

Proyecto de Innovación y Mejora Docente ID2013/344

Financiado por el Programa de Ayudas de la Universidad de Salamanca a la Innovación y Mejora Docente en la Implantación de los Nuevos Planes de Estudio en el Marco de la Nueva Ordenación de las Enseñanzas Universitarias Oficiales. Convocatoria 2013-2014

MEMORIA

*OBTENCIÓN DE CURVAS DE ENFRIAMIENTO:
DIAGRAMA EUTÉCTICO SIMPLE*

Salamanca a 13 de Junio de 2014

Francisco Salvador Palacios
Coordinador del Proyecto

ÍNDICE

	pg.
I. EQUIPO DEL PROYECTO	3
II. INTRODUCCIÓN	3
1. Marco General del Proyecto	3
2. Objetivos y descripción de Actuaciones	3
3. Destino de la Subvención Concedida	4
III. DESARROLLO	
1. Materiales didácticos	5
2. Diseño del Trabajo Experimental	5
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	6
1. Curvas de enfriamiento: Sistema Eutéctico simple.	6
2. Ley de Crioscopia y sus aplicaciones	7
V. CONCLUSIONES Y CONTINUIDAD DEL PROYECTO	8
VI. ANEXO: Catálogo General de Prácticas de Química Física	9

EQUIPO DEL PROYECTO

Coordinador	Francisco Salvador Palacios	salvador@usal.es
Colaboradores	M^a Carmen Izquierdo Misiego	misiego@usal.es
	M^a Jesús Sánchez Montero	chusan@usal.es
	Nicolás Martín Sánchez	nico4ig@hotmail.com
	D^a Ruth Sánchez Hernández	ruthsh@usal.es

II. INTRODUCCIÓN

1. Marco General del Proyecto

El Proyecto al que hace referencia la presente Memoria responde al hecho de completar y ampliar trabajos de laboratorio que pertenecen al catálogo de prácticas de Química Física cuyo diseño había sido el objetivo del Proyecto de Innovación Docente ID10/138: “DISEÑO, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE LA DOCENCIA PRÁCTICA DE QUÍMICA FÍSICA EN LOS ESTUDIOS DE GRADO EN INGENIERIA QUÍMICA” con el propósito de dar respuesta a las necesidades de formación práctica de los nuevos Graduados en Química e Ingeniería Química

Evidentemente la elaboración de dicho Catálogo en su momento trataba de dar respuesta a un objetivo a largo plazo: conseguir progresivamente llegar a la realidad de disponer de una dotación que permitiera el desarrollo de un conjunto de prácticas en nuestros laboratorios con el propósito de cubrir a las necesidades formativas de los nuevos Graduados en Química e Ingeniería Química acordes con el objetivo general del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) de formar futuros profesionales.

Concretamente en este Proyecto se trataba de completar y ampliar la posibilidad en diferentes aspectos relacionados con el equilibrio sólido-líquido tanto en el caso de sustancias puras como sistemas multicomponentes que aparecen como temáticas en el ámbito de la Termodinámica en el mencionado Catálogo General de Prácticas de Química Física (cf. Anexo I, temas destacados).

2. Objetivos y Marco Específico de Desarrollo

El interés del estudio químico físico del equilibrio sólido-líquido constituye uno de los temas básicos en el contexto de los equilibrios de fases que forma una de las partes esenciales de los estudios de Termodinámica que se imparten tanto a futuros graduados en Química como Ingeniería Química.

La obtención e interpretación de curvas de enfriamiento tanto de compuestos puros como de mezclas y su aplicación para construir diagramas T-composición que permiten predecir comportamientos de distintos tipos de sistemas, hace que este tipo de trabajos experimentales se consideren idóneos para la formación práctica en el ámbito de la Termodinámica.

