



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

Escuela Politécnica Superior de Zamora

MEMORIA DE RESULTADOS

Proyecto de Innovación Docente ID2016/212

**MEJORA DE LA COMPRENSIÓN DE LOS
DIAGRAMAS DE FASE TERNARIOS EN
ASIGNATURAS DE QUÍMICA Y CIENCIA DE
MATERIALES MEDIANTE ARCHIVOS "PDF3D"**

PARTICIPANTES

MANUEL PABLO RUBIO CAVERO

JUAN ORTIZ MARCO

PEDRO HERNÁNDEZ RAMOS

M^a SOLEDAD SAN ROMÁN VICENTE

DIEGO VERGARA RODRÍGUEZ

Zamora, 8 de Julio de 2017

INTRODUCCIÓN

El tema que versa sobre los *Diagramas de Equilibrio o Diagramas de Fases* es uno de los más destacados dentro del temario de las asignaturas que tratan la Ciencia de Materiales en la enseñanza universitaria. En ciertas carreras, como por ejemplo el Grado de Ingeniería Mecánica, el hecho de dominarlo correctamente se hace imprescindible para la posterior comprensión de diferentes procesos ampliamente utilizados en el ámbito industrial, e.g., los Tratamientos Térmicos y los Tratamientos Termoquímicos. Debido a ello, prácticamente la totalidad de los libros enfocados a la docencia universitaria en el ámbito de la Ciencia de Materiales dedican un capítulo entero para desarrollar los conceptos necesarios para entender este tema.

En la docencia de los diagramas de fases se trabaja sobre todo con los *diagramas de equilibrio binarios* en los que sólo hay dos componentes y, por lo tanto, al considerar una de las variables de estado constante se representan en dos dimensiones (2D). La variable que se suele considerar constante es la presión, dando lugar a los diagramas de equilibrio binarios en los que se representa la temperatura vs. la concentración.

Por otro lado, los *diagramas de equilibrio ternarios*, que analizan tres componentes diferentes y surgen de la unión de tres diagramas binarios (figura 1), suelen ser tratados en menor medida principalmente debido a la dificultad que presentan para ser visualizados mentalmente en tres dimensiones (3D). Tal es así que incluso a nivel industrial los diagramas más usados son los binarios, o simplificaciones bidimensionales de los ternarios a partir de cortes a diferentes alturas (temperatura constante). Por esto en los libros de docencia universitaria este tipo de diagramas apenas está desarrollado e incluso, en algunos casos, ni siquiera son considerados.

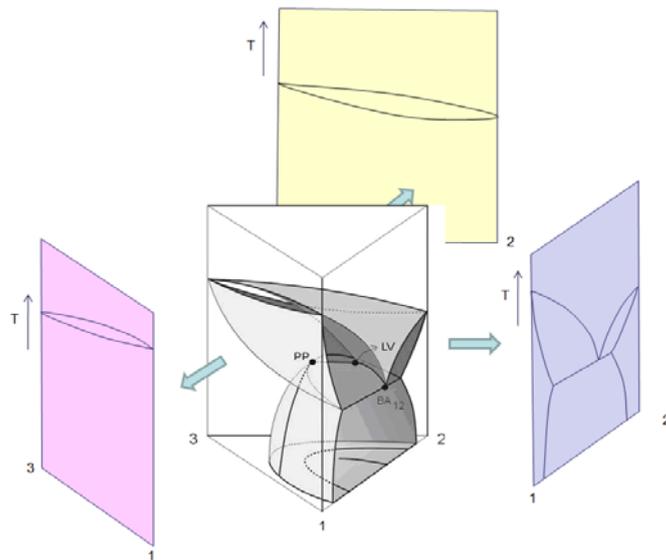


Fig. 1. Relación entre Diagramas de fase Ternarios y Binarios

Por ello y teniendo en cuenta que la comprensión de estos diagramas de fases ternarios ayuda a conocer mejor los diagramas binarios y que la mayor dificultad para entenderlos radica en la visualización en tres dimensiones (3D), en este proyecto de innovación se ha desarrollado un procedimiento para integrar modelos tridimensionales

de los diagramas de fase ternarios en archivos "PDF3D" que permiten la visualización de los modelos en tres dimensiones utilizando únicamente el lector de archivos PDF (Adobe Reader) y que puede ayudar a los estudiantes a alcanzar la concepción visual de lo que representa un diagrama de equilibrio compuesto por tres elementos.

DESARROLLO

En la primera fase de trabajo se establecieron los problemas relacionados con la visión espacial de los alumnos que afectan a la comprensión de los diagramas de fases ternarios dentro de las asignaturas implicadas en este proyecto. Para ello se analizaron los contenidos de los temarios de éstas, en base a la experiencia docente de los profesores de las Áreas implicadas y que eran los adecuados para cumplir con los objetivos del proyecto. La asignatura elegida para probar esta técnica fue "Transformaciones de fase", obligatoria del tercer curso del Grado en Ingeniería de Materiales en la Escuela Politécnica Superior de Zamora.

A continuación se eligió un diagrama ternario de fases "tipo" (figura 2), de complejidad intermedia de los que se ven en la asignatura y con él se estudió el mejor procedimiento tanto para el desarrollo de obtención del PDF3D como para su aplicación en las clases.

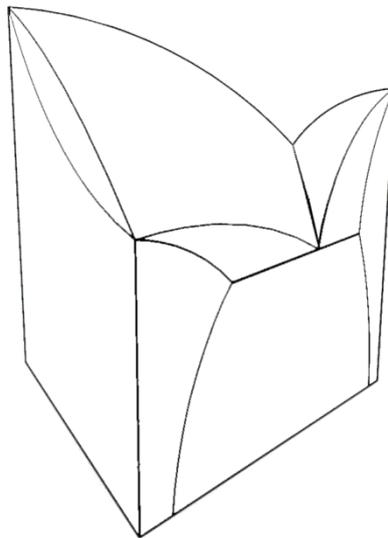


Fig. 2. Diagrama elegido

Una vez establecido el diagrama, comenzó la etapa de desarrollo, modelado y creación del archivo PDF3D, optimizando y simplificando los procesos y eligiendo el mejor procedimiento. Se eligieron en este punto las aplicaciones informáticas más adecuadas y sencillas de uso. En esta etapa de trabajo se mantuvo en todo momento la coordinación entre los profesores implicados en el Proyecto.

