

B-355
ej. 2

04 76 11

PMM/C-194

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

PROGRAMA MULTINACIONAL DE METALURGIA
(Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico-OEA)

INFLUENCIA DE LA IRRADIACION GAMMA EN EL PROCESO DE REVENIDO DE ACEROS
ALEADOS Y AL CARBONO

José Ovejero Garcia, Edgardo Robert y César Libanati

Buenos Aires-Argentina

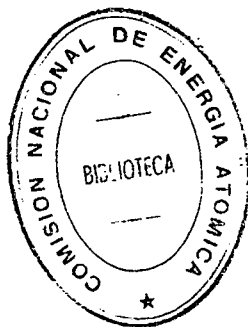
1976

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

PROGRAMA MULTINACIONAL DE METALURGIA
(Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico-OEA)

INFLUENCIA DE LA IRRADIACION GAMMA EN EL PROCESO DE REVENIDO DE ACEROS
ALEADOS Y AL CARBONO

José Ovejero Garcia, Edgardo Robert y César Libanati



Buenos Aires-Argentina

1976

INFLUENCIA DE LA IRRADIACION GAMMA EN EL PROCESO DE REVENIDO DE ACEROS

ALEADOS Y AL CARBONO

José Ovejero García*, Edgardo Robert** y César Libanati***

RESUMEN

Se utilizaron aceros, al carbono y aleados, SAE 1045 y SAE 3335. Las muestras fueron templadas y posteriormente irradiadas, en estado martensítico, mediante una fuente de alto poder de Co^{60} y una dosis gamma de 2.5×10^8 r. Luego fueron revenidas en temperaturas comprendidas entre 100°C y 500°C . Mediante ensayos de compresión fue determinado $\sigma_{0.2}$ en función de la temperatura de revenido. Se observa una aceleración en el proceso de revenido en las muestras irradiadas del acero aleado no así en el acero al carbono. Observaciones con microscopía electrónica de barrido, en el acero aleado, muestran diferencias entre las muestras irradiadas y no-irradiadas. Por difracción rasante de electrones se detectó, en la muestra irradiada del acero aleado, la presencia de carburos del tipo $(\text{CrFe})_7\text{C}_3$.

* Departamento de Metalurgia, Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina.

** Instituto Argentino de Siderurgia.

*** Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina.

ABSTRACT

A commercial quality medium carbon steel and a low alloy steel were selected to carry out this research. They were quenched to martensitic structure and irradiated at room temperature by mean of a Co^{60} source with a dose of 2.5×10^8 r. After irradiation they were tempered at temperatures ranging from 100°C to 500°C . From compression test the value of $\overline{\sigma}_{0.2}$ was determined as a function of tempering temperature. These values show an acceleration of the tempering process in the low alloy steel but no effect in the case of medium carbon steel. Scanning shows differences of structure between irradiated and non-irradiated samples. Electron diffraction has shown the presence of carbide $(\text{CrFe})_7\text{C}_3$ in samples irradiated.

1.- INTRODUCCION

La interacción de neutrones, protones y electrones con los átomos de la red cristalina produce cambios en las propiedades físicas de los metales y aleaciones.

La radiación gamma puede producir también variaciones en las propiedades físicas de los metales (Ref. 1,2), pero como el daño es pequeño, es necesario usar fuentes muy intensas de radiación gamma o sistemas en estado de no-equilibrio para detectarlas. En este último caso dosis integradas relativamente pequeñas, pueden producir variaciones medibles de las propiedades físicas.

Los aceros, ampliamente usados como materiales estructurales, están sometidos constantemente a altos flujos de radiación gamma en los reactores nucleares. Por ello, es importante saber cual es la influencia de esta radiación sobre las propiedades mecánicas de dichos materiales.

Por este motivo el presente estudio fue realizado en dos aceros, aleado y al carbono e irradiados con una fuente gamma de alto poder que posee un flujo del mismo orden de magnitud del existente en un reactor. La razón de la elección de un acero al carbono y otro aleado fue el de analizar el efecto de los elementos aleantes sobre el daño por radiación.

2.- PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES

Se utilizaron dos tipos de aceros, al carbono y aleado (SAE 1045 y SAF 3335) cuya composición se indica en la Tabla I.

Acero al carbono - SAE 1045

Elemento	-	C	Mn	Si	P	S	Cu	Cr	Ni
% en peso	-	0.44	- 0.87	- 0.28	- 0.024	- 0.011	- 0.21	- 0.16	- 0.11

Acero aleado - SAE 3335

Elemento	-	C	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu
% en peso	-	0.35	- 0.48	- 1.28	- 3.40	- 0.02	- 0.075

Las probetas para los ensayos de compresión fueron preparadas por torneado y rectificado de alta precisión (± 0.1 mm). De forma cilíndrica y dimensiones: 0.4 cm de diámetro y 0.7 cm de altura.

Las muestras fueron austenizadas encapsuladas en atmósfera inerte de argón, previo vacío de 10^{-5} mm de Hg, a 850°C durante 15 minutos. Posteriormente se templaron en agua con hielo.

Luego del templado algunas probetas fueron irradiadas, a temperatura ambiente, con una fuente de Co^{60} de 200:000 Ci de actividad. Recibiendo una dosis integrada de 2.5×10^8 r ($\sim 3 \times 10^{17}$ fotones γ / cm^2).

Las muestras irradiadas y no-irradiadas fueron revenidas, durante 1 hora a 100, 200, 300, 400 y 500°C .

Posteriormente se realizaron ensayos de compresión utilizando una máquina Instron TTDM-10.000 Kg.

Se realizaron observaciones con microscopía electrónica de barrido (scanning).

Se identificaron los productos de reacción mediante difracción

rasante de electrones con un microscopio electrónico Philips 300.

