obtener la respuesta a problemas que se les planteen, tratar los datos experimentales, analizar los resultados experimentales y confrontarlos con los teóricos, comunicar los resultados basándose en las evidencias y las teorías. Estos contenidos están integrados en el núcleo del currículo.

DECRETO 142/2008

El laboratorio desempeña una serie de funciones que refuerzan o complementan las explicaciones teóricas que realiza el profesor en clase. Caamaño (1992) manifiesta:

Tradicionalmente, los trabajos prácticos han sido utilizados como un medio para adquirir habilidades prácticas para el uso y manipulación de aparatos, para el aprendizaje de determinadas técnicas experimentales, y como una forma de ilustrar o de comprobar experimentalmente muchos de los hechos y leyes científicas presentadas previamente por parte del profesor.

Sin embargo la experiencia demuestra que el uso que se le da al laboratorio en la actualidad no dista demasiado del que Caamaño consideraba tradicional, no ha evolucionado como lo ha hecho la enseñanza de la Física.

No obstante, Caamaño (2003) enumera una serie de beneficios que proporcionan los trabajos prácticos, que siguen estando vigentes en la actualidad: (p.96)

- Motivan al alumnado
- Permiten un conocimiento vivencial de muchos fenómenos

- Permiten ilustrar la relación entre variables significativas en la interpretación de un fenómeno
- Pueden ayudar a la comprensión de conceptos
- Permiten realizar experimentos para contrastar hipótesis emitidas en la elaboración de un modelo
- Proporcionan experiencia en el manejo de instrumentos de medida y en el uso de técnicas de laboratorio y de campo
- Permiten acercarse a la metodología y los procedimientos propios de la indagación científica
- Constituyen una oportunidad para el trabajo en equipo y el desarrollo de actitudes y la aplicación de normas propias del trabajo experimental: planificación, orden, limpieza, seguridad...

Como se observa, una de las principales contribuciones del laboratorio es la gran motivación que supone para los alumnos, dado que les brinda la oportunidad de trabajar de forma autónoma, y a menudo, en grupo, siendo el trabajo en grupo una motivación por sí mismo, debido a la interacción con los compañeros. El factor motivador que añade el laboratorio está relacionado con el papel protagonista en que sitúa al alumnado, haciéndoles partícipes del método científico y aproximando la ciencia a su realidad.

Aunque, al margen de todas estas ventajas, también son muchos los autores que se posicionan en contra de los trabajos prácticos o destacan sus limitaciones.

“Los maestros tienen poca confianza en el nivel de análisis al que pueden llegar sus alumnos; la mayoría se queja del tipo de conclusiones que expresan en los reportes de las prácticas de laboratorio o de la dificultad de entablar una discusión y reflexión en grupo.” (Carvajal y Gómez, 2002)

Además, antes de realizar la experiencia, hay que conocer la teoría que vamos a aplicar para que el trabajo práctico sea significativo, ya que tal como afirma Moreira (1980), citado por González (1992) muchos estudiantes realizan los experimentos sin saber claramente lo que están haciendo, no identifican las cuestiones básicas, los conceptos y los fenómenos involucrados en el experimento.

Gil y Payá (1988), también citados por González (1992) “la indudable capacidad motivadora que los trabajos prácticos tienen a priori, se convierte en decepción después de realizarlos” (p.206). Quizá resulte perjudicial en este aspecto, la dinámica que siguen los profesores en el laboratorio o la forma en que plantean las

prácticas, ya que no aprovechan el potencial que tiene el laboratorio como instrumento de reflexión.

Con todo, la Cinemática no tiene un papel relevante en los laboratorios. Las prácticas de Cinemática que suelen realizarse en los institutos se limitan a medir tiempos y distancias en movimientos simples. Además de las limitaciones espaciales y los problemas de visualización, existe una gran dificultad de medida para movimientos más complejos, como podría ser un tiro parabólico, en el que no podrían estimarse ni ángulos, ni alturas, ni parámetros instantáneos (velocidad y aceleración instantáneas). Para paliar estas dificultades métricas y paramétricas son de gran utilidad las TIC y más concretamente, el análisis de vídeos.

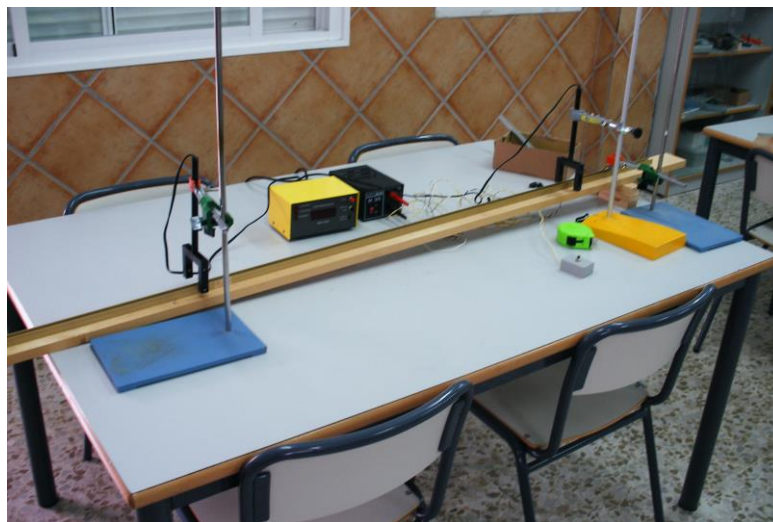


Figura 3. Práctica laboratorio Cinemática, MRUA (Guevara, 2010)

3.1.5. USO DE LAS TIC PARA LA ENSEÑANZA DE LA CINEMÁTICA

Actualmente, son muchas las posibilidades que nos ofrecen las nuevas tecnologías en la enseñanza, y es muy importante aprovechar este gran potencial, no tan solo desde el punto de vista técnico, sino desde el ámbito motivacional, ya que facilita la conexión con los alumnos, muy atraídos por las nuevas tecnologías imperantes en la Sociedad del Conocimiento. Todo esto supone un gran reto para el profesorado, que debe afrontar las necesidades y exigencias de la sociedad actual sin mostrar reticencias, y con gran disposición a formarse en TIC y adaptar su metodología a los nuevos recursos.

En primer lugar, encontramos en las nuevas tecnologías la mayor fuente de información de la historia: **Internet**. Esta herramienta pone a nuestra disposición infinidad de recursos pero, a la vez, un gran volumen de información que debe ser procesada y sintetizada, con la dificultad que supone. Además, es imprescindible hacer un meticuloso análisis de la veracidad de dicha información, para corroborar la fiabilidad de la fuente.

Otro de los recursos que nos ofrece Internet son las **Applets**, cuyo uso está en auge hoy en día. Se trata de un componente en lenguaje Java, enmarcado dentro de un programa o una página web, de la misma forma que lo pueden ser una imagen o un vídeo. Consisten en pequeñas simulaciones de fenómenos con un diseño sencillo, que permiten modificar variables y observar los cambios producidos, ilustrando y ayudando a comprender los contenidos implicados. Estas aplicaciones son especialmente útiles para el estudio de la Cinemática, pues facilitan la visualización de los movimientos. Bohigas, Jaén y Novell (2003) comentan que las Applets son especialmente útiles para simular sistemas con evolución temporal, ya que permiten cambiar la velocidad, congelar la imagen, hacer evolucionar el sistema “paso a paso”, hacia delante o hacia atrás y repetir el experimento para una mejor comprensión.

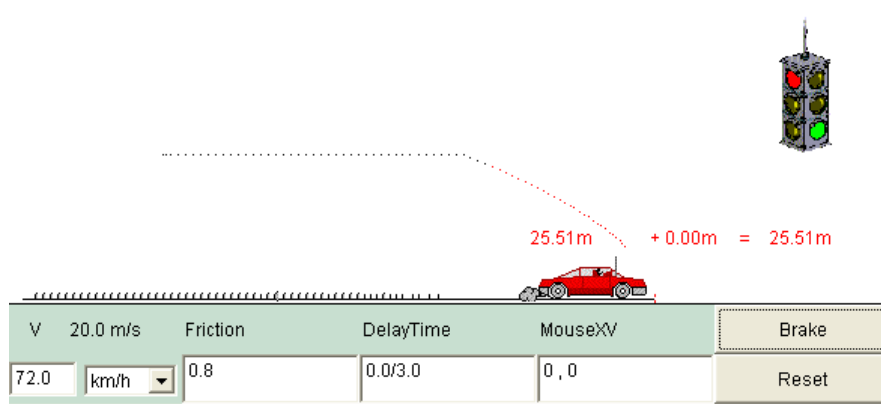


Figura 4. Applet Cinemática (IES Aguilar y Cano)

Junto a las Applets, no debemos olvidar los **vídeos** como ejemplo de imágenes dinámicas, mencionadas con anterioridad. Los vídeos permiten visualizar una y otra vez los fenómenos estudiados, además de detener la reproducción cuando interese. Las dos principales fuentes de obtención de vídeos son *YouTube* y *EducaTube*. Ésta última selecciona y clasifica por temáticas los vídeos educativos que se pueden encontrar en YouTube, evitando la filtración de contenidos inadecuados.

Existen también otros programas que permiten un estudio completo de los fenómenos. Dentro de esta categoría encontramos los laboratorios virtuales, los laboratorios asistidos por ordenador (LAO) y los softwares específicos.

Los **laboratorios virtuales** trasladan el laboratorio al ordenador, permiten representar experiencias que no pueden ser reproducidas en un laboratorio convencional, dadas sus limitaciones, así como visualizar parámetros que no pueden observarse a simple vista. Sin embargo, el entorno virtual de este tipo de herramientas, desemboca en una serie de inconvenientes, descritos por Rosado y Herreros (2009):

- No pueden sustituir la experiencia práctica, sino complementarla.
- Corre el riesgo de que el alumno se comporte como un mero espectador.
- El alumno no utiliza elementos reales, lo que provoca una pérdida de conexión con la realidad.

Uno de los laboratorios virtuales más conocidos en nuestro campo de estudio es Fisilab.

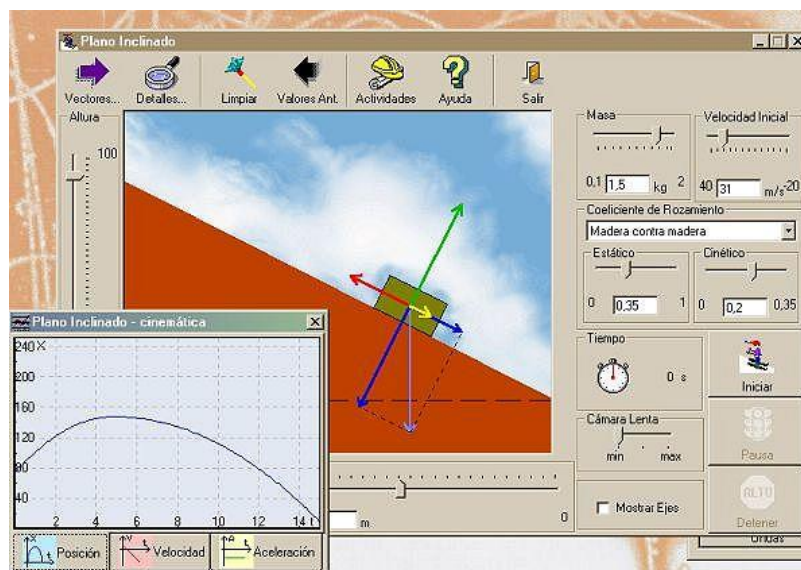


Figura 5. Estudio del plano inclinado en la interficie de Fisilab (Microeducativa)

Los **laboratorios asistidos por ordenador** (LAO), tal como explica Torres (2010), no son propiamente un software pero dependen de él. Consisten en el uso de sensores y captadores de diversas magnitudes físicas que transforman las señales recibidas en señales digitales. Estos datos digitales son procesados por el ordenador

y ordenados en tablas y gráficos que facilitan el análisis de los fenómenos por parte de los alumnos. En el caso concreto de la Cinemática, se podrían utilizar detectores de posición, velocidad, aceleración y fuerza, que permitirían caracterizar con gran detalle cualquier movimiento estudiado.

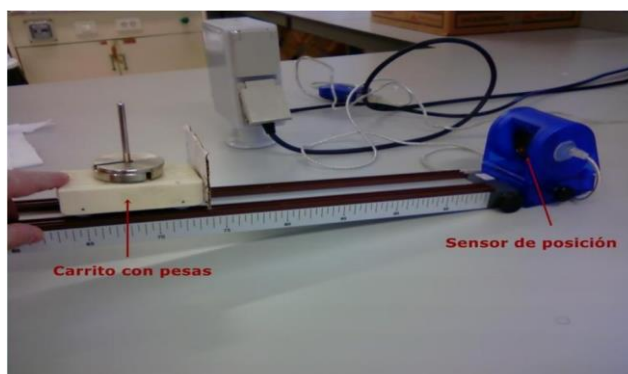


Figura 6. Estudio del movimiento de un carrito por un plano inclinado con LAO
(Torres, 2010)

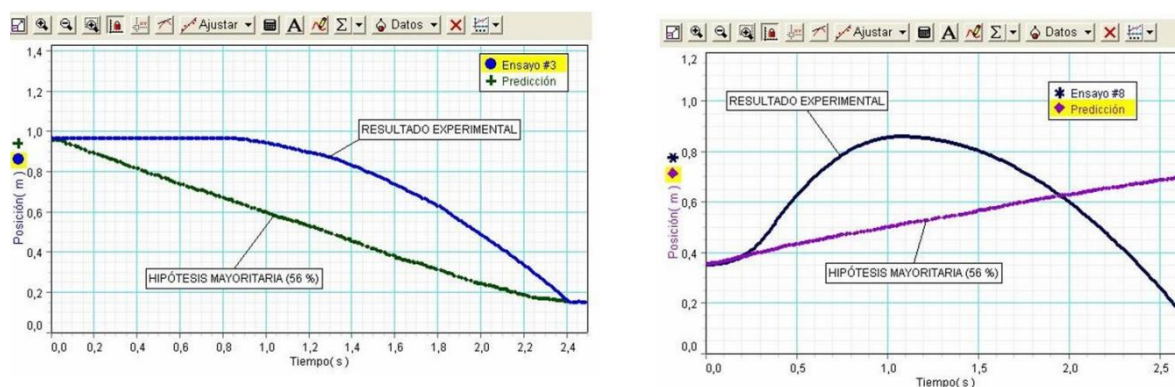


Figura 7. Gráficas experimentales distancia-tiempo para un carrito que cae y se lanza hacia arriba por un plano inclinado frente a la gráfica prevista por la mayoría de alumnos. (LAO)
(Torres, 2010)

Por último, existen otros softwares específicos, como pueden ser herramientas de dibujo o programas de cálculo, entre otros, con una utilidad concreta. Uno de estos programas específicos, sería *Tracker*, el objeto de esta investigación, que permite el análisis de movimientos mediante el vídeo, unificando las ventajas del laboratorio y de las TIC.

No obstante, es importante tener en cuenta que las TIC no son más que una herramienta, y por tanto, requieren de un buen uso por parte del profesorado.

Mucho se ha mencionado que las TIC “per se” no producen mejores aprendizajes sino que este depende de una enseñanza que enlaza y fusiona las tareas de aprendizaje, metodología e interacciones; es decir, más que un tema de qué tecnología, es un tema de cómo se utiliza la tecnología

(Jiménez, 2009) Citado por Bouciguez y Santos (2009) (p.68)

3.1.6. ANÁLISIS DE VÍDEO PARA LA COMPRENSIÓN DE LOS MOVIMIENTOS MEDIANTE *TRACKER*

“Las actividades deben de permitir a los estudiantes exponer sus ideas previas, elaborar y afianzar conocimientos, explorar alternativas, familiarizarse con la metodología científica, etc., superando la mera asimilación de conocimientos ya elaborados. El propósito de las actividades es evitar la tendencia espontánea a centrar el trabajo en el discurso ordenado del profesor y en la asimilación de éste por los alumnos. Lo esencial es primar la actividad de los estudiantes, sin la cual no se produce un aprendizaje significativo.” (Franco, 2010)

Teniendo en cuenta la idea reflejada por Franco, *Tracker* es una excelente herramienta para la enseñanza de la Física, y más concretamente, la Cinemática, pues permite a los alumnos realizar actividades con las que comprender por sí mismos la naturaleza de los movimientos, participando activamente en el aprendizaje y desarrollando su capacidad de reflexión y creatividad.

Portolés, García Gallardo, García Martín, Querol y Sabater (2009), en su estudio sobre el uso de *Tracker* en el aula, explican que se trata de un software libre gratuito que permite estudiar de forma práctica los conceptos elementales de Cinemática, mediante un entorno Java, seleccionando el fragmento de interés de cualquier vídeo que contenga un movimiento real filmado previamente. El software se limita al estudio de movimientos que tengan lugar en un plano, es decir, en una o dos dimensiones.

Al mismo tiempo que se reproduce el movimiento, el programa recoge los datos y crea las gráficas y tablas correspondientes, permitiendo un posterior ajuste a una función indicada, ya sea parabólica, cúbica o lineal, y relacionar así, el movimiento con sus correspondientes fórmulas. Esto permite al alumno entender su sentido físico, y resulta muy interesante comparar la representación teórica que realizan previamente los estudiantes con los resultados empíricos.

La gran ventaja que aporta *Tracker* respecto al resto de recursos TIC es que permite a los alumnos crear su propio material de trabajo, con la motivación que esto supone. Además, mediante el uso de este software se contribuye positivamente al desarrollo de competencias, ya que se trabajan habilidades creativas, de autonomía e iniciativa personal, o en el tratamiento de la información y el manejo de las nuevas tecnologías.

