

Figura 5.62. Zona del núcleo del lingote de Rheocasting recalentado.

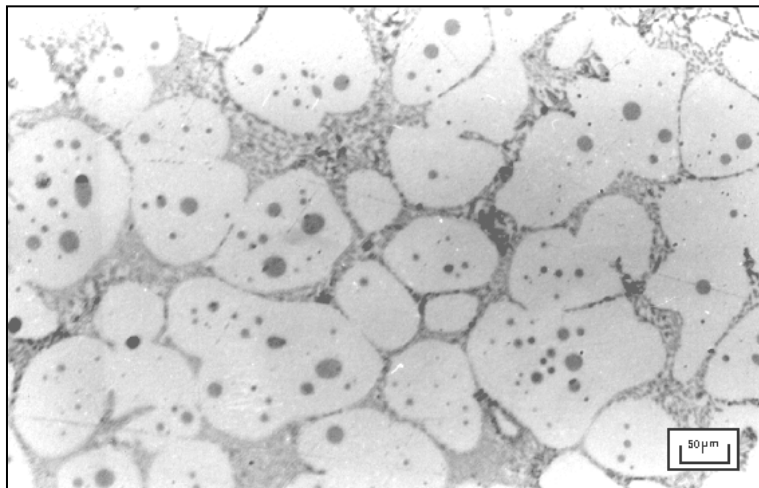


Figura 5.63. Zona intermedia del lingote de Rheocasting recalentado.

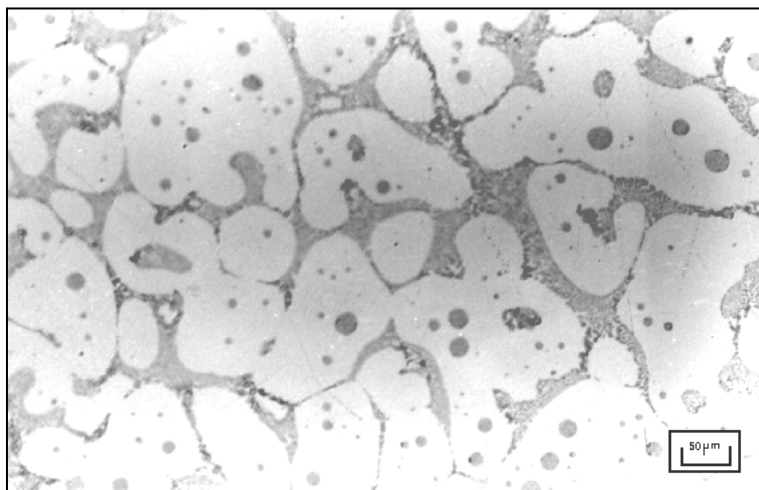


Figura 5.64. Zona de la periferia del lingote de Rheocasting recalentado.

El análisis metalográfico cuantitativo se ha realizado en las 3 zonas del lingote.

El número de esferoides en el interior de la fase α aumenta del núcleo a la periferia. El dato numérico que aparece en la Tabla 5.5 indica que en un mismo número de campos estudiados por área, hay el triple de esferoides en la periferia (Fig. 5.65a) que en el núcleo (Fig. 5.65b) y con el doble de tamaño medio. El factor de forma de los esferoides de eutéctico prácticamente no cambia entre las tres zonas.

En cuanto al silicio eutéctico se aprecia que el factor de forma aumenta ligeramente al desplazarnos hacia la periferia pero en todos los casos son siempre irregulares. Es más pequeño y más abundante en la periferia (Tabla 5.6).

Tabla 5.5. Análisis metalográfico cuantitativo de esferoides de eutéctico.

Zona	Área media (μm^2)	Factor de forma	Diámetro equivalente (μm)	Nº esferoides analizados
Núcleo	30,2	0,82	5,46	112
Zona Intermedia	36,9	0,82	5,83	274
Periferia	62,3	0,81	7,10	343

Tabla 5.6. Análisis metalográfico cuantitativo del silicio eutéctico.

