

# GUÍA DOCENTE

## *LABORATORIO DE QUÍMICA FÍSICA I*

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA FÍSICA  
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

## I.- DATOS INICIALES DE IDENTIFICACIÓN

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Laboratorio de Química Física I
<b>Carácter:</b>	Troncal
<b>Titulación:</b>	Licenciado en Química
<b>Ciclo:</b>	Primer ciclo; segundo curso
<b>Departamento:</b>	Química Física

## II.- INTRODUCCIÓN A LA ASIGNATURA

La asignatura *Laboratorio de Química Física I* es una asignatura troncal de primer ciclo para ser impartida en el segundo curso de la Licenciatura en Química.

Con esta asignatura se pretende que el alumno adquiera destreza en el trabajo de laboratorio, en general, y en particular en el laboratorio de Química Física mediante la realización de experiencias que hacen uso de las técnicas básicas más usuales en un laboratorio de Química Física.

### III.- VOLUMEN DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE

Para el cálculo del mismo se ha tomado como referencia que el alumno realizará ocho experiencias. La distribución del trabajo sería la siguiente:

**Sesión introductoria = 4 horas/ curso**

**Preparación de la experiencia** 4h/exp. x 8 experiencias = **32 horas /curso**

**Asistencia al laboratorio** = 8h/exp. x 8 experiencias = **64 horas /curso**

**Tratamiento de resultados y cuestiones** = 4h/exp. x 8 experiencias = **32 horas /curso**

**Realización de la memoria de laboratorio: 30 h /curso**

**Asistencia a tutorías:** 1h/tut. x 8 tutorías = **8horas /curso**

**Estudio para preparar exámenes: 12 h /curso**

**Realización de exámenes:**3h/examen x 2 examen = **6 horas /curso**

En síntesis:

ACTIVIDAD	HORAS/CURSO
<b>Sesión introductoria</b>	4
<b>Preparación de la experiencia</b>	32
<b>Asistencia al Laboratorio</b>	64
<b>Tratamiento de resultados y cuestiones</b>	32
<b>Realización de trabajos de laboratorio</b>	30
<b>Asistencia a tutorías</b>	8
<b>Estudio para preparar exámenes</b>	12
<b>Realización de exámenes</b>	6
<b>TOTAL VOLUMEN DE TRABAJO</b>	188
<b>Nº TOTAL DE CRÉDITOS ECTS</b>	7,5
<b>Nº HORAS POR CRÉDITO</b>	25

#### IV.- OBJETIVOS GENERALES

- Adiestrar al alumno en el manejo del material habitual en un laboratorio de Química Física
- La realización de las operaciones más frecuentes en un laboratorio de Química Física.
- La realización de experiencias en algunas de las áreas más importantes de la Química Física.
- Potenciar las habilidades del alumno para el trabajo en equipo.
- Suscitar y fomentar en el alumno aquellos valores y actitudes que son inherentes a la actividad científica
- Desarrollar la capacidad del alumno en la resolución de problemas que pueden presentarse en un laboratorio de Química Física.
- Desarrollar en el alumno las capacidades de análisis de los resultados obtenidos y la de deducción de conclusiones lógicas sobre la base de los conceptos ya adquiridos.
- Aprender a llevar un diario de laboratorio.
- La presentación adecuada del trabajo realizado mediante la redacción de memorias de trabajo.

## V.- CONTENIDOS MÍNIMOS

La asignatura de Laboratorio de Química Física I complementa la teoría impartida en la asignatura *Fundamentos de Química Física*, asignatura obligatoria impartida en el primer cuatrimestre de segundo curso. Ambas asignaturas están coordinadas de forma que los conocimientos Químico Físicos necesarios para poder abordar las experiencias propuestas en esta asignatura se habrán obtenido previamente.

La consecución de los objetivos de la asignatura se llevará a cabo desde dos perspectivas.

- Desde una perspectiva general introduciendo al alumno en el aprendizaje de los procedimientos y hábitos propios del trabajo en un laboratorio de química, por ejemplo:
  - Manejo del material de laboratorio
  - Preparación de disoluciones.
  - Determinación de la concentración de una disolución mediante valoración.
  - Utilización de un patrón primario.

