

UTILIZACIÓN DE LABORATORIOS VIRTUALES COMO SOPORTE PARA LA DOCENCIA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN INGENIERÍA DE MATERIALES

Rafael Balart Gimeno
Universidad Politécnica
de Valencia
rbalart@mcm.upv.es

David García-Sanoguera
Universidad Politécnica de
Valencia
dagarsa@dimm.upv.es

Lourdes Sánchez-Nacher
Universidad Politécnica de
Valencia
lsanchez@mcm.upv.es

Otvavio Fenollar Gimeno
Universidad Politécnica de
Valencia
ocfegi@epsa.upv.es

Resumen

En el presente trabajo se plantea como objetivo principal la optimización del proceso enseñanza-aprendizaje en la docencia de prácticas de laboratorio, caracterizadas por la limitación de equipamientos específicos, en el campo de las Ingenierías y concretamente el Ingeniería de Materiales, mediante un planteamiento innovador basado en el uso de laboratorios virtuales. Para ello se deben cubrir una serie de objetivos parciales, pero no por ello menos importantes, como favorecer el incremento de la participación de los estudiantes durante su proceso de formación experimental haciendo esta docencia interactiva, flexibilizar el proceso enseñanza-aprendizaje adecuándolo a las posibilidades y necesidades de cada alumno, y aumentar la calidad de la docencia de prácticas de laboratorio. Además hay que convertir a los alumnos en los principales protagonistas del proceso enseñanza-aprendizaje en la educación superior, mediante un planteamiento innovador.

Introducción

El proceso formativo en temáticas de Ingeniería está basado en una gran carga lectiva dedicada a la experimentación o prácticas de laboratorio. En el caso concreto de la docencia que desarrollamos como grupo de trabajo e investigación en el campo de la innovación educativa, correspondiente al ámbito de la Ingeniería de Materiales la experimentabilidad y aplicabilidad del proceso enseñanza-aprendizaje se caracteriza por la necesidad de uso de diversas técnicas que permiten la caracterización de los distintos tipos de materiales utilizados en Ingeniería, como parámetros fundamentales para el diseño y cálculo en ingeniería, o como herramienta para seleccionar el tipo de material óptimo para una determinada aplicación.

Todo este proceso de caracterización requiere la utilización de numerosos equipos de laboratorio, que en la mayoría de los casos se caracterizan por ser de elevado coste. Además hay que tener en cuenta que el número de alumnos por grupo de prácticas dificulta esta docencia de tipo experimental ya que no se dispone de suficientes equipos para que los alumnos puedan manipularlos y obtener la caracterización del material. De manera que el alumno se convierte en mero espectador del procedimiento y toma nota del resultado. Desde nuestra propia experiencia se concluye que esta metodología del proceso docente en clases de laboratorio presenta algunas carencias importantes, que se pueden resumir en varios aspectos: falta de participación del alumno, falta de motivación, no es flexible, limita la autonomía del alumno como protagonista de su proceso de formación.

Además hay que tener en cuenta que puesto que la financiación de las Universidades Públicas es limitada, los departamentos no disponen del presupuesto necesario para equipar los laboratorios docentes en la medida de las necesidades reales de formación de los alumnos en campos de la ingeniería con alta experimentabilidad.

Por estos motivos se plantea la necesidad de búsqueda de nuevas metodologías, planteamientos, estrategias y acciones que ayuden a resolver estas carencias detectadas. Principalmente hay que favorecer el incremento de la participación de los estudiantes durante su proceso de formación. De esta forma se pretende flexibilizar el proceso enseñanza-aprendizaje, adecuándolo a las posibilidades y necesidades de cada alumno, en tiempo y en el espacio. La docencia experimental en el ámbito universitario mejoraría su carácter estático al ser más dinámica y participativa.

Con la finalidad de resolver esta problemática y mejorar la calidad de la docencia experimental en prácticas de laboratorio, el uso de las nuevas tecnologías presenta la posibilidad de desarrollar herramientas multimedia que puedan ser usadas en un "Laboratorio Virtual" [1-3]. Mediante la tecnología multimedia se pueden desarrollar aplicaciones o programas que representan procesos o transformaciones referentes a caracterización de materiales desde distintos puntos de vista como comportamientos mecánicos, físicos, térmicos, químicos,... puesto que es el caso concreto que nos ocupa.

Hay que tener en cuenta en cuenta que en la actualidad los alumnos valoran de forma positiva la utilización de herramientas informáticas que les aportan autonomía en su proceso de formación, se adaptan al ritmo de aprendizaje particular de cada alumno, fomenta la motivación, otorga carácter innovador, afianza conocimientos aumentando la motivación en un entorno atractivo y que les permite interactuar.

El principal inconveniente de los laboratorios virtuales es que ha de desarrollarse una programación acorde con la temática que se pretende estudiar. Además los alumnos deben poder tener acceso a los mismos a través de plataformas on-line para poder trabajar con estas herramientas de simulación, que deben caracterizarse por presentar acciones de interactividad que fomentan la participación, y directamente la motivación del alumno [4]. Para ello, las herramientas virtuales se diseñan de forma que los estudiantes pueden cambiar parámetros y evaluar los efectos de estos cambios rápidamente [5, 6]. Esto supone un importante cambio en el rol del alumno en el proceso enseñanza-aprendizaje: los alumnos se convierten en el principal protagonista del proceso enseñanza-aprendizaje en la docencia correspondiente a prácticas de laboratorio [7, 8].

Los métodos tradicionales basados en la observación del ensayo del material suponen una actitud pasiva por parte del alumno mientras que el nuevo método multimedia basado en el uso de laboratorios virtuales mejora la calidad del proceso. Estos laboratorios virtuales no sólo son útiles como sustitución de equipos caros, sino que también pueden ser usados en procesos de estudio y análisis de procesos complejos en los que intervienen gran número de parámetros o variables. Con esta finalidad hemos desarrollado un laboratorio virtual dedicado a las transformaciones que tienen lugar en la estructura de materiales metálicos, que permite analizar problemáticas tan importantes desde el punto de vista tecnológico como los mecanismos de difusión en sólido, formación de estructuras durante el proceso de solidificación, cambios estructurales en estado sólido,...