3.-RESULTADOS

3.1. Acero al carbono

La Fig. 1 muestra las curvas tensión-deformación de muestras irradiadas y no-irradiadas después de templadas. Se observa un incremento de la tensión debido a la irradiación.

El comportamiento después del revenido es mostrado en las Figs. 2 y 3, (muestran revenidas a 100 y 200°C respectivamente). Se observa un ligero ablandamiento de las muestras irradiadas con respecto a las no-irradiadas. Para temperaturas superiores a los 200°C las diferencias caen dentro del error experimental. Ambos efectos pueden verse en la Fig. 4, que muestra la relación $\sigma_{0.2}$ y la temperatura de revenido.

3.2. Acero aleado

Las curvas tensión-deformación de muestras irradiadas y no-irradiadas, después de templadas, se muestran en la Fig. 5. Se puede observar un incremento en la tensión debido a la irradiación. Por otra parte se observa ablandamiento de las muestras irradiadas, comparado con las no-irradiadas, luego de revenidas por encima de los 100°C. Este comportamiento puede ser observado en la Fig. 6. Dicho ablandamiento adquiere mayor magnitud a partir de revenidos por encima de los 200°C.

Las curvas $\sigma_{0.2}$ -temperatura de revenido, Fig. 7, muestran que la diferencia de tensión entre las muestras irradiadas y no-irradiadas comienza a ser importante por encima de los 200°C.

Las observaciones realizadas con microscopía electrónica de barrido (scanning) en muestras irradiadas y no-irradiadas revenidas a 400°C muestran diferencias en el tamaño de los carburos, mayores en las muestras irradiadas, Figs. 8 y 9.

Análisis de difracción rasante de electrones realizado en muestras irradiadas y no-irradiadas revenidas a 400°C indican, en las primeras, la presencia de carburos del tipo $(CrFe)_7C_3$ no así en las no-irradiadas (Figs. 10 y 11).

4. DISCUSION

La dosis usada en el presente trabajo, 2.5×10^8 r, equivale a un flujo gamma de 3×10^{17} fotones γ /cm² y produce, según cálculos realizados por Dekhtyar, 3×10^{-5} % pares Frenkel. En un trabajo realizado anteriormente (Ref.3) se determinó, utilizando estos mismos aceros en igual estado martensítico e irradiados con igual dosis que el presente trabajo, la variación del coeficiente de difusión de carbono en Fe_α ,

$D = 4.64 \times 10^{-6}$ cm²/s. Dicho valor coincide con el calculado por Dekhtyar para esta misma dosis (Ref.1).

La aceleración del proceso de revenido observado en el acero al carbono irradiado, después de los tratamientos a temperaturas no superiores a los 100°C, se explica satisfactoriamente por el incremento del coeficiente de difusión producido como consecuencia de la irradiación. Esta aceleración se hace prácticamente despreciable a partir de los 200°C. Esto se debe a que los cambios producidos en la microestructura de este acero por la irradiación son de poca cuantía comparados con los introducidos por el tratamiento térmico posterior (Ref.3).

En el acero aleado, en cambio, la aceleración del proceso de revenido adquiere mayor magnitud a altas temperaturas de tratamiento (a partir de 200°C). Este comportamiento solo puede explicarse suponiendo que por efecto de la irradiación se forma algún compuesto estable a alta temperatura.

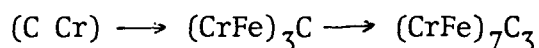
Dado que:

- (a) en un trabajo anterior (Ref.3) se determinó que durante la irradiación la temperatura de la muestra es de 30°C;
- (b) el incremento $\Delta D = 4.64 \times 10^{-16} \text{ cm}^2/\text{s}$ del coeficiente de difusión por efecto de la irradiación no sería suficiente como para producir tal nucleación.

Por lo tanto, ese compuesto estable solo podría formarse por calentamiento localizado producido durante la irradiación.

La presencia de carburos del tipo $(\text{CrFe})_7\text{C}_3$, detectados por difracción rasante de electrones, en las muestras irradiadas y su ausencia en las no-irradiadas, revenidas ambas a 400°C, confirman lo dicho precedentemente.

La secuencia de formación de este carburo en este acero aleado sería según Woodhead (Ref.4):



5. CONCLUSIONES

- a) Un flujo gamma de 3×10^{17} fotones γ / cm^2 produce en aceros al carbono (SAE 1045) y aceros aleados (SAE 3335) en estado martensítico variaciones de sus propiedades mecánicas.

- b) Los cambios producidos por irradiación en la microestructura del acero al carbono en estado martensítico tiene muy poca influencia (prácticamente nula) en la cinética de un posterior tratamiento de revenido.
- c) La irradiación gamma provoca cambios en la microestructura del acero aleado, en estado martensítico, que acelera notablemente la cinética de un posterior tratamiento de revenido.
- d) La aceleración de la difusión, más calentamiento localizado provocados por la irradiación, posibilitan, en el acero aleado, la formación de carburos del tipo $(CrFe)_7C_3$.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa Multinacional de Metalurgia OEA, por hacer posible la presentación del presente trabajo en el XXXI Congreso Anual de la Associação Brasileira de Metais (ABM) - 1976.