Zona	Área media (μm^2)	Factor de forma	Diámetro equivalente (μm)
Núcleo	3,4	0,45	1,5
Zona Intermedia	1,4	0,48	1,1
Periferia	0,9	0,53	0,8

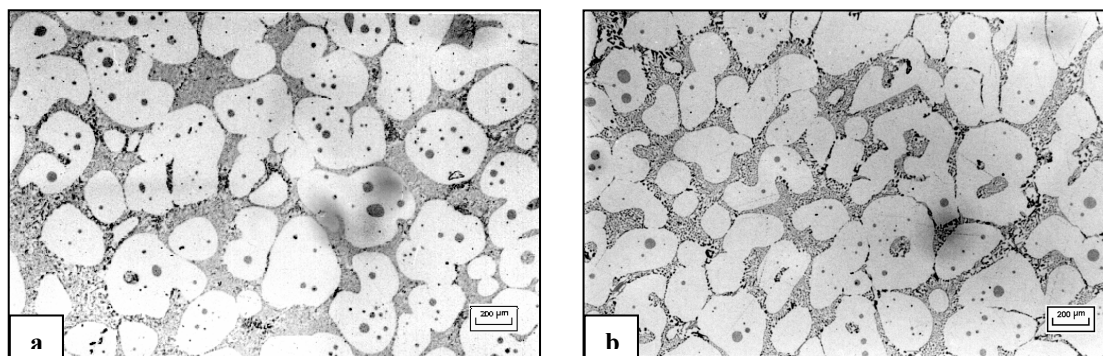


Figura 5.65. Presencia de esferoides en: a) periferia y b) núcleo.

5.6 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL LINGOTE DE RHEOCASTING

5.6.1 Propiedades mecánicas del lingote de Rheocasting

Se han realizado ensayos de tracción en el lingote de Rheocasting, según lo explicado en el Apartado 4.3.7 y utilizando probetas mecanizadas según la norma indicada en la Fig. 4.13 en la dirección longitudinal del lingote (Fig. 4.8).

Los resultados de los ensayos de tracción en los lingotes suministrados por Pechiney se presentan en la Tabla 5.7 y en la gráfica de la Fig. 5.66.

Se han efectuado ensayos de dureza (según lo indicado en el Apartado 4.3.4) en las tres zonas del lingote que presentan variaciones microestructurales. Los resultados de los ensayos de dureza Brinell y Vickers dan valores análogos (Tabla 5.8).

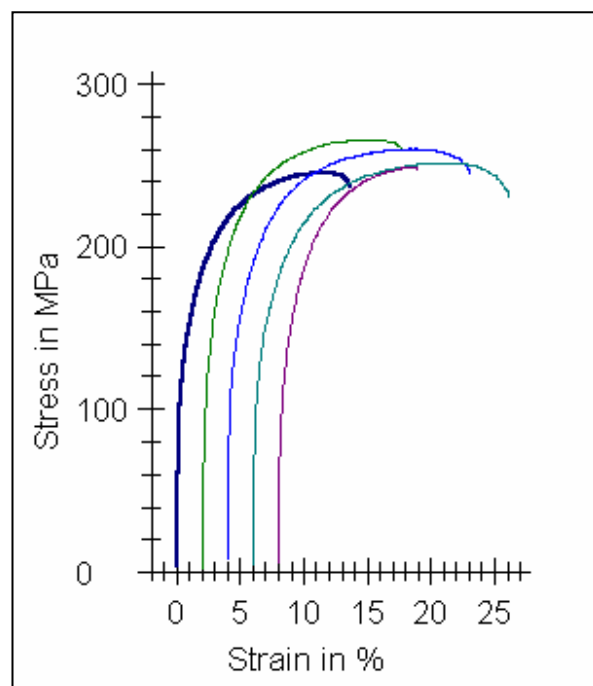


Figura 5.66. Ensayos de tracción del lingote de Rheocasting.

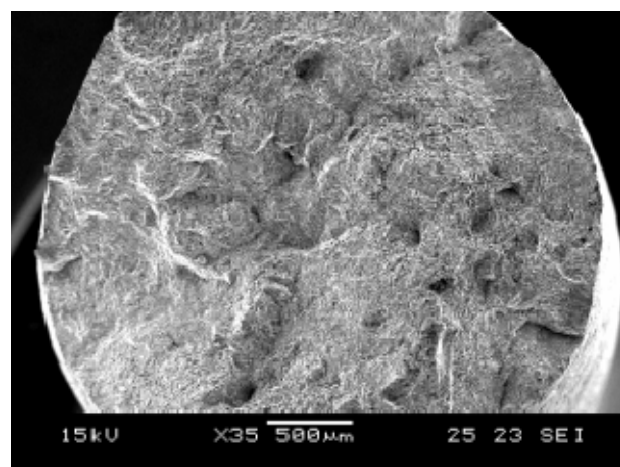
Tabla 5.7. Ensayos de tracción del lingote de Rheocasting A357.