Se ha desarrollado una herramienta de simulación de los Diagramas de Fases para su construcción y representación. El alumno puede definir cambios de parámetros para el desarrollo de diferentes transformaciones isotérmicas (eutéctica, peritética,..) formación de soluciones sólidas, cálculos, análisis térmicos.... y la aplicación virtual le guía en el estudio del complejo proceso de construcción del diagrama. Los alumnos pueden interactuar con el laboratorio virtual cambiando los posibles parámetros, y después de analizar el proceso, evaluar los efectos de los cambios para poder optimizar la herramienta como aplicaciones industriales y tecnológicas reales. Otro uso de los laboratorios virtuales es servir a los alumnos

como guía tutorial. La Ciencia de Materiales se caracteriza por presentar altos contenidos tecnológicos y muchos conceptos difíciles de entender desde el punto de vista meramente teórico o descriptivo, de forma que la utilización de laboratorios virtuales podría representar un efecto muy positivo en el proceso de aprendizaje, ya que permite su adaptación al ritmo de aprendizaje particular de cada alumno, fomentando la motivación desde un planteamiento innovador, que por otra parte permite afianzar conocimientos aumentando la interacción y motivación en un entorno atractivo de alto contenido tecnológico [9].

Diagramas de fase binarios

Un diagrama de fases binario muestra las fases formadas para un rango de composiciones de dos elementos (A-B) para diferentes temperaturas. La composición habitualmente comprende desde el 100% del elemento A, situado a la izquierda del diagrama y el 100% del elemento B situado a la derecha.

La composición de una aleación determinada se expresa de la siguiente forma: A - x%B. Por ejemplo: Al - 20%Be, se refiere a una aleación una composición de 80% de aluminio y 20% de berilio. Estas composiciones habitualmente se refieren al peso aunque también pueden hacer referencia a volumen o porcentaje atómico. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de un diagrama de fases binario de dos elementos A y B con un compuesto intermetálico, una transformación eutectoide y dos transformaciones eutécticas.

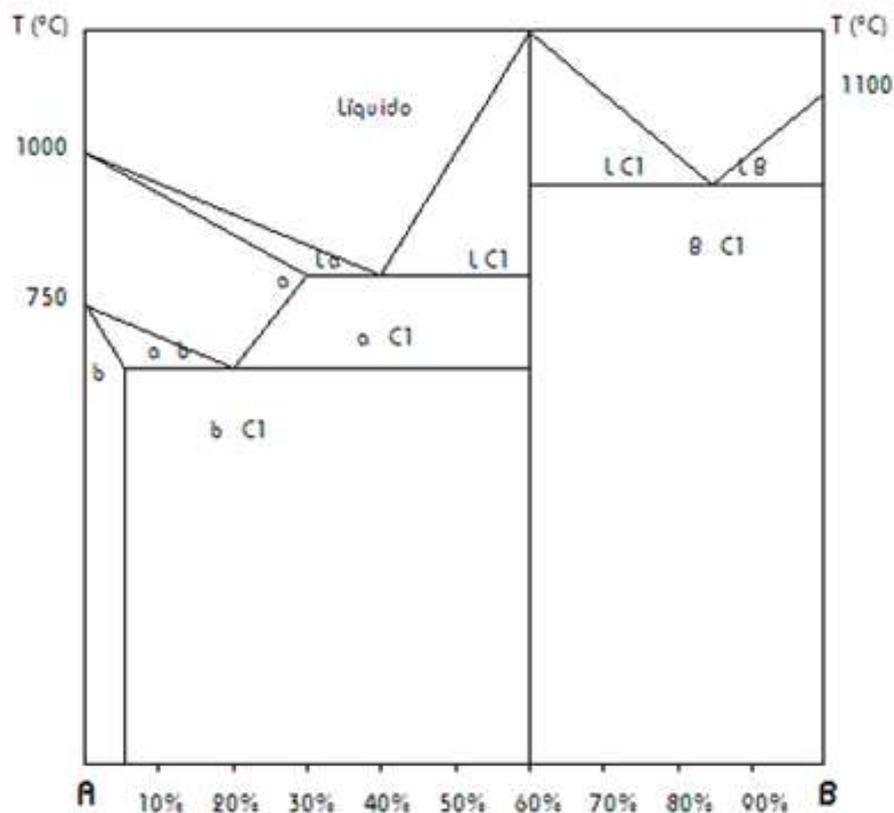


Figura 1. Ejemplo de un diagrama de fases binario.

La interpretación de los diagramas de equilibrio binarios se facilita teniendo en cuenta las siguientes reglas:

1. La línea de sólido (*sólidos*) está siempre por debajo de la línea de líquido (*líquidos*).
2. Toda horizontal que corte a la línea de líquido cortará también a la de sólido.
3. La unión de la línea de líquido y la línea de sólido indica que la aleación se solidifica a una temperatura constante, y las proporciones de los componentes y la temperatura vienen indicadas por el punto de contacto.
4. Una línea horizontal de la línea de sólido indica que todo el líquido residual que quede sin solidificar en las composiciones de la aleación que comprenda toda la longitud del ramal, se verificará a temperatura ambiente.
5. Una línea vertical en la línea de sólido indica la existencia en ese punto de un metal puro o un compuesto químico.
6. Una línea inclinada en la línea de sólido indica la existencia de una solución sólida.
7. Cuando la línea de enfriamiento de una aleación atraviesa una línea oblicua del diagrama, varía el número de fases: se pasa de una fase a dos, o viceversa, salvo en el caso de que una línea oblicua corresponda a una transformación alotrópica de una solución sólida.