El conocimiento de la concentración de una disolución es clave en muchos estudios químico-físicos como por ejemplo: la determinación de parámetros cinéticos, constantes de equilibrio, potencial estándar de una pila, etc

- Desde una perspectiva más específica, propia de la Química Física, haciendo que el alumno se familiarice con los instrumentos y métodos propios de la Química Física, por ejemplo:
  - Realizando medidas conductimétricas y utilizando las mismas en la determinación de: la concentración de una disolución, parámetros cinéticos, y constantes de equilibrios.
  - Realizando medidas de absorbancias y utilizando las mismas en la determinación de parámetros cinéticos, constantes de equilibrio y construcción del espectro electrónico de absorción de una serie de disoluciones de diferente pH.
  - Realizando medidas de índices de refracción de una mezcla líquida binaria y utilizando las mismas en la construcción de curvas de calibrado índice de refracción-concentración.
  - Destilando diferentes mezclas líquidas para obtener su temperatura de ebullición y composición para construir el diagrama de fases de la misma y caracterizar su punto azeótropo.

- Estudiando las propiedades coligativas de las disoluciones.
- Obteniendo leyes de velocidad mediante métodos químicos.
- Analizando el efecto de la temperatura sobre la velocidad de una reacción y determinando su energía de activación.

## VI.- DESTREZAS A ADQUIRIR

De acuerdo con lo expuesto en el apartado anterior el adiestramiento que el alumno debe adquirir en esta asignatura se puede dividir en habilidades generales, que el alumno podrá aplicar en su futuro trabajo científico en cualquier área de la química y habilidades específicas propias de la Química Física.

A continuación se enumeran diferentes habilidades que el alumno debe adquirir en esta asignatura, comenzando por las de carácter más general.

- Aplicar una metodología experimental adecuada.
- Expresar las magnitudes medidas y calculadas con las unidades y precisión adecuadas.
- Presentar los resultados obtenidos de forma adecuada en tablas y figuras.
- Tener criterio en la elección del procedimiento y técnica experimental adecuada en la resolución de un problema.
- Saber distinguir que magnitudes o medidas son claves en el estudio realizado para evitar posibles fuentes de error
- Entender el procedimiento que se está siguiendo y no limitarse a seguir una “receta” pre-establecida en el guión de la práctica.
- Entender la experiencia que se está realizando y cuando sea posible anticiparnos a las medidas realizadas
- Analizar los valores de las medidas realizadas para poder repetirlas si se detecta algún error en ellas.
- Tratar de manera adecuada las mediciones realizadas en la determinación de los parámetros de interés en cada experiencia.
- Analizar y discutir los resultados obtenidos.
- Si se detecta algún error averiguar la causa del mismo.
- Llevar adecuadamente un diario de laboratorio.
- Realizar memorias de laboratorio.
- Aprender a preparar disoluciones.
- Aprender a utilizar un patrón primario.
- Determinar la concentración de una disolución mediante valoración.
- Calibrar y manejar un conductímetro.
- Realizar un estudio cinético mediante conductimetría.
- Determinar el grado de disociación de un ácido débil mediante medidas conductimétricas.

- Determinar el coeficiente iónico medio mediante medidas de conductividad.
- Determinar la constante de disociación de un ácido débil mediante conductimetría.
- Manejar un espectrofotómetro. Utilización de la disolución *blanco* y medidas de absorbancia.
- Realizar un estudio cinético a partir del registro de la absorbancia de una disolución en función del tiempo.
- Obtener el espectro de absorción del naranja de metilo en disoluciones de diferente pH
- Determinar la constante de equilibrio de un indicador.
- Manejar un refractómetro
- Construir la curva de calibrado índice de refracción-composición de diferentes disoluciones metanol-cloroformo.
- Construir del diagrama de fases temperatura de ebullición-composición para la mezcla metanol-cloroformo.
- Caracterizar el punto azeótropo de una mezcla.
- Determinar los coeficientes de actividad de los componentes de la mezcla metanol-cloroformo.
- Determinar la ley de velocidad: ordenes de reacción y constante de velocidad absoluta de la reacción, mediante un procedimiento químico (valoración).
- Analizar el efecto de la temperatura sobre la velocidad de reacción.
- Determinar tiempos de vida fraccionarios.
- Calcular la energía de activación de una reacción a partir de tiempos de vida fraccionarios.
- Determinación de la constante ebulloscópica de la acetona.
- Determinación de pesos moleculares por ebulloscopia.
- Determinación de coeficientes de Van't Hoff.