A357 Lingote de Rheocasting				
Muestra	E /GPa	Rp _{0.2} /MPa	Rm /MPa	A / %
1	65	108	246	13,7
2	62	118	266	15,9
3	79	118	260	19,0
4	70	116	252	20,1
5	61	110	249	11,0
\bar{X}	67,4	114,1	254,7	15,9
σ	7,3	4,7	8,5	3,75

Tabla 5.8. Ensayos de dureza en el lingote de Rheocasting.

Zona	Dureza /HB	Dureza /HV
Núcleo	61	60
Zona intermedia	58	59
Periferia	60	60

En los análisis fractográficos realizados se observa fractura dúctil (Figs. 5.67 y 5.68)

**Figura 5.67.** Fractografía de una probeta de lingote de Rheocasting A357.

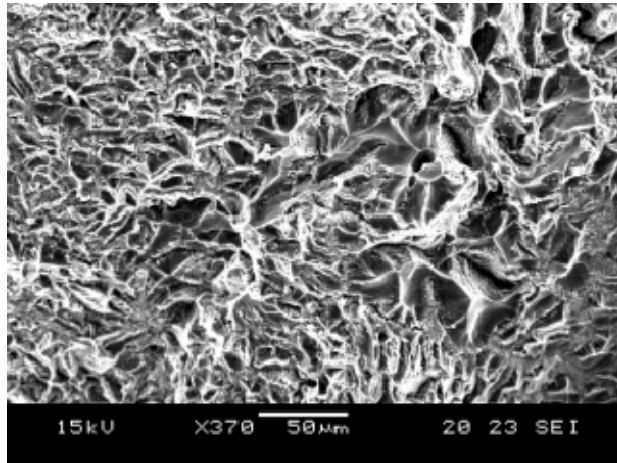


Figura 5.68. Detalle de una fractura de una zona externa de una probeta de tracción de lingote de Rheocasting A357.

5.6.2 Propiedades mecánicas del lingote de Rheocasting recalentado

Se han realizado ensayos de tracción en el lingote de Rheocasting recalentado (según se ha explicado en el Apartado 4.3.7), utilizando probetas mecanizadas según las dimensiones indicadas en la Fig. 4.13 y en la dirección longitudinal del lingote (Fig. 4.8). Las condiciones de ensayo son las mismas que en los casos anteriores. Los resultados obtenidos aparecen en la Tabla 5.9 y la Fig. 5.69.

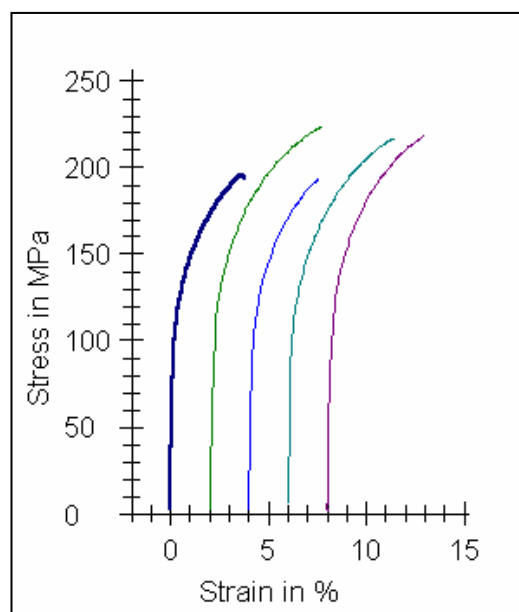


Figura 5.69. Ensayos de tracción del lingote recalentado.

Tabla 5.9. Ensayos de tracción del lingote recalentado.

Muestra	E /GPa	Rp 0.2%/MPa	Rm /MPa	A / %
1	59	119	195	3,8
2	53	122	224	5,8
3	59	117	193	3,6
4	70	117	216	5,5
5	65	120	219	5,1
\bar{X}	61,2	119,1	209,5	4,7
σ	6,6	2,0	14,2	1,0

El ensayo de durezas ha dado los resultados que aparecen en la Tabla 5.10. Los resultados indican que prácticamente no hay diferencia entre las 3 zonas del lingote recalentado, y que respecto al lingote de Rheocasting sin tratar, la dureza HB ha aumentado (Tabla 5.8).

Tabla 5.10. Ensayos de dureza en el lingote recalentado.