Se debe tener presente que cuando se analizan las transformaciones de una aleación para un porcentaje determinado, normalmente se estudia su proceso hacia la solidificación (tan sólo en estudios de tratamientos térmicos se realiza al contrario). De este modo, podemos estudiar cómo se forma el material a nivel estructural, tomando como referencia el *diagrama de fases en*

Base científica de los diagramas de equilibrio

Solubilidad

Cuando se empiezan a combinar materiales distintos, como al agregar elementos de aleación a un metal, se producen soluciones. Lo interesante es determinar la cantidad de cada material que se puede combinar (o disolver) sin producir una fase adicional, es decir, la solubilidad de un material en otro.

Se distinguen dos tipos de solubilidad:

- Solubilidad ilimitada (Solubilidad total en estado sólido). La solubilidad ilimitada es una condición que se presenta cuando la cantidad de un material que se disolverá en otro es ilimitada, sin crear una segunda fase (ver diagrama de fases binario comentado anteriormente a estas líneas). En el interior de la fase sólida, la estructura, las propiedades y composición son uniformes y no existe interfase alguna entre los átomos. La fase sólida es una solución sólida. La solución sólida no es una mezcla, pues las mezclas contienen más de un tipo de fase y sus componentes conservan sus propiedades individuales. Los componentes de una solución sólida se disuelven uno en el otro sin retener sus características propias.
- Solubilidad limitada (Solubilidad parcial en estado sólido). Condición referente a que sólo se puede disolver una cantidad máxima de un material soluto en un material solvente.

Se debe puntualizar que existen casos en los que no existe solubilidad de ningún tipo, o esta es mínima, entre un material y otro. En estos se denomina Insolubilidad en estado sólido.

Compuestos intermetálicos

A menudo, las aleaciones endurecidas por dispersión contienen un compuesto intermetálico. Este tipo de compuestos está constituido por dos o más elementos, produciendo una nueva fase con composición, estructura cristalina y propiedades propias. Los compuestos intermetálicos suelen ser muy duros y frágiles.

Existen, fundamentalmente, dos tipos de compuestos intermetálicos:

- Estequiométricos. Con composición fija, se representan en el diagrama de fases por una línea vertical (ver página anterior diagrama de la izquierda).
- No estequiométricos. Pueden tener todo un rango de composiciones, éstas se conocen también como soluciones sólidas intermedias (ver página anterior diagrama de la derecha).

Transformaciones

Muchas combinaciones de dos elementos producen diagramas de fases más complicados que los sistemas isomorfos (ver diagrama 1, pág. 72). Estos sistemas contienen reacciones que implican tres fases independientes.

Cada una de las reacciones puede ser identificada en un diagrama de fases complejo mediante el procedimiento siguiente:

1. Localizar una línea horizontal en el diagrama de fases; ésta indicará la temperatura a la cual ocurre una reacción (de tres fases) en condiciones de equilibrio.
2. Localizar tres puntos distintos en la línea horizontal: los dos extremos y un tercero (normalmente cercano al centro de la línea). El punto central representa la composición a la cual ocurre la reacción de tres fases.
3. Buscar sobre el punto central e identificar la fase o fases presentes; inmediatamente por debajo del punto central, identificar la fase o fases presentes. Seguidamente, escribir, en forma de reacción, la fase o fases por encima del punto central que se transforman en la fase o fases por debajo del punto. Reconocer la reacción con respecto a la teoría.

Siguiendo estas reglas, reconoceríamos rápidamente dónde y a qué temperatura se produce una transformación, pero necesitamos reconocer qué implica ese tipo de reacción dentro del diagrama.

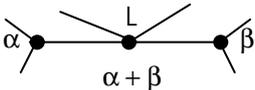
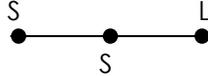
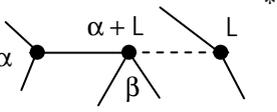
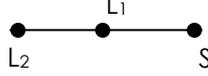
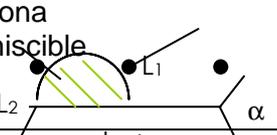
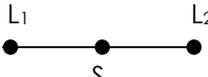
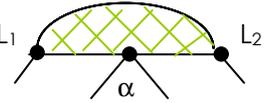
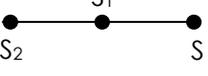
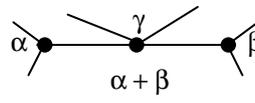
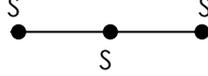
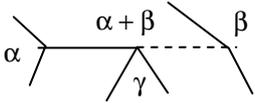
Como ya sabemos, las reacciones eutécticas, peritéticas y monotéticas forman parte del proceso de solidificación, mientras que las reacciones eutectoides y peritectoides implican cambios de fases en sólidos ya formados.

En la Tabla 1 se muestran las principales transformaciones que se pueden encontrar en un diagrama de equilibrio.

Se debe tener presente que cuando se analizan las transformaciones de una aleación para un porcentaje determinado, normalmente se estudia su proceso hacia la solidificación (tan sólo en estudios de tratamientos térmicos se realiza al contrario). De este modo, se puede estudiar cómo se forma el material a nivel estructural, tomando como referencia el diagrama de fases en estado de equilibrio, hasta llegar a temperatura ambiente, siendo esta la temperatura a la que se utilizará el material.

A través de los tratamientos térmicos (mecanismos de endurecimiento) se podrá modificar la microestructura a temperatura ambiente de las aleaciones, obteniendo matrices blandas y tenaces en las que se dispersarán precipitados o segundas fases duras y resistentes, además de procurar precipitados finos, redondeados y ligeros, que aportarán mejores propiedades.

Tabla 1. Transformaciones con las seis reacciones de tres fases de mayor importancia en los diagramas de fases binarios.