3.2. METODOLOGÍA

Ha sido complicado realizar el estudio de campo de esta investigación, ya que el inicio del trabajo coincidía con la finalización de los cursos académicos, por lo que no ha sido posible mantener contacto con alumnos. La relación con los profesores también ha resultado difícil, de hecho, con muchos de ellos, la comunicación ha sido vía mail, suponiendo todo esto una serie de limitaciones.

La investigación se ha basado en encuestas a varios profesores que imparten Física en 1º de Bachillerato, además de entrevistas con alguno de ellos, y un estudio a fondo por mi parte del programa.

3.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN

Tal como se expone en el apartado de Justificación del trabajo, la elección del tema de investigación surgió durante mi estancia en el centro de prácticas, realizadas en Salesians Rocafort, situado en la ciudad de Barcelona.

Se trata de un centro concertado para las etapas de Educación Infantil, Primaria y Secundaria Obligatoria, y privado para la etapa de Bachillerato, con diversas modalidades e itinerarios. De carácter religioso, acoge a más de 700 alumnos, de los cuales, aproximadamente 400 cursan Educación Secundaria, Obligatoria y Post-Obligatoria.

Uno de los profesores del departamento de ciencias de este centro, me comentó que estaba intentando introducir el uso de *Tracker* en las prácticas de Física con sus alumnos, pero se encontraba todavía en una fase muy inicial. El software me pareció muy útil, así que decidí profundizar en su estudio, y poder darle aplicación didáctica.

El planteamiento inicial era usar *Tracker* con alumnos, y evaluar sus resultados tanto en comprensión como en actitud y motivación frente al uso del programa. Sin embargo, dadas las alturas de curso en las que nos encontrábamos, esto resultó imposible, pasando a ser entonces los profesores, los objetos del estudio.

En el momento en que se decidió modificar la metodología de investigación, se creyó interesante ampliar la muestra de estudio a profesores de otros centros, e incluso, profesores particulares, que tienen una visión diferente, ya que trabajan directamente con las dificultades de los alumnos, y mantienen con ellos un trato más personalizado.

Teniendo en cuenta que el uso que se le pretende dar a *Tracker* es en el campo de la Cinemática, la investigación se centrará en el contexto de 1º de Bachillerato de la modalidad de Ciencias y Tecnología, pues es el curso en el que se imparten dichos contenidos.

3.2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Al margen de la revisión bibliográfica, la investigación se ha llevado a cabo en dos fases, el análisis de las dificultades de los alumnos y la evaluación del uso del programa *Tracker* a nivel educativo. La primera etapa se realiza mediante dos herramientas de obtención de datos: las entrevistas y las encuestas. La segunda se basa en el estudio personal del programa.

Se realizaron dos entrevistas de carácter semi-estructurado, la primera de ellas a un profesor de Salesians Rocafort, cuya experiencia en el uso de *Tracker* ha sido el origen de este trabajo, pues ya ha implementado el programa con sus alumnos en un par de ocasiones, y ha podido observar la respuesta de éstos. Por otro lado, se ha entrevistado a un profesor particular, que gracias a sus años de experiencia como con alumnos de Bachillerato, conoce sus dificultades y las trabaja de un modo más personalizado. En este caso, se le mostró el programa, de manera que pudiera experimentar con él y extraer sus conclusiones en base a su trayectoria con alumnos que presentan dificultades en Cinemática.

El objetivo principal de estas entrevistas es descubrir, de mano de profesores con experiencia, cuáles son realmente las dificultades más comunes en esta rama de la Física, y comprobar, según su criterio, los pros y los contras del uso de *Tracker* para

minimizar estos problemas de comprensión, así como analizar las diferencias de opinión entre las dos vertientes de la educación, la del aula y la particular.

Respecto a las encuestas, se centran en dos aspectos principales: las dificultades en el aprendizaje de la Cinemática y los recursos utilizados para darles solución. Se ha realizado a profesores de dos centros, Salesians Rocafort y Jesuïtes Sant Ignasi, del barrio de Sarrià (Barcelona), además de a otros profesores particulares, para obtener así una visión más amplia.

Para terminar la investigación, se realiza un estudio a nivel personal del software *Tracker*, mediante el cual se pretende aprender a utilizarlo y descubrir todas las posibilidades que ofrece para el estudio de la Cinemática.

Encuestas

En primer lugar, es importante mencionar que se ha realizado la misma encuesta (Anexo I) a ambas muestras de estudio, es decir, a profesores de instituto y a particulares, para facilitar así la comparación entre los dos ámbitos educativos, comprobando si existen coincidencias o discrepancias en algún aspecto concreto.

Por otra parte, tal como se ha comentado anteriormente, la encuesta tiene dos objetivos fundamentales: evaluar las dificultades que presentan los alumnos en Cinemática y conocer cuáles son los recursos que más utiliza el profesorado para facilitar la comprensión de estos contenidos.

Con respecto a las dificultades, se presentan una serie de contenidos concretos en los que, por experiencia personal, se tiene constancia que los alumnos presentan problemas, los cuales se clasifican en dos variables: Cinemática y aspectos relacionados.

En base a estos contenidos, se pide a los profesores una doble valoración. En primer lugar, en función del grado de dificultad que presenten sus alumnos, deben otorgar a cada uno de los contenidos un valor comprendido entre el 1 y el 5, correspondiendo el 1 a aquellos en los que apenas se observan problemas, y el 5 a los que mayores dificultades comportan. En segundo lugar, se les solicita que clasifiquen la raíz de estos problemas dentro de tres categorías extraídas de la revisión bibliográfica:

A: Ideas previas erróneas o insuficientes

B: Dificultad para conectar los conceptos con la realidad

C: Falta de capacidad para razonar científicamente

El segundo objetivo que persigue la encuesta es comprobar qué herramientas utilizan habitualmente los profesores para facilitar a los alumnos la comprensión de los contenidos anteriormente evaluados. Para ello, se enumeran una serie de recursos didácticos, de entre los que deben marcar aquellos de los que hacen uso en sus clases de Cinemática, y valorar si los consideran suficientes.

Por último, se realiza una pregunta abierta, en la que deben responder cómo valoran el uso de un software de análisis de vídeo para facilitar el aprendizaje de la Cinemática.

Estudio personal del programa

Con el fin de evaluar el uso del programa se ha realizado el estudio de cuatro movimientos, así pues, se han grabado cuatro vídeos que han sido posteriormente analizados con el software *Tracker* (caída libre como ejemplo de MRUA, giro de una rueda de bicicleta para MCUA, lanzamiento a canasta como tiro parabólico y descenso de una pelota de tenis por un plano inclinado). Esto permite obtener todas las gráficas y parámetros que describen los diferentes movimientos y ponernos en la piel del alumno a la hora de relacionarlos con sus respectivas ecuaciones. A partir de estos estudios se han extraído conclusiones de las posibilidades que ofrece *Tracker* para mejorar la comprensión del alumnado en Cinemática. Además, permite hacerse a la idea del factor motivacional que supone el uso de esta técnica de trabajo para los alumnos.

3.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El estudio de campo de este trabajo se ha llevado a cabo mediante tres instrumentos: las entrevistas, las encuestas y el estudio de *Tracker*.

A continuación se exponen los resultados más relevantes obtenidos a lo largo de la investigación.

3.3.1. ENTREVISTAS

Tal como se expone en el apartado de metodología, se han realizado dos entrevistas de estructura mixta.

La primera supuso el punto de inicio para esta investigación, ya que el entrevistado fue quien propuso el estudio del software como un posible tema a desarrollar. Se trata de un profesor del departamento de Ciencias de Salesians Rocafort que ya ha empezado a introducir el programa con sus alumnos. A lo largo de la entrevista, nos describe a grandes rasgos cuáles han sido sus impresiones a la hora de llevar a cabo experiencias con este software.

En primer lugar nos explica cómo descubrió el programa. Confiesa que fue un hallazgo casual, gracias a un artículo publicado en una revista a la que está suscrito. Le pareció un recurso muy interesante y útil para implementar en el aula, así que decidió descargar el programa y comprobar las posibilidades que ofrecía.

Tras realizar varios ensayos con una amplia diversidad de vídeos y familiarizarse con el uso del programa, se atrevió a trasladarlo al aula, dado el gran potencial que podría suponer para los alumnos, tanto a nivel educativo como a nivel motivacional y de fomento de la participación.

Por ahora, tan solo ha podido realizar dos experiencias prácticas. La primera se llevó a cabo con alumnos de Física y Química de 4º de ESO, con un vídeo ya preparado en el que debían estudiar el movimiento de dos coches que se encontraban tras desplazarse en sentidos contrarios, un fenómeno cotidiano que conecta perfectamente con la realidad del alumnado. Sin embargo, tal como manifiesta el entrevistado, uno de los riesgos de este tipo de recursos tecnológicos, es que los alumnos los perciban como un mero entretenimiento y no se consiga un aprendizaje realmente significativo. Con el fin de evitar esto, antes de pasar a analizar el vídeo con *Tracker*, se planteó a los alumnos una serie de preguntas en las que debían reflexionar sobre cuestiones relacionadas con el fenómeno, concretamente sobre las ecuaciones que describen el movimiento de los coches, las gráficas de posición de ambos vehículos en función del tiempo o la obtención de la velocidad a partir de las gráficas. A continuación se introdujo el vídeo en el software, se estudiaron los movimientos y se compararon los resultados experimentales con los que habían predicho los alumnos. De esta manera, es mucho más sencillo comprender cómo piensan los estudiantes y detectar el origen de los errores que suelen cometer, permitiendo al profesor centrar su atención en resolver los problemas detectados.

Tras el éxito obtenido, repitió la experiencia con alumnos de Física de 1º de Bachillerato, para el estudio de un plano inclinado, siguiendo la misma pauta de trabajo. La diferencia en este caso, es que se pidió a los alumnos que consiguieran ellos mismos el vídeo. Esta iniciativa supuso una grata sorpresa para el profesor, ya

que, a pesar de que algunos chicos se limitaron a buscar vídeos en Internet, otros muchos se animaron a grabar sus propios vídeos. Para ilustrar este aspecto, me parece interesante reproducir, en palabras del propio entrevistado, uno de los comentarios que realizó: *“En ocasiones, los alumnos superan las expectativas, y es entonces cuando la labor docente cobra todo su significado, aportando grandes satisfacciones. Tan solo hay que saber estimularlos con las herramientas adecuadas”*.

En ambos casos, los resultados fueron satisfactorios. La reacción de los alumnos fue muy positiva, se mostraron motivados por el uso del ordenador y se implicaron en gran medida en el aprendizaje, y en la grabación de vídeos en el caso de 1º de Bachillerato, desarrollando así su capacidad creativa. Todos estos aspectos repercutieron en una mayor comprensión de los contenidos, reflejándose en los resultados del examen.

Finalmente se le pregunta por las limitaciones que le encuentra al software, a lo que manifiesta que sus aplicaciones en Dinámica son más reducidas, pero se muestra entusiasmado para continuar utilizando *Tracker* en el aula e investigando sobre otras posibles funciones en distintos campos de la Física, para darle una mayor utilidad.

En cuanto a la segunda entrevista, se realizó a un joven licenciado en química, que durante varios años ha compaginado estudios y clases particulares, tanto con alumnos de Secundaria como de Bachillerato. El transcurso de la entrevista fue en la línea de las encuestas, se empezó comentando las dificultades y los recursos, para terminar concretando en *Tracker*.

En relación a las dificultades, sostiene que la Física en general suele ser bastante problemática, es considerada la asignatura difícil, algo que queda demostrado por el menor porcentaje de alumnos que escogen esta materia específica para examinarse en Selectividad. Además nos asegura que es muy habitual encontrar alumnos con problemas en matemáticas, con los que debe realizar un profundo repaso, en este caso, en aspectos como vectores o trigonometría, ya que se requiere dominarlos para entender la Cinemática.

Con respecto a este tema, se le expusieron las tres causas principales que, según la bibliografía, dan lugar a estas dificultades. Recordando lo comentado en el marco teórico, estas causas eran: ideas previas erróneas o insuficientes, dificultad para

conectar los conceptos con la realidad y falta de capacidad para razonar científicamente. El entrevistado se muestra de acuerdo con esta clasificación, y cree que todas ellas tienen una importante contribución como obstáculos para el aprendizaje, pero considera que las ideas previas y el razonamiento científico se pueden trabajar en clase con facilidad, a diferencia de la falta de conexión con la realidad, que sería el mayor limitante para el aprendizaje.

Gracias a los años de experiencia, es consciente de estos problemas y de los puntos en los que necesita reforzar más a sus alumnos. Teniendo todo esto en cuenta, nos explica qué recursos suele utilizar en sus clases para facilitar la comprensión de los conceptos. La resolución de problemas y la representación de los fenómenos mediante dibujos y gráficos son herramientas empleadas de forma habitual, aunque en ocasiones también utiliza vídeos que permitan visualizar el movimiento, detenerlo en puntos clave y volver a reproducir, pues resulta mucho más sencillo explicar el concepto si el alumno tiene claro el movimiento.

A continuación, la conversación pasó a centrarse en la introducción de las TIC en el aula, algo que, según la opinión del entrevistado, sigue siendo la asignatura pendiente, ya que es muy común oír hablar de ellas, pero la aplicación real que se les da en las clases es todavía muy limitada. Considera que se conocen pocos recursos, e incluso aquellos que se conocen, se aprovechan poco, ya sea por pereza o por falta de dominio en su uso. De cualquier forma, apuesta por una mayor formación docente en este tema, en especial en programación, para que los profesores puedan adaptar los recursos a las necesidades concretas, aunque reconoce que el empleo de las TIC es más eficaz a nivel particular, pues permite una atención personalizada, que no se puede alcanzar en el aula, ámbito en el cual el uso de ordenador facilita la distracción de los alumnos e impide sacar partido del verdadero potencial de estos recursos.

Por último, se le consulta por el uso de *Tracker* días después de haberle mostrado el programa, durante los cuales pudo probar el software y extraer sus propias conclusiones. El entrevistado muestra una respuesta muy positiva, señala que se trata de un programa sencillo pero muy útil, y es en esta sencillez donde podría radicar su eficacia, ya que facilita su uso a docentes y alumnos, además de poder introducir todo tipo de vídeos, involucrando a los alumnos. Confiesa que le gustaría saber cómo realiza *Tracker* los cálculos de velocidad y aceleración, y que tiene ganas de conocer más ampliamente todas las posibilidades que ofrece al alumno y de utilizarlo con sus próximos alumnos.

3.3.2. ENCUESTAS

Se ha realizado la encuesta a un total de diez profesores, cinco de los cuales se dedican a la enseñanza particular, y otros cinco ejercen en institutos. Entre estos últimos, dos de ellos trabajan en Salesians Rocafort y tres en Sant Ignasi. Todos ellos cuentan con varios años de experiencia docente.

Se muestran los resultados sin diferenciar entre profesores particulares y de instituto, pues las poblaciones son demasiado pequeñas para poder realizar comparaciones fiables.