Zona	Dureza /HB
Núcleo	80
Zona intermedia	77
Periferia	79

El análisis fractográfico de las probetas de tracción del material de Rheocasting recalentado a 575 °C durante 7 minutos revela la presencia de las microcavidades características de una rotura dúctil (Figs. 5.70 y 5.71). Así mismo, se detectan regiones en las que aparecen poros (porosidad de contracción), con lo que la fase α está libre de eutéctico, y éste presenta una total falta de adherencia con la solución sólida, mostrándose la superficie de ésta totalmente limpia (Fig. 5.72).

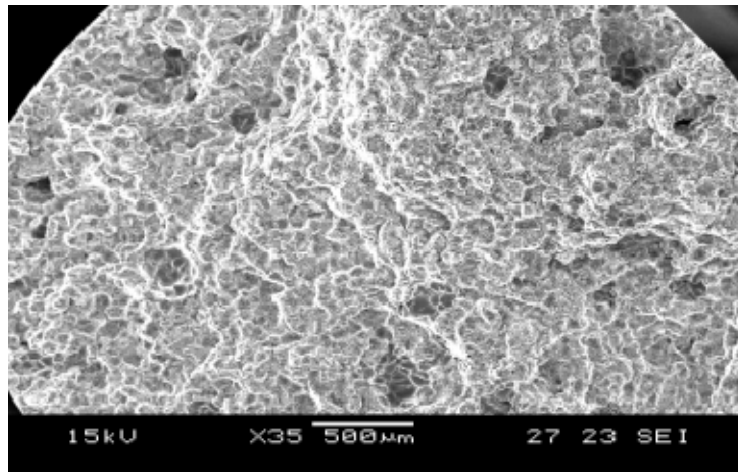


Figura 5.70. Fractografía del lingote de Rheocasting recalentado a 575 °C durante 7 min.

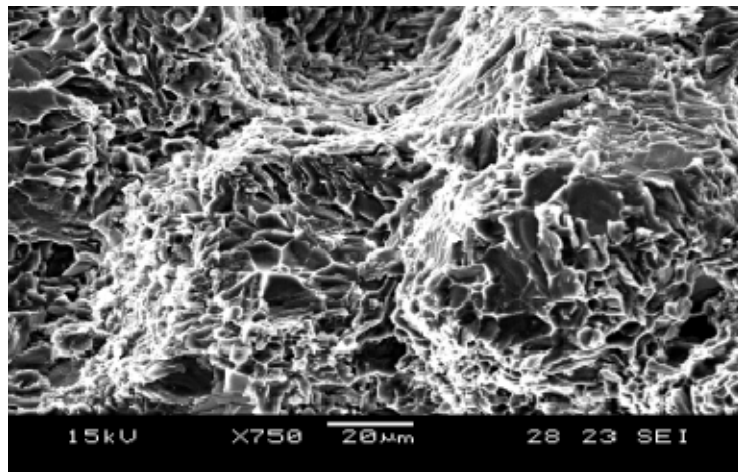


Figura 5.71. Fractografía del lingote de Rheocasting recalentado a 575 °C durante 7 min.

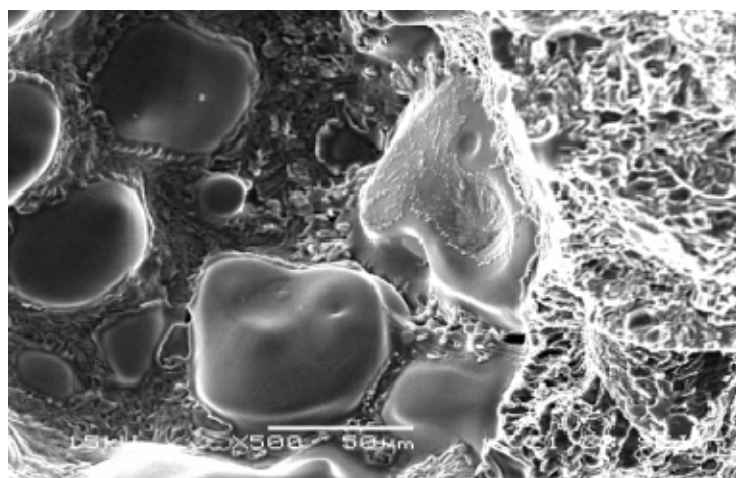


Figura 5.72. Fractografía del lingote de Rheocasting recalentado a 575 °C durante 7 min mostrando fase α libre de eutético

5.6.3 Efecto de los tratamientos térmicos de esferoidización en la dureza de la fase α del lingote de Rheocasting

Se ha estudiado el efecto de los tratamientos térmicos de esferoidización, comentados en el Apartado 5.2, en la dureza Brinell del lingote de Rheocasting (Figs. 5.73 y 5.74). Los datos numéricos se encuentran en el Anexo, Tablas 1.16 a 1.18.