Transformación	Reacción	Esquema	Croquis diagrama
Eutéctica	$L = S_1 + S_2$		
Peritética	$L + S_1 = S_2$		
Monotética	$L_1 = L_2 + S_1$		
Sintética	$L_1 + L_2 = S_1$		
Eutectoide	$S_1 = S_2 + S_3$		
Peritectoide	$S_1 + S_2 = S_3$		

Enfoque del programa respecto la base científica

Teniendo en cuenta los conceptos planteados a lo largo de este apartado, a continuación se pretende enlazar con los aspectos que engloba el programa informático, objeto de este proyecto.

El programa analiza y desarrolla diagramas de fases en equilibrio a partir de la documentación científica conocida. Concretamente, resuelve problemas con transformaciones de tipo eutéctico, peritéctico y eutectoide (endurecimiento por precipitación durante la solidificación), las tres reacciones más importantes dada su aparición en distintos sistemas de materiales.

Los diagramas de fases isomorfos no son incluidos en el código del asistente del programa, dada su simplicidad de estudio y el hecho de que su metodología de trazado es distinta a la de las transformaciones comentadas que resuelve el programa.

Respecto al trazado de los diagramas, comentar que, para obtener una simplificación de los mismos, es necesario presentar las líneas (realmente curvas) como rectas, dado que en caso contrario o los puntos a introducir por parte del usuario serían infinitos, para así no obtener errores en el trazado de las mismas, o de tendrían que utilizar complejas operaciones para que el programa comprendiera cómo trazar las curvas.

Teniendo en cuenta que los diagramas de fases obtenidos con el programa se basan en la relación entre dos elementos o materiales (binarios) y en el equilibrio del propio sistema de materiales, se consideran las líneas rectas entre puntos clave, desperdiciando el mínimo efecto de error producido por la simplificación de las líneas, realmente curvas, como rectas.

El programa basa su funcionamiento en la recogida, cálculo, representación y análisis de puntos significativos (como temperaturas de fusión, temperaturas de cambios alotrópicos, puntos de transformación de fases,...) para representar los diagramas de fases, dentro del equilibrio.

Instalación del programa.

En primer lugar se necesita la completa instalación del programa para su posterior utilización. La instalación del programa es sencilla, tras ejecutar el archivo "setup.exe", un asistente de instalación irá pidiendo datos acerca de dónde queremos instalar el programa o si deseamos actualizar algún archivo interno de nuestro propio sistema.

En cualquier momento podremos salir de la instalación, ya sea pulsando sobre el botón SALIR (situado en la zona inferior de la ventana) o sobre el botón CERRAR (situado en el extremo superior izquierdo). Además se ofrece la posibilidad de cambiar el directorio en el que ubicarán los archivos del programa.

Una vez finalizada la instalación se puede utilizar el programa. Los aspectos fundamentales del programa se describen a continuación.

Entorno gráfico

El entorno del programa es de tipo Windows, es decir, progresivamente irán apareciendo ventanas según los datos que se vayan introduciendo. Por su parte, la aplicación se basa en el sistema de asistencia al usuario (asistente), por lo que la utilización del mismo se torna más agradable y fácil con respecto al usuario.

Como podemos ver en la Figura 2 de una de las pantallas del programa, se diferencian distintos botones y áreas en una pantalla.

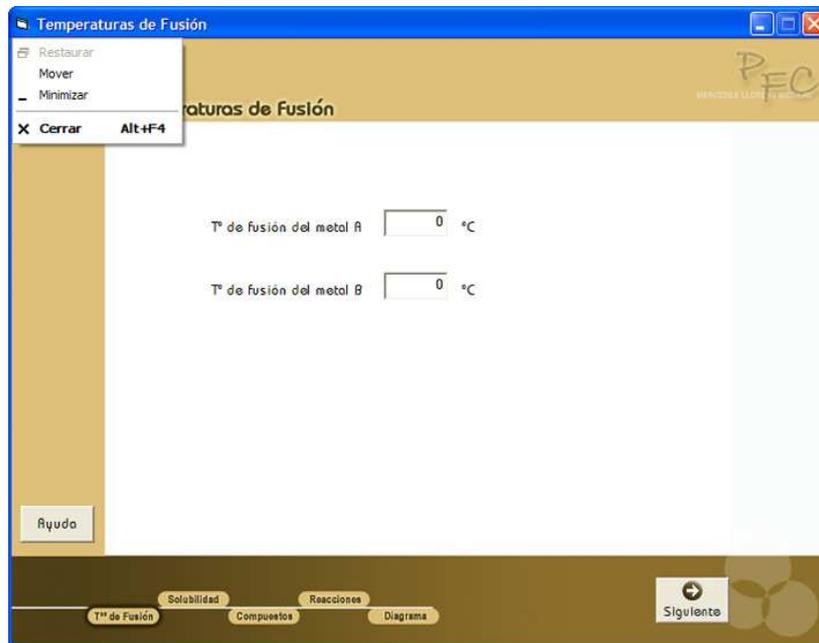


Figura 2. Entorno gráfico del programa.

En la Barra de Título, en la zona superior de la pantalla, se observa el nombre de la pantalla en la que nos encontramos. En su extremo izquierdo está el icono del Menú de Control. Si se hace clic sobre este icono se despliega el menú Control (ver imagen sobre estas líneas). El menú Control contendrá los siguientes comandos activos: Mover, Minimizar y Cerrar.

En el extremo derecho de la Barra de Título hay tres botones, de los cuales el central se encontrará inactivo en toda la aplicación (éste corresponde a Maximizar, de manera que no se podrán maximizar las pantallas, este efecto estará restringido). En cambio, sí estarán activos los botones Minimizar y Cerrar.

Al hacer clic sobre estos botones, se produce que la pantalla se minimice o se cierre.

Bajo la “Barra de Título” se encuentra el “Área de Trabajo” de la ventana, la cual variará en su contenido dependiendo de la pantalla y fase de la introducción de datos en la que se encuentre.