La primera parte de la encuesta consiste en valorar el grado de dificultad que presentan los alumnos de 1º de Bachillerato en una serie de contenidos, con valores comprendidos entre el 1 y el 5. A continuación se presentan los resultados:

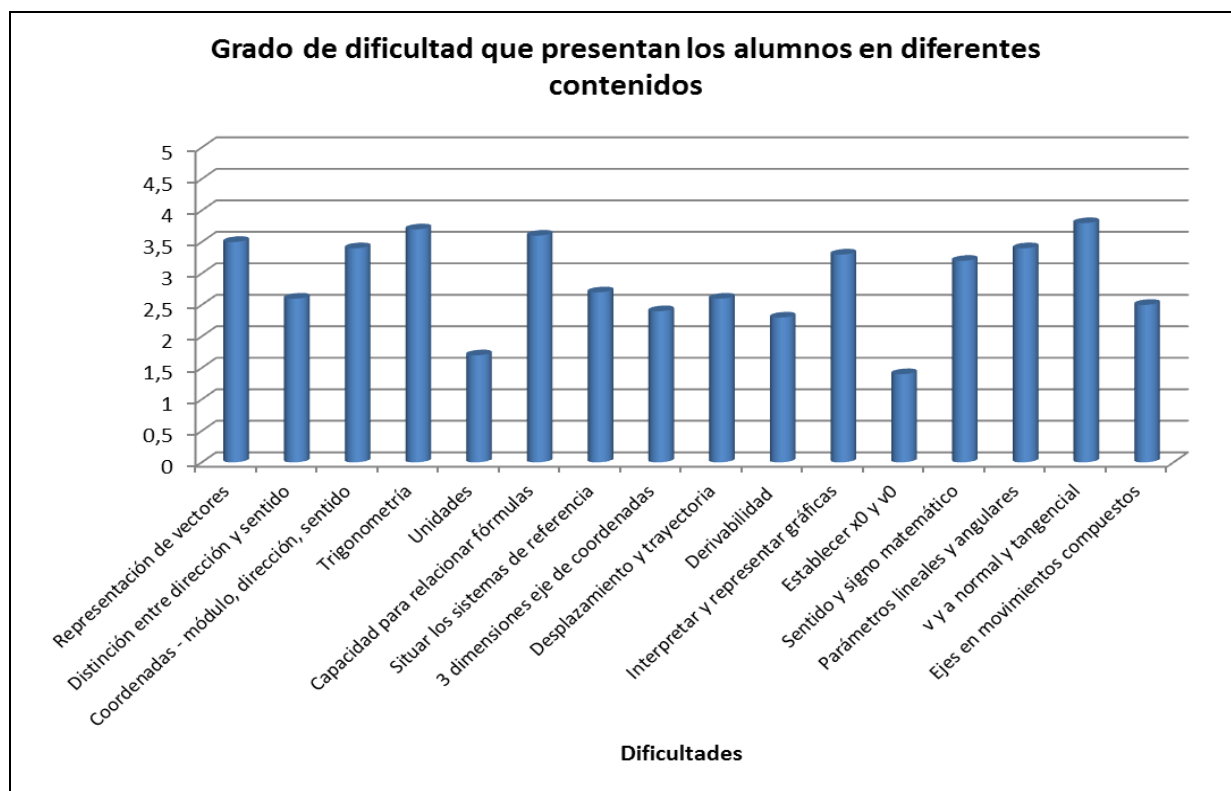


Figura 8. Valoración del grado de dificultad para los contenidos implicados en el aprendizaje de la Cinemática

Para hacer un análisis más exhaustivo, se ha decidido dividir estos parámetros en aquellos contenidos necesarios para el estudio de la Cinemática, aunque no pertenecen directamente a esta rama de la Física, y los contenidos específicos de la Cinemática. De esta manera, se presenta en primer lugar el promedio de los

resultados para los aspectos relacionados, así como el porcentaje de profesores que atribuyen la causa principal de estos problemas a cada uno de los motivos mencionados anteriormente en el apartado de metodología:

A: Ideas previas erróneas o insuficientes

B: Dificultad para conectar los conceptos con la realidad

C: Falta de capacidad para razonar científicamente

Tabla 1. Grado de dificultad que presentan los alumnos en contenidos necesarios para el estudio de la Cinemática

ASPECTOS RELACIONADOS	PROMEDIO	A	B	C
Representación de vectores	3,5	50%	40%	10%
Distinción entre dirección y sentido	2,6	40%	50%	10%
Relación entre coordenadas y módulo, dirección y sentido	3,4	60%	10%	30%
Trigonometría	3,7	90%	0%	10%
Unidades	1,7	10%	20%	70%
Capacidad para relacionar fórmulas	3,6	0%	20%	80%

Los aspectos en los que los alumnos presentan más dificultades se destacan en color naranja, con resultados por encima del 3. Estos aspectos son la representación vectorial, la relación entre las coordenadas y el módulo, dirección y sentido de los vectores, el uso correcto de las unidades y la capacidad para llegar al resultado mediante la relación de fórmulas.

En cuanto al origen de estos problemas, a pesar de la disparidad de opiniones, gran parte de ellos provienen de ideas previas erróneas o insuficientes, mayoritariamente en el campo de las Matemáticas, excepto la capacidad para relacionar fórmulas, que claramente tiene su origen en la falta de razonamiento científico de los alumnos.

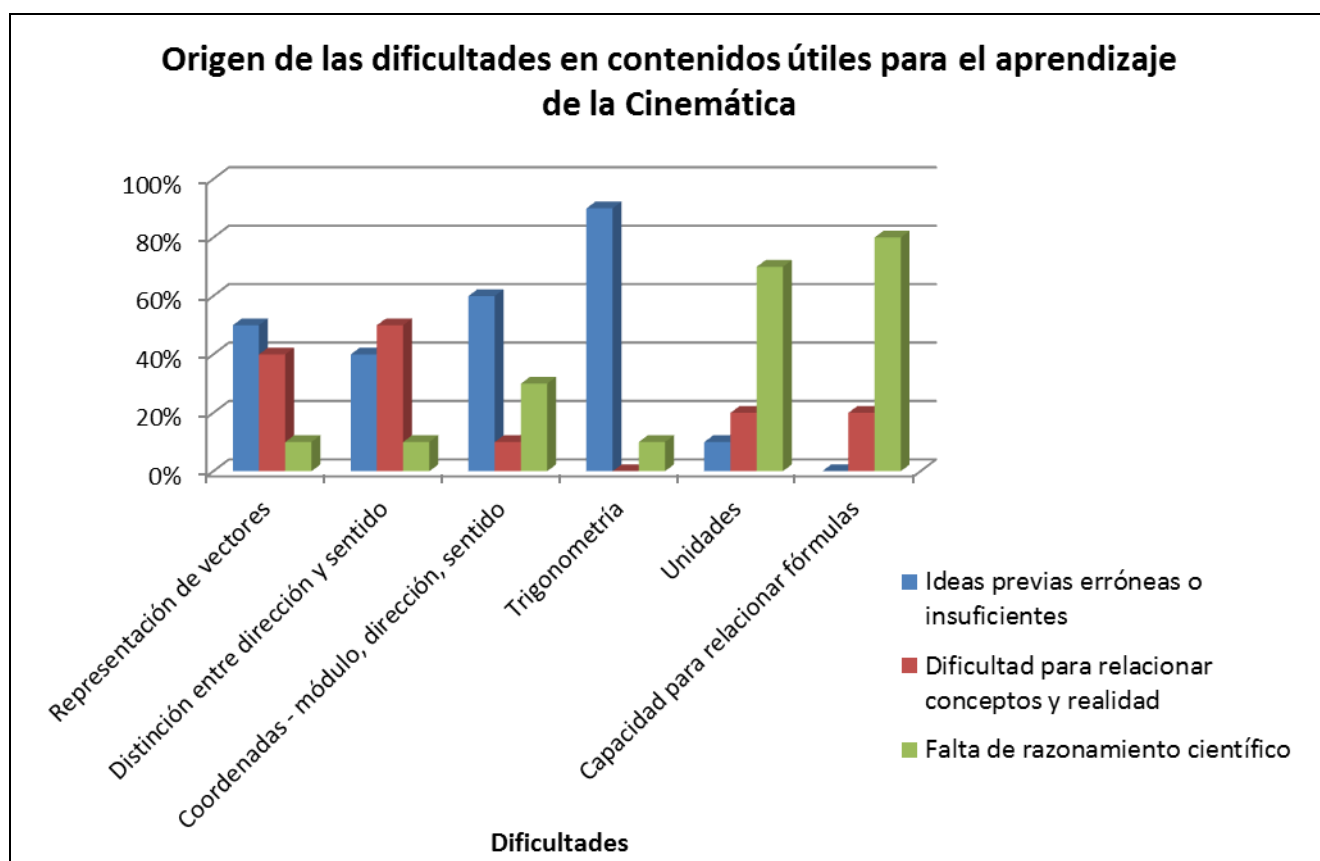


Figura 9. Causa principal, según los profesores encuestados, de las dificultades en contenidos útiles para el aprendizaje de la Cinemática

Son preocupantes los altos porcentajes de profesores que consideran las ideas previas erróneas o insuficientes como origen de estas dificultades. Se comprueba de esta forma que los alumnos presentan deficiencias en conceptos matemáticos que deberían haber sido asimilados al finalizar la etapa de Educación Secundaria Obligatoria.

Este hecho supone un inconveniente para la enseñanza de la Cinemática, especialmente en dos sentidos. O bien obliga a dedicar sesiones al repaso de contenidos previos, o bien dificulta la comprensión de conceptos nuevos, ya que sin nociones de trigonometría o representación vectorial, es muy complicado llegar a asimilar los contenidos necesarios para un buen aprendizaje de Cinemática.

Por otra parte, en cuanto a las dificultades en aspectos específicos de la Cinemática, se expone a continuación el promedio de los resultados obtenidos, también comprendidos entre el 1 y el 5, y como en el caso anterior, los porcentajes de la causa

principal a la que se deben los problemas según el criterio de los profesores encuestados.

Tabla 2. Grado de dificultad que presentan los alumnos en contenidos específicos de Cinemática

CINEMÁTICA	PROMEDIO	A	B	C
Situar los sistemas de referencia	2,7	20%	70%	10%
Visualizar las 3 dimensiones del eje de coordenadas	2,4	0%	70%	30%
Distinguir entre desplazamiento y trayectoria	2,6	0%	30%	70%
Relación de derivabilidad entre espacio y velocidad en función del tiempo (vel. y acel.)	2,3	30%	0%	70%
Interpretar y representar gráficas de posición, velocidad y aceleración	3,3	50%	10%	40%
Establecer x_0 y v_0	1,4	20%	30%	50%
Relación entre sentido del movimiento y signo matemático	3,2	0%	70%	30%
Distinguir entre parámetros lineales y angulares	3,4	0%	50%	50%
Conceptos de velocidad y aceleración normal y tangencial	3,8	0%	70%	30%
Independencia entre ejes X e Y en composición de movimientos.	2,5	40%	60%	0%

En esta ocasión, consideramos como dificultades mayoritarias aquellas cuyos resultados están por encima del 3, destacados en color naranja, es decir, los contenidos de la Cinemática en los que los alumnos tienen más problemas son la interpretación y representación gráficas, la relación entre el sentido del movimiento y el signo matemático, la distinción entre parámetros lineales y angulares y los conceptos de velocidad y aceleración normal y tangencial.

Si analizamos las respuestas de los profesores en cuanto al origen de estos problemas, observamos que, a excepción de las dificultades en la representación gráfica, debidas mayoritariamente a insuficiencias en los conocimientos previos y a la falta de razonamiento científico, el resto de dificultades se deben principalmente al problema para relacionar los conceptos teóricos con la realidad. Se representan en la Figura 10 estos resultados.

Sin embargo, podemos observar que existen otros contenidos cuyos resultados se encuentran entre el 2,5 y el 3, señalados en color azul, y que, por tanto, también podemos considerar de dificultad notable. Encontramos en esta categoría los siguientes contenidos: situar los sistemas de referencia, distinguir entre desplazamiento y trayectoria, y la independencia entre los ejes en composición y movimientos.

Con respecto a la raíz de estas dificultades, los resultados de la encuesta reflejan como causa mayoritaria la falta de conexión con la realidad, a excepción de la distinción entre desplazamiento y trayectoria, para la cual se considera muy importante el razonamiento científico.

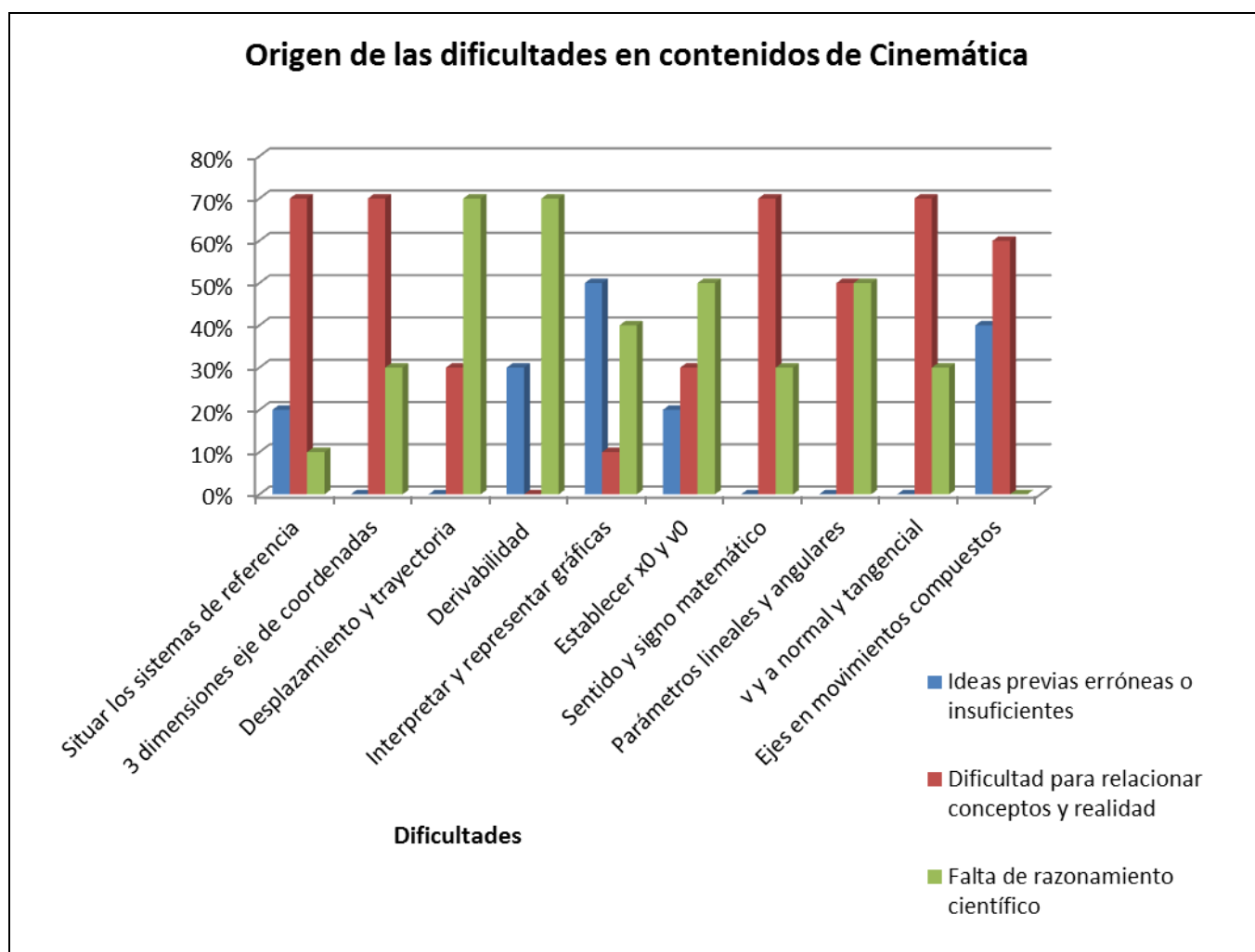


Figura 10. Causa principal, según los profesores encuestados, de las dificultades en contenidos específicos de la Cinemática

Se deduce de esta manera, que la dificultad para relacionar los conceptos con la realidad es un problema bastante común y de una repercusión considerable para el aprendizaje de la Cinemática. Será por tanto muy importante buscar recursos que ayuden al alumno a conectar estos conceptos teóricos con la realidad cotidiana.

El siguiente aspecto de la encuesta se refiere al uso de recursos para facilitar la comprensión de la Cinemática, obteniendo los siguientes resultados:

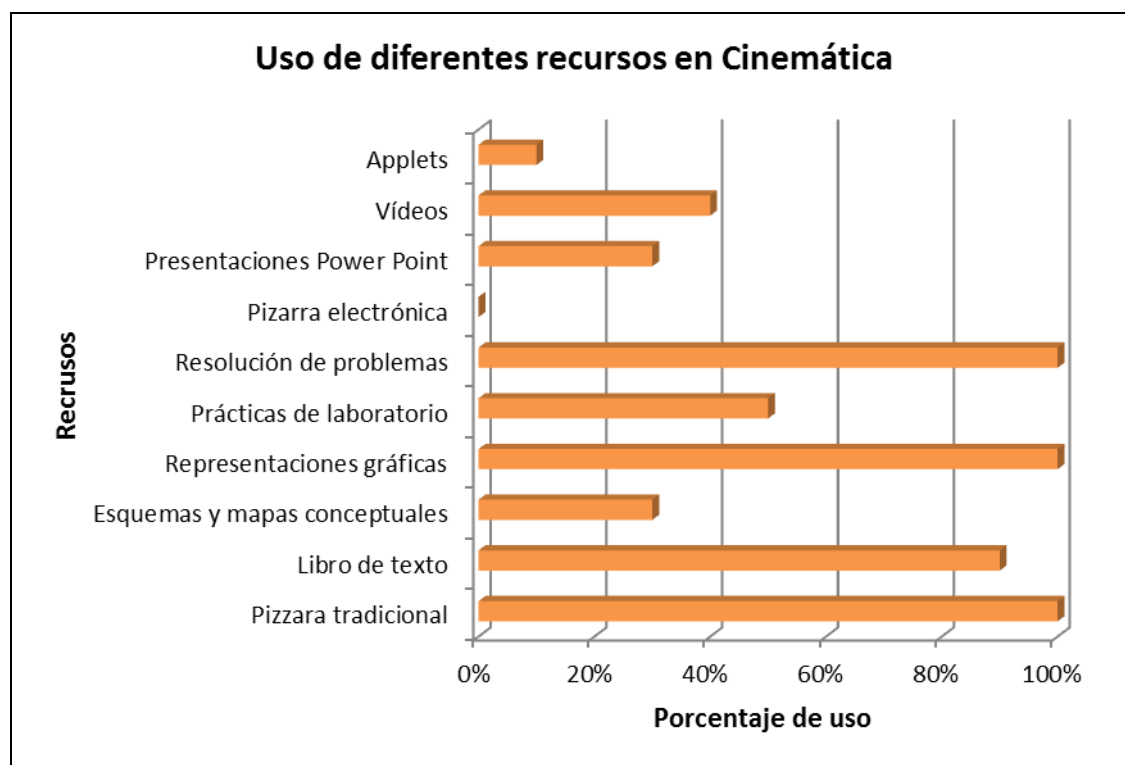


Figura 11. Porcentaje de uso de diferentes recursos para la enseñanza de la Cinemática

Se deduce de estos resultados que se sigue principalmente una metodología tradicional, pues los recursos que más se utilizan son la pizarra tradicional, el libro de texto, las representaciones gráficas y la resolución de problemas.