Descripción del proceso

A continuación se hace una descripción del proceso seguido para obtener el diagrama ternario de fases en PDF3D. Se utilizará el elegido en el punto anterior (figura 2) para mostrar el procedimiento y las técnicas empleadas y llegar al resultados final, un archivo pdf con el enunciado del ejercicio y el modelo tridimensional integrado en él.

Modelado tridimensional del Diagrama

Para ello se ha utilizado el programa informático 3DStudio Max de la empresa Autodesk. Software de modelado, animación y renderización en 3D que permite crear mundos en juegos, escenas impactantes para la visualización en ingeniería y arquitectura y espectaculares experiencias de realidad virtual.

Dentro de los distintos tipos de superficies que se pueden generar en el 3DStudio Max se eligieron las “NURBS”, (B-splines racionales no uniformes). Son representaciones matemáticas de geometría en 3D capaces de describir cualquier forma con precisión, desde simples líneas, círculos, arcos, o curvas en 2D hasta los más complejos sólidos o superficies orgánicas de formas libres en 3D. Gracias a su flexibilidad y precisión, se pueden utilizar modelos NURBS en cualquier proceso, desde la ilustración y animación hasta la fabricación. Este tipo de superficies se ha elegido porque permite crear las curvas de transformación de fase aplicando las ecuaciones termodinámicas y a partir de ellas generar las superficies.

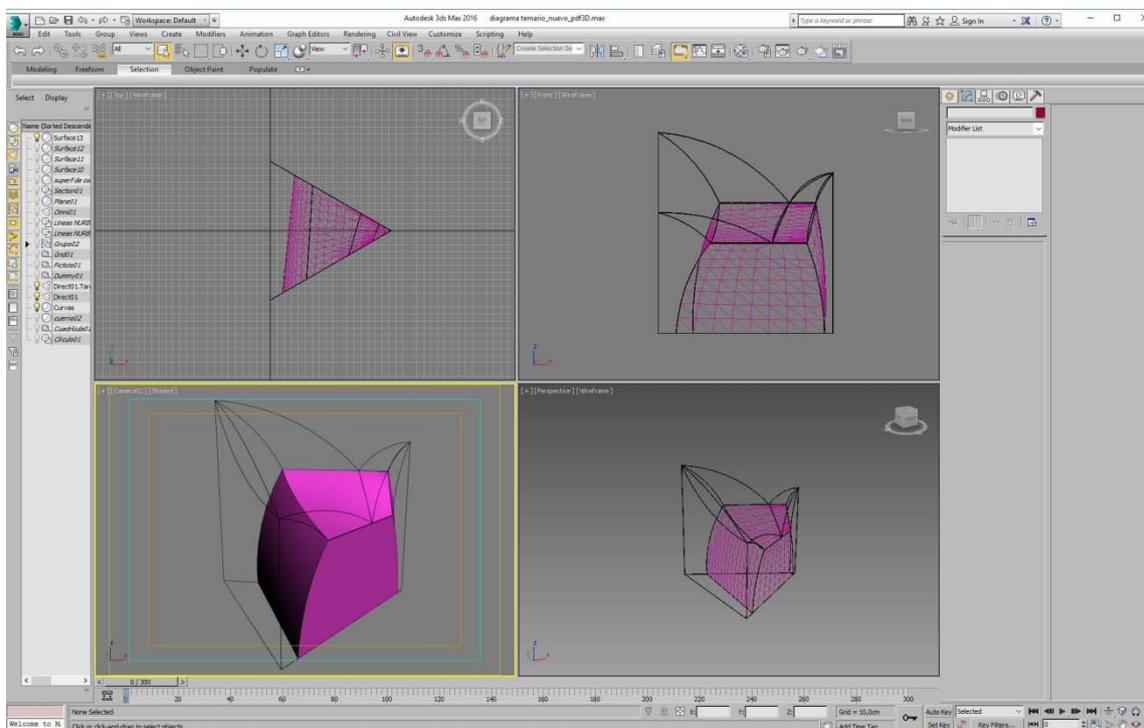


Fig. 3. Pantalla del 3DStudio Max. Curvas del diagrama y superficie NURBS de dos fases coexistentes.

