

## **Seminarios del Doctorado en Ciencias Exactas e Ingeniería 2022**

**Título de Tesis:** Diagramas de fases experimentales binarios y ternarios en aleaciones de base circonio

**Tesista:** Ing. Martín Rodrigo Tolosa.

**Director:** Dr. Nicolás Nieva.

**Co-Director:** Dr. Rubén González.

### **Resumen**

En los reactores nucleares de potencia tradicionales, refrigerados con agua liviana o pesada, la primera barrera (vainas) del material combustible radiactivo está compuesta de aleaciones de base Zr. Este material separa al combustible reactivo del refrigerante del exterior. En los reactores avanzados vuelven a aparecer las aleaciones de base Zr como recubrimiento del combustible, aunque con diferentes solicitaciones y estructura del reactor, debido a un quemado superior del combustible, temperatura superior y tiempo de vida mayor. Por lo tanto, estos materiales siguen siendo muy importantes para mantener la integridad del reactor durante el funcionamiento, así como durante el transporte y almacenamiento del combustible gastado. Entre las nuevas aleaciones comerciales empleadas como vainas tienen gran desarrollo aquellas que contienen Zr como base y Nb, Sn y Fe como aleantes principales, por ejemplo, las aleaciones Zirlo (Zr-1,0%Nb-1,0%Sn-0,1%Fe-0,1%O). La información acerca de los diagramas de fases ternarios de los principales componentes de las aleaciones tipo Zirlo (p.e. Fe-Sn-Zr y Fe-Nb-Zr) es todavía incompleta, escasa y, según muchos autores, persisten algunas incertezas. Los diagramas de fases ternarios que se estudian en este trabajo de tesis son cortes isotérmicos que se construyen sobre los triángulos de Gibbs de cada sistema metalúrgico abordado (Fe-Sn-Zr y Fe-Nb-Zr). Para cada sistema ternario se eligieron temperaturas representativas de algunos de los procesos termo-mecánicos por las que atraviesan durante el conformado de los productos tecnológicos.

La metodología experimental para la construcción de los diagramas de fases consiste básicamente en el diseño de las composiciones de las aleaciones, su fabricación y la aplicación de los tratamientos térmicos (TT). Antes y después de los TT las muestras son analizadas en su composición química, estructura cristalina y microestructura para determinar las fases presentes y poder delinear los límites de equilibrio de fases en cada caso y contexto. La caracterización descrita se realiza principalmente utilizando técnicas de microanálisis, cualitativo (microscopio electrónico de barrido con espectómetro de dispersión en energía, EDS) y cuantitativo (microscopio electrónico de barrido con espectómetro de dispersión de longitud de onda, WDS), técnicas metalográficas (microscopio óptico, MO), de difracción de rayos x (DRX) con equipo de laboratorio, difracción de rayos x con luz de sincrotrón (DRXLS) en equipo de alta resolución y difracción de neutrones (DN). Existen pocos antecedentes de trabajos experimentales sobre los diagramas de fases de los sistemas ternarios Fe-Sn-Zr y Fe-Nb-Zr y binarios Fe-Zr y Sn-Zr.

Respecto de la última jornada de seminarios de doctorandos en el año 2021, se avanzó en la escritura de publicaciones y de la tesis.

A mitad del año pasado se publicó el trabajo “Stability of  $\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$  phase in Zr alloys” en la Revista SAM (Asociación Argentina de Materiales). Este trabajo trató sobre la estabilidad de la fase  $\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$  en el sistema binario Fe-Zr y los sistemas ternarios Fe-Sn-Zr y Fe-Nb-Zr a diferentes temperaturas. Actualmente tenemos un trabajo sobre el ternario Fe-Nb-Zr a  $1000^\circ\text{C}$  en etapa de revisión en la Revista Calphad, teniendo que enviar por segunda vez unas observaciones/correcciones propuestas por el editor y los revisores de la revista.