El bajo porcentaje de uso del laboratorio se debe a que la mitad de encuestados son profesores particulares, que no tienen posibilidad de utilizarlo en sus clases. Sin embargo, se ha obtenido un 100% de uso entre los profesores que ejercen en el instituto, reflejando así, que es un recurso muy habitual y eficaz para la enseñanza de esta ciencia. Por el contrario, los resultados con respecto al resto de recursos son bastante equiparables entre las dos muestras de estudio.

Otro aspecto destacable de estos resultados es que las TIC van ganando terreno poco a poco en la enseñanza, se empiezan a introducir recursos electrónicos en las clases, Entre los profesores encuestados, cuatro de ellos manifiestan haber utilizado vídeos

para impartir los contenidos de Cinemática, otros tres aseguran hacer uso de presentaciones en PowerPoint, y tan solo uno de ellos utiliza Applets.

En relación a los recursos, se pregunta a los encuestados si utilizan algún software específico, a lo que la gran mayoría responde negativamente, a excepción de uno de ellos, que hace uso de un programa llamado *Graphmatica*, para la realización de gráficos. Además, prácticamente todos coinciden en que es necesaria una mayor formación del profesorado en el uso y aprovechamiento de las TIC.

Finalmente, a la pregunta sobre cómo valorarían el uso de un software de las características de *Tracker*, la mayoría de encuestados consideran que ayudaría a la motivación de los alumnos y a la visualización de algunos conceptos, pero temen que el aspecto tecnológico suponga una distracción, restando importancia al aprendizaje.

3.3.3. ESTUDIO PERSONAL DEL PROGRAMA

Para el estudio de *Tracker* se han grabado cuatro vídeos que ilustran diferentes movimientos del campo de la Cinemática: un Rectilíneo Uniformemente Acelerado, un Circular Uniformemente Acelerado, un Tiro Parabólico y un Plano Inclinado.

Para entender mejor las ilustraciones de este apartado, cabe destacar que siempre se sitúan en el mismo orden, de izquierda a derecha y de arriba a abajo:

1. MRUA (Caída libre)
2. MCUA
3. Tiro Parabólico
4. Plano inclinado



Antes de empezar a grabar, no debemos olvidar marcar una referencia, es decir, una distancia conocida para determinar la escala del vídeo y obtener los datos en su magnitud real. Por lo tanto, el primer paso tras introducir el vídeo en *Tracker* es crear la referencia, mediante la **herramienta de calibración** , se hace coincidir la vara de calibración con la distancia conocida, introduciendo el valor, normalmente en metros, como unidad del Sistema Internacional.



Figura 12. Calibración de los diferentes sistemas estudiados.

A continuación se establecen los ejes de referencia del sistema, a partir de la opción **ejes de coordenadas** , situando el origen en el punto que consideremos más adecuado para el estudio del movimiento. Si fuera necesario, también es importante girar los ejes, haciéndolos coincidir con el ángulo de interés para el sistema. Para esto, encontramos en la barra de herramientas casilla que nos indica el valor de este parámetros **ángulo desde la horizontal** .

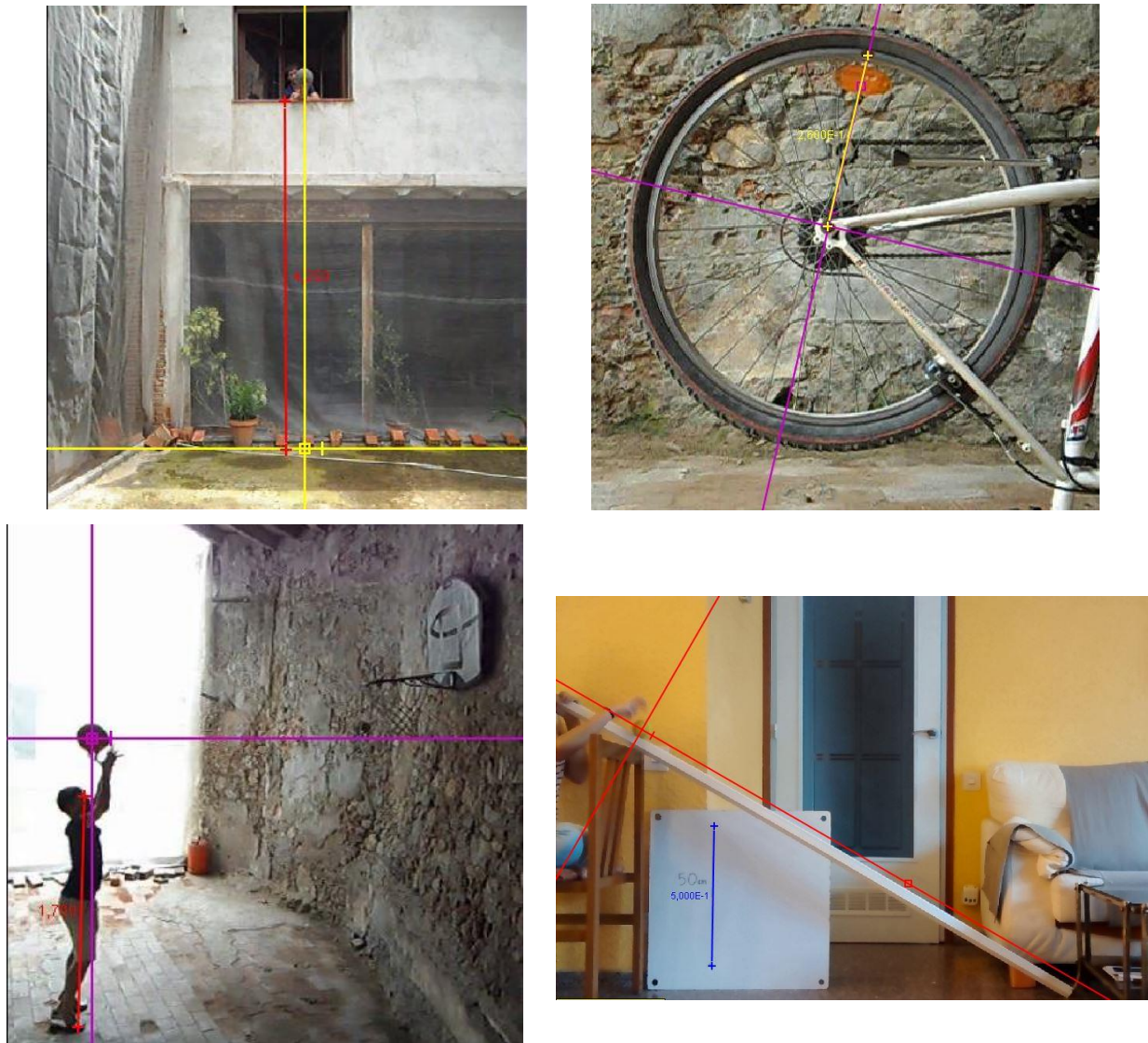



Figura 13. Establecimiento de los ejes de coordenadas de los sistemas

El siguiente paso consiste en delimitar el frangmento de interés del vídeo, es decir, el intervalo de fotogramas en el que se produce el movimiento, descartando el resto de que el vídeo para el estudio. Se trata de seleccionar los fotogramas inicial y final, con la herramienta **Ajustes del Corte** . En caso de un movimiento de larga duración, esta herramienta también permite aumentar el tamaño de paso, el número de fotogramas que pasan en cada avance.

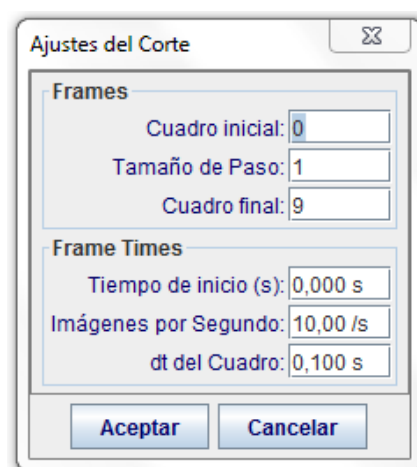


Figura 14. Interficie Ajustes del Corte



Ha llegado el momento de crear la masa puntual, , a la que podemos asignarle nombre (por ejemplo: balón), y establecer un valor . Para situar esta masa, debemos clicar sobre el objeto o punto de interés mientras se mantiene pulsado el botón Shift. Tras esta acción, el programa avanza automáticamente al siguiente fotograma, en el que debemos volver a situar la masa. Si se repite esta acción de manera sucesiva, creamos la trayectoria.



Figura 15. Seguimiento de la trayectoria de la masa puntual en cada sistema

Para cada uno de los puntos seleccionados, el programa determina de forma automática la posición de la masa en los ejes X e Y, en función del tiempo. A partir de estos datos, *Tracker* calcula también el resto de variables involucradas en el movimiento, y las representa gráficamente, como se observa en la siguiente Figura.

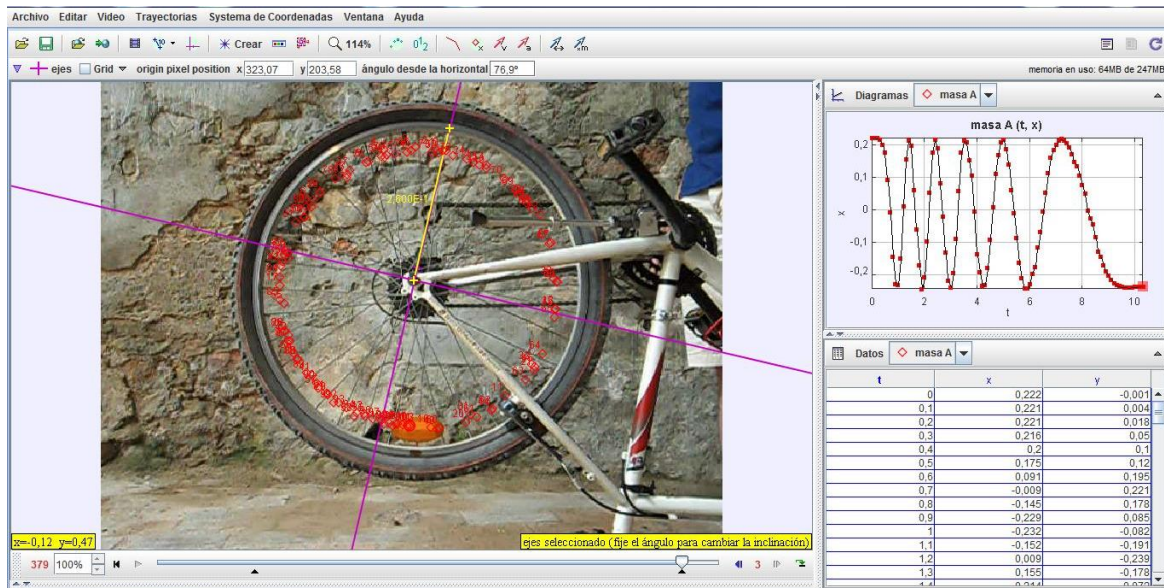


Figura 16. Captura de pantalla del programa Tracker

La gráfica mostrada en la Figura 16 permite representar las variables que queramos, así como establecer los valores límite para obtener una representación más comprensible. Además, *Tracker* ofrece la opción de analizar las gráficas. Clicando con el botón derecho sobre éstas y seleccionando la el ítem **Analizar** se abre una nueva ventana que permite ajustarla a una función determinada, obteniendo también la expresión matemática de la función obtenida. Esto facilita a los alumnos relacionar cada término de la ecuación con los parámetros del movimiento correspondiente.

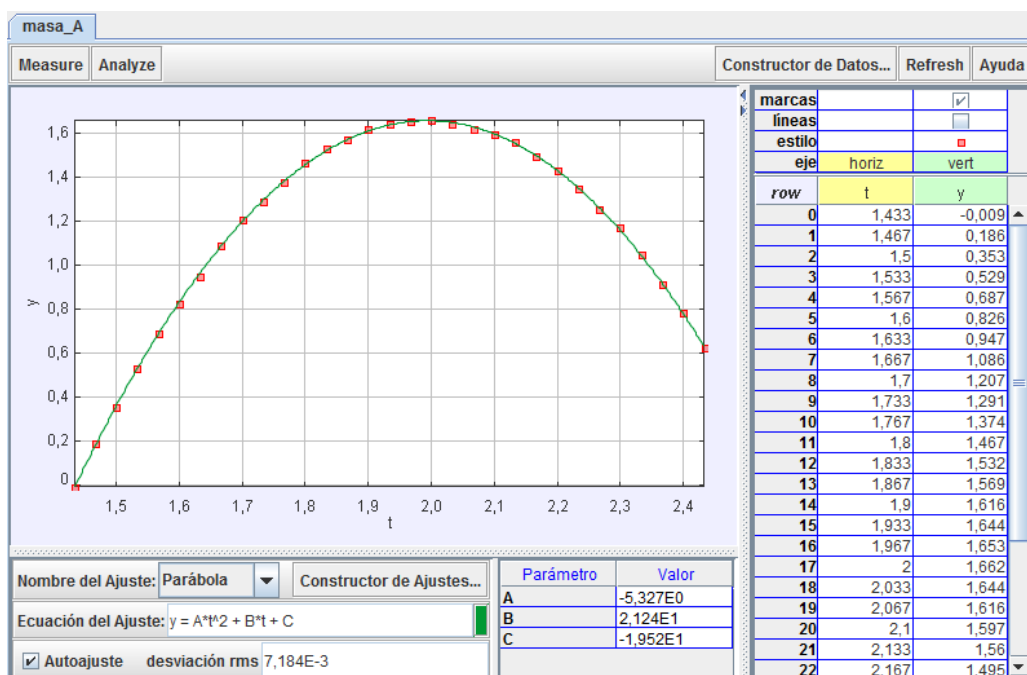


Figura 17. Ejemplo de ajuste de datos a una función con la herramienta analizar

No nos detendremos en este trabajo a estudiar las ecuaciones con datos concretos, pues no es el objetivo. Nos limitaremos a describir a groso modo la relación existente entre las gráficas correspondientes a cada movimiento, que se presenta a continuación:

Nota: Para una mejor comprensión de las gráficas, es recomendable volver a consultar la Figura 15, en la que se muestran los ejes de coordenadas.

MRUA (Caída libre)

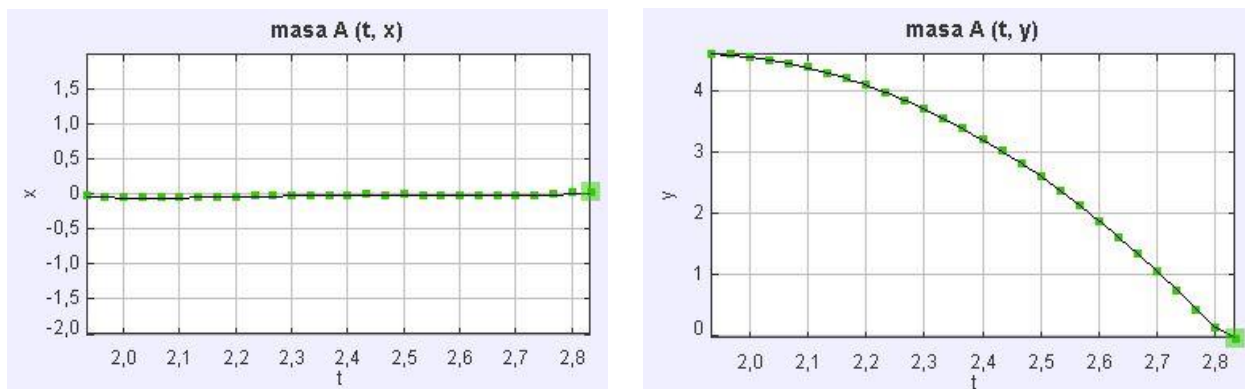


Figura 18. Gráficas de posición $x(t)$ e $y(t)$. MRUA

Dado que el eje de coordenadas se sitúa haciendo coincidir el eje OY con el balón y el eje OX con el suelo, se observa como la posición en x se mantiene constante en 0 a lo largo de toda la trayectoria, a diferencia de la posición en y , que se inicia a una altura de 4,25 m, tal como indica el eje de referencia, y va disminuyendo cada vez más rápido, debido a la aceleración gravitacional, hasta llegar al suelo, a 0 m.

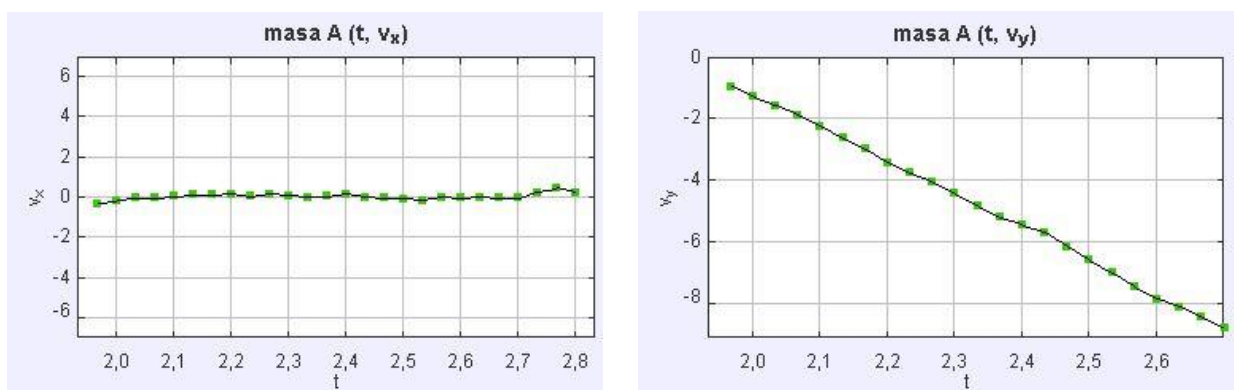


Figura 19. Gráficas de velocidad $v_x(t)$ y $v_y(t)$. MRUA

En cuanto a las velocidades, en el eje OX se mantiene nula, pues no existe movimiento en esta dirección. Sin embargo, en el eje OY, la velocidad empieza

siendo nula porque el balón está en reposo, y aumenta de forma lineal debido a la aceleración. V_y aumenta negativamente porque el movimiento avanza en el sentido negativo del eje OY.