En el Proyecto presentado se planteaba la posibilidad de disponer del material necesario para completar y mejorar el material ya disponible para posibilitar la determinación más precisa y

OBTENCIÓN DE CURVAS DE ENFRIAMIENTO: DIAGRAMA EUTÉCTICO SIMPLE

simultánea de varias curvas de enfriamiento; esto permitiría llegar a establecer el diagrama de fases de distintos tipos de sistemas por parte de los alumnos favoreciendo la posibilidades de análisis comparativos..

Más concretamente y como aspecto innovador en relación con los estudios relacionados con el equilibrio de fases los objetivos concretos que se planteaban eran los siguientes:

- ✚ Obtener e interpretar las curvas de enfriamiento de sustancias puras y de sistemas binarios en amplios márgenes de composiciones.
- ✚ Construir el diagrama T-Zi sólido-líquido y determinar la temperatura eutéctica de distintos sistemas.
- ✚ Comprobación de la ley de crioscopia para distintos sistemas diluidos disolvente-soluto para conseguir que a través del análisis de los resultados el alumno descubra por sí mismo el verdadero significado de las propiedades coligativas.
- ✚ Aplicar la técnica de crioscopia para el propósito de determinar pesos moleculares.

En cuanto al ámbito de actuación, la entrada en vigor del 3º Curso del Grado en Química ha permitido ampliar la posibilidad de aplicación de todo el equipamiento a diferentes asignaturas que contemplan la temática del equilibrio Líquido-Vapor. Concretamente, el trabajo relacionado con la ebulloscopia y sus aplicaciones se ha desarrollado en los siguientes laboratorios:

- **Experimentación en Química Física** de 3º Curso de Grado en Química
- **Experimentación en Química** de 1º de Grado en Ingeniería Química

Cabe señalar que este tipo equipamiento también ha sido [utilizado para la promoción de las Titulaciones de Grado de la Facultad de Químicas](#) durante la celebración de las [Jornadas de Puertas Abiertas](#) y será una [alternativa](#) para la propuesta [de trabajos de investigación](#) a los alumnos de 2º de Bachillerato integrados en el proyecto para el desarrollo de actividades asociadas a la investigación propias del [Bachillerato de Investigación/Excelencia](#) en el que participa el Departamento de Química Física.

3. Destino de la Subvención Concedida

La subvención concedida se ha destinado concretamente para la adquisición de:

- Medidor digital de temperatura para Pt-100 (*cf. figura 1, infra*)
- Sondas de temperatura Pt-100 (*cf. figura 2, infra*)

Se ha de señalar que la subvención concedida, reducida en un 33% respecto de la petición, no ha permitido de momento adquirir el adaptador necesario para el criostato disponible (*cf. Fig. 3*) que permitiría acoplar los dispositivos disponible de crioscopia (*cf. Fig. 4*) pero cabe esperar que esto se pueda completar con presupuesto del Departamento para poder poner en funcionamiento de forma completa todo el equipamiento.

OBTENCIÓN DE CURVAS DE ENFRIAMIENTO: DIAGRAMA EUTÉCTICO SIMPLE

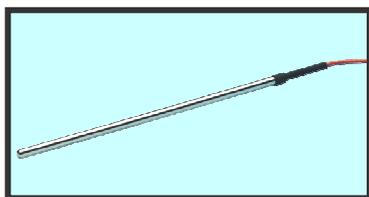


Figura 1: Sonda Pt-100



Figura 2: Medidor Digital



Figura 3: Criostato



Figura 4: Equipo de ebulloscopía

III. DESARROLLO

1. Materiales didácticos

El alumnado con el que se desarrolla el trabajo de 1º Curso del Grado en Ingeniería Química y de 3º Curso de Grado en Química, al llegar al laboratorio ya han recibido en sendas asignaturas de Química Física las bases teóricas fundamentales en relación con la ley que rige el comportamiento a analizar.