REFERENCIAS

1. DEKHTYAR I.Ya. y col
Akad.Nauk.Ukrain SSR - Metallofizika
Vol. 41, pag. 63-67 - Kiev 1972.
2. DEKHTYAR, I.Ya. y col
Ukrainskii fizicheskii zhurnal
Tom. XV, N°1, pag. 77-80 - Kiev 1970
3. OVEJERO GARCIA, José
Tesis- Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, 1975.
4. WOODHEAD J. and QUARRELL A.
Climax Molybdenum Company, 1965

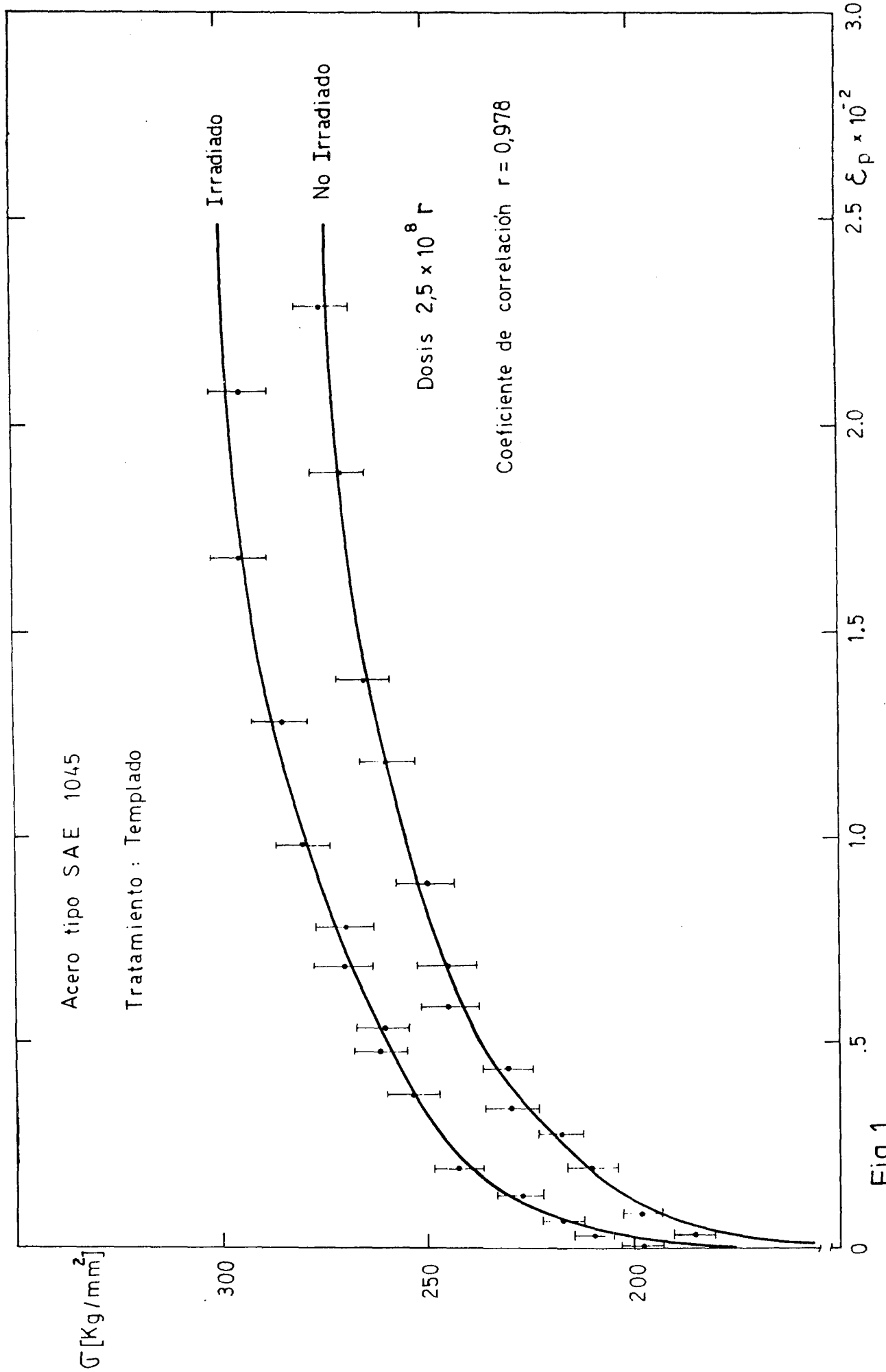
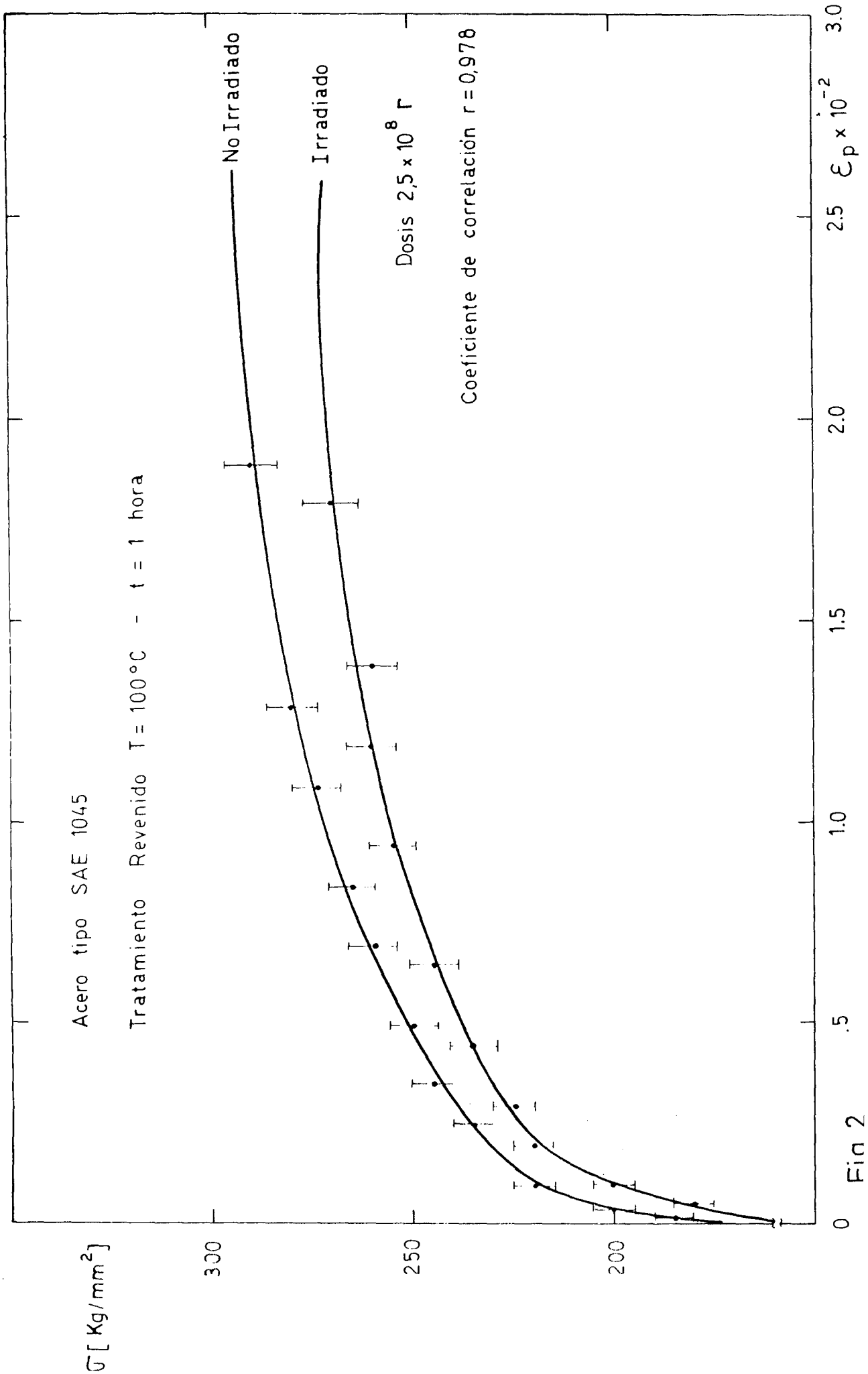