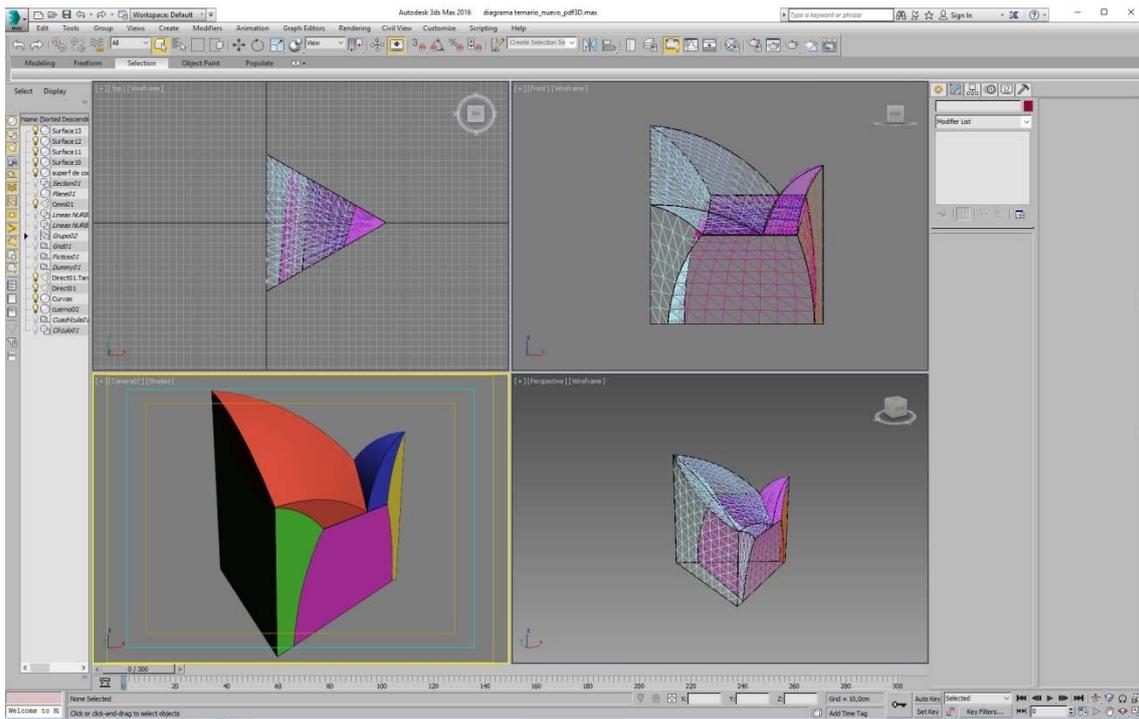


Fig. 4. Pantalla del 3DStudio Max. Superficies de diagrama.

Como se ve en las figuras 3 y 4, el modelo es tridimensional y se puede observar desde cualquier punto de vista, rotándolo o ampliando sus distintas partes. También se pueden colorear las distintas fases para comprenderlo mejor.

Otra posibilidad es iluminar el modelo e incluso animarlo para obtener imágenes más claras y visualmente atractivas (figura 5).

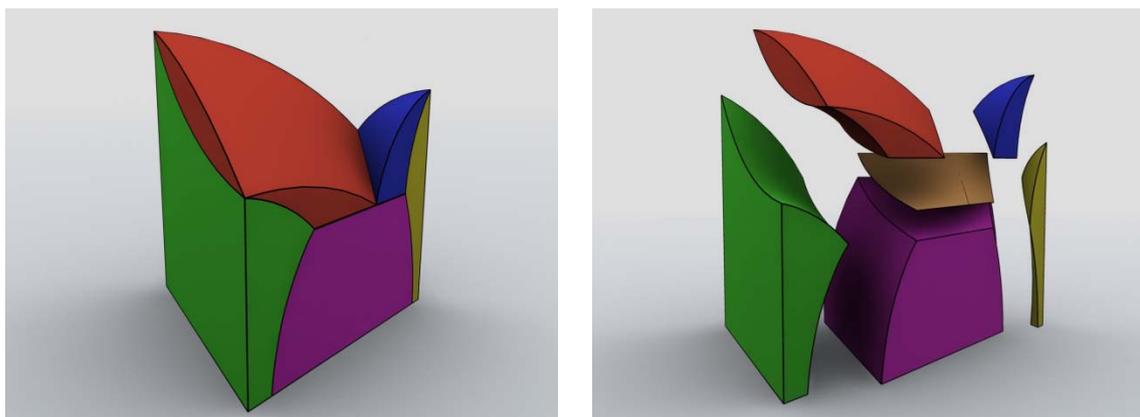


Fig. 5. Modelo del diagrama iluminado y mostrando las distintas fases.