En general en las 3 zonas del lingote, núcleo, zona intermedia y periferia, descritas en la Figura 5.73, se produce un descenso de la dureza HB al aumentar el tiempo de tratamiento.

La dureza HB es mayor en la zona del núcleo que en la periferia, a las diferentes temperaturas estudiadas (Fig. 5.74).

También se han realizado ensayos de dureza Vickers de la fase α (según lo indicado en el Apartado 4.3.5) en el núcleo y en la periferia del lingote de Rheocasting, para conocer el efecto que los tratamientos de esferoidización tienen en los microconstituyentes (Figs. 5.75 y 5.76). Los datos numéricos se encuentran en el Anexo, Tablas 1.19 a 1.21.

Se observa en las gráficas de la Fig. 5.75 que con el aumento de la temperatura y el tiempo de tratamiento, se produce un aumento de la dureza HV de la fase α .

A las temperaturas de 500 °C y 550 °C se encuentran valores de dureza HV en la fase primaria mayores que en la pieza sin tratar; este fenómeno se produce tanto en el núcleo como en la periferia (Fig. 5.76).

La dureza HV de la fase α es más elevada en la periferia que el núcleo, a todas las temperaturas estudiadas (Fig. 5.76).

I) Dureza Brinell

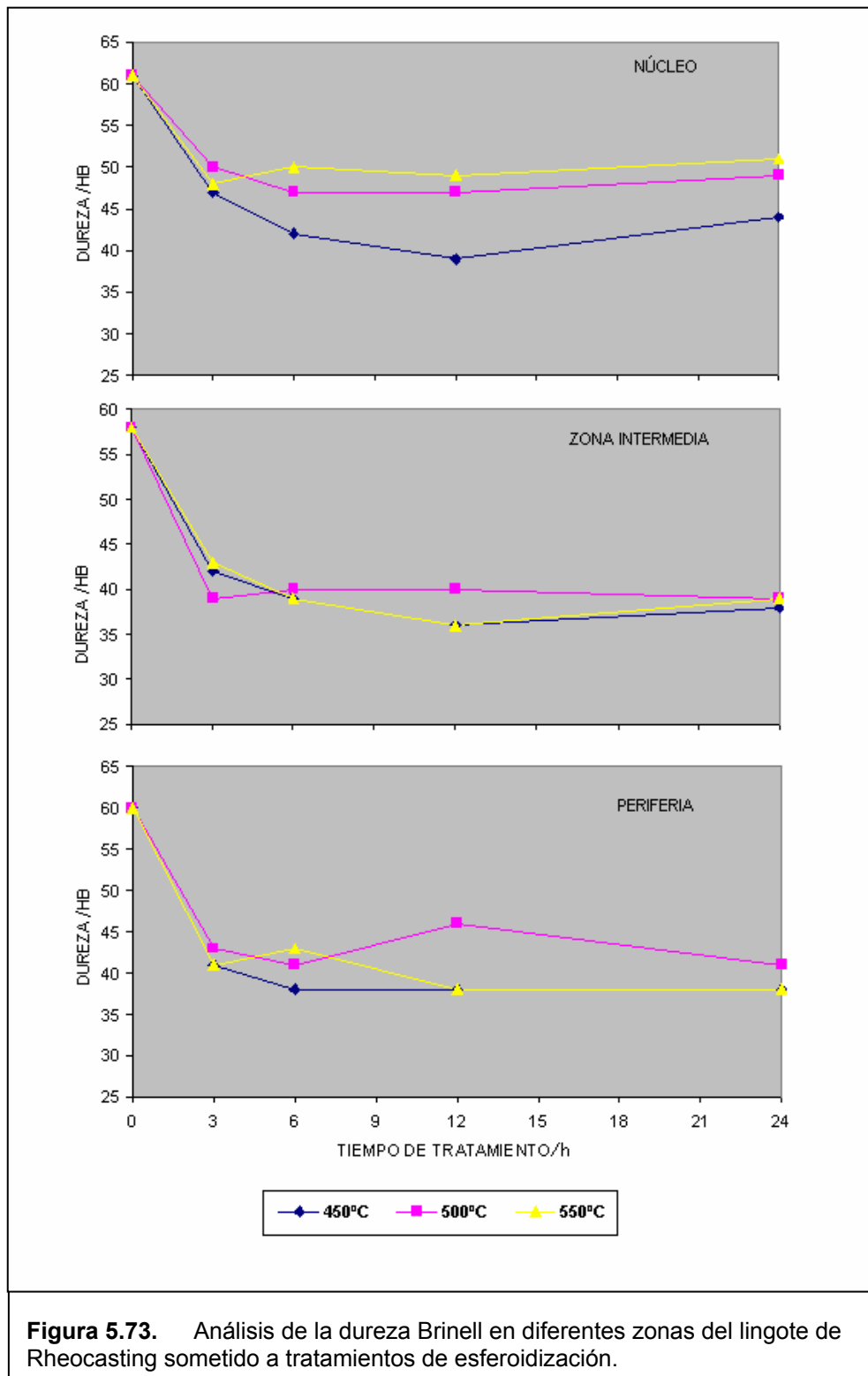


Figura 5.73. Análisis de la dureza Brinell en diferentes zonas del lingote de Rheocasting sometido a tratamientos de esferoidización.