En la zona inferior izquierda del “Área de Trabajo”, se sitúa el botón de “Ayuda”, el cual, haciendo un clic sobre él hará aparecer un “Área de Ayuda” sobre la pantalla activo o conducirá a una ventana nueva de “Ayuda al Usuario” (como se verá más adelante). Además, pulsando sobre el botón “Ayuda” en la primera pantalla de la aplicación se puede observar la versión del programa, autor e intermediarios.

En la zona inferior de la ventana, se encuentra el “Mapa de Situación” en el cual el programa ofrece información al usuario del punto en el que se encuentra del asistente, respecto al resto del programa. Este mapa es de tipo informativo, y no instructivo, con lo cual clicando sobre esta zona el programa no revolverá respuesta alguna.

En el extremo derecho de esta última zona se encuentran distintos botones o comandos dependiendo de la pantalla en la que se encuentre, a modo general, se pueden observar los botones de Atrás y Siguiente.

Como se comentaba, dependiendo de la ventana en la que se encuentre el programa devolverá unos botones u otros así como vinculaciones a otras ventanas.

Visto, a modo general, cómo se componen las ventanas de la aplicación, en los apartados siguientes se centrará en cada una de las pantallas de forma individual.

Utilización del programa

Al lanzar el programa, la página se muestra una página de inicio que se puede observar en la Figura 3. En esta página el usuario debe introducir la temperatura de fusión de los dos metales puros que componen la aleación. Se puede encontrar un botón de ayuda en todas las pantallas del programa donde se puede obtener información adicional y recomendaciones acerca de la introducción de los diferentes datos para al correcto funcionamiento del programa, como se puede observar en la Figura 4.

Cuando introduzcamos las temperaturas de los dos metales (A y B) en sus casillas correspondientes, se podrá pasar a la siguiente ventana de la aplicación.

En el caso de que no se introduzcan los valores adecuados para las temperaturas de fusión de los metales y pulsemos sobre el botón “siguiente” para seguir adelante, aparecerá un mensaje de advertencia, indicando que necesitaremos introducir un valor (temperatura en °C) en la casilla correspondiente al metal A. Del mismo modo, si no se le indica al programa la temperatura de fusión del metal B, éste nos avisará con el mismo tipo de mensaje.

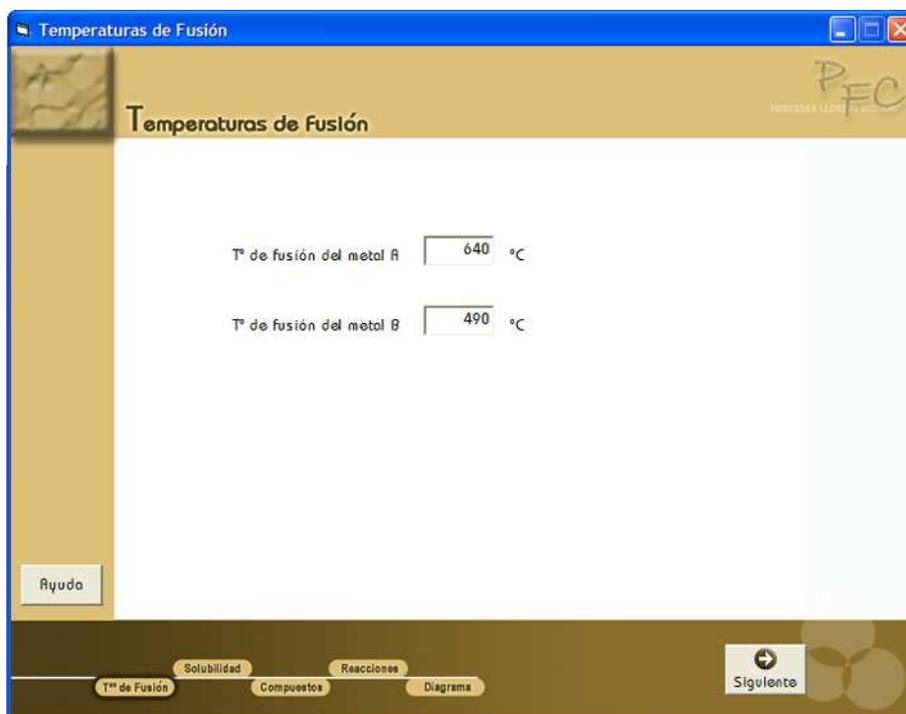


Figura 3. Página de inicio del programa.

Al seleccionar el botón de “siguiente” el programa avanza a una ventana donde se solicitan las temperaturas de solubilidad de ambos metales a temperatura ambiente, tal y como muestra la Figura 5. Se puede introducir el nombre de la solución sólida para alto y bajo contenido del metal B. Cabe destacar que en todas las páginas se puede utilizar el botón “atrás” para volver a la página anterior y de este modo poder cambiar cualquier valor introducido anteriormente.

En la página siguiente se puede introducir los diferentes compuestos intermetálicos que puedan existir en la aleación, así como los diferentes cambios alotrópicos que puedan producirse en los metales (Figura 6). Con respecto a los compuestos intermetálicos, se debe introducir el porcentaje de metal B y seleccionar si es de tipo congruente o incongruente. El programa permite añadir tantos compuestos intermetálicos se deseen.