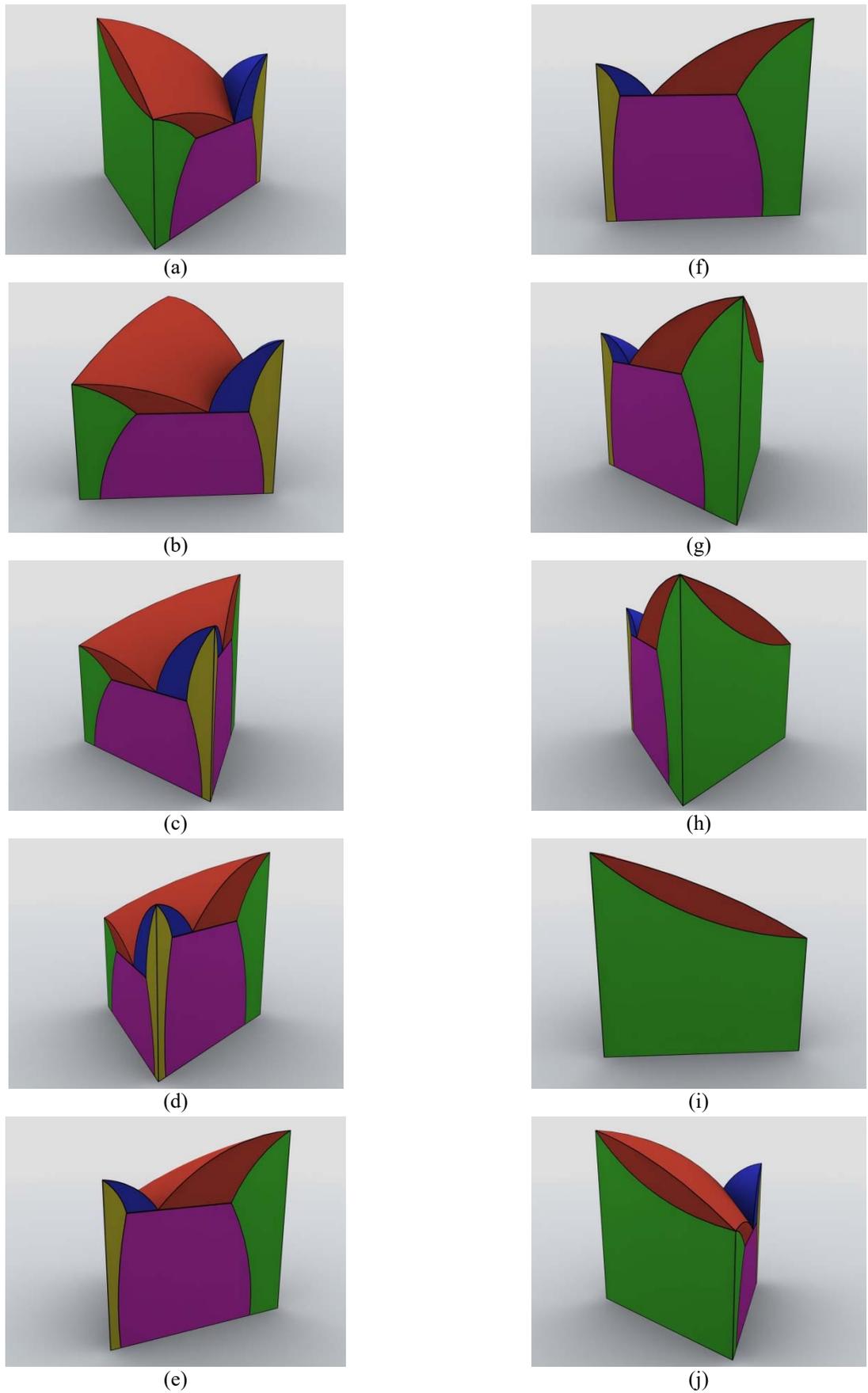
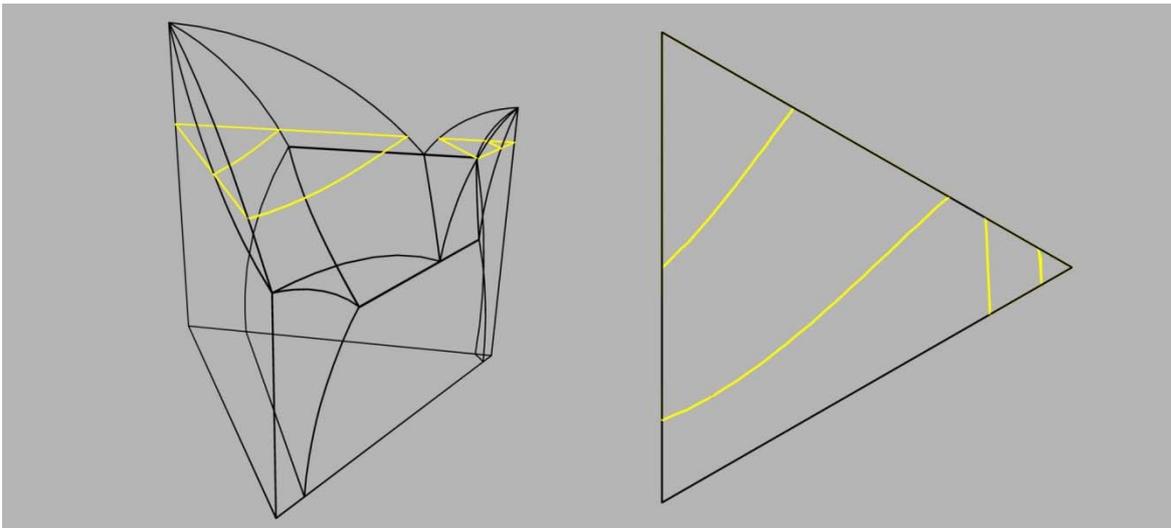


Fig. 6. Diferentes puntos de vista del diagrama: (a) punto de vista inicial; (b) giro de 40° ; (c) giro de 80° ; (d) giro de 100° ; (e) giro de 120° ; (f) giro de 140° ; (g) giro de 180° ; (h) giro de 200° ; (i) giro de 240° ; (j) giro de 280° .

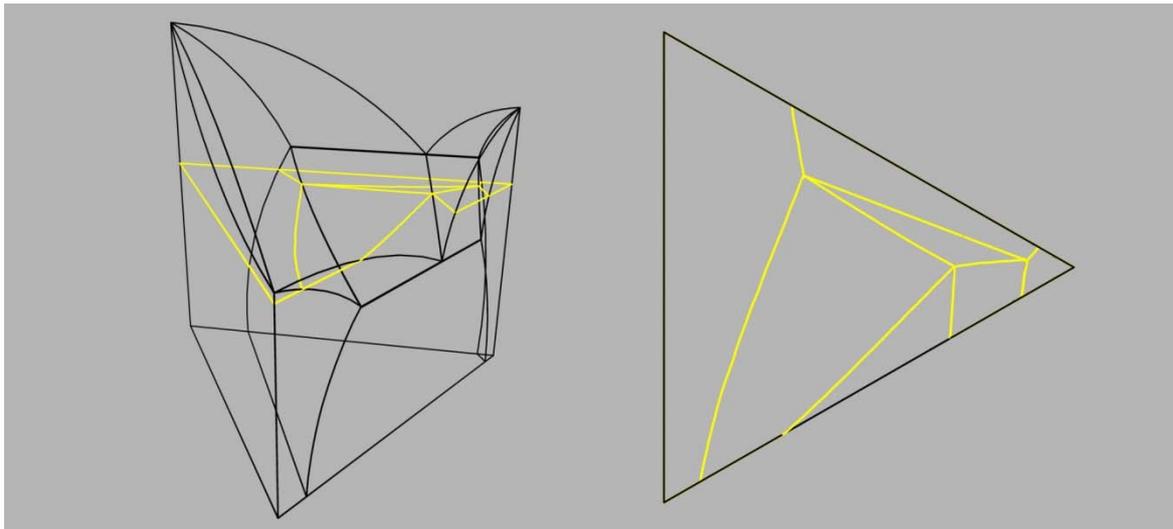
En la figura 6 se han representado diferentes puntos de vista del diagrama creado. Con esta posibilidad cualquier persona con dificultades de visión espacial puede llegar a comprender cualquier tipo de diagrama, simplemente rotándolo y fijándose en los cambios que van apareciendo con los distintos grados de giro. En esta figura se puede apreciar que desde determinados puntos de vista el diagrama queda reducido a un diagrama binario. Esta circunstancia ayuda considerablemente al docente a la hora de explicar que un diagrama ternario surge en realidad de la unión de tres diagramas binarios.