En consecuencia, se ha elaborado un esquema del fundamento teórico para que deduzcan de forma rigurosa la ley de ebulloscopía desde el punto de vista Termodinámico y comprendan el significado de los parámetros que en ella aparecen. Se proporciona además al alumno:

- ✚ Un video (que le proporcionara una explicación general [en inglés](#) de [todas las propiedades coligativas](#) con el objetivo de incentivar su curiosidad y darle un punto de apoyo para la interpretación de sus propios resultados.
- ✚ Un programa de simulación de crioscopía que le permitirá de forma rápida generar datos análogos a los obtenidos en el laboratorio.

2. Diseño del Trabajo Experimental

Para el desarrollo experimental del trabajo por parte del alumnado, se plantea una metodología didáctica encaminada a conseguir de ellos, no sólo la mera realización de las experiencias que exigía el objetivo concreto de trabajo planteado sino también en la medida de

OBTENCIÓN DE CURVAS DE ENFRIAMIENTO: DIAGRAMA EUTÉCTICO SIMPLE

lo posible la adquisición de competencias genéricas. Para ello, se proponen los siguientes pasos:

- ✚ Sesión introductoria: Planteamiento de objetivos concretos a desarrollar por cada uno de ellos pero que en su conjunto iban a constituir un trabajo global del equipo. Datos experimentales que será necesario obtener y su tratamiento para conseguir los objetivos. Esto, de alguna manera, se podría considerar un trabajo cooperativo con una responsabilidad individual y el requerimiento de una puesta en común para tener una visión global de todo lo conseguido por el grupo de trabajo.
- ✚ Presentación del equipamiento a utilizar de forma general. Proponer a los alumnos a lo largo de su trabajo en el laboratorio la tarea de buscar respuesta a las preguntas y dudas que surjan instándoles, además, a la elaboración de una breve presentación PowerPoint como base para proceder a la explicación de la respuesta encontrada al resto de sus compañeros.
- ✚ Programar una sesión final para la presentación y discusión de todos los resultados obtenidos en relación con lo objetivos planteados y a la exposición por parte de cada alumno de lo que consideraba la respuesta adecuada a la duda de la que se le había hecho responsable con el consiguiente debate conjunto por parte del grupo de trabajo.

Consideramos que este procedimiento metodológico contribuye a incentivar la curiosidad científica, el autoaprendizaje, la capacidad de expresarse de forma oral en público y de defender o criticar argumentos. Es necesario resaltar que esta enseñanza de tipo "eurístico" exige al profesorado estar constantemente en contacto con el alumnado para, llegado el caso, hacerle ver si era, o no, consciente de todos los porqués de lo que estaba haciendo o viendo en el laboratorio.

IV. RESULTADOS

1. Determinación de curvas de enfriamiento: Diagrama Eutéctico Simple.

En relación con este objetivo general para el grupo, la Figura 5 abajo recogen un ejemplo de los resultados que se pueden obtener siendo cada una de las curvas de enfriamiento la contribución de cada alumno o pareja de alumnos

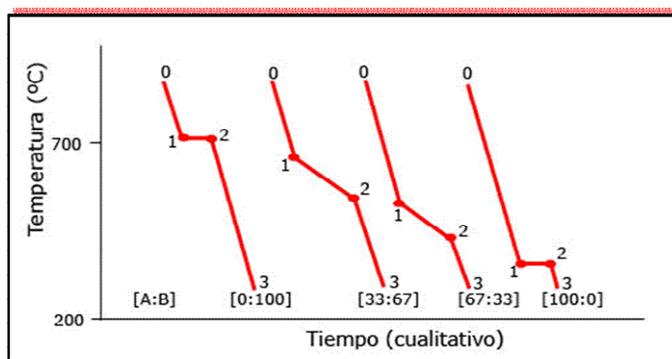


Figura 5: Curvas de enfriamiento

OBTENCIÓN DE CURVAS DE ENFRIAMIENTO: DIAGRAMA EUTÉCTICO SIMPLE

Tras la interpretación del comportamiento de dichas curvas, el alumnado puede llegar a la construcción de un diagrama de fases característico de muchos sistemas que aparece en la Figura 6 y que permitirá predecir las consecuencias del enfriamiento de mezclas binarias de diferente composición.