## VII.- HABILIDADES SOCIALES

- Capacidad para trabajar en grupo a la hora de enfrentarse a situaciones problemáticas de forma colectiva.
- Habilidad para argumentar desde criterios racionales.
- Capacidad de realizar una exposición oral de forma clara y coherente.
- Capacidad de construir un texto escrito comprensible y organizado.
- Capacidad de evaluar de forma crítica la calidad de los resultados obtenidos.

## VIII.- TEMARIO Y PLANIFICACIÓN TEMPORAL

PRÁCTICA	TITULO Y CONTENIDO
1	<p>DETERMINACIÓN CONDUCTIMÉTRICA DE LA CONSTANTE DE IONIZACIÓN DE UN ELECTROLITO DÉBIL (ÁCIDO ACÉTICO).</p> <p>A partir de la conductividad de diferentes disoluciones de ácido acético se determina el grado de disociación del ácido en función de la concentración y la constante de disociación del mismo utilizando diferentes aproximaciones.</p>
2	<p>DETERMINACIÓN CONDUCTIMÉTRICA DE LA CONSTANTE DE VELOCIDAD PARA UNA CINÉTICA DE SAPONIFICACIÓN.</p> <p>Utilizando disoluciones de acetato de etilo y sosa de la misma concentración se determina el orden total y constante de velocidad de la reacción de saponificación del acetato de etilo en medio básico. La variación de la concentración de los reactivos se sigue a partir de la variación de la conductividad de la disolución. A medida que avanza la reacción los iones hidroxilo son reemplazados por iones acetato.</p>
3	<p>DETERMINACIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICA DEL pK DE UN INDICADOR</p> <p>El pK del equilibrio que se establece entre la forma ácida y básica del naranja de metilo se determina mediante la expresión de Henderson, calculando el cociente de concentraciones a partir del registro del espectro electrónico de absorción de una serie de disoluciones de indicador a diferente pH.</p>
4	<p>ESTUDIO CINÉTICO DE LA DECOLORACIÓN DE LA FENOLFTALEÍNA EN MEDIO BÁSICO</p> <p>Se determina la ley de velocidad de la reacción de decoloración de la fenolftaleína en medio básico. Para ello se sigue la evolución, en función</p>

	del tiempo, de la absorbancia de la fenolftaleína en disoluciones de NaOH de diferente concentración. El estudio se realiza a la longitud de onda en que la fenolftaleína presenta máxima absorbancia.
5	<p>ESTUDIO DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA VELOCIDAD DE REACCIÓN.</p> <p>Se estudia la cinética de oxidación del ácido yodhídrico por el agua oxigenada en medio ácido sulfúrico a dos temperaturas. La reacción se produce en presencia de una cantidad conocida de tiosulfato, que va reduciendo el yodo producido de forma que la concentración de yodo permanece aproximadamente constante, lo que nos permite seguir la evolución de la concentración de agua oxigenada a lo largo del tiempo y obtener el orden de reacción respecto al agua oxigenada. El diseño de la experiencia nos permite determinar tiempos fraccionarios de reacción a dos temperaturas diferentes y a partir de ellos determinar la energía de activación de la reacción.</p>
6	<p>ESTUDIO CINÉTICO DE LA REACCIÓN ENTRE EL IODO Y LA ACETONA</p> <p>Se determina la ley de velocidad de la reacción entre el yodo y la acetona catalizada por ácido. Se sigue la cinética respecto al yodo, determinando su concentración valorando muestras de reacción con tiosulfato. Los órdenes respecto a la acetona y al ácido se determinan realizando la experiencia para diferentes valores de concentración de acetona y de ácido.</p>
7	<p>DIAGRAMA DE FASES TEMPERATURA DE EBULLICIÓN-COMPOSICIÓN DE UNA MEZCLA LÍQUIDA BINARIA</p> <p>Se destilan mezclas de metanol y cloroformo de diferente composición, obteniéndose la fracción molar de destilado una vez condensado, a partir de la curva de calibrado índice de refracción –composición de la fase líquida destilada. Se construye el diagrama de fases líquido-vapor y se caracteriza el azeótropo.</p>

8	<p>PROPIEDADES COLIGATIVAS. ELEVACIÓN DEL PUNTO DE ELEVACIÓN DE UN LÍQUIDO EN PRESENCIA DE UN SOLUTO NO VOLATIL.</p> <p>Se va a estudiar el efecto de un soluto no volátil sobre la temperatura de ebullición de un disolvente con lo cual se determinará la constante ebulloscópica de la acetona, el peso molecular del soluto y los coeficientes de Van't Hoff de electrolitos.</p>
---	--