En esta propuesta se intenta potenciar el aprendizaje visual de los diagramas ternarios, por lo tanto no es necesario poner escalas en los ejes. Como la finalidad principal es entender visualmente el diagrama esto se puede indicar a la hora de dar la clase simplemente por colores, sin hablar de elementos químicos reales. Por ejemplo, a modo de explicación del diagrama ternario creado se podría indicar que en el campo bifásico de color morado coexisten las fases ficticias X (representada con color verde) e Y (representada con color amarillo).

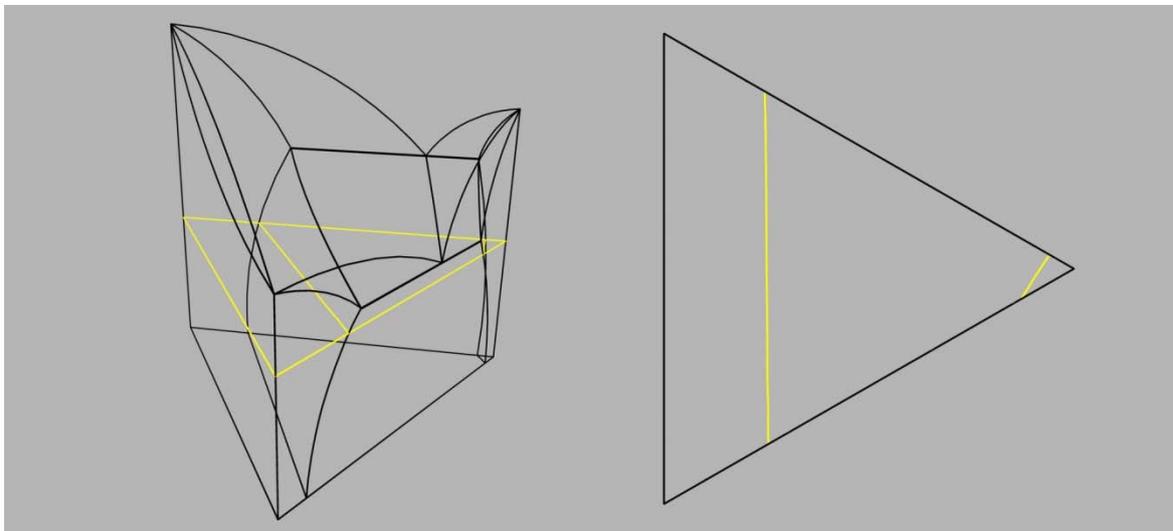
En la realidad los diagramas ternarios, debido a la dificultad de comprensión que presentan, suelen ser analizados realizando cortes isotérmicos a distintas temperaturas, de tal manera que el análisis se realiza sobre secciones triangulares representadas en un plano bidimensional (2D). El programa con el que se ha trabajado para diseñar los diagramas ternarios, 3DStudioMax, permite a la vez realizar este tipo de cortes de manera automática, de tal manera que uno mismo puede ir desplazando la altura a la que quiere el corte del diagrama en una parte de la pantalla mientras visualiza en otra parte la sección triangular (Figura 7).



(a)



(b)



(c)

Fig. 7. Secciones isotérmicas a diferentes alturas: (a) por encima de la línea eutéctica binaria, (b) cortando la línea eutéctica binaria, (c) por debajo de dicha línea.

Obtención del archivo PDF3D

Como se ha visto, en el 3DStudio Max se crea el modelo del diagrama y allí se puede cambiar el punto de vista, colorear, iluminar, animar y seccionar. Pero para poder trabajar con el diagrama es necesario tener instalado el programa completo, lo que hace inviable su uso tanto en las clases como en las prácticas no presenciales de los alumnos. Además su aprendizaje es difícil. Para hacer factible el uso del diagrama, se convierte el modelo 3D creado en el 3DStudio Max en un formato integrable en un archivo PDF. El programa que se emplea para crear los archivos PDF es el Acrobat de la empresa ADOBE, creadora del formato PDF. Este programa admite la integración en un archivo PDF de medios audiovisuales e interactivos que llama "Medios Enriquecidos". Pueden ser vídeos, audio y otros archivos multimedia interactivos como los modelos tridimensionales. Cuando se abre el PDF se da la opción de lanzar e interactuar con ellos.

El formato de archivos 3D que admite Acrobat es el "Universal 3D (U3D)". Pero el 3DStudio Max no guarda en ese formato, por lo que se deben convertir los archivos del Max mediante otro programa. En el 3DStudio Max el modelo se guarda en el formato 3DS, que es un tipo de archivo de intercambio universal de modelos CAD en tres dimensiones. Éste se abre en el Photoshop, programa también de ADOBE y se vuelve a guardar en el formato deseado U3D.

Uso del Diagrama en el archivo PDF 3D

En Acrobat, se puede ver e interactuar con contenido 3D de alta calidad creado en programas de modelado 3D o de CAD 3D profesional e incrustados en documentos PDF. Por ejemplo, se puede ocultar y mostrar o hacer transparentes, partes de un modelo 3D, quitar una cubierta para ver su interior y girar sus piezas como si estuvieran en las manos.

Un modelo 3D aparece inicialmente como una imagen de vista previa bidimensional. Al hacer clic en el modelo 3D (figura 8) con la herramienta Mano o Seleccionar se habilita (o activa) el modelo y se abre la barra de herramientas.