Fig.1



Fin 2

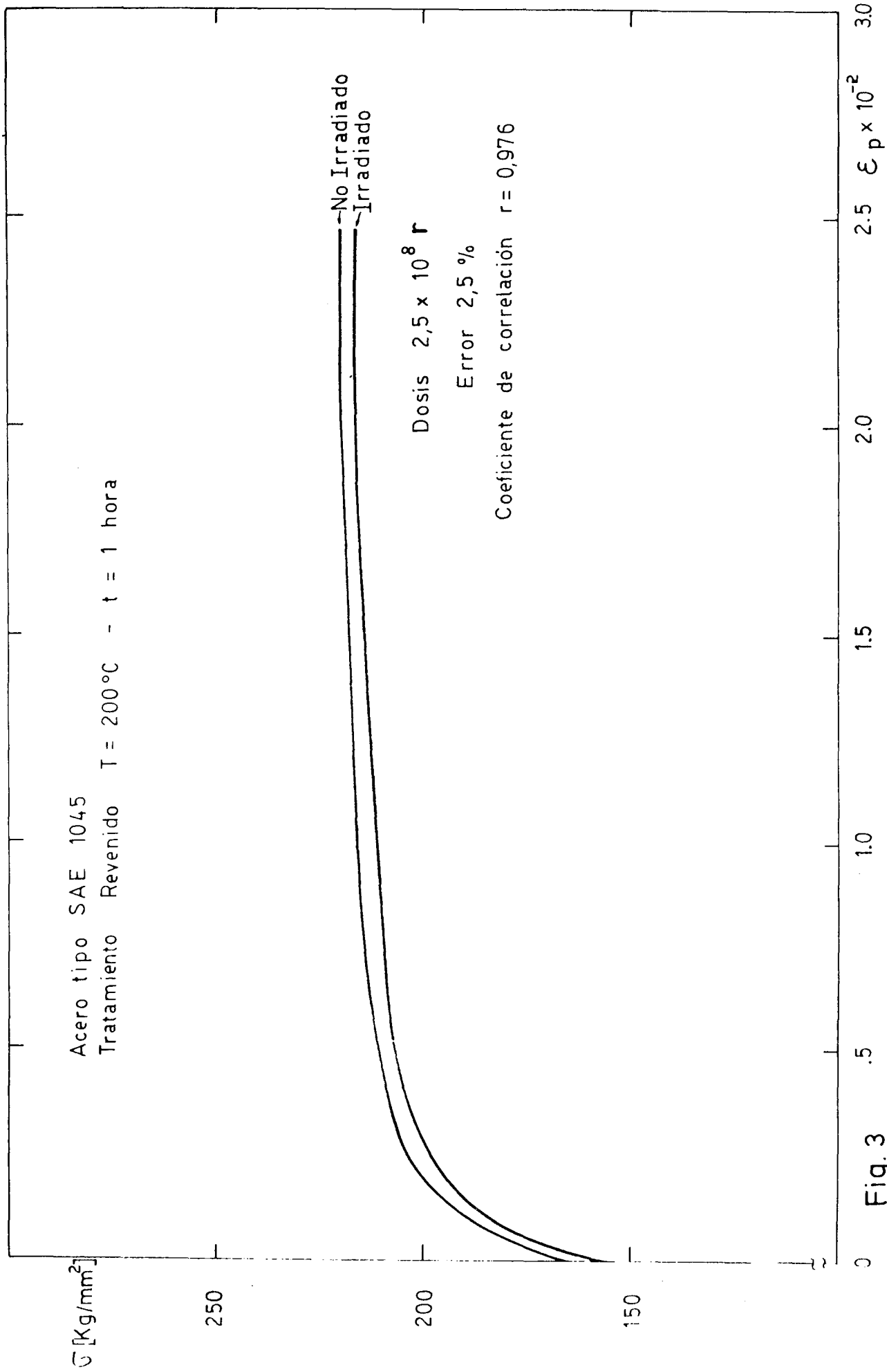


Fig. 3