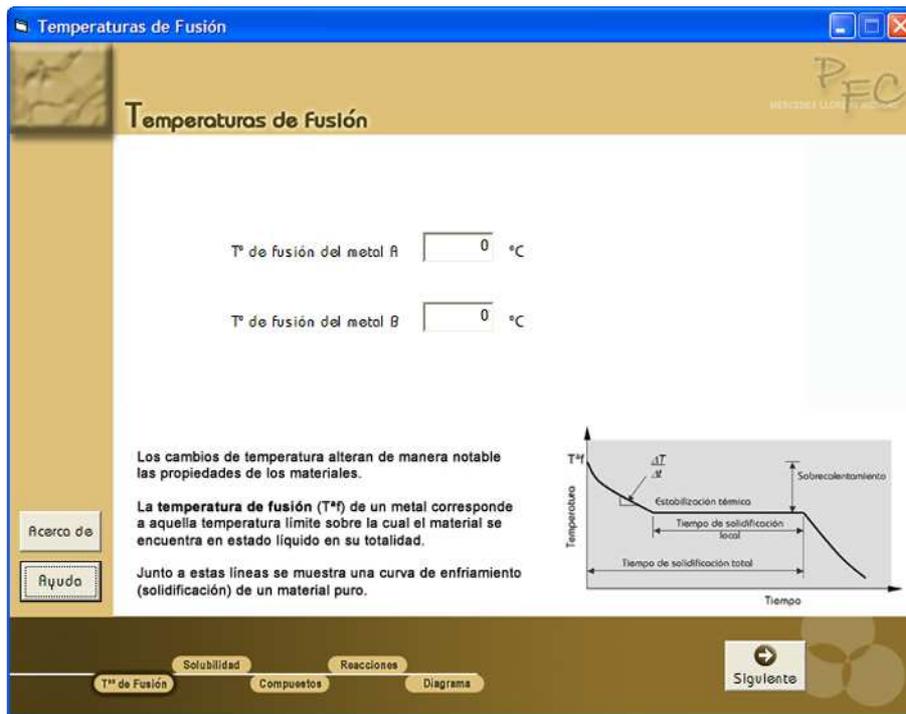


Figura 4. Utilización del botón ayuda.

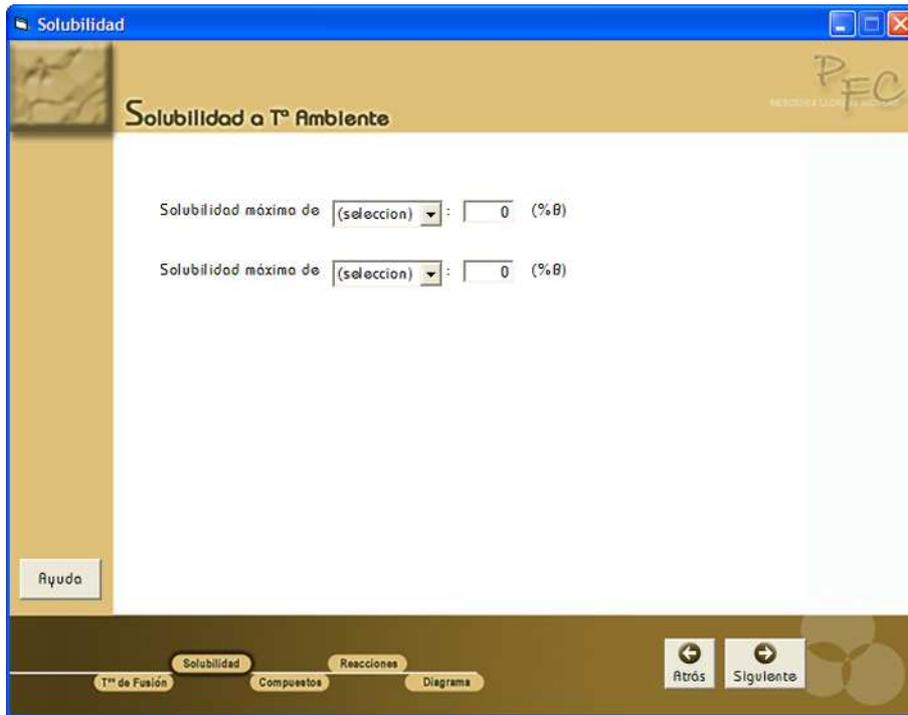
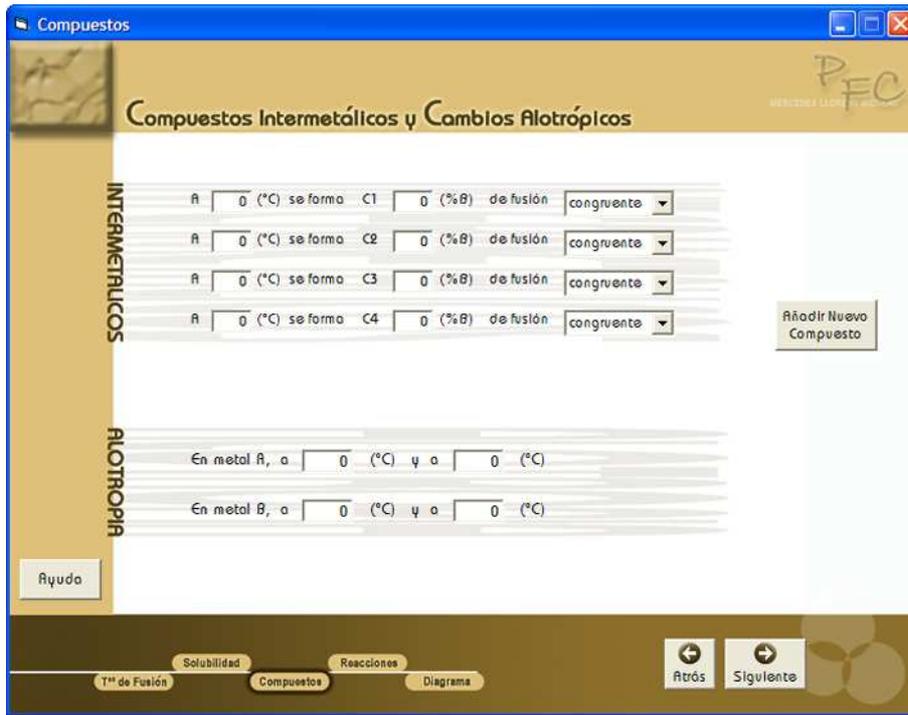


Figura 5. Introducción de solubilidades de soluciones sólidas a temperatura ambiente.