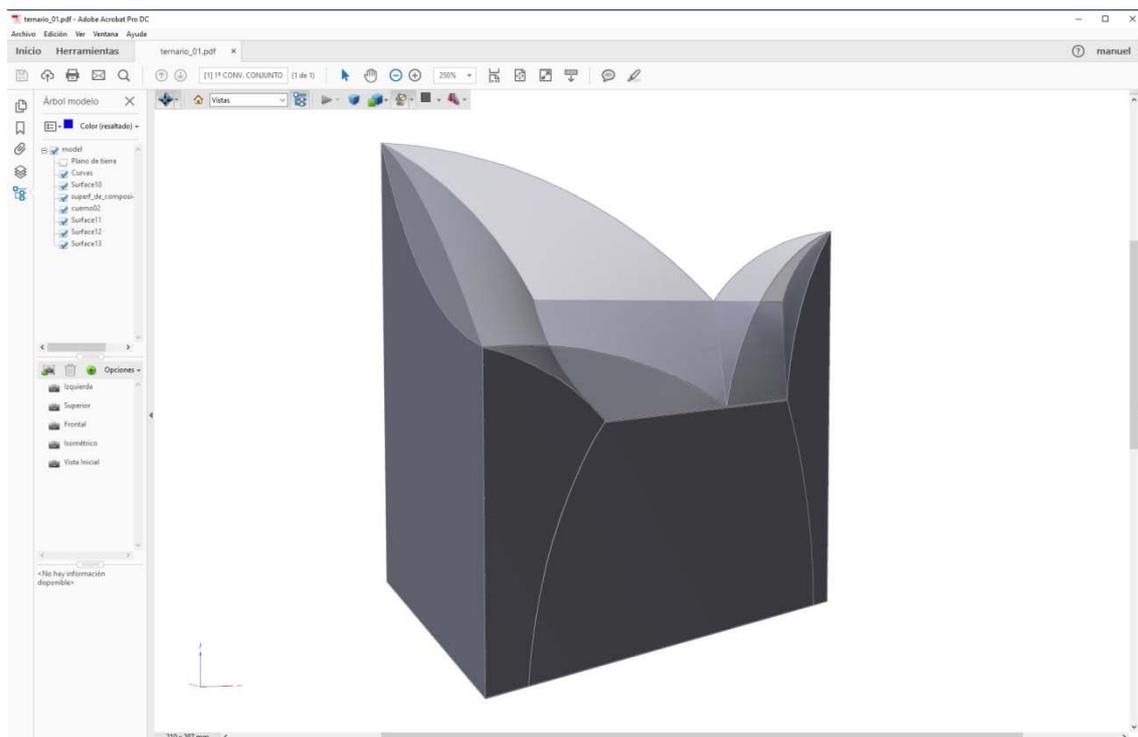


Fig. 8. El Diagrama 3D integrado en un pdf

La barra de herramientas 3D aparece al hacer clic en el modelo 3D con la herramienta Mano. Esta acción activa el modelo 3D y permite la interacción con el mismo. La barra de herramientas 3D aparece en el área que hay encima de la esquina superior izquierda del modelo 3D, y no se puede mover. Aparece una pequeña flecha a la derecha de la herramienta Rotar en que puede hacer clic para ocultar o expandir la barra de herramientas.

Se puede usar la barra de herramientas 3D para reducir y ampliar el objeto, rotarlo y obtener una panorámica. Mediante el Árbol modelo se ocultan o aíslan partes, o se hacen las partes transparentes.

Un modelo 3D se manipula seleccionando y arrastrando con diversas herramientas de navegación 3D (figura 9). Se puede rotar, desplazar (subir, bajar o moverse de un lado a otro), y ampliar o reducir.

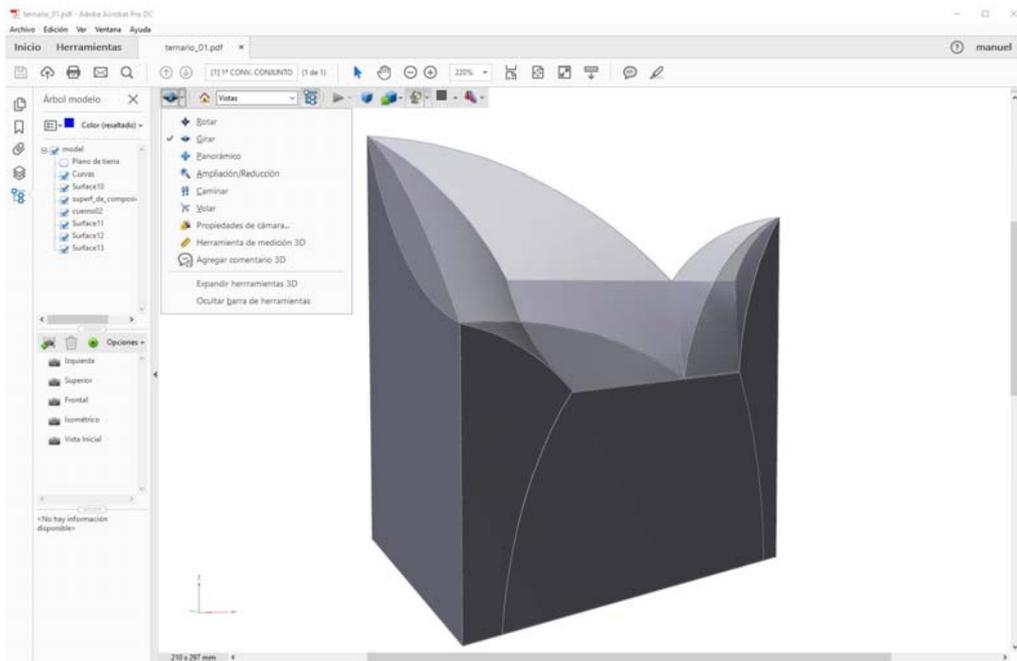
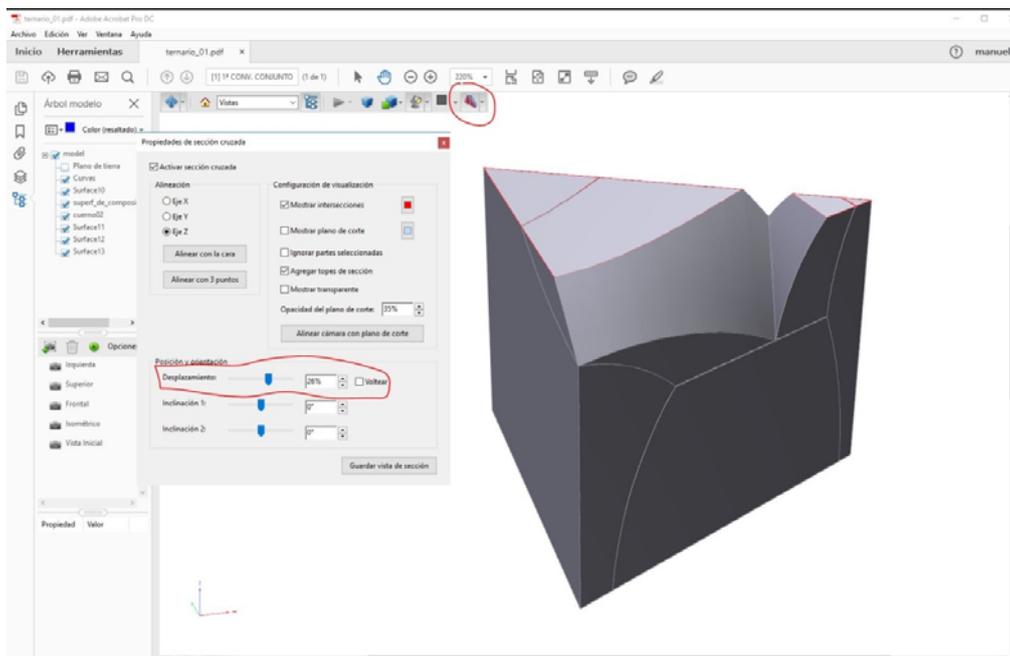