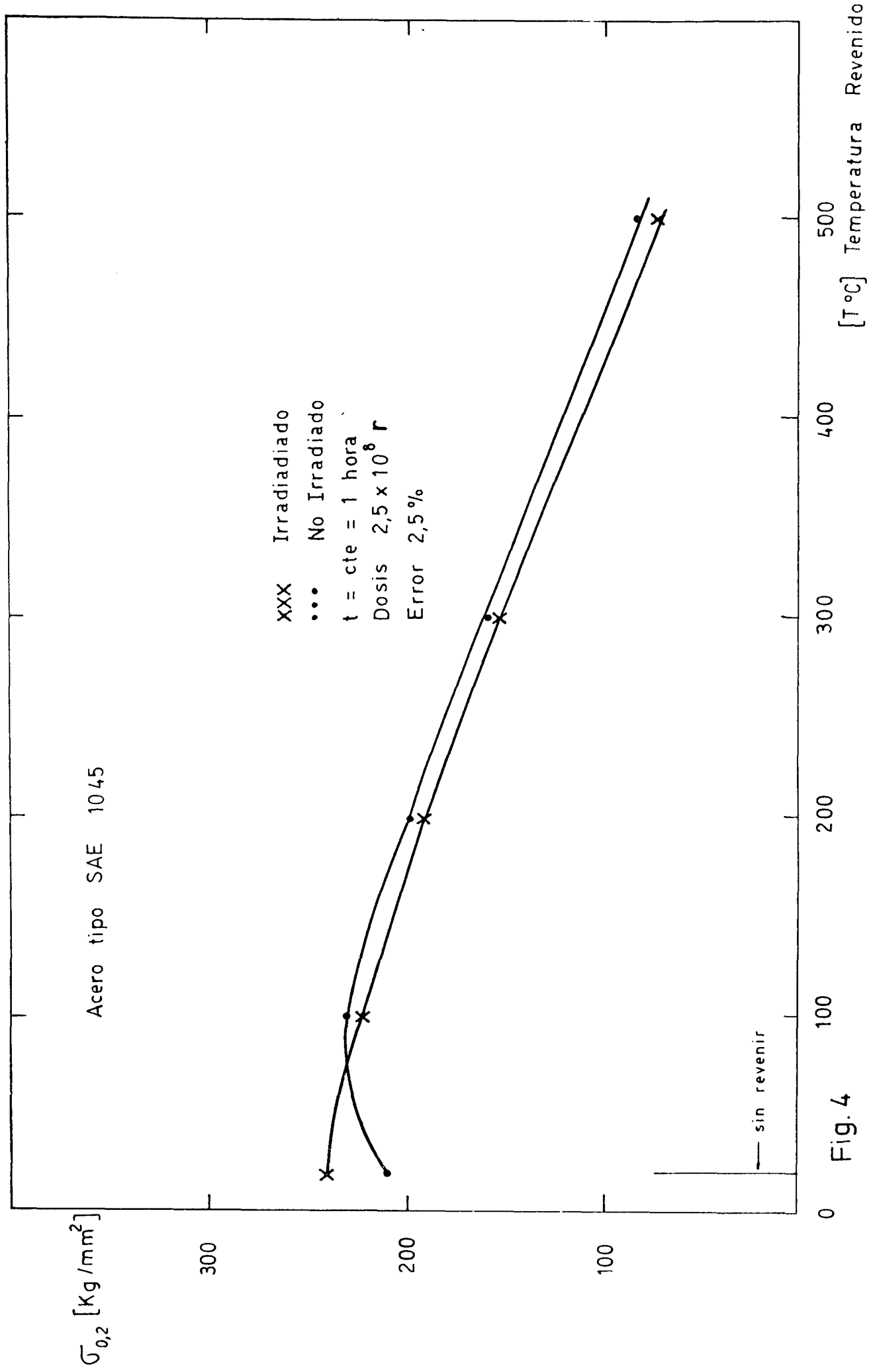


Fig. 4

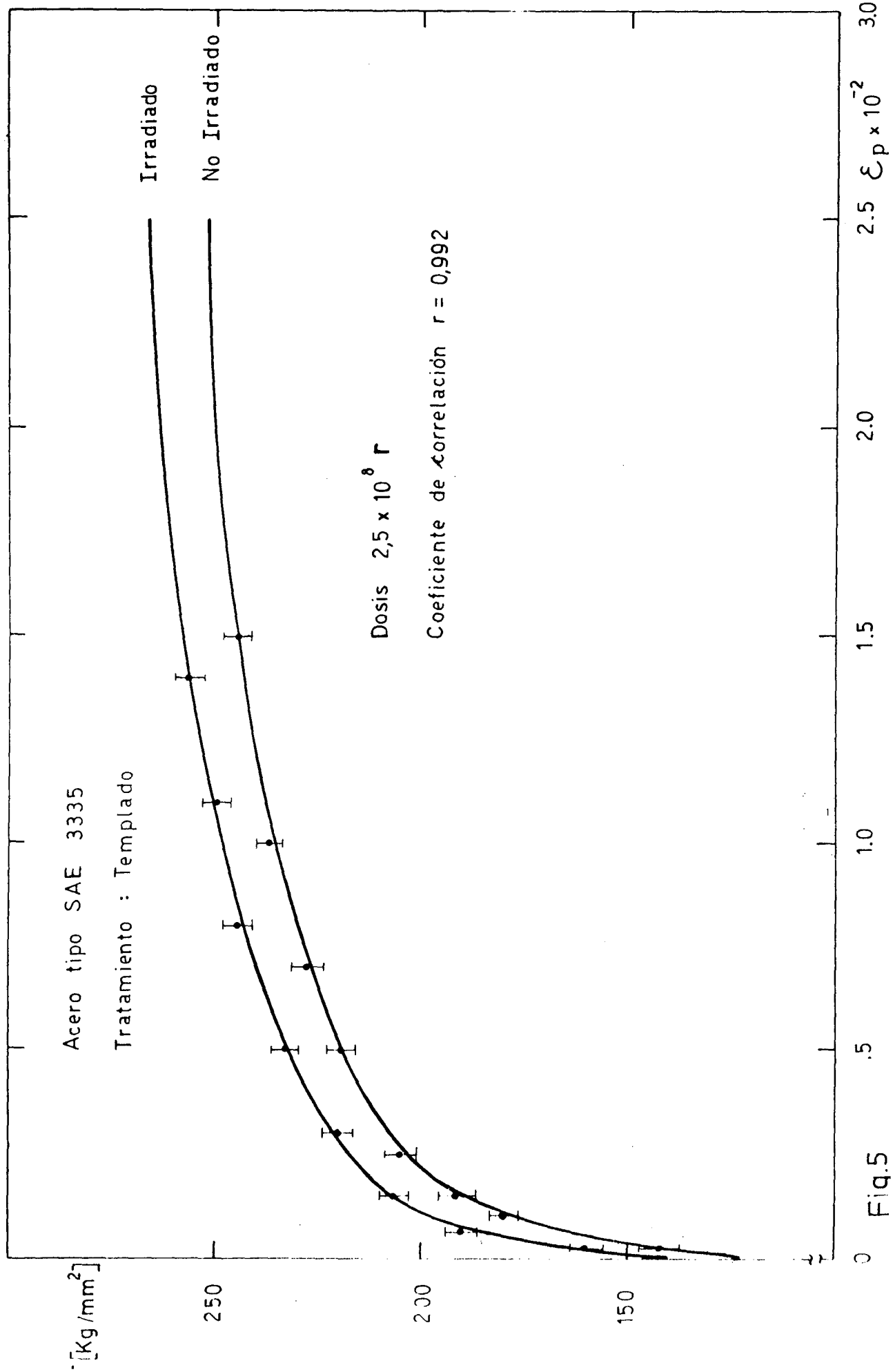


Fig. 5