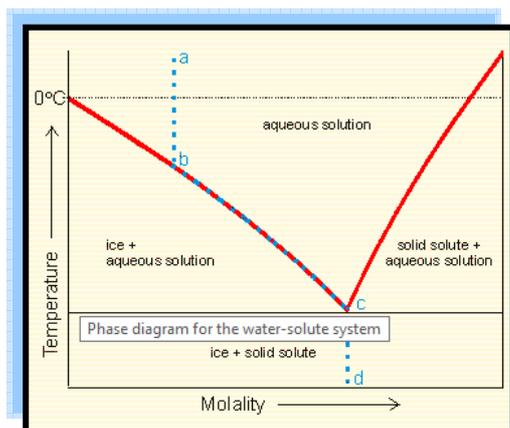


Figura 6: Diagrama Eutéctico simple

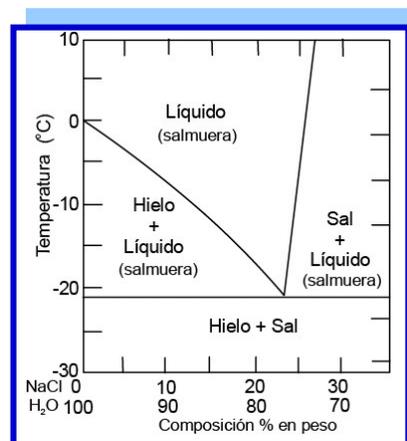


Figura 7: Diagrama Hielo-NaCl

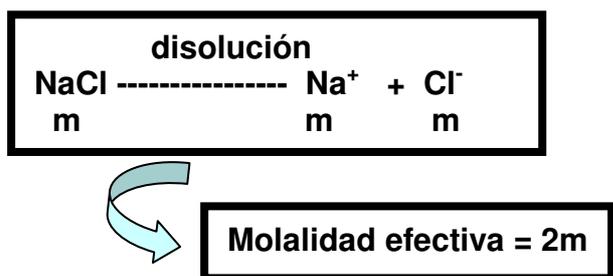
Este tipo de diagrama permitirá al alumno comprender las limitaciones de trabajar con otros propósitos con mezclas frigoríficas Agua-NaCl (cf. Fig. 7) pudiendo ser este uno de los diagramas a obtener dado que el criostato permitiría llegar a las temperaturas necesarias.

2. Ley de Crioscopia y su aplicación para la determinación de pesos moleculares

A partir de la medida concreta del descenso de la temperatura de congelación de un disolvente en presencia de diferentes cantidades de soluto de distinto tipo, el alumno puede tratar de comprobar el grado de cumplimiento de la ley de crioscopia o proceder a la determinación del peso molecular si el soluto es desconocido sobre la base de la ley que establece que:

$$\Delta T_c = K_c m_2$$

La discordancia entre los resultados teóricos y experimentales en el caso solutos iónicos debe llevar al alumno a deducir de que las propiedades coligativas dependen del número de partículas en disolución y que debe modificarse para el caso de electrolitos fuertes en virtud de su disociación:



OBTENCIÓN DE CURVAS DE ENFRIAMIENTO: DIAGRAMA EUTÉCTICO SIMPLE

Por a tanto, para ese tipo de solutos la ley debe escribirse introduciendo un factor “*i*” conocido como factor de Van` t Hoff que tiene en cuenta el número real de partículas en la disolución.

$$\Delta T_E = i K_E m_2$$

Desde el punto de vista de la metodología didáctica utilizada en el desarrollo del trabajo es de especial interés la consecución de otros objetivos que inicialmente no estaban previstos y que han resultan del autoaprendizaje del alumnado a partir de las dudas surgidas a lo largo de la realización del trabajo experimental.