Fig. 9. Herramientas de navegación 3D

Además de poder modificar la iluminación y el modo de visualización de la superficie, se pueden definir planos de corte (figura 10) para poder ver las curvas de transformación de fase, variando en tiempo real la posición de los mismos.



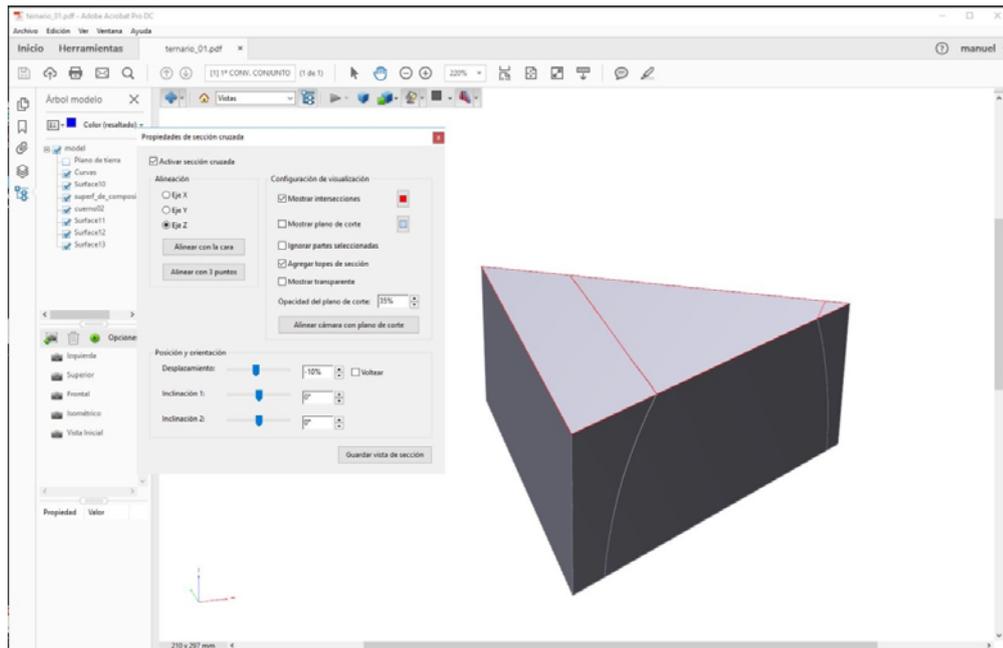


Fig. 10. Planos de corte

Los planos de corte isotérmicos permiten calcular las cantidades de cada fase midiendo distancias paralelas a los lados del triángulo (cosa que también permite hacer el PDF3D) y aplicando las ecuaciones correspondientes.

En las figuras anteriores, capturadas del PDF3D obtenido, se ve que todas las zonas del diagrama son de color gris lo que dificulta su visualización. En un segundo desarrollo se consiguió incluir en el proceso de integración desde el 3DStudio Max hasta el ACROBAT, la información de color de las zonas, lo que hace más sencilla la comprensión del diagrama (figura 11).