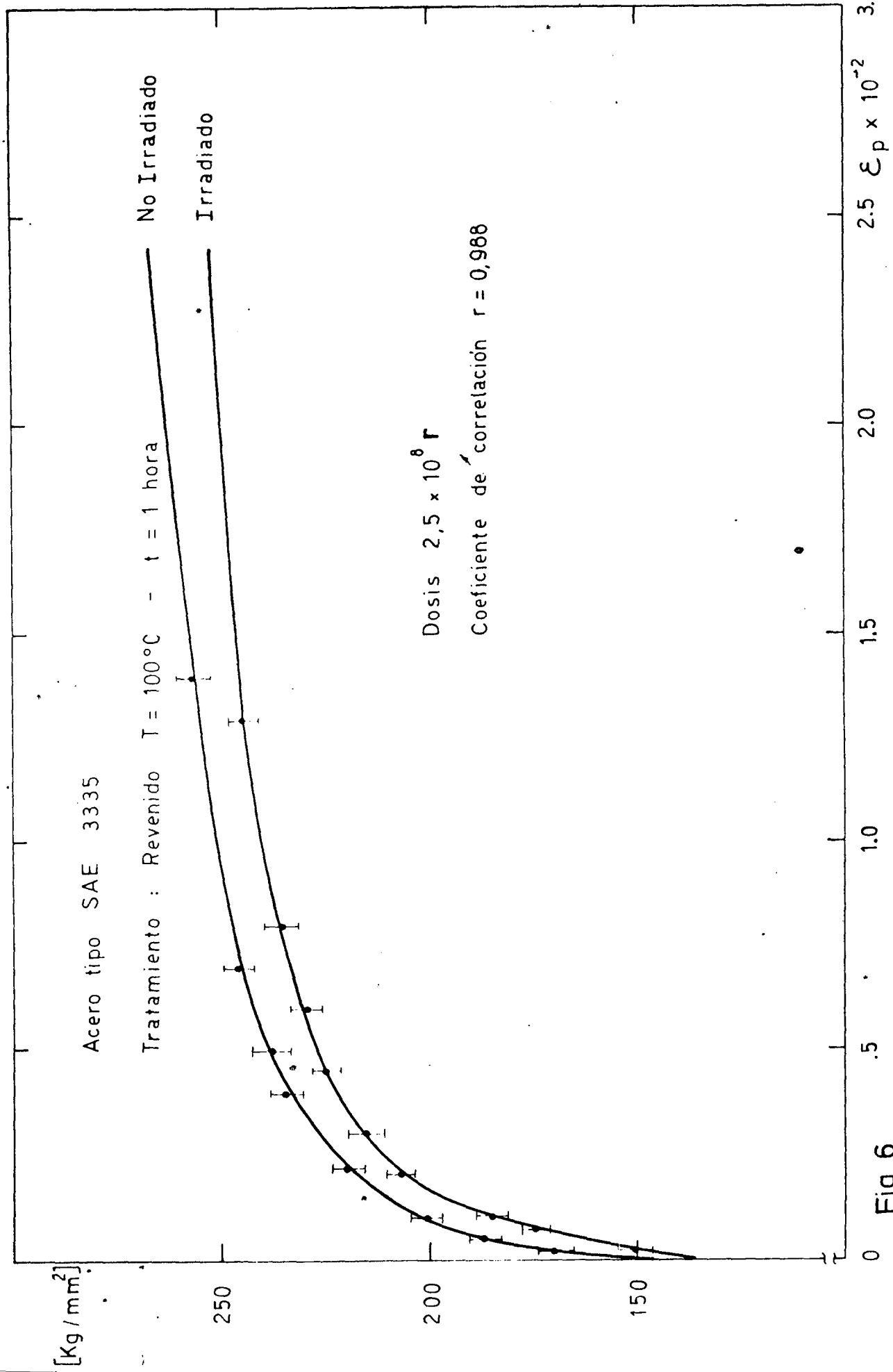


Fig. 6

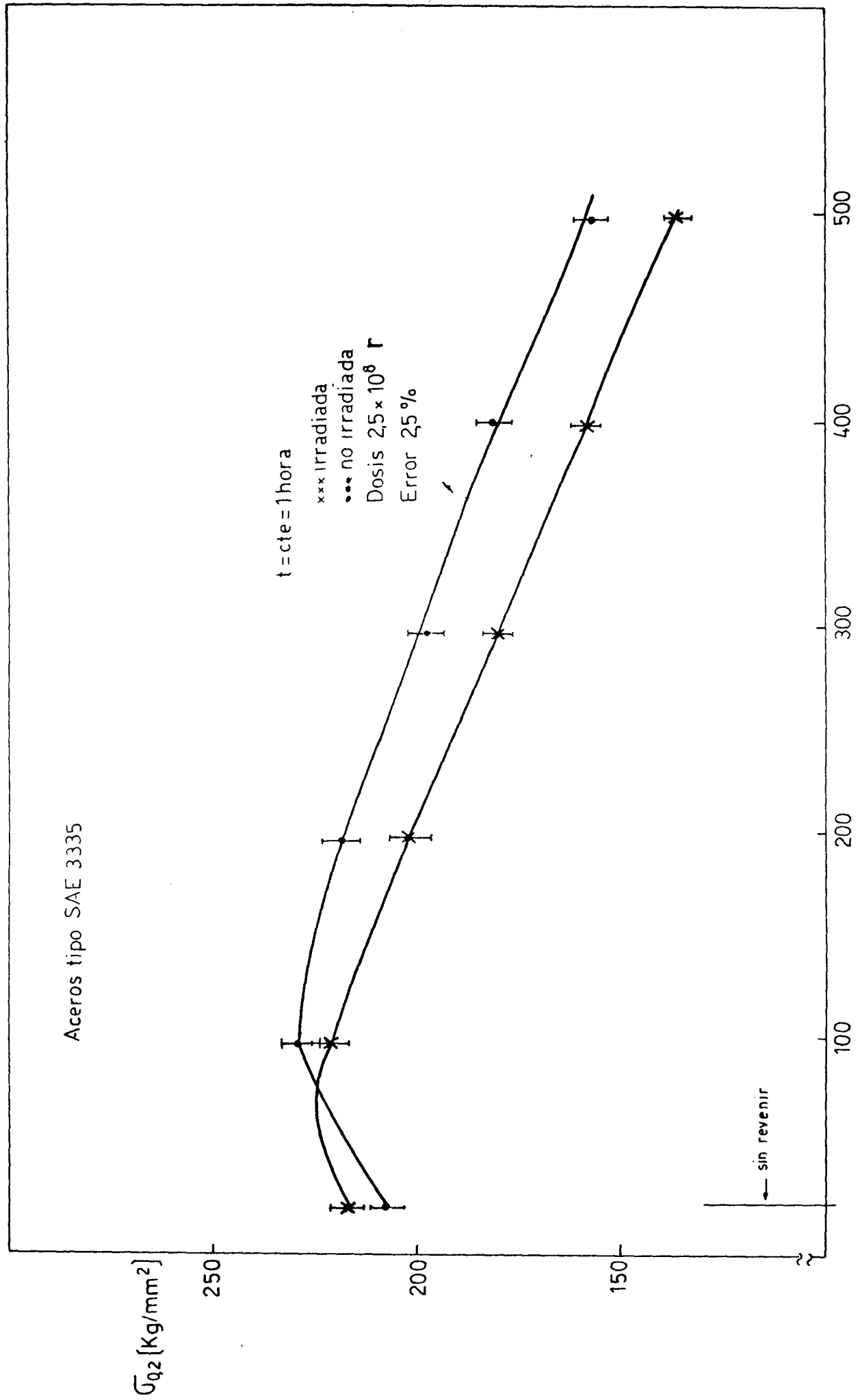