Es interesante comprobar como el módulo del vector velocidad aumenta en positivo, pues solo refleja la magnitud del vector, no su dirección o sentido.

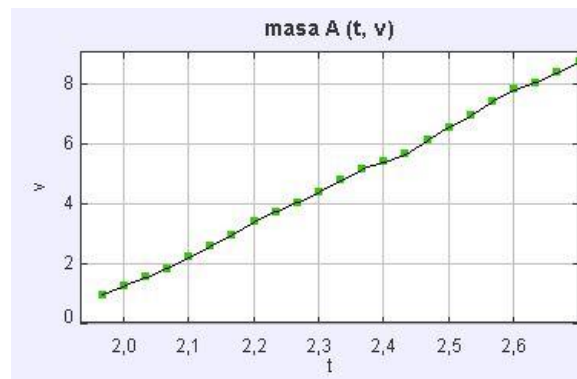


Figura 20. Gráfica del módulo del vector velocidad $v(t)$. MRUA

Por último, en cuanto a las gráficas de aceleración, se observan bastantes desajustes frente a lo esperado. Se debe tener en cuenta que se trabaja con fotogramas, fracciones de tiempo muy pequeñas, y que por tanto, cualquier pequeña desviación espacial altera mucho la gráfica. A pesar de ello, se puede llegar a observar que a_x se mantiene prácticamente constante en 0, y a_y , aunque con algunas alteraciones, también se mantiene alrededor de $-9,8$ para todo el movimiento, valor correspondiente a la gravedad, y en negativo debido al sentido del movimiento.

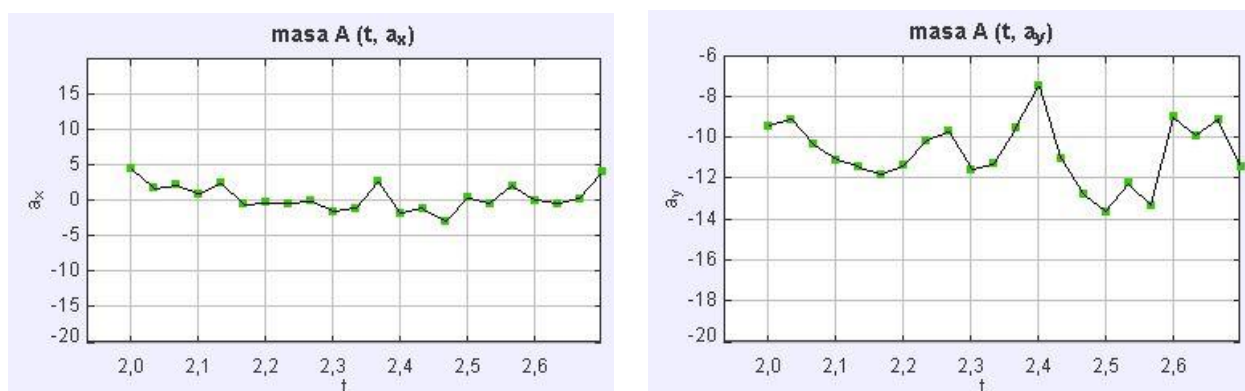


Figura 21. Gráficas de aceleración $a_x(t)$ y $a_y(t)$. MRUA

Sin embargo, igual que para la velocidad, el módulo del vector aceleración se mantiene, en este caso, constante alrededor de 9,8 en positivo.

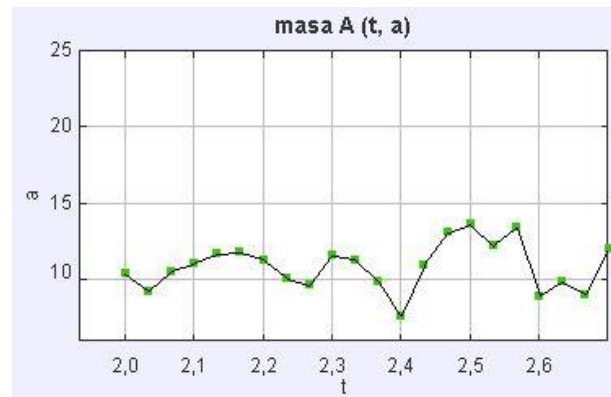


Figura 22. Gráfica del módulo del vector aceleración $a(t)$. MRUA

MCUA

Debido al giro que se produce en el movimiento circular encontramos nuevos parámetros de difícil relación con los anteriores. Hasta ahora utilizábamos sistemas de referencia cartesianos, con este movimiento, en cambio, es más conveniente el uso de sistemas de referencia polares, basados en ángulos y módulos del vector de posición (cuyo módulo es constante y equivalente al radio de giro).

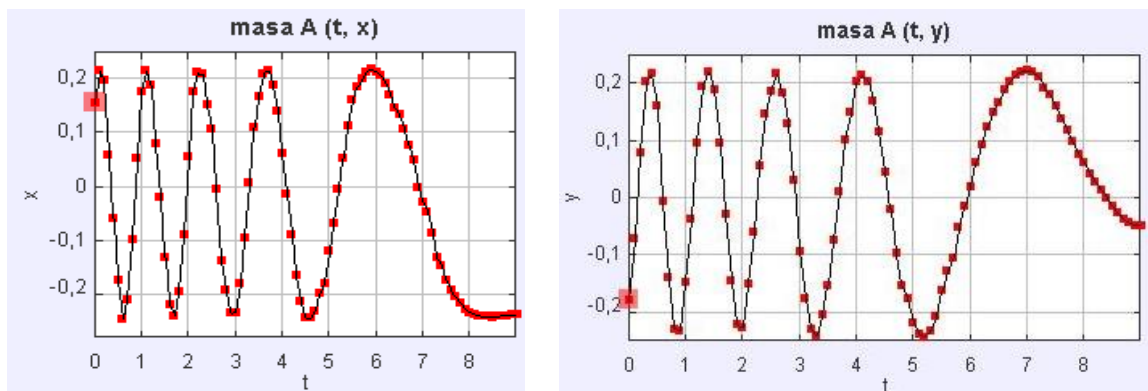


Figura 23. Gráficas de posición $x(t)$ e $y(t)$. MCUA

Como se trata de un movimiento cíclico, tras cada ciclo se vuelve al punto inicial, obteniéndose gráficas sinusoidales para cada uno de sus ejes, coincidiendo el valor máximo, tanto en positivo como en negativo, con el del radio. Además, se producen periodos cada vez mayores, debido a la aceleración de frenada.

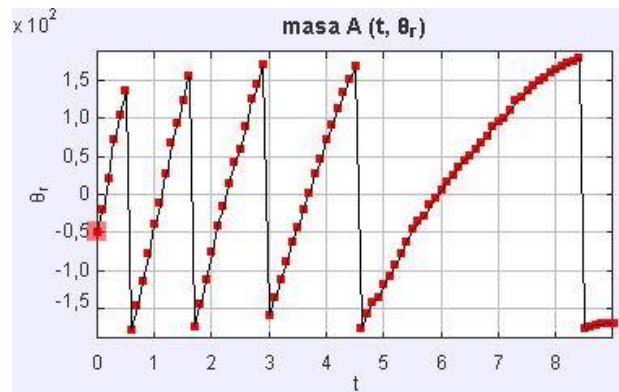


Figura 24. Gráfica de la posición angular $\theta(t)$. MCUA

Para la gráfica del ángulo se observa también una distribución sinusoidal que nos recuerda a la naturaleza cíclica del movimiento. Debemos tener en cuenta que *Tracker* presenta los valores del ángulo en unidades de grado ($^{\circ}$), y que los dos primeros cuadrantes suman 180° positivos, mientras que el tercer y cuarto cuadrantes toman el mismo valor en negativo. Esto explica que los ciclos se inicien en -180° y terminen en 180° , pues en la transición de segundo a tercer cuadrante se produce el cambio de signo.

En relación a las velocidades, tanto la lineal como la angular disminuyen de manera uniforme hasta llegar a cero, momento en el que la rueda se detiene. Podemos comprobar que si se multiplica la velocidad angular, previamente convertida a rad/s, por el radio del movimiento (0,225 m) se obtiene para cada instante el valor que corresponde a la velocidad lineal.

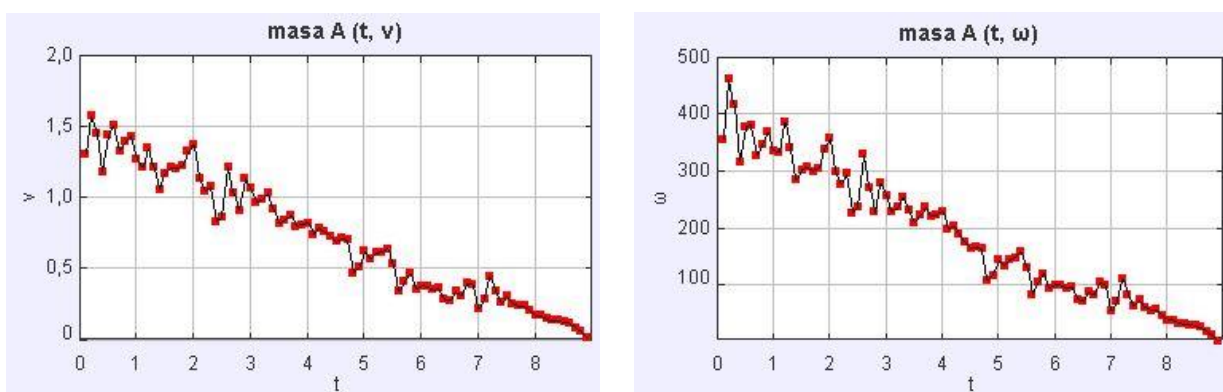


Figura 25. Gráficas de velocidad lineal $v(t)$ y angular $\omega(t)$. MCUA

TIRO PARABÓLICO (composición de movimientos)

En este caso, como ya es sabido, se da un MRU a lo largo del eje horizontal y un MRUA en el eje vertical, debido a la acción de la gravedad.

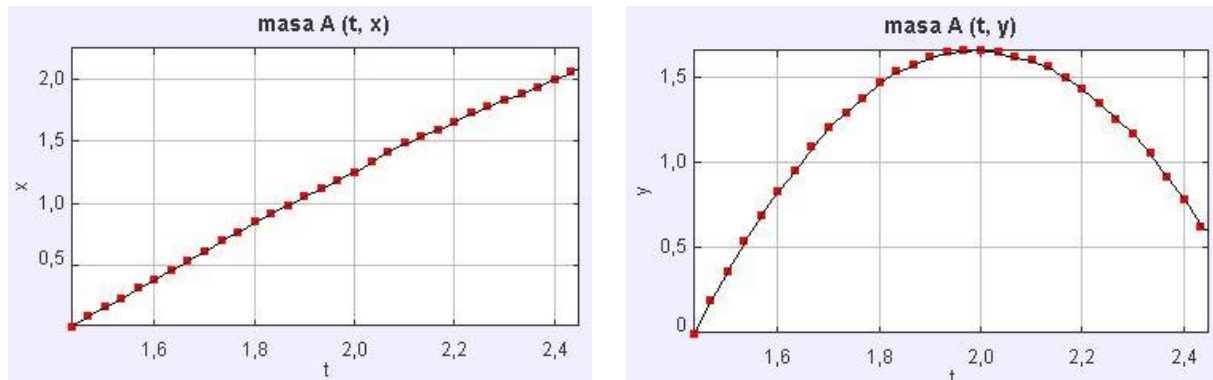


Figura 26. Gráficas de posición $x(t)$ e $y(t)$. TIRO PARABÓLICO

Se observa como la posición en el eje OX aumenta de manera uniforme a lo largo del movimiento, pues se trata de un MRU, con aceleración nula, en el que el balón se desplaza a velocidad constante a lo largo del eje en sentido positivo. Por el contrario, la posición en el eje OY describe una parábola, se da un MRUA en el cual el balón avanza por el eje en sentido positivo hasta que la acción de la gravedad le hace detenerse a una altura máxima y volver a caer en sentido negativo hasta tocar el aro.

En relación a las velocidades, v_x se mantiene constante a una velocidad determinada, pues como ya se ha comentado, se produce un MRU en el eje OX y no existe aceleración que haga variar la velocidad. Por el contrario, en el eje OY se da un MRUA, es por eso que mientras el balón sube, la velocidad disminuye uniformemente hasta llegar a 0, momento en el balón se detiene a la máxima altura. A partir de aquí, la velocidad vuelve a aumentar de manera uniforme en sentido negativo.

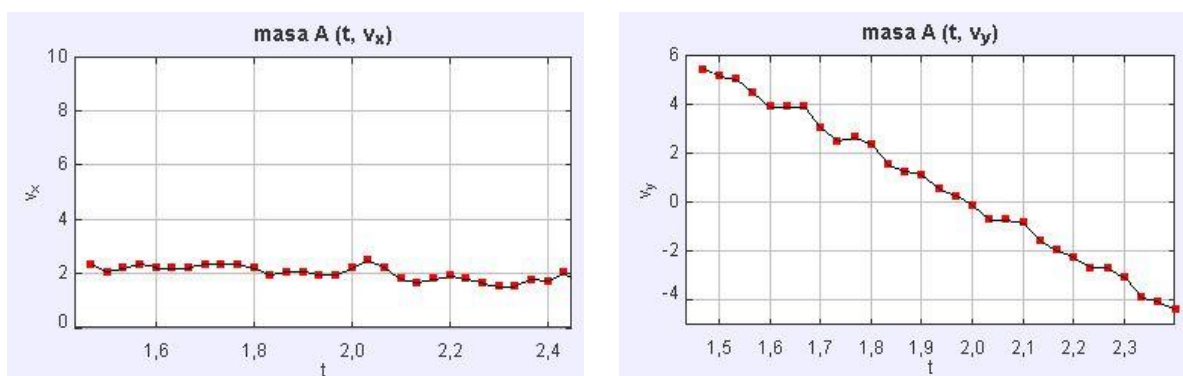


Figura 27. Gráficas de velocidad $v_x(t)$ y $v_y(t)$. TIRO PARABÓLICO

En este caso, el módulo de la velocidad disminuye a medida que el balón sube. En el momento en que se detiene, el valor de la velocidad mínimo, el de v_x (aproximadamente 2 m/s), puesto que la velocidad en y es 0. Tras superar la altura máxima, la velocidad vuelve a aumentar.



Figura 28. Gráfica del módulo del vector velocidad $v(t)$. TIRO PARABÓLICO

Por último, encontramos las gráficas de aceleración, muy sencillas de comprender en este caso. En el eje OX no hay aceleración, por lo que, a pesar de las pequeñas alteraciones, a_x se mantiene constante con un valor nulo. Sin embargo, en el eje OY, el balón sufre la acción de la gravedad, cuya fuerza se da en el sentido negativo del eje, de ahí que a_y se mantenga constante a $-9,8 \text{ m/s}^2$, a diferencia del módulo de a , cuyo valor es positivo.

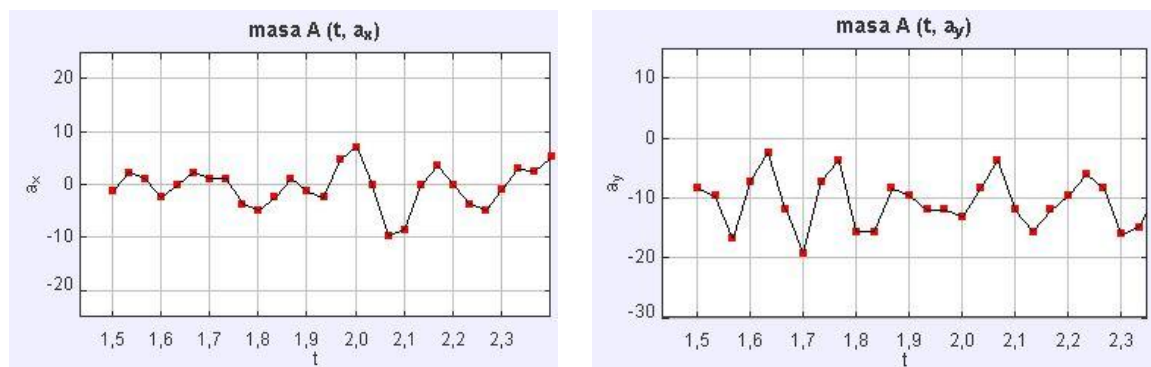


Figura 29. Gráficas de aceleración $a_x(t)$ y $a_y(t)$. TIRO PARABÓLICO

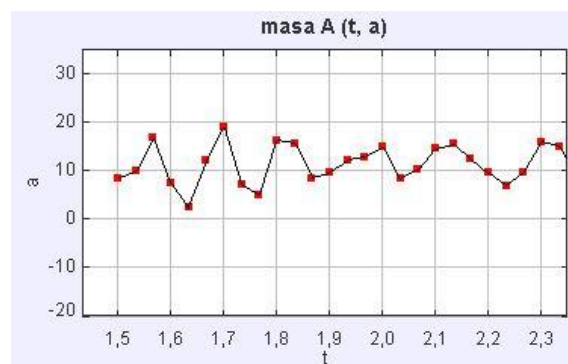


Figura 30. Gráfica del módulo del vector aceleración $a(t)$. TIRO PARABÓLICO

PLANO INCLINADO

Algo a destacar en el plano inclinado es la acción de las fuerzas presentes, que aunque se trata más profundamente en el tema de Dinámica, es conveniente hacer ahora una pequeña introducción para comprender el movimiento. La siguiente figura representa las fuerzas que actúan en el sistema. Dado que el objeto tiene una masa, ejerce una fuerza paralela perpendicular al suelo llamada peso (P), cuyo valor se obtiene de multiplicar la masa por la gravedad. Esta fuerza se descompone en dos vectores que coinciden con los ejes de coordenadas (P_x y P_y).