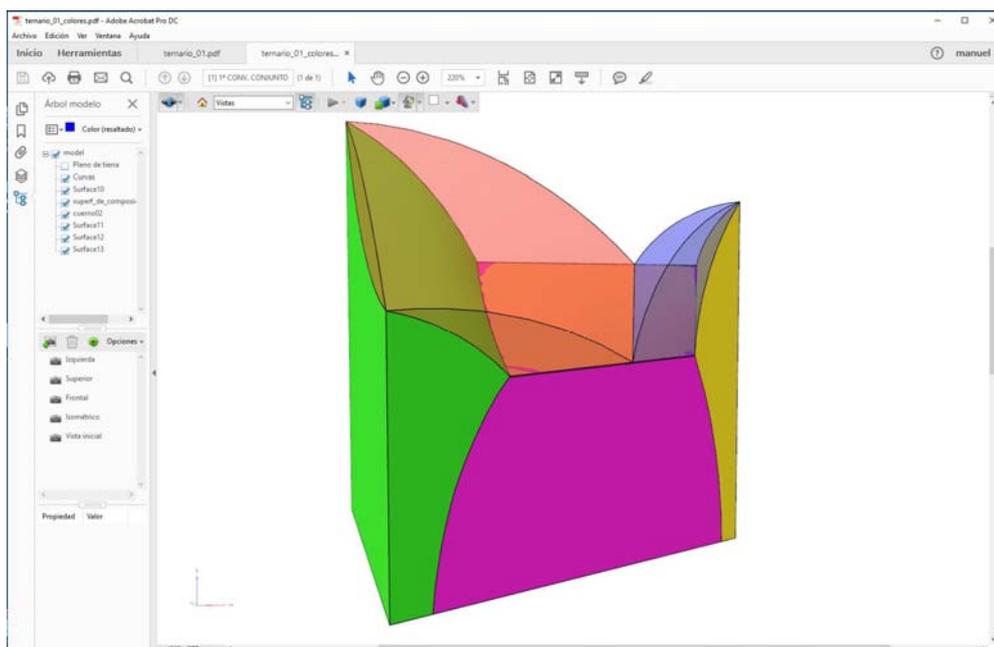


Fig. 11. Diagrama con las distintas zonas coloreadas.

RESULTADOS

Siguiendo los procedimientos indicados se ha conseguido integrar en un formato PDF un diagrama de fases ternario en tres dimensiones. **Los archivos obtenidos se incluyen al final de este documento.** Como se entrega en PDF se puede interactuar con el diagrama igual que lo harán los alumnos cuando realicen la práctica correspondiente. El procedimiento de uso será por un lado imprimir el PDF para que puedan completar en papel los datos requeridos en la práctica y activar el diagrama en el ordenador con el Adobe **Reader** que es el software gratuito estándar utilizado a nivel mundial para visualizar, imprimir y añadir comentarios en documentos PDF y poder manipular el diagrama, midiendo los datos necesarios para su resolución.

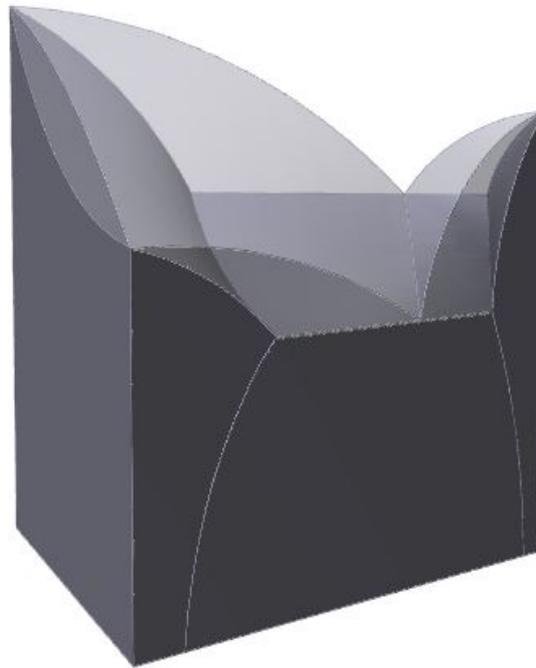
Esta práctica no se ha podido aplicar este curso en la docencia de la asignatura implicada. El proceso de creación del modelo en el 3DStudio Max es muy laborioso y no se llegó a tiempo en el temario de la asignatura.

Se mejorará el modelado reduciendo el tiempo de elaboración, se crearán otros diagramas ternarios que se utilizarán en el próximo curso en todas las asignaturas que los tienen en su programa y se valorarán los resultados obtenidos para establecer posibles mejoras u otras opciones de trabajo futuro.



Fdo. MANUEL PABLO RUBIO CAVERO
Profesor Coordinador del Proyecto
Zamora, 8 de Julio de 2017

Diagrama Ternario



**Para iniciar pulsar sobre el diagrama
Usar la opción de navegación "Girar" para cambiar el punto de vista.**

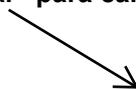
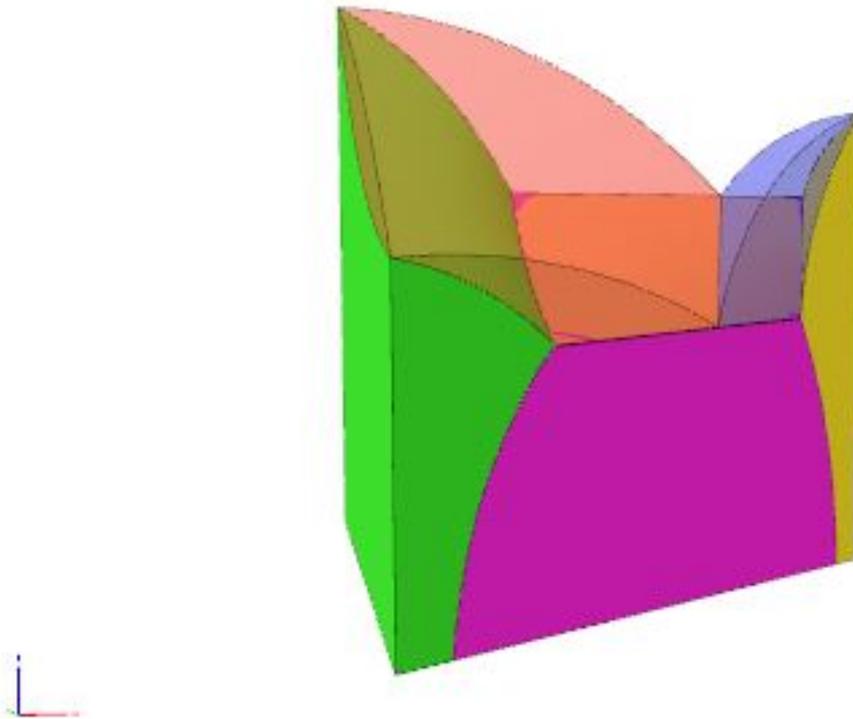


Diagrama Ternario



**Para iniciar pulsar sobre el diagrama
Usar la opción de navegación "Girar" para cambiar el punto de vista.**