## IX.- BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

### Bibliografía básica:

- D.P. Shoemaker, C.W. Garland y J. W. Nibler.  
*Experiments in Physical Chemistry* (6ªed.).  
McGraw-Hill. New York (1996).
- J.J. Ruiz Sánchez, J.M. Rodríguez Mellado, E. Muñoz Gutiérrez y J. M. Sevilla Suarez de Urbina.  
Curso experimental en Química Física.  
Ed. Síntesis. (2003)
- G. P. Matthews.  
*Experiments in Physical Chemistry* (4ªed.).  
Clarendon Press. Oxford (1985).
- F.Daniels, R.A. Alberty, J.W. Williams, C.D. Cornwell, P. Bender y J.E. Arriman.  
Curso de Fisicoquímica experimental.  
McGraw-Hill de México (1972).
- H.D. Crockford, J.W. Novell, H. W. Baird, F. W. Getzen  
Manual de laboratorio de Química Física.  
Ed. Alambra, S.A. (1961).
- J. Rose,  
Experimentos de Química Física Superior.  
Ed. Acribia, Zaragoza (1966).
- J. M. Willson, R. J. Newcombe, A.R. Denaro y R. M. W. Rickett.  
Prácticas de Química Física.  
Ed Acribia. Zaragoza. (1966)

10

Una fuente muy importantes de información es la revista *Journal of Chemical Education*, en sus secciones de prácticas, tanto de laboratorio (Laboratory Experiments), como asistidas por ordenador (Computers and Pieces).

#### **Bibliografía complementaria:**

- V. P. Spiridonov y A.A. Lopatkin.  
Tratamiento Matemático de Datos Fisicoquímicos.  
Ed. Mir. Moscú. (1983).
- V. Giamberardino.  
Teoría de los Errores.  
Ed. Reverté. Venezolana S.A.
- P. W. Atkins y J. De Paula.  
Physical Chemistry (7ª ed).  
Ed. W. H. Freeman. New York. (2002).
- I. N. Levine.  
*Físico Química* (4ªed.).  
McGraw-Hill. Madrid (1996).

## **X.- CONOCIMIENTOS PREVIOS**

A fin de abordar con éxito la asignatura, es imprescindible que el estudiante posea una serie de conocimientos previos.

Como se ha indicado anteriormente en el apartado IV, esta asignatura complementa a la asignatura *Fundamentos de Química Física*, asignatura que el alumno cursa en el primer cuatrimestre del segundo curso. La asignatura está diseñada de forma que los conocimientos Químico Físicos necesarios para poder abordar las experiencias propuestas se habrán obtenido con anterioridad. Algunos de estos conocimientos están relacionados con los siguientes temas que se imparten en la asignatura *Fundamentos de Química Física*:

- Cinética formal
- Equilibrio de fases en disoluciones binarias reales no electrolíticas.
- Disoluciones electrolíticas.
- Equilibrio químico
- Equilibrio electrolítico

- Propiedades coligativas

Además de estos conocimientos propios de la Química Física el alumno debe acceder a esta asignatura con una serie de conocimientos generales como son:

- Nomenclatura y formulación química.
- Ajuste de reacciones químicas.
- Cálculos estequiométricos.
- Preparación de disoluciones.
- Conocimiento básico de reacciones de equilibrio en disolución
- Manejo de logaritmos y exponenciales
- Cálculos de derivadas e integrales sencillas.
- Conocimientos básicos de estadística
- Conocimientos básicos de informática (Excel, Kaleidagrap, ...)

El alumno ha tenido la oportunidad de adquirir estos conocimientos en los cuatrimestres anteriores al que cursa esta asignatura en las asignaturas de Química General, Operaciones Básicas de Laboratorio, Aplicaciones Informáticas y Matemáticas.

## **XI.- METODOLOGÍA**

Antes de comenzar las sesiones de laboratorio habrá una sesión introductoria donde:

- Se explicarán las normas generales del laboratorio de Química Física.
- Se explicará como se desarrollará la asignatura a lo largo del curso comentando los diferentes apartados de esta guía.
- Se repartirá el material, los guiones de las experiencias a realizar y las fechas en que las realizarán de forma que el alumno pueda preparar las experiencias con antelación.
- Se introducirán aquellos conocimientos que el alumno no haya recibido anteriormente y sean necesarios para abordar la asignatura o aunque los hayan recibido el profesor estime oportuno recordar, como por ejemplo la preparación de disoluciones.
- Se proporcionará información y material para que el alumno pueda preparar la primera experiencia que realizará al acudir al laboratorio.