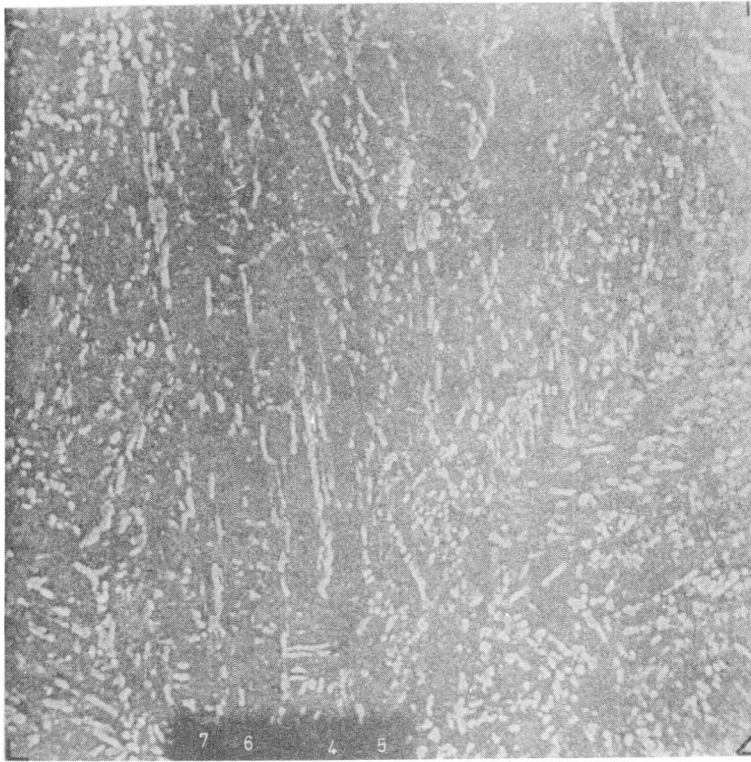
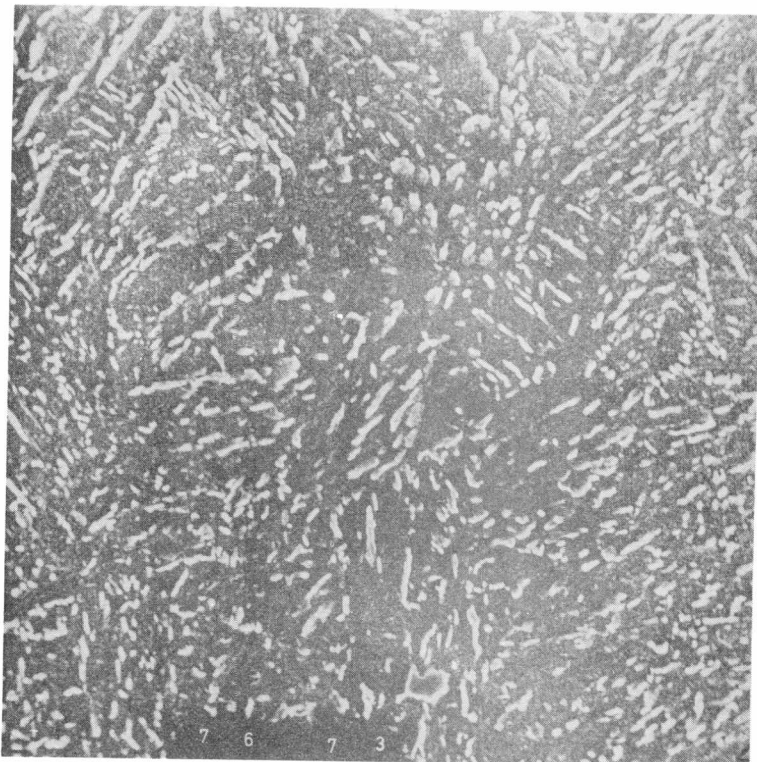