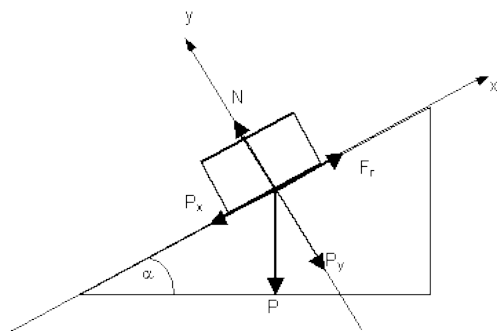


Figura 31. Fuerzas implicadas en el plano inclinado (Fisicanet)

P_x es la fuerza responsable del movimiento en x , y P_y se ve anulada por la fuerza normal (N), aquella que ejerce la superficie sobre el cuerpo.

Por otra parte encontramos la fuerza de rozamiento (F_r), de sentido contrario a P_x , se opone al movimiento y por tanto frena el objeto. En nuestro caso se trata de un objeto redondo, que gira a su contacto con la superficie, y por tanto, su movimiento lineal apenas ve afectado por F_r .

En este sistema, se ha situado el eje de coordenadas haciendo coincidir su centro con la posición inicial del objeto, y su orientación con el ángulo del plano, de manera que se da un movimiento muy parecido a la caída libre, pero en el eje OX . Así, no hay desplazamiento en el eje OY , mientras que el objeto avanza paralelamente al eje OX en sentido positivo. Este desplazamiento es cada vez más rápido, debido al efecto de la componente P_x .

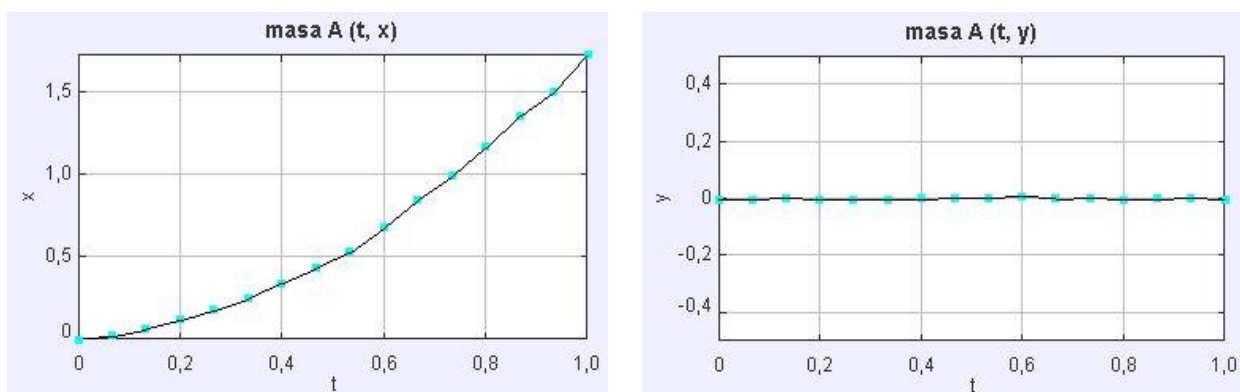


Figura 32. Gráficas de posición $x(t)$ y $y(t)$. PLANO INCLINADO

Si observamos las gráficas de las velocidades en cada uno de los ejes, v_y se mantiene constante en 0 m/s, pues como se ha dicho, no se produce desplazamiento en este eje. Por su parte, v_x aumenta de manera uniforme debido a la acción de P_x , y en positivo, ya que el desplazamiento se produce en el sentido positivo del eje OX. El módulo del vector velocidad, en este caso, coincide con v_x .

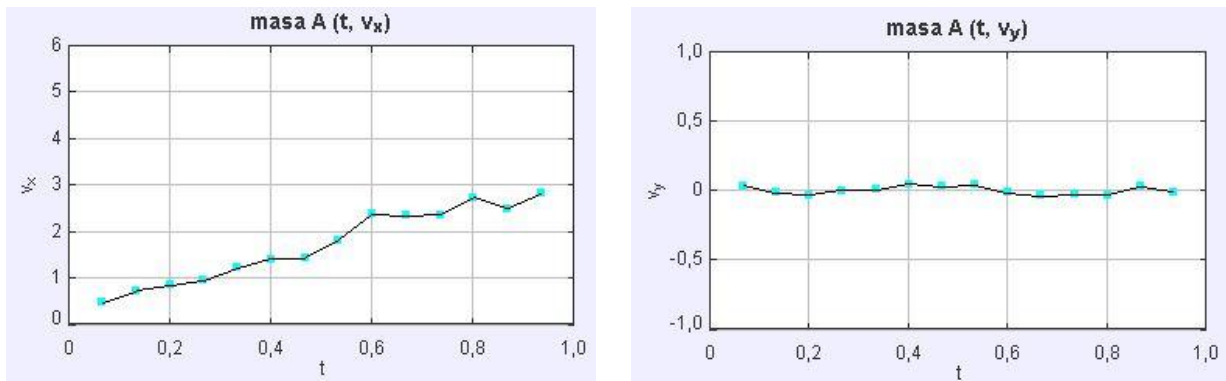


Figura 33. Gráficas de velocidad $v_x(t)$ y $v_y(t)$. PLANO INCLINADO

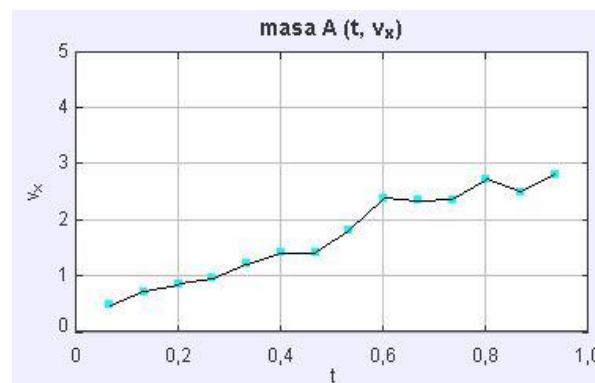


Figura 34. Gráfica del módulo del vector velocidad $v(t)$. PLANO INCLINADO

Por último, se presentan las gráficas de aceleración correspondientes a este plano inclinado.

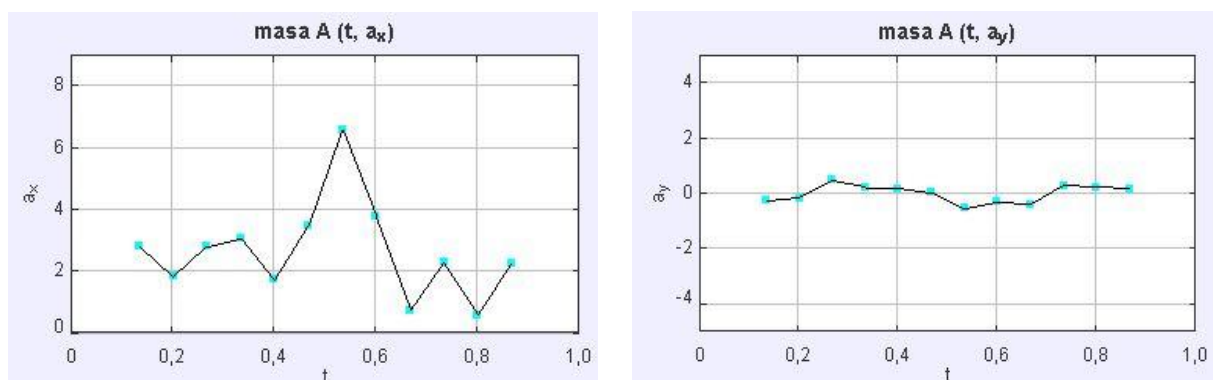


Figura 35. Gráficas de aceleración $a_x(t)$ y $a_y(t)$. PLANO INCLINADO

Observamos que a_y se mantiene alrededor de 0 m/s^2 , dado que no hay movimiento en este eje. Sin embargo, a_x , tiene un valor constante y positivo, ya que la componente P_x actúa como aceleración, cuyo valor se mantiene aproximadamente en 2 m/s^2 , a excepción de un punto que se aleja bastante de la linealidad, debido, como ya comentamos, al uso de fracciones de tiempo muy pequeñas, y las pequeñas desviaciones alteran mucho la gráfica resultante. Además, igual que para las gráficas de velocidad, el módulo del vector aceleración coincide con a_x .

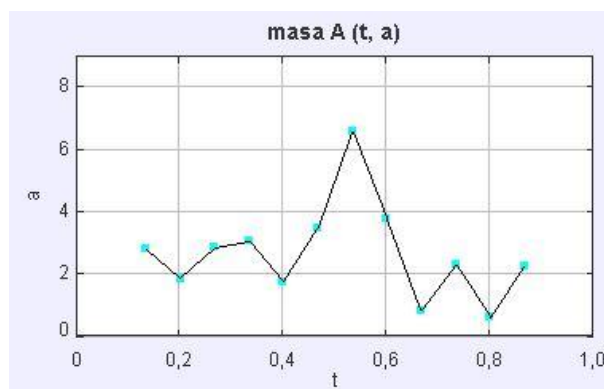


Figura 36. Gráfica del módulo del vector aceleración $a(t)$. PLANO INCLINADO

3.3.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A partir de todos los resultados comentados con anterioridad, se realizan una serie de reflexiones.

En primer lugar, las encuestas demuestran que las dificultades más importantes son el uso de vectores, la trigonometría y la relación entre fórmulas, además de los problemas propios de la Cinemática, entre los cuales destacan la representación e interpretación de gráficas, la relación entre el sentido del movimiento y el signo matemático, la diferenciación y relación entre parámetros lineales y angulares, y por último, los conceptos de velocidad y aceleración normal y tangencial. Asimismo, tal como reflejan los resultados, la mayoría de estas dificultades tienen su origen en la falta de conexión con la realidad, algo que resulta especialmente complicado para los alumnos.

Después de haber analizado los cuatro vídeos, se ha comprobado que se puede contribuir a mejorar la comprensión de todos estos ítems gracias al uso de *Tracker*, ya que el hecho de visualizar cada gráfica junto al movimiento, permite una mejor conexión entre los conceptos estudiados y la realidad, añadiendo el factor

motivacional que supone para los alumnos el participar activamente grabando ellos el vídeo.

El uso del vídeo permite la visualización de los vectores y ángulos, y cómo éstos afectan al movimiento, corrigiendo en parte, los problemas de vectores y trigonometría.

Al mismo tiempo, el hecho de presenciar el movimiento al mismo tiempo que observamos la gráfica facilita su interpretación y comprensión, por tanto, será más sencilla la representación en posteriores ocasiones. *Tracker* también ayuda de forma considerable a entender el porqué del signo matemático en relación al sentido del movimiento.

Finalmente, si nos centramos en el Movimiento Circular, sus parámetros propios se hacen más comprensibles gracias al software, de igual manera que en el resto de movimientos, aunque en este caso, se requerirá de un trabajo del profesor para establecer la relación entre estos parámetros y las fuerzas implicadas, especialmente la fuerza centrípeta, debido a la complejidad del movimiento.

Todas estas reflexiones quedan ratificadas en las entrevistas a los profesores, puesto que ambos, a partir de su experiencia en el trabajo con alumnos de Física, consideran que *Tracker* puede ser una herramienta muy útil y eficaz en el proceso de enseñanza-aprendizaje, siempre que el profesor consiga que los alumnos sean conscientes de la ayuda que les aporta el programa y no lo perciban como una mera distracción.

Además, la herramienta de análisis de las gráficas, ayuda también a una mejor comprensión de la vertiente matemática de la Cinemática, pues permite ajustar el movimiento a sus ecuaciones correspondientes, haciendo reflexionar al alumno sobre el significado de cada término de la ecuación.

4. PROPUESTA PRÁCTICA

4.1. JUSTIFICACIÓN

A lo largo de este trabajo de investigación, se ha observado que los alumnos presentan muchas dificultades en el aprendizaje de la Cinemática y de la Física en general. Esto se ha convertido en un problema recurrente que parece no solucionarse con las dinámicas y los recursos utilizados actualmente por los profesores.

La mayoría de estas dificultades tienen su origen en la incapacidad de los alumnos para conectar los contenidos que explica el profesor en clase con la realidad que les rodea, entorpeciendo el aprendizaje y la comprensión de dichos contenidos.

Dado que la metodología tradicional y sus recursos propios no contribuyen a mejorar este aspecto, nos vemos obligados a recurrir a nuevas herramientas dentro del ámbito tecnológico, más conocido como TIC, dando respuesta, además, a la exigencia de la legislación en cuanto al uso de las nuevas tecnologías en el aula, así como situando la educación en un proceso de evolución paralelo al de la sociedad actual.

Teniendo esto en cuenta, se pretende establecer una propuesta de trabajo en el laboratorio para la Unidad de Cinemática, centrado en el uso de *Tracker*, un recurso TIC en concreto que permite analizar vídeos grabados por los propios alumnos, relacionando el fenómeno físico con el mundo real y fomentando la implicación y participación como fuente de motivación para los estudiantes.

Por lo tanto, la propuesta práctica consiste en el diseño de cuatro guiones de laboratorio, uno por cada movimiento estudiado, que fomenten la reflexión y la participación del alumno mediante el uso de *Tracker* en las prácticas de laboratorio.

4.2. DESTINATARIOS

Los destinatarios de esta propuesta son alumnos de 1º de Bachillerato, curso en el que se desarrolla la Unidad Didáctica de Cinemática, aunque también podría ser aplicada en 4º de ESO, ya que se realiza una introducción a estos contenidos.

Teniendo en cuenta que los grupos son de aproximadamente 20-30 alumnos, se recomienda el trabajo por parejas, tanto en el laboratorio como con el ordenador.

4.3. OBJETIVOS Y COMPETENCIAS

El objetivo principal de esta propuesta práctica es proporcionar a los alumnos una herramienta para reducir sus dificultades en la comprensión de la Cinemática. Asimismo, se pretende fomentar la implicación de los alumnos en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Además, se plantean una serie de objetivos específicos que pretenden ser alcanzados con la realización de las experiencias prácticas que se diseñan en esta propuesta:

- Conocer y distinguir las clases de movimientos y saber identificarlos en fenómenos de la vida cotidiana.
- Aprender a establecer sistemas de referencia para estudiar los movimientos.
- Ser capaz de explicar la gráfica correspondiente a un movimiento utilizando un lenguaje adecuado.
- Utilizar las TIC para el estudio de los movimientos.
- Desarrollar la capacidad de reflexión y de razonamiento crítico.
- Desarrollar la creatividad y la iniciativa personal.

Por otra parte, con esta propuesta también se pretende contribuir al desarrollo de algunas competencias generales, establecidas en el Decreto 142/2008:

- *Competencia comunicativa*: Expresar ideas con un lenguaje científico, adecuado y propio de la Cinemática, así como los resultados con las unidades correctas.
- *Competencia en gestión y tratamiento de la información*: Comprender y gestionar la información recogida en gráficas y tablas de datos.
- *Conocimiento digital*: Obtener información sobre fenómenos físicos mediante el uso de las nuevas tecnologías.
- *Competencia en investigación*: Desarrollar un espíritu científico potenciando la creatividad y la curiosidad por comprender el entorno.

- *Competencia personal e interpersonal:* Desarrollar la autonomía e iniciativa personal, así como el trabajo colaborativo mediante realizando las prácticas en grupo.
- *Competencia en el conocimiento e interacción con el mundo:* Dar explicación a los fenómenos cotidianos a partir de los contenidos trabajos en clase, estableciendo la relación entre teoría y realidad.

Finalmente, se pretende favorecer el desarrollo de las competencias específicas para la materia de Física de Bachillerato, también establecidas en el Decreto 142/2008. Estas competencias se exponen a continuación:

- *Competencia en indagación y experimentación:* Llevar a cabo investigaciones mediante las cuales se desarrollen habilidades como diseñar experimentos, elaborar predicciones e hipótesis, sacar conclusiones a partir de los resultados y comprender las limitaciones del método científico.
- *Competencia en la comprensión y capacidad de actuar sobre el mundo físico:* Apropiarse de los conceptos fundamentales, modelos y principios estudiados, y de los métodos y técnicas propios de la materia, para dar explicación a fenómenos del entorno más próximo.

4.4. METODOLOGÍA

El desarrollo de las sesiones prácticas se basa en una metodología participativa, en la que los alumnos son los protagonistas y responsables de su propio aprendizaje.

Durante las sesiones de laboratorio los alumnos trabajarán por parejas de forma independiente, mientras el profesor resuelve las dudas que vayan surgiendo, pero no realizará introducción teórica, pues los alumnos ya disponen de un manual de prácticas en el que se especifica lo que deben hacer (*Anexo II*). Para poder realizar correctamente la práctica, los estudiantes deben haber grabado un vídeo del movimiento que se vaya a trabajar en la sesión, y haber respondido a las preguntas previas. Esto implica un trabajo de reflexión anterior a la práctica, algo poco común en los alumnos, que facilita la comprensión posterior, ya que analizarán algo sobre lo que ya han trabajado.