El desarrollo de la asignatura se estructura en torno a diferentes ejes:

i) Preparación de la experiencia a realizar, ii) trabajo en el laboratorio, iii) tratamiento de los resultados obtenidos, iv) memoria de las experiencias realizadas y v) sesiones de tutorías.

**i) Preparación de la experiencia a realizar.** Con el guión de la experiencia, el material e información que le proporcione el profesor, el alumno debe preparar cada una de las experiencias que realizará antes de acudir al laboratorio.

Además del guión de la experiencia, el alumno recibirá una serie de cuestiones relacionadas con el procedimiento experimental y los conceptos teóricos de cada una de las experiencias a realizar. El alumno debe responderlas para ver si ha conseguido entender la experiencia y se encuentra en condiciones de realizarla. Estas cuestiones se revisarán previamente a la experiencia.

El alumno deberá también preparar un esquema de trabajo a seguir a la hora de realizar la experiencia. Esto le sirve para ver que ha entendido la experiencia y es muy útil en el trabajo posterior en el laboratorio.

Parte de la preparación de la experiencia consiste en realizar los cálculos necesarios para poder preparar las disoluciones que utilizará en cada experiencia.

El profesor revisará el material preparado por el alumno antes de que realice la experiencia.

Con la preparación previa por parte del alumno de la experiencia que va a realizar se persigue que el alumno no llegue al laboratorio y se limite a seguir “una receta” preestablecida sino que entienda qué hace y porqué. El volumen de trabajo en esta fase es de 4h/experiencia.

**ii) Trabajo en el laboratorio.** Para cada una de las experiencias el alumno acudirá al laboratorio 8 horas.

Antes de comenzar la experiencia el profesor comprobará que el alumno está preparado para realizarla. Para ello revisará el trabajo previo que el alumno ha tenido que realizar (cuestiones, esquema,...). Si el trabajo previo no ha sido realizado, lo completará antes de comenzar la experiencia. A continuación el alumno realizará la experiencia. La última etapa es el tratamiento de resultados, esté se comenzará en el laboratorio y se completará antes de comenzar una nueva experiencia. Antes de abandonar el laboratorio el alumno debe tener claras las pautas que debe seguir para poder finalizarlo sólo.

Las experiencias se hacen en pareja y en algunos casos se comparten los resultados obtenidos por diferentes parejas, esto ayuda a potenciar el trabajo en equipo. Es

labor del profesor en esta etapa del trabajo fomentar en el alumno una actitud positiva en el trabajo científico.

Una parte importante en el trabajo de laboratorio es el diario de laboratorio. El alumno debe aprender a llevar un diario de laboratorio en el que recoja el trabajo realizado. El profesor revisará cada semana dicho diario y el alumno deberá presentarlo al final de la asignatura en el plazo fijado por el profesor.

A la hora de utilizar el diario de laboratorio el alumno debe recordar que todo trabajo científico debe poder ser reproducido. Difícilmente puede cumplirse esto si a la hora de realizar el trabajo no se anota de forma precisa como se ha realizado el mismo y que resultados se han obtenido de las mediciones realizadas.

Junto al guión de la experiencia al alumno se entrega una serie de cuestiones sobre la experiencia que acaba de realizar. Estas cuestiones el alumno debe presentarlas resueltas.

iii) **Tratamiento de los resultados obtenidos.** El tratamiento de resultados se iniciará en el laboratorio de forma que el profesor oriente sobre el mismo y posteriormente el alumno lo complete. Un aspecto a tener en cuenta en la presentación de los resultados es la adecuada utilización de las unidades y las cifras significativas correspondientes. Asimismo es importante que el alumno aprenda a elaborar tablas y figuras en las que se recojan los datos obtenidos. El alumno no debe limitarse a calcular sino que debe analizar los resultados obtenidos tanto en el laboratorio como en los cálculos realizados. Por tanto esta etapa pretende desarrollar la capacidad de análisis del alumno. El volumen de trabajo en esta fase es de 4h/exp.

iv) **Memorias de las experiencias realizadas.** Uno de los objetivos de esta asignatura es la presentación adecuada del trabajo realizado mediante la redacción de memorias de trabajo. Se trata de que el alumno se familiarice con la presentación de un trabajo científico.

Cada alumno presentará dos memorias.