A continuación se puede introducir las transformaciones existentes, tales como transformaciones eutécticas, eutectoides o peritéticas (Figura 7). Por ejemplo en una transformación eutéctica la fase líquida se transforma en dos fases sólidas, mientras que en la peritética una fase líquida junto a una sólido se transforma en una fase sólida distinta. Por último en una transformación eutectoide una fase sólida se transforma en dos fases sólidas distintas

Para la introducción de los datos correspondientes a transformaciones se debe introducir el tipo de transformación, la composición inicial y final de las fases simples y la temperatura a la que tiene lugar. El programa permite introducir tantas transformaciones como se deseen.



The screenshot shows a software window titled 'Compuestos' with a blue title bar. The main content area is titled 'Compuestos Intermetálicos y Cambios Alotrópicos'. It is divided into two sections: 'INTERMETRUCOS' and 'ALOTROPÍA'.
 Under 'INTERMETRUCOS', there are four rows, each representing a different intermetallic compound (C1, C2, C3, C4). Each row contains input fields for the temperature of formation (A) in °C, the composition in %B, and a dropdown menu for the fusion type, all set to 'congruente'. A button 'Añadir Nuevo Compuesto' is located to the right of these rows.
 Under 'ALOTROPÍA', there are two rows for defining temperature ranges in different metals. The first row is 'En metal A, a [0] °C y a [0] °C' and the second is 'En metal B, a [0] °C y a [0] °C'.
 At the bottom left, there is an 'Ayuda' button. At the bottom right, there are 'Atrás' and 'Siguiente' buttons. A navigation bar at the very bottom includes buttons for 'T^m de Fusión', 'Solubilidad', 'Compuestos', 'Reacciones', and 'Diagrama'.

Figura 6. Introducción de compuestos intermetálicos y transformaciones alotrópicas.

Una vez introducidas todas las transformaciones que se producen en el diagrama, el programa mostrará una página con dos opciones posibles. La primera permitirá crear el diagrama de equilibrio generado a partir de la información introducida anteriormente. De este modo la Figura 8 muestra un diagrama de fases obtenido. Además el programa permite añadir etiquetas para todas las fases generadas en la aleación.

La segunda opción permite generar a las microestructuras creadas para cualquier composición del sistema A-B, a diferentes temperaturas (Figura 9). Para ello, se debe introducir el porcentaje de B y la temperatura que se desee. Las microestructura generada muestra un leyenda que permite distinguir entre la fase matriz y dispersa.

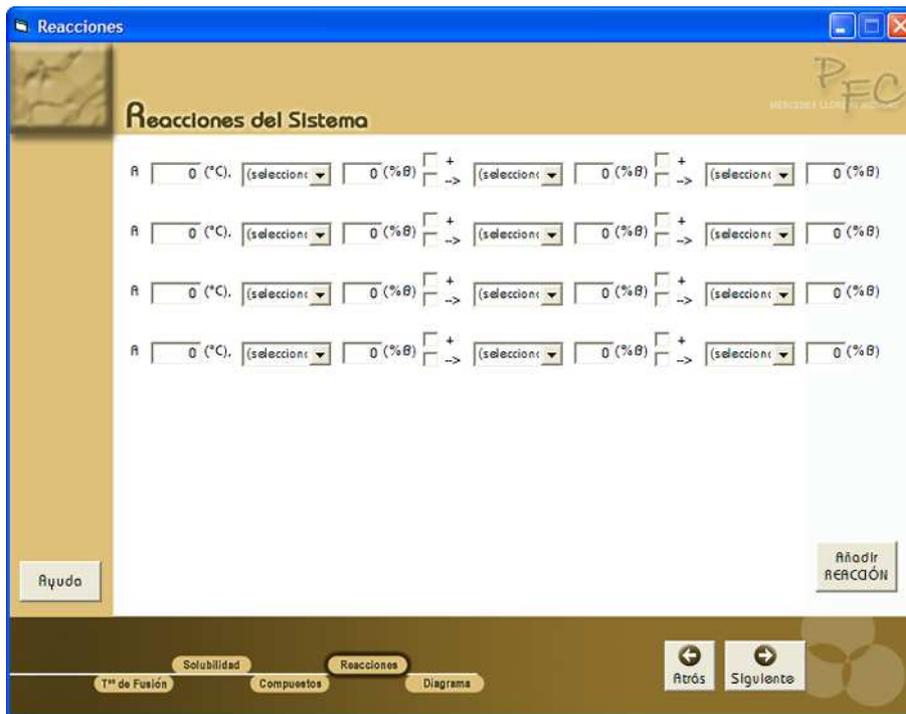


Figura 7. Introducción de las diferentes transformaciones.

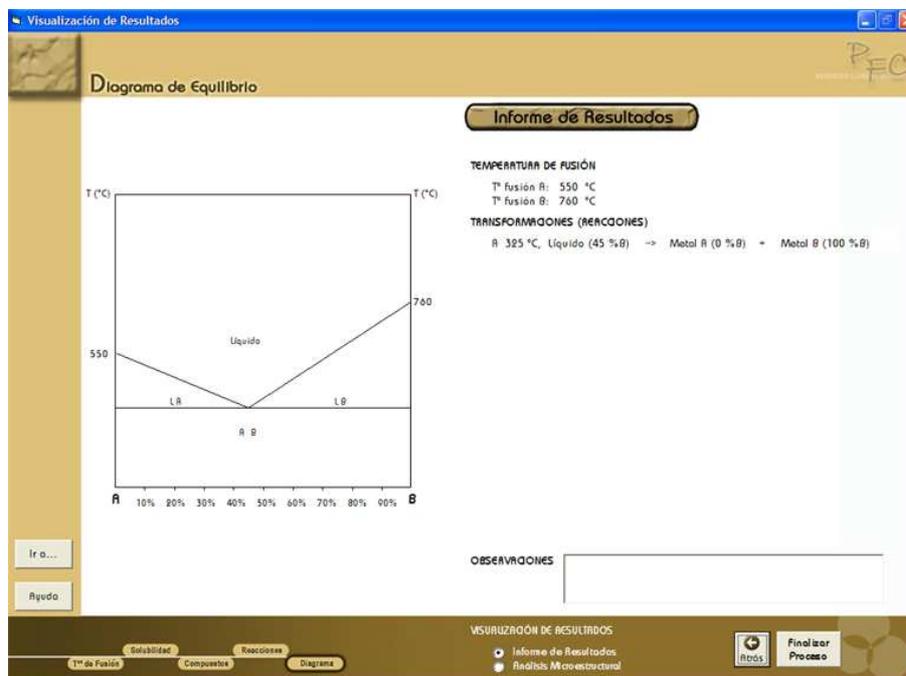


Figura 8. Obtención de diagrama de fase.