Fig. 7



10.000x

Fig.8



10.000x

Fig.9

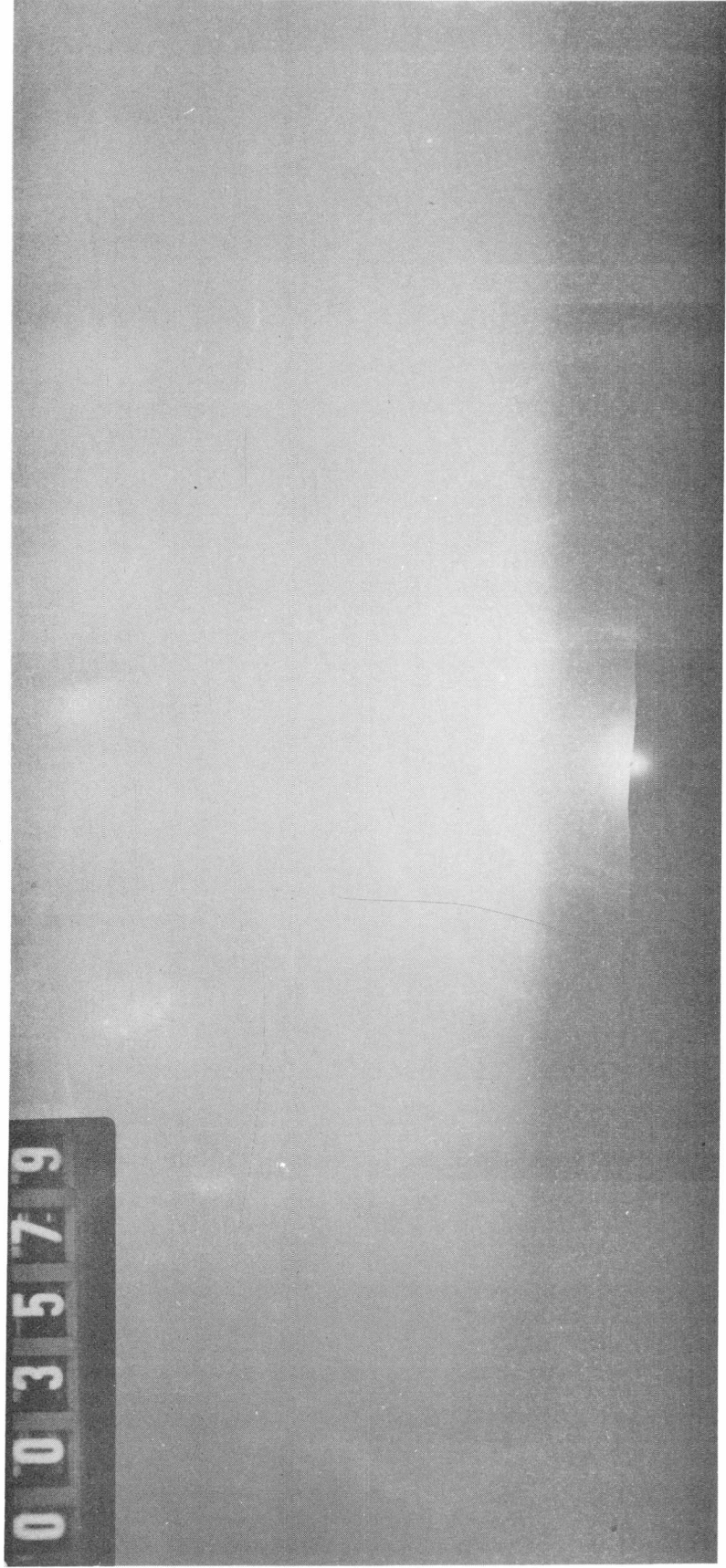


Fig. 10