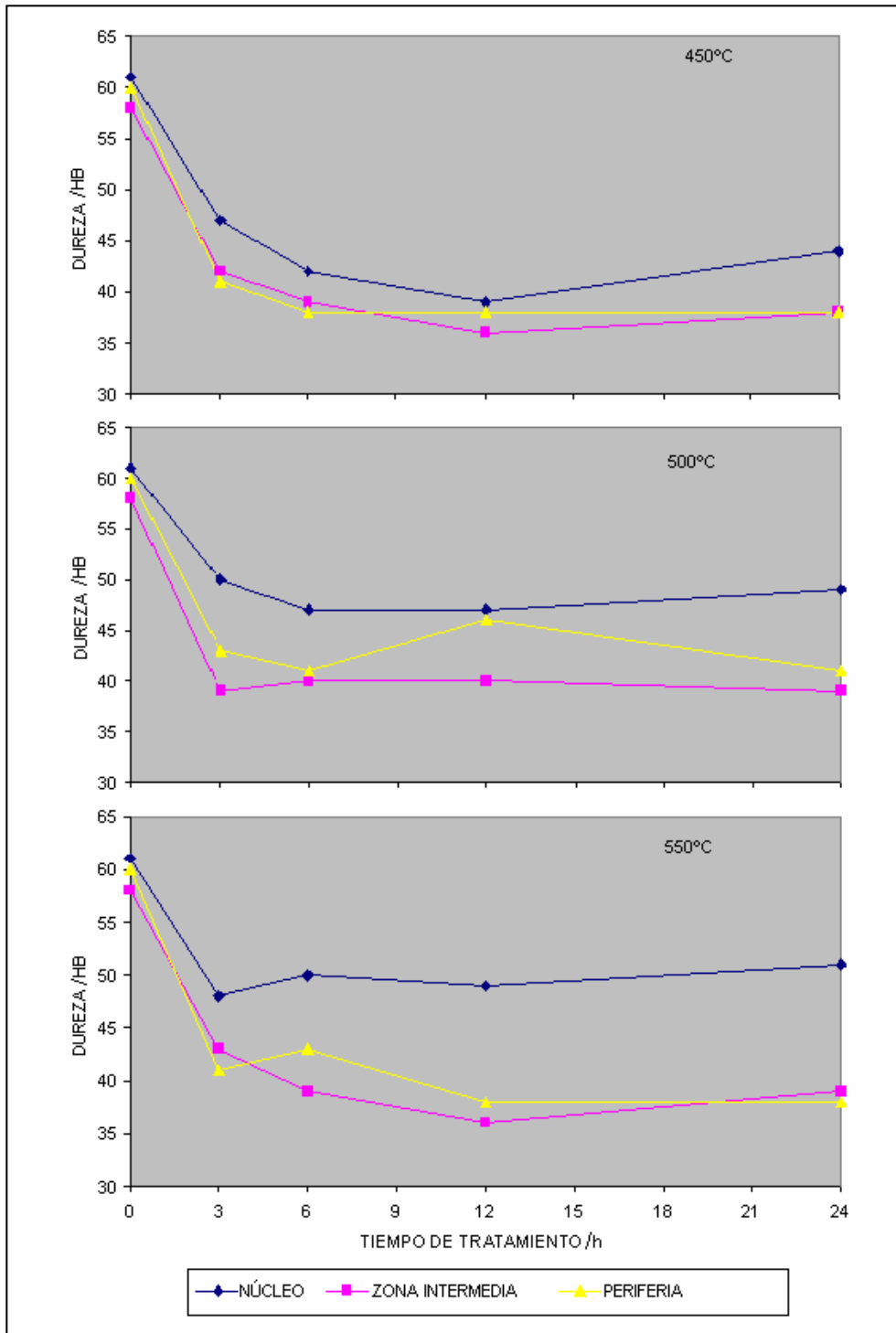


Figura 5.74. Análisis de la dureza Brinell a distintas temperaturas en las zonas del lingote de Rheocasting sometidas a tratamientos de esferoidización.