Concretamente el alumnado conseguirá dar respuesta y, en consecuencia, conocer y comprender lo siguiente:

- ✚ Qué es un **termopar**, tipos, propiedad termométrica en la que se basan y leyes implicadas en la misma.
- ✚ Conocer **fluidos criogénicos** y las propiedades que les caracterizan.
- ✚ Descubrir que el **estado supercrítico del agua** puede darse en la naturaleza y conocer las múltiples **aplicaciones de los fluidos supercríticos** en la actualidad.
- ✚ **Conocer e interpretar teóricamente el proceso de osmosis** como una propiedad coligativa más con múltiples **aplicaciones** de interés biológico.

A todos estos objetivos conseguidos adicionalmente y relacionados con conocimientos específicos hay que añadir el hecho, no menos importante, de haber contribuido a desarrollar en el alumnado:

- ✚ La **curiosidad científica**
- ✚ La capacidad de búsqueda y **autoaprendizaje**
- ✚ Las **habilidades de expresión oral** para hacerse comprender.
- ✚ El **razonamiento crítico**

De todos estos logros, es prueba evidente las imágenes, elaboradas por los propios alumnos y que, a título de ejemplo, se muestran en el Anexo (cf. pg.13)

V. CONCLUSIONES Y CONTINUIDAD DEL PROYECTO

A la vista de todo lo precedente se puede concluir que la serie de trabajos que y la metodología utilizada para su desarrollo permiten ampliar las posibilidades de experimentación práctica en nuestroS laboratorios para mejorar de formación de nuestros Graduados. Por otro lado, también creemos que están en concordancia con lo que preconiza el EEES en cuanto a la necesidad de desarrollar una enseñanza-aprendizaje encaminada a la adquisición de competencias. En este sentido, es necesario hacer referencia al hecho de que nuestra conclusión como profesorado es que el alumnado, ante una motivación real por parte del profesorado, responde muy favorablemente.

Por lo que se refiere a la continuidad de este tipo de Proyectos, es intención del equipo de trabajo continuar desarrollando, en la medida de lo posible, todos los trabajos que en su día se incluyeron en el catálogo de prácticas de Química Física elaborado (cf. Anexo, pg.11).

ANEXO 1:

**RESUMEN DEL CATÁLOGO GENERAL DE PRÁCTICAS DE QUÍMICA FÍSICA
PARA EL GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA**

(Elaborado con la Financiación concedida por el Programa de Ayudas de la USAL a la Innovación Docente. Convocatoria 2010 ([Proyecto de Innovación Docente ID10/138](#)))

TERMODINÁMICA

I. SUSTANCIAS PURAS

1. PROPIEDADES TERMODINÁMICAS

2. EQUILIBRIO DE FASES

2.1. LÍQUIDO-VAPOR: VAPORIZACIÓN

2.2. SÓLIDO-LÍQUIDO: FUSIÓN

✚ Obtención de curvas de enfriamiento

2.3. SÓLIDO-VAPOR: SUBLIMACIÓN

II. SISTEMAS MULTICOMPONENTES

1. PROPIEDADES MOLARES PARCIALES Y DE MEZCLADO

2. DISOLUCIONES

2.1. PROPIEDADES COLIGATIVAS

✚ Crioscopía: mezclas frigoríficas

✚ Determinación de pesos moleculares por ebulloscopía y crioscopía

✚ Determinación de coeficientes de actividad a partir de propiedades coligativas.

2.2. MOVIMIENTO IÓNICO

4. DIAGRAMAS DE FASES Y SUS APLICACIONES

4.1. LÍQUIDO-VAPOR: VAPORIZACIÓN

4.2. LÍQUIDO-LÍQUIDO

4.3. LÍQUIDO-SÓLIDO

✚ Sistema Eutéctico Simple

5. EQUILIBRIO QUÍMICO

6. TERMOQUÍMICA

7. TERMODINÁMICA BÁSICA DE SUPERFICIES

8. PROCESOS TERMODINÁMICOS DE INTERÉS INDUSTRIAL