Una vez terminada la práctica, los alumnos deben también responder una serie de preguntas relacionadas con la experiencia y otras pensadas para reflexionar sobre el

fenómeno. Con ello se pretende que el alumno haga un trabajo exhaustivo y aproveche las sesiones para llegar a un aprendizaje significativo.

Dos aspectos característicos de esta propuesta práctica son el uso de las TIC como herramienta de aprendizaje y fuente de interés para el alumno, y el factor creativo que supone que los alumnos graben sus propios vídeos.

Es importante destacar que en el próximo apartado se presenta una programación que incluye, además de las prácticas de laboratorio, clases teóricas y de resolución de problemas, pero la propuesta que se presenta en este trabajo es específica para las prácticas de laboratorio. Con la programación se pretende únicamente marcar los tiempos para facilitar la ejecución de la metodología propuesta.

4.5. ACTIVIDADES Y TEMPORALIZACIÓN

Teniendo en cuenta que la legislación vigente establece cuatro horas semanales para la asignatura de Física en Bachillerato, se propone una programación para la Unidad Didáctica de Cinemática que se desarrolle a lo largo de aproximadamente cinco semanas.

Tabla 3. Propuesta de programación para la Unidad Didáctica de Cinemática, incluyendo las 4 sesiones prácticas

	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4
Semana 1	AO – T1	AO – E1	AO – E1	LAB – P1
Semana 2	AO – T2	AO – E2	AO – E2	LAB – P2
Semana 3	AO – T3	AO – E3	AO – E3	LAB – P3
Semana 4	AO – T4	AO – E4	AO – E4	LAB – P4
Semana 5	AO - REPASO			

AO: Aula Ordinaria

T: Teoría

E: Ejercicios

LAB: Laboratorio

P: Práctica

En esta programación se dedicaría la primera sesión de la semana a la explicación de teoría por parte del profesor, seguida de dos sesiones de resolución de problemas, en las que se apliquen los conceptos, para terminar con la sesión práctica en el laboratorio. Tras la primera sesión, se explicarán también los objetivos de la práctica

correspondiente, y se pedirá a los alumnos que realicen el trabajo previo, que incluye la grabación del vídeo y las cuestiones previas.

Se trata de una programación sujeta a modificaciones, ya que, tal como se especifica en el apartado anterior, el fin de esta propuesta se basa en las sesiones prácticas.

La programación orientativa se presenta por dos motivos principales:

1. Que el alumno tenga tiempo suficiente para grabar el vídeo desde la explicación teórica hasta la sesión práctica.
2. Que el alumno haya adquirido un conocimiento suficiente sobre el movimiento antes de la sesión práctica, de manera que pueda aprovechar al máximo el trabajo con *Tracker*.

Durante la sesión práctica, la labor del profesor consistirá únicamente en controlar la clase y resolver dudas, los alumnos trabajarán de forma totalmente autónoma, distribuyendo el tiempo como crean más conveniente. Si no han respondido a todas las cuestiones, deberán completar el informe en casa.

Finalmente, es importante que estas sesiones se realicen en el laboratorio. Aunque no sea estrictamente necesario, es muy conveniente de cara a crear un hábito de trabajo en el alumno, además de suponer un factor motivacional extra.

4.6. EVALUACIÓN

Para evaluar estas sesiones prácticas se tendrán en cuenta dos aspectos principales: los resultados académicos y de comprensión, y la respuesta de los alumnos en cuanto a implicación y motivación.

Se utilizarán dos indicadores para evaluar la comprensión de los contenidos. En primer lugar se realizará un examen final de Cinemática mediante el cual se puede valorar de forma general la comprensión de los conceptos y el razonamiento de los alumnos. Por otra parte, los alumnos deberán entregar un informe de cada práctica realizada, en el que se incluyan las cuestiones previas y posteriores. De esta manera, el profesor puede valorar si realmente se ha producido un cambio significativo en los razonamientos, a partir de las respuestas efectuadas antes y después de realizar la práctica.

Con respecto a la actitud de los alumnos, el primer indicador es la impresión del propio docente, cuya experiencia le llevará a apreciar si el uso de *Tracker* resulta

motivador para los estudiantes. El profesor tendrá en cuenta la actitud a lo largo de las sesiones, la implicación en la grabación de los vídeos y en el manejo del programa, además del interés por el aprendizaje, si los alumnos se esfuerzan por relacionar lo aprendido en clase con los resultados de la práctica, o si por el contrario, tan solo se dedican a jugar con el ordenador.

Lo último que se tendrá en cuenta a la hora de evaluar las sesiones prácticas son las opiniones de los alumnos, a quienes se les realizará una encuesta en la que se pregunte acerca del programa (si ha gustado, si ha resultado útil, cómo valoran la experiencia de grabar sus propios vídeos...).

5. CONCLUSIONES

Tras realizar la revisión bibliográfica y analizar los resultados obtenidos a partir del estudio de campo, se ha llegado a una serie de conclusiones en relación a los objetivos planteados al inicio del trabajo:

- Debido a la complejidad de la materia de Física, es habitual que los alumnos no lleguen a alcanzar algunos de los objetivos y competencias establecidos por la legislación estatal y autonómica vigentes, así como tampoco aquellos planteados para la Cinemática.
- Tal como reflejan las fuentes bibliográficas consultadas, existen tres posibles orígenes para las dificultades de los alumnos en esta materia: las ideas previas erróneas o insuficientes, la desconexión entre conceptos y realidad, y la incapacidad para razonar científicamente, afirmación con la que están de acuerdo los profesores encuestados. Además, según las entrevistas, la causa más difícil de trabajar en clase es la desconexión con la realidad.
- El resultado de las encuestas refleja que los aspectos en los cuales los alumnos presentan más dificultades en el campo de la Cinemática son la interpretación y representación de gráficas, la relación entre el sentido del movimiento y el signo matemático, y conceptos propios del movimiento circular.
- Muchos profesores coinciden en que los alumnos presentan problemas de ámbito matemático, que afectan también al aprendizaje de la Cinemática, como la incomprensión de los vectores y las deficiencias en la aplicación de la trigonometría.
- Las encuestas muestran que los recursos más utilizados por los profesores para la enseñanza de la Cinemática son los propios del método tradicional, es decir, la pizarra convencional, la resolución de problemas, las representaciones gráficas y las prácticas de laboratorio.
- La investigación pone de manifiesto que los docentes no conocen ni dominan las TIC, por lo que hacen un uso insuficiente de éstas, a pesar de que la legislación recomiende encarecidamente su introducción en las aulas.

- Los profesores entrevistados advierten de la influencia positiva de las TIC en los alumnos, especialmente a nivel motivacional, aunque reconocen que se deben saber aplicar para evitar que se conviertan para el alumno en un mero entretenimiento.
- *Tracker* ayuda a cumplir los objetivos y competencias establecidos, resolviendo parcialmente los principales problemas detectados, especialmente aquellos originados por la desconexión entre concepto y realidad.
- *Tracker* contribuye positivamente a la motivación de los alumnos, tanto por el uso del ordenador, como por su implicación activa en el proceso de enseñanza-aprendizaje, haciendo que se sientan protagonistas y desarrollen su capacidad creativa en la grabación de los vídeos.
- No debemos olvidar que *Tracker* es una simple herramienta facilitadora, pero no puede sustituir jamás la acción del profesor, que sigue siendo el vehículo principal del aprendizaje, y sin su trabajo, probablemente los alumnos no llegarían a entender la relación entre los movimientos y sus representaciones.
- Esta investigación se ha centrado en el uso de *Tracker* para el aprendizaje de la Cinemática, pero se tiene constancia de que su alcance puede ser más amplio, en campos como Dinámica u Óptica, cuyo estudio se propone para futuras investigaciones.

6. LIMITACIONES DEL TRABAJO

Se han dado tres limitaciones principales en la realización de este trabajo que no han permitido desarrollarlo tal como estaba previsto.

La mayor limitación ha sido el período en el que se ha realizado el trabajo, ya que tratándose de una investigación educativa, hubiera sido interesante poder implicar a los alumnos en la investigación. En un principio se planteó evaluar el uso de *Tracker* con alumnos, para poder comprobar de primera mano la respuesta obtenida, pero dado que nos encontrábamos al final del curso escolar, no fue posible llevarlo a cabo. La segunda propuesta consistía en realizar una encuesta a los alumnos que ya habían utilizado *Tracker*, para evaluar al menos sus impresiones, algo que también debió descartarse, pues ya había empezado el período vacacional y resultó imposible contactar con ellos. Así pues, el trabajo se limitó al uso personal del software y encuestas a profesores.

En relación a las encuestas, nos encontramos con el mismo problema. Resultó muy difícil mantener contacto con profesores debido al momento en el cual se ha realizado la investigación. Este aspecto se ha solventado introduciendo una pequeña muestra de profesores particulares dentro del estudio, aunque de todos modos, la población resultante es menor de lo que se desearía para poder considerar fiable los resultados.

Finalmente, el poco tiempo del que se dispone para realizar la investigación ha supuesto otro factor limitante. Por este motivo, tan solo se ha podido estudiar *Tracker* en el campo de la Cinemática, reduciendo la propuesta inicial, que también incluía la Dinámica.

7. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

Tras la realización de este trabajo, se sugieren una serie de ideas que podrían ser la base de futuras investigaciones en este campo:

En primer lugar, tal como se plasma en el trabajo, la propuesta práctica realizada consiste en el diseño de un guión de prácticas para uno de los movimientos estudiados empleando *Tracker*. Se propone el diseño de nuevos guiones para trabajar el resto de movimientos, y la programación de las prácticas de laboratorio que se incluirían dentro de la Unidad Didáctica de Cinemática.

Dadas las limitaciones de esta investigación, no se ha evaluado el uso de *Tracker* con alumnos, por lo que se propone un estudio más amplio en el que se utilice el software con alumnos de diferentes centros, y se valore su respuesta en dos aspectos: el actitudinal (motivación, implicación, creatividad...) y el académico (resultados de aprendizaje).

Se propone además, seguir investigando acerca de las posibilidades que ofrece *Tracker* en otros campos de la Física, como la Dinámica y la Óptica, así como su aplicación didáctica para la mejora de la comprensión de estos contenidos.

Por último, sería interesante la búsqueda y análisis de otros softwares o recursos TIC que pudieran facilitar la enseñanza de las ciencias en general, así como evaluar la formación que los centros educativos ofrecen a los docentes en recursos tecnológicos.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre de Carcer, I. (1983). Dificultades en la comprensión de las explicaciones de los libros de texto de física. *Enseñanza de las ciencias*. 92-98. Recuperado de http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v1n2p92.pdf?origin=publication_detail
- Bohigas, X., Jaén, X. y Novell, M. (2003). Applets en la enseñanza de la física. *Enseñanza de las ciencias*, 21 (3), 463-472. Recuperado de <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v21n3p463.pdf>
- Bouciguez, M.J., Santos, G. (2009). Applets en la enseñanza de la física: Un análisis de las características tecnológicas y disciplinares. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7 (1), 56-74. Recuperado de <http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/article/viewFile/25/23>
- Brúixola (2006). Cinemàtica. *Física Batxillerat 2n* (pp. 8-27). Barcelona: Brúixola.
- Caamaño, A. (2003), Los trabajos prácticos en ciencias. En Jiménez Alexandre, M.P. (coord.) (1º Ed.), *Enseñar ciencias* (pp. 95-118). Barcelona: Editorial Graó
- Caamaño, A. (1992). Los trabajos prácticos en ciencias experimentales. *Aula de innovación educativa*, 9, 61-68.
- Carvajal Cantillo, E. y Gómez Vallarta, M.R. (2002). Concepciones y representaciones de los maestros de secundaria y bachillerato sobre la naturaleza, el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 7 (16), 577-602. Recuperado de <http://campus.fundec.org.ar/admin/archivos/Concepciones%20y%20representaciones%20de%20los%20maestros.pdf>
- DECRETO 142/2008, de 15 de julio, *por el que se establece la ordenación de las enseñanzas del bachillerato*. DOCG, 5183, de 29 de julio de 2008.
- Edebé (Obra colectiva) (2008). *Programació d'aula de Física I. 1 Batxillerat*. Material no publicado
- Fisicanet (Sin fecha). Física. Plano inclinado. *Fisicanet*. Recuperado el 14 de julio de 2014 de http://www.fisicanet.com.ar/fisica/dinamica/ap25_plano_inclinado.php

- Franco García, A. (2010). La enseñanza tradicional. *El curso interactivo de Física en Internet*. Recuperado el 2 de julio de 2014 de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/Introduccion/fisica/fisica2.htm>
- Gil, D. y Payá, J. (1988). Los trabajos prácticos de Física y Química y la metodología científica. *Revista de Enseñanza de la Física*, 2 (2), 73-79.
- González Eduardo, M. (1992). ¿Qué hay que renovar en los trabajos prácticos? *Enseñanza de las ciencias*, 10 (2), 206-211. Recuperado de <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v10n2p206.pdf>
- Guevara, C. (2010). *Platerociencia. Blog sobre ciencia del Colegio Platero*. Recuperado el 3 de julio de 2014 de <http://platerociencia.wordpress.com/?s=movimiento>
- Gustone, R.F. (1987). Student understanding in mechanics_ a large population survey. *American Journal of Physics*, 55 (8), 691-697.
- IES Aguilar y Cano (Sin fecha). *Cinemática, estudio de los movimientos*:. Recuperado el 3 de julio de 2014 de <http://iesfgcza.educa.aragon.es/depart/fisicaquimica/cinematica.html>
- Jiménez, J.J. (2009). Biografías de científicas. Una aproximación al papel de la mujer en ciencias desde un enfoque socioconstructivista con el uso de las TIC. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6 (2), 264-277.
- Jung, W. (1985, Agosto). Uses of cognitive science to science education. *ATEE Symposium on the implications of cognitive science for the education of science teachers*, Kiel, Alemania.
- Larkin, J.H. (1980). Teaching problem solving in physics: the psychological laboratory and the practical classroom. En Tuma, D.T. y Reif, F. (eds.), *Problem Solving and Education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Microeducativa (Sin fecha). *FISILAB. Simulaciones para aprender física*. Recuperado el 3 de julio de 2014 de <http://www.microeducativa.com.ar/mesas.htm#plano>
- Moreira, M.A. (1980). A non-traditional approach to the evaluation of laboratory instruction in general, physics. *European Journal in Science Education*, 21, 441.
- Palacios Ortega, A. (2014). *Recursos didácticos de la especialidad*. Material no publicado. Recuperado el 11 de mayo de 2014 de http://msec.unir.net/cursos/msec_per21_fq_rd/?ag=&id tarea=

- Perales, F.J. (2008). La imagen en la enseñanza de las ciencias: Algunos resultados de investigación en la Universidad de Granada, España. *Formación universitaria*, 1 (4), pp. 13-22. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=So71850062008000400003&script=sci_arttext
- Pérez Flores, R., Pérez Ricárdez, A., Bastián Montoya, M. (2005). Visualización: etapa fundamental para el aprendizaje de la física. *Enseñanza de las ciencias*. Número extra, VII congreso. Recuperado de http://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp248viseta.pdf
- Portolés García, R., García Gallardo, M., García Martín, C., Querol Querol, D. y Sabater Montesinos, J. (2009). “TRACKER”: *La cinemática real en el aula*. Documento presentado en I jornadas de coordinación docente secundaria-universidad en el ámbito de la física y la química. Valencia, España.
- Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (2006a). Capítulo I: ¿Por qué los alumnos no aprenden la ciencia que se les enseña? En Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (5ª Ed.), *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico* (pp. 17-32). Madrid: Ediciones Morata
- Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (2006b). Capítulo VII: El aprendizaje de la física. En Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (5ª Ed.), *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico* (pp. 205-262). Madrid: Ediciones Morata
- Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, *por el que se establece el currículo de bachillerato*. Boletín Oficial del Estado, 147, de 18 de junio de 2008.
- Rosado, L., Herreros, J. R. (2009). Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física. *International Conference on Multimedia and ICT in Education*. Recuperado de <http://engage.intel.com/servlet/JiveServlet/previewBody/31304-102-1-38176/aportaciones%20did%C3%A1ctica%20de%20los%20laboratorios%20virtuales%20%20en%20la%20ense%C3%B1anza%20de%20la%20of%C3%ADsica.pdf>
- Ruíz Mendoza, J.C. (2011). Capítulo 1. El proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física en el Nivel Medio Superior. *Alternativa metodológica para la formación integral de los estudiantes desde el proceso de enseñanza*

- aprendizaje de la física*. (Tesis doctoral). Universidad de Málaga, Málaga. Recuperado de <http://www.eumed.net/tesisdoctorales/2011/jcrm/proceso%20de%20ensenanza%20aprendizaje%20de%20la%20Fisica%20en%20el%20Nivel%20Medio%20Superior.htm>
- Sequeira, M. (1981). Padrões de raciocínio em alunos portugueses: implicações para o curriculum y ensino das ciencias na escola secundária. *Aprendizagem y Desenvolvimento*, 1 (3), 39-50.
 - Shayer, M. y Adey, P. (1981). *Towards a Science of Science Teaching*. Londres: Heinemann.
 - Torres Climent, A.L. (2010). Empleo del laboratorio asistido por ordenador en la enseñanza de la física y química de secundaria y bachillerato. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7 (3), 693-707. Recuperado de <http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/article/viewFile/74/68>
 - Valente, M. y Neto, A.J. (1992). El ordenador y su contribución a la superación de las dificultades de aprendizaje en mecánica. *Enseñanza de las ciencias*, 10 (1), 80-85. Recuperado de <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v10n1p80.pdf>

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Del Carmen, L. (coord.) (1997). *La enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias de la naturaleza en la Educación Secundaria*. Barcelona: Horsori
- Hernández Caballero, E. (2009) *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria (una aproximación a las orientaciones actuales en didáctica de las ciencias experimentales)*. *Hekademos REVISTA EDUCATIVA DIGITAL*, AÑO II (2), 103-106. Recuperado de http://www.hekademos.com/hekademos/media/articulos/02/08_La_ensenanza_y_el_aprendizaje_de_las_ciencias_de_la_naturaleza.pdf
- Martín Díaz, M.J., Gómez Crespo, M.A. y Gutiérrez Julián, M.S. (2000). *La Física y la Química en Secundaria*. Madrid: Narcea

- Membiela, P. (coord.) (2007). *Experiencias innovadoras de utilización de las NTIC en actividades prácticas de ciencias*. Galicia: Educación Editora
- Open source physics (2014). *Tracker Video Analysis and Modeling Tool*. Recuperado el 11 de mayo de <https://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>
- Rodríguez Gutiérrez, A. (Sin fecha). *Las TIC como instrumento para mejorar el aprendizaje de Física*. Material no publicado. Recuperado el 11 de mayo de 2014 de <http://dim.pangea.org/revistaDIM23-/docs/OCamadarodriguezLas%20TIC%20como%20instrumento.pdf>
- *Tutorial Tracker*. Mvache. (2011). [Vídeo] Youtube. Recuperado el 11 de mayo de 2014 de <https://www.youtube.com/watch?v=l8HXMcte-xs>

9. ANEXOS

ANEXO I: ENCUESTA A PROFESORES

Para estudiar la implementación de un software determinado para la enseñanza de Cinemática en 1º de Bachillerato, realizamos un estudio sobre las principales dificultades que presentan los alumnos en este campo. Este cuestionario pretende recoger la visión de los profesores que imparten la asignatura de Física en el curso mencionado.