II) Microdureza Vickers

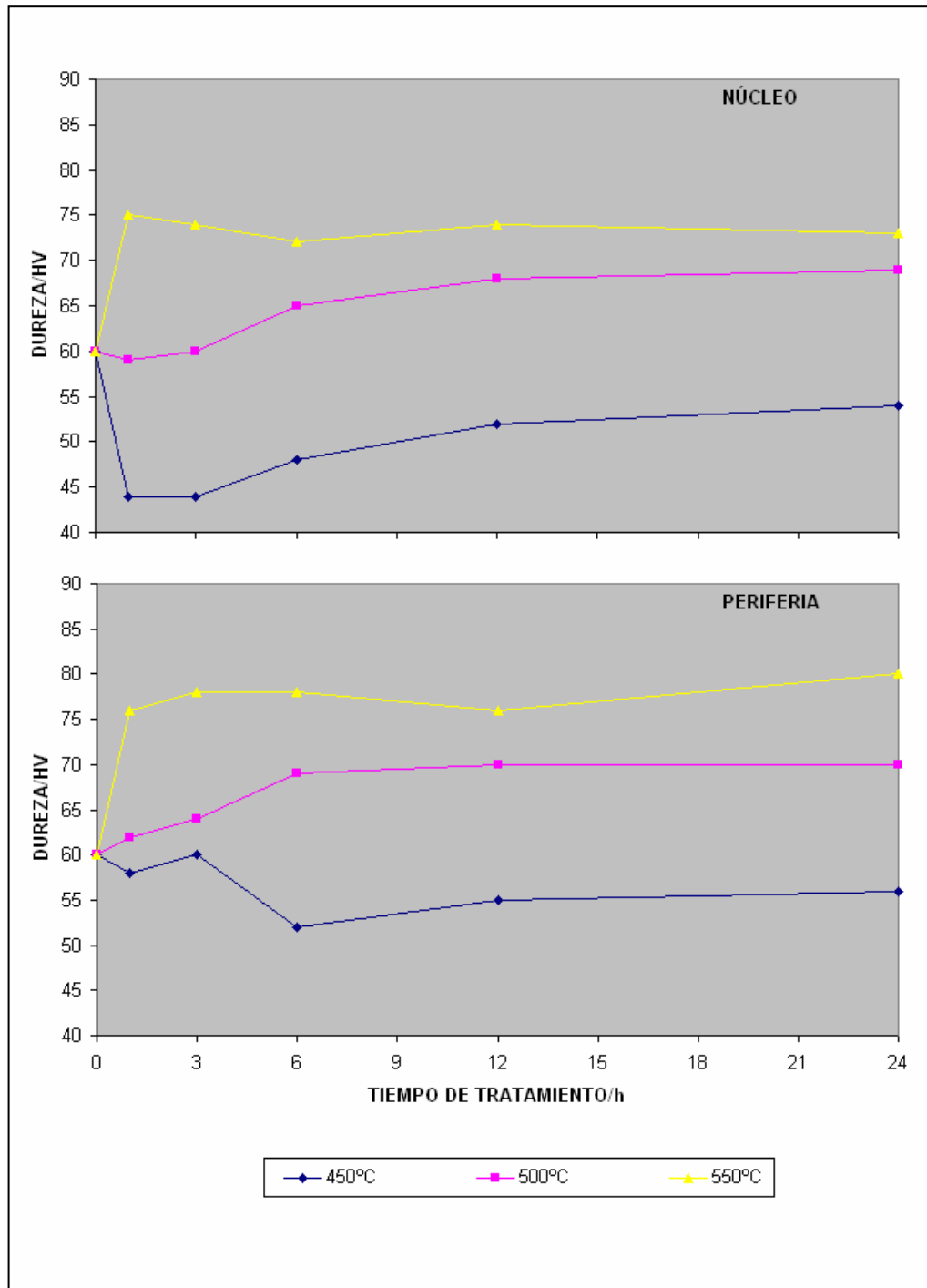


Figura 5.75 Análisis de microdurezas Vickers en diferentes zonas del lingote de Rheocasting sometido a tratamientos térmicos de esferoidización.