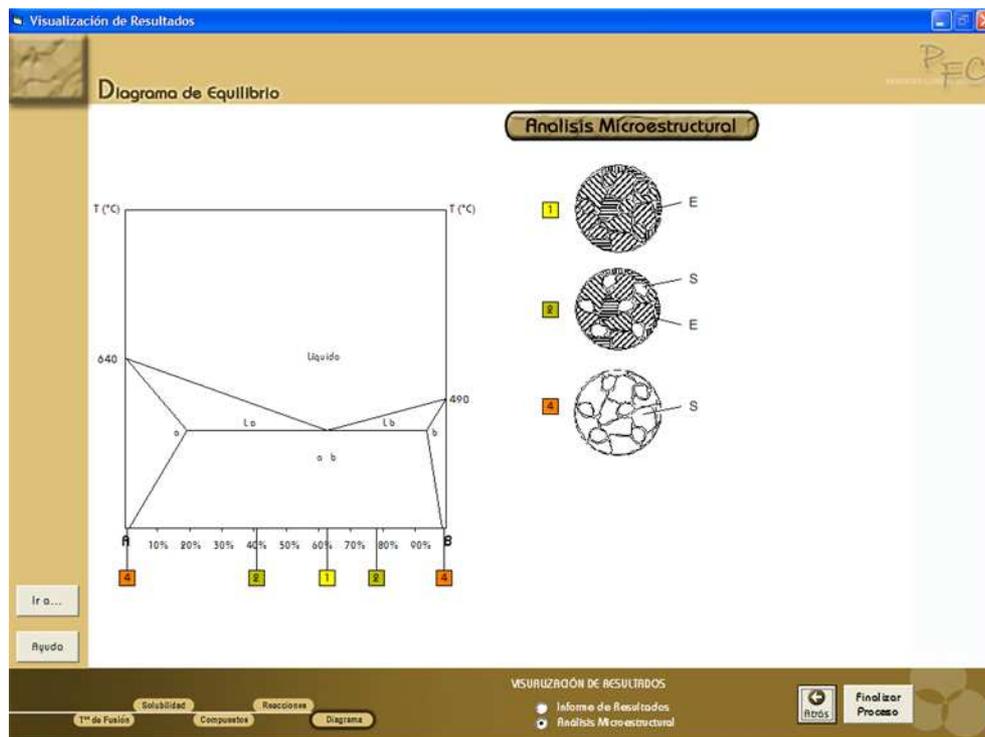


Figura 9. Análisis microestructural de las aleaciones.

Conclusiones

La utilización de laboratorios virtuales representa un efecto muy positivo en el proceso de aprendizaje basado en procesos experimentales que tanta importancia presentan en el ámbito de las Ingenierías, por su marcado carácter tecnológico. La experiencia llevada a cabo en el área de conocimiento de Ingeniería de Materiales ha permitido concluir su positiva adaptación al ritmo de aprendizaje particular de cada alumno, que fomenta la motivación del mismo al permitir la adaptación de técnicas de interacción con el sistema operativo en un entorno atractivo, y con unos contenidos totalmente adaptados al proceso de aprendizaje y guiados por el profesor.

A este respecto el programa de asistencia para la construcción de diagramas de fases que en este trabajo se presenta, es una herramienta de ayuda en el proceso enseñanza aprendizaje. Éste programa puede ser usado como ayuda para un mejor entendimiento del comportamiento de las aleaciones metálicas. Está dirigido a estudiantes, así como a profesionales en este campo.

Bibliografía

- [1] Grimaldi, D. and Rapuano, S. Measurement. 42, 485-493, 2009.
- [2] Koretsky, M. D., Amatore, D., Barnes, C. and Kimura, S. Ieee Transactions on Education. 51, 76-85, 2008.
- [3] Kostal, P., Velisek, K., Mudrikova, A. and Asme. 9th Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis. 659-662, 2008.

- [4] Quesnel, G., Duboz, R. and Ramat, E. Simulation Modelling Practice and Theory. 17, 641-653, 2009.
- [5] Rak, R. J. Przegląd Elektrotechniczny. 84, 1-8, 2008.
- [6] Stone, D. C. Journal of Chemical Education. 84, 1488-1496, 2007.
- [7] Sakellariou, A., Arns, C. H., Sheppard, A. P., Sok, R. M., Averdunk, H., Limaye, A., Jones, A. C., Senden, T. J. and Knackstedt, M. A. Materials Today. 10, 44-51, 2007.
- [8] Uran, S. and Jezemik, K. Ieee Transactions on Education. 51, 69-75, 2008.
- [9] Suzuki, A., Kamiko, M., Yamamoto, R., Tateizumi, Y. and Hashimoto, M. Computational Materials Science. 14, 227-231, 1999.

Consideraciones

- En el entorno de las nuevas tecnologías ¿estamos los profesores perfectamente capacitados para el desarrollo de material docente a los niveles de programas informáticos que se requieren? ¿Es realmente nuestra labor o deberíamos marcar sólo contenidos y “alguien” volcarlos en estos formatos?
- En el entorno de nuestras Universidades ¿estamos capacitados desde el punto de vista de infraestructuras para favorecer procesos docente on-line?
- Respecto a la docencia tradicional presencial ¿debería ser totalmente sustituida por docencia on-line?