Responde con una X qué grado de dificultad observas que presentan tus alumnos en la comprensión de cada uno de los siguientes aspectos. Siendo 1, poca dificultad y 5, máxima dificultad.

Señala también con una X, cuál de los siguientes crees que es el motivo mayoritario al que se debe cada una de las dificultades.

A: Ideas previas erróneas o insuficientes

B: Dificultad para conectar los conceptos con la realidad

C: Falta de capacidad para razonar científicamente

CONOCIMIENTOS RELACIONADOS	1	2	3	4	5	A	B	C
Representación de vectores								
Distinción entre dirección y sentido								
Relación entre coordenadas y módulo, dirección y sentido								
Trigonometría								
Unidades								
Capacidad para relacionar fórmulas								

Otros:

CINEMÁTICA	1	2	3	4	5	A	B	C
Situar los sistemas de referencia								
Visualizar las 3 dimensiones del eje de coordenadas								
Distinción entre desplazamiento y trayectoria								
Relación de derivabilidad entre espacio y velocidad en función del tiempo (velocidad y aceleración)								
Interpretar y representar gráficas de posición, velocidad y aceleración								
Establecer x_0 y v_0								
Relación entre sentido del movimiento y signo matemático								
Distinguir entre parámetros lineales y angulares								
Conceptos de velocidad y aceleración normal y tangencial								
Independencia entre ejes X e Y en composición de movimientos								

Otros:

¿Qué recursos utilizas para facilitar la comprensión de estos conceptos?

Pizarra tradicional		Resolución de problemas	
Libro de texto		Pizarra electrónica	
Esquemas y mapas conceptuales		Presentaciones Power Point o similares	
Representaciones gráficas		Vídeos	
Prácticas de laboratorio		Applets	

Otros:

¿Utilizas algún software específico? ¿Cuál?

¿Crees que los recursos utilizados son suficientes y adecuados? ¿Por qué?

¿Cómo valorarías el uso de un software de análisis de vídeo para facilitar la comprensión de los movimientos e implicar al alumno en el proceso de aprendizaje?

ANEXO II: PROPUESTA PRÁCTICA

P

FÍSICA 1
BACHILLERATO

PRÁCTICAS DE LABORATORIO:
CINEMÁTICA



Propuesta práctica TFM | Julio 2014

ÍNDICE

MANUAL DE USO DE TRACKER	2
PRÁCTICA 1: MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORMEMENTE ACELERADO	4
PRÁCTICA 2: MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORMEMENTE ACELERADO.....	7
PRÁCTICA 3: TIRO PARABÓLICO	10
PRÁCTICA 4: PLANO INCLINADO	13

MANUAL DE USO DE TACKER

Para llevar a cabo las experiencias prácticas de esta Unidad Didáctica vamos a utilizar *Tracker*, un software que nos permitirá desarrollar los conceptos elementales de Cinemática, analizando vídeos que contengan movimientos. Para ello identificaremos una distancia conocida, fijaremos un sistema de referencia y dibujaremos la trayectoria del objeto en movimiento marcando su posición en cada fotograma.

El programa calcula todas las magnitudes correspondientes al estudio cinemático, y las representa frente al tiempo (componentes y módulos de los vectores posición, velocidad instantánea, aceleración instantánea, magnitudes angulares...).


Antes de poner en marcha el programa debemos grabar los vídeos teniendo en cuenta una serie de factores:

- El vídeo debe representar realmente el movimiento que queremos estudiar.
- El vídeo debe representar tan solo el movimiento que nos interesa. No es necesario grabar un fragmento demasiado largo.
- La cámara se debe situar correctamente, es decir, perpendicular a la trayectoria del objeto.
- Se debe identificar una medida de referencia, un objeto del cual conocemos la longitud, para asegurar que los datos que calcule el programa son reales y proporcionales al sistema real.
- El vídeo debe grabarse con la cámara en horizontal para evitar problemas en el uso del programa.





Es muy importante haber grabado el vídeo y responder las cuestiones previas a la realización de la práctica. De lo contrario, no se podrán realizar correctamente las prácticas.

¿Cómo funciona *Tracker*?

1. Clica la opción **Abrir**  dentro del menú Archivo y selecciona el vídeo.

- Identifica los fotogramas que intervienen en el movimiento y selecciónalos con la herramienta **Ajustes de corte** , indicando el fotograma inicial y el final. Ten en cuenta que si el movimiento es demasiado largo puedes seleccionar también el número de fotogramas en cada paso con la opción Tamaño de paso.



- Clica en el botón **Calibración**  y selecciona la opción **Vara de calibración**. Hazla coincidir con algún objeto que aparezca en el vídeo, y del cual conozcas su longitud. Introduce el valor en metros.
- Clica en el botón **Ejes de coordenadas**  situando el origen en el punto en el que se encuentra el objeto en el primer fotograma seleccionado. Ajusta también el ángulo de inclinación pulsando con el ratón el eje OX y girando hasta conseguir el ángulo deseado.
- Clica en el botón **Crear**  para crear la masa puntual, situándola sobre el objeto en el primer fotograma.
- Sigue la trayectoria del objeto marcando su posición en cada fotograma clicando con el ratón sobre el objeto mientras mantienes pulsado el botón Shift.
- Selecciona la herramienta **Datos**  **Datos** y marca las variables que quieras estudiar en cada caso.
- Para cambiar las variables representadas en la gráfica, clica con el botón izquierdo del ratón sobre el símbolo de la variable, y selecciona en su lugar la variable que quieras estudiar.
- Clica sobre la gráfica con el botón derecho del ratón y selecciona la opción **Analizar**. Se abrirá una nueva ventana con la gráfica mucho más grande. Clica nuevamente en el botón **Analizar** y **Ajustar** para que el programa ajuste a la función indicada.
- Observa que en la parte inferior aparece la ecuación de la función indicada, así como el valor de cada término.

PRÁCTICA 1:

MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORMEMENTE ACELERADO

Un móvil con Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA), se desplaza siguiendo una trayectoria recta debido a una aceleración constante.

Un ejemplo de MRUA es la caída libre, cuya aceleración corresponde a la gravedad.

Objetivos de la práctica:

- Identificar fenómenos cotidianos que sigan un MRUA.
- Aprender a interpretar los datos que representan un movimiento, recogidos tanto en gráficas como en tablas.
- Aprender a dibujar gráficas de posición y velocidad en función del tiempo, y extraer conclusiones de ellas.
- Aprender a calcular velocidad y aceleración a partir de las gráficas realizadas.

Antes de realizar la práctica:

1. ¿Qué parámetros describen este movimiento y cuáles son sus ecuaciones?

2. ¿Cómo se puede determinar la aceleración del movimiento a partir de los datos de velocidad en función del tiempo?

3. Una vez hayas grabado el vídeo, dibuja una gráfica aproximada de las posiciones x e y en función del tiempo. Dibuja también las correspondientes a velocidad y aceleración.

Saca conclusiones:

1. Copia la gráficas obtenidas de posición respecto al tiempo $x(t)$ e $y(t)$ y explica razonadamente por qué una de ellas es nula.
2. ¿A qué tipo de función ajustas la gráfica de la velocidad frente al tiempo? ¿Qué relación tiene esta función con el valor de la aceleración? Utiliza la ecuación correspondiente.

3. Compara las gráficas que has obtenido con tus predicciones anteriores. ¿En qué se parecen y en qué se diferencian? Si existen diferencias, ¿a qué se debe?

Reflexiona...

1. El MRUA se caracteriza por tener una aceleración constante, ¿por qué crees que en tus gráficas el valor de la aceleración presenta alteraciones?
2. A partir de la siguiente tabla de datos determina si se trata de un MRUA. Calcula también la aceleración correspondiente al movimiento. Razona las respuestas.

t	x
0	0
1	2
2	6
3	12
4	20
5	30

1. El lanzamiento vertical es un ejemplo de MRUA. ¿Qué velocidad lleva el objeto en el punto más alto de la trayectoria? ¿Y cuando vuelve a pasar por el punto inicial? Razona las respuestas.

PRÁCTICA 2:

MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORMEMENTE ACELERADO

Un móvil con Movimiento Circular Uniformemente Acelerado (MCUA), se desplaza siguiendo una trayectoria circular debido a una fuerza centrípeta que provoca un cambio constante en la dirección del movimiento.

Un ejemplo de MCUA es la órbita que dibuja un satélite alrededor de un planeta.

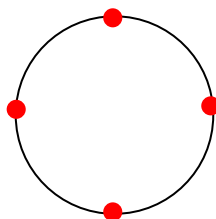
Objetivos de la práctica:

- Identificar fenómenos cotidianos que sigan un Movimiento Circular.
- Aprender a interpretar gráficas de posición, velocidad y aceleración a nivel lineal y angular.
- Comprender todos los parámetros del movimiento circular y la relación que existe entre ellos.

Antes de realizar la práctica:

1. ¿Qué parámetros describen este movimiento? ¿Qué relación existe entre parámetros angulares y lineales?
2. ¿Cómo afecta la aceleración normal al vector velocidad lineal del movimiento? ¿Cuál es la fórmula de la aceleración normal?

Dibuja los vectores de velocidad lineal y aceleración normal en los puntos señalados en la circunferencia, suponiendo un desplazamiento en sentido horario.



3. Dibuja la gráfica del ángulo en función del tiempo que esperas obtener para tu movimiento.

Saca conclusiones:

1. ¿Cómo calcularías el período y la frecuencia del movimiento? ¿Son constantes para todo el movimiento? ¿Por qué?
2. Copia la gráficas obtenidas de posición respecto al tiempo $x(t)$ e $y(t)$ y explica razonadamente por qué presentan oscilaciones sinusoidales.
3. Compara la gráfica $\theta(t)$ con la que dibujaste antes de realizar la práctica. ¿En qué se parece y en qué se diferencia? Si existen diferencias, ¿a qué se debe?

Reflexiona...

1. Si se reduce a la mitad el radio de la trayectoria y se duplica la velocidad angular del móvil, ¿cuál será su velocidad lineal? ¿Cómo lo deduces?
2. Sabemos que la relación entre velocidad angular y lineal es $v=\omega \cdot R$. ¿Por qué esta fórmula no encaja en ningún punto con los resultados de las gráficas obtenidas?
3. En una rueda de bicicleta marcamos dos puntos. Uno a mitad del radio, y el segundo en el neumático. ¿Cuál de los dos puntos presentará una mayor frecuencia? Justifica tu respuesta.



PRÁCTICA 3:

TIRO PARABÓLICO

El tiro parabólico es un perfecto ejemplo de composición de movimientos.

El lanzamiento a canasta es un tiro parabólico muy estudiado. El jugador tira el balón a una altura superior a la de la canasta para que caiga de nuevo, entrando finalmente dentro de la canasta.

Objetivos de la práctica:

- Identificar movimientos parabólicos en fenómenos del día a día.
- Comprender la independencia entre los dos ejes en los movimientos compuestos.
- Aprender a situar correctamente el sistema de referencia en este tipo de movimiento.
- Ser capaz de relacionar el ángulo de la trayectoria con la evolución del movimiento.

Antes de realizar la práctica:

1. En un tiro parabólico, ¿qué tipo de movimiento se da en cada eje? ¿Por qué son distintos?

2. Si se lanza un balón con un ángulo de 60° a una velocidad de 2 m/s, calcula el valor de las componentes v_x y v_y del vector velocidad. Representa los vectores gráficamente.

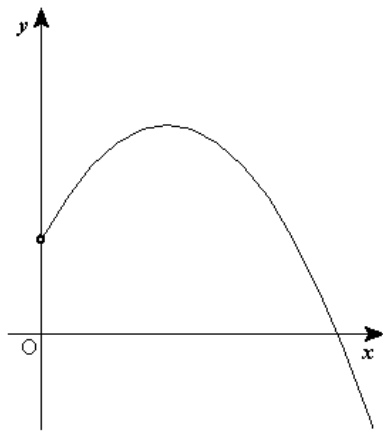
3. Dibuja las gráficas de aceleración en función del tiempo que se esperan obtener para los dos ejes del movimiento, $a_x(t)$ y $a_y(t)$.

Saca conclusiones:

1. ¿Cómo has situado el sistema de referencia? ¿Por qué crees que es tan importante situar bien los ejes de coordenadas?
2. Copia la gráfica de la magnitud velocidad en función del tiempo. ¿A qué tipo de función la has ajustado? ¿Por qué presenta esta forma?
3. A partir de la velocidad inicial (v_0) y sus componentes v_{0x} y v_{0y} , obtenidas a partir de las gráficas de *Tracker*, calcula el ángulo inicial de tu movimiento. ¿Coincide con el valor que se observa en la gráfica $\theta(t)$?

Reflexiona...

1. La magnitud velocidad presenta simetría respecto al eje vertical que pasa por la altura máxima. ¿Por qué sucede esto?
2. Si lanzamos un objeto con una altura inicial mayor a la altura final, ¿cuál es el ángulo más grande, el inicial o el final? Explica esto con utilizando razonamientos físicos.



3. La gravedad en la Tierra es de $9,8 \text{ m/s}^2$. Un jugador de baloncesto lanza un balón desde una altura de $2,5 \text{ m}$, y llega a una altura máxima de 4 m . Si este jugador hiciera un lanzamiento en la luna con las mismas condiciones, ¿cuál sería la altura máxima a la que llegara el balón? *Gravedad en la luna: $1,6 \text{ m/s}^2$*

PRÁCTICA 4:

PLANO INCLINADO

Igual que en el caso de la Caída Libre, el movimiento en un Plano Inclinado es también un MRUA. En este caso, el movimiento está causado por la acción de una fuerza: el peso.

Estudiamos el Plano Inclinado en Cinemática porque se trata de un movimiento, pero supone una buena conexión con la Dinámica, ya que intervienen fuerzas.

Objetivos de la práctica:

- Identificar movimientos en plano inclinado en actividades cotidianas.
- Comprender la acción de las fuerzas sobre el movimiento de los móviles.
- Comprender la importancia de orientar correctamente el sistema de referencia.

Antes de realizar la práctica:

1. Una vez hayas grabado el vídeo, dibuja un esquema del Plano Inclinado en el que aparezcan todas las fuerzas presentes en el sistema.
2. Teniendo en cuenta que el movimiento en el Plano inclinado es un MRUA, dibuja las gráficas que esperas obtener de posición en función del tiempo para los dos ejes del movimiento, $x(t)$ e $y(t)$.

3. ¿Qué magnitud de la aceleración esperas obtener? Recuerda que en MRUA la aceleración es constante.

Saca conclusiones:

1. ¿Cómo has situado el sistema de referencia? ¿Por qué crees que es importante orientar bien los ejes de coordenadas?
2. Compara las gráficas de posición que has obtenido con tus predicciones anteriores. Si existen diferencias, explica razonadamente a qué se deben.
3. Dibuja la gráfica $x-t^2$. ¿Encuentras alguna relación con la ecuación de la posición en un MRUA?

Reflexiona:

1. ¿Qué ocurre si reducimos el ángulo de inclinación de un plano inclinado? ¿Y si lo aumentamos?
2. Dibuja las gráficas de posición y velocidad en función del tiempo para el eje OX, $x(t)$ y $v_x(t)$, si le damos impulso ascendente a un objeto, de manera que sube y vuelve a bajar.
3. Explica razonadamente por qué ahorramos esfuerzo utilizando un plano inclinado.