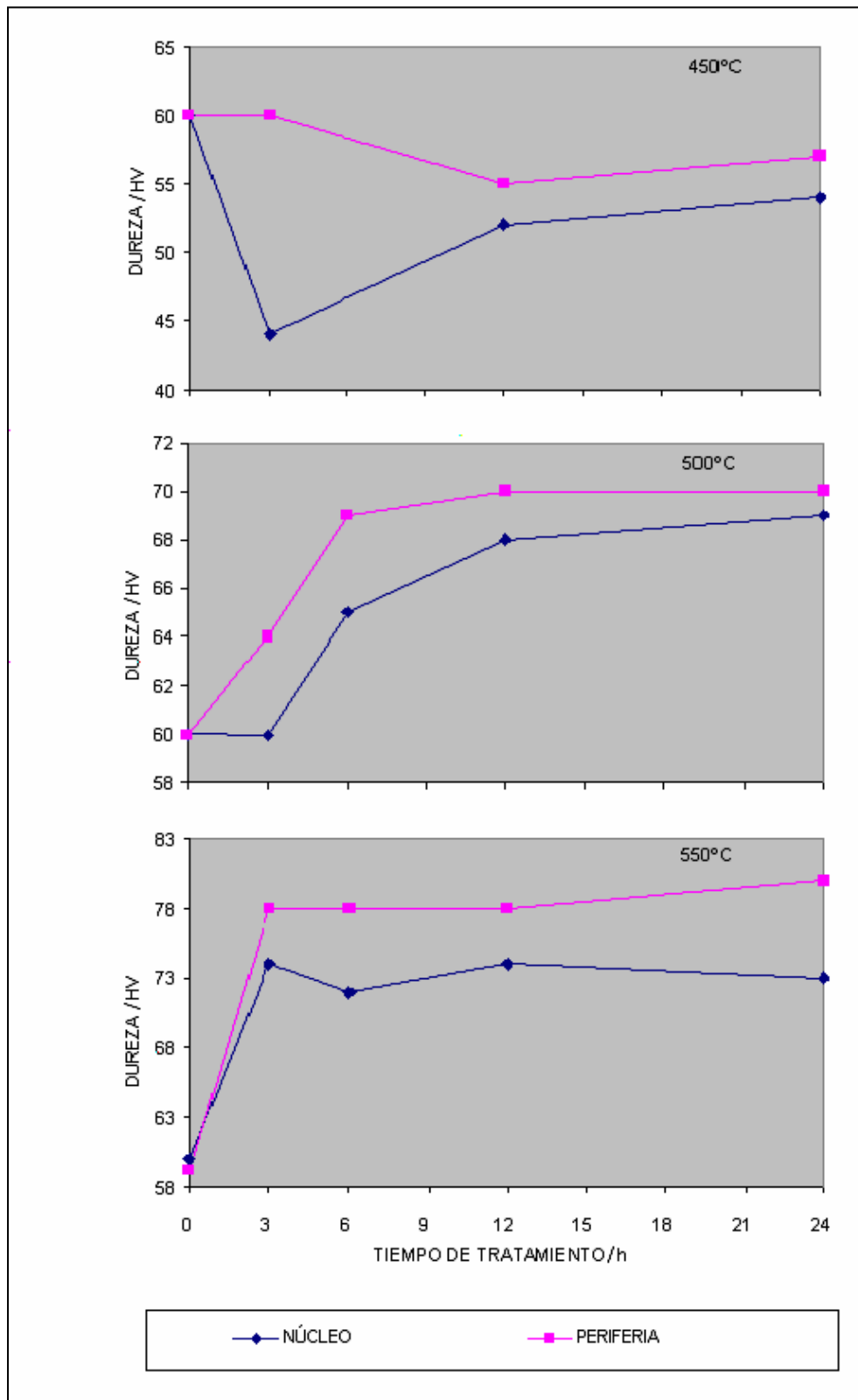


Figura 5.76. Análisis de la microdureza Vickers a distintas temperaturas en las zonas del lingote de Rheocasting sometidas a tratamientos de esferoidización.