Memoria I. Esta memoria se realizara de forma conjunta por los dos componentes de la pareja. Se presentará en el plazo fijado por el profesor. El profesor la corregirá antes de que el alumno deba realizar la segunda memoria. Con esto se trata de que el alumno pueda corregir y mejorar aquellos aspectos que el profesor le indique y tenerlos en cuenta en la presentación de la siguiente memoria.

Memoria II. Dicho trabajo se elaborará de forma individual y se presentará en el plazo fijado por el profesor. El profesor indicará a cada alumno la memoria que tiene que realizar.

A la memoria I se asigna una dedicación de 15 h, mientras que a la memoria II, que se realiza de forma individual 20h.

v) **Sesiones de tutorías.** El objetivo de estas sesiones es preparar la siguiente experiencia de forma que el profesor pueda ayudar al alumno a clarificar aquellos aspectos de la misma que no tiene claro.

**La asistencia al laboratorio y a las tutorías, así como la presentación de las memorias, es obligatoria.**

## **XII.- EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE**

La evaluación del aprendizaje de los alumnos se llevará a cabo en cuatro estadios diferentes:

i) Tutorías, ii) trabajo experimental, iii) memoria y iv) examen.

La nota del primer apartado constituye el 10 %, del segundo el 40 %, del tercero el 20 % y del cuarto el 30 % de la nota de la asignatura.

**Para poder promediar cada apartado debe tener una calificación superior a 3 puntos.**

i) **Tutorías.** En ellas el profesor seguirá el progreso continuo del alumno a lo largo del curso, tomando como referencia su capacidad para responder a las cuestiones que se indican en los guiones de las prácticas y aquellas que surjan a lo largo de la misma.

ii) **Trabajo experimental.** En este apartado se valoraran los siguientes aspectos:

a) trabajo en el laboratorio. Se llevará a cabo una evaluación continua de los progresos y del trabajo desarrollado a lo largo del curso. El profesor tendrá en cuenta la habilidad del alumno en el trabajo de laboratorio así como su interés y actitud.

b) diario de laboratorio. Se evaluará la capacidad que el alumno ha desarrollado a la hora de utilizarlo en su trabajo en el laboratorio, así como el tratamiento de los resultados obtenidos.

iii) **Memoria.** Se presentarán dos memorias en el plazo fijado por el profesor.

Memoria I. La realizarán de forma conjunta los dos componentes de la pareja.

Memoria II. Se realizará de forma individual.

Cada memoria debe incluir:

- a) Título de la práctica, nombre del estudiante, grupo al que pertenece y nombre del profesor
- b) Objetivo del trabajo
- c) Introducción. Se expondrá de forma breve los conceptos teóricos que el alumno utiliza en la experiencia y se explicará de forma clara y concisa la experiencia que se presenta.
- d) Procedimiento experimental. Recogerá los cálculos previos realizados, la preparación de las disoluciones utilizadas junto con el procedimiento experimental seguido a lo largo de la experiencia.
- e) Medidas realizadas. Se presentarán los datos recogidos en el laboratorio y se analizarán los mismos.
- f) Resultados. Incluirá el tratamiento de los datos obtenidos respondiendo a las cuestiones que se proponen en el guión de la práctica.
- g) Análisis y discusión de los resultados. Se analizarán y discutirán los resultados obtenidos utilizando los conocimientos que el alumno debe poseer. Cuando se disponga de datos bibliográficos se compararán los resultados obtenidos con los de la bibliografía.
- i) Bibliografía.

A la hora de presentar un trabajo de investigación el alumno debe recordar que todo trabajo científico tiene que poder ser reproducido. El trabajo que se presente en la memoria debe cumplir esta condición. Por tanto este requisito debe ser tenido en cuenta por el alumno a la hora de indicar con detalle su forma de trabajo y no limitarse a copiar el guión que se le ha facilitado. Es muy importante en el trabajo experimental saber como se han realizado las medidas, además del resultado de las mismas. La redacción de la memoria debe hacerse de forma que sea comprensible por alguien que no conozca la experiencia, por lo que no hay que dar nada por sabido.

iii) **Examen.** El alumno realizará un examen experimental y un examen teórico. En el examen experimental el alumno realizará alguna (o una parte) de las experiencias realizadas. Se le facilitará un guión escrito del trabajo a realizar. En el mismo guión el alumno indicará con detalle el procedimiento seguido así como los cálculos realizados y responderá a las cuestiones que se le indiquen en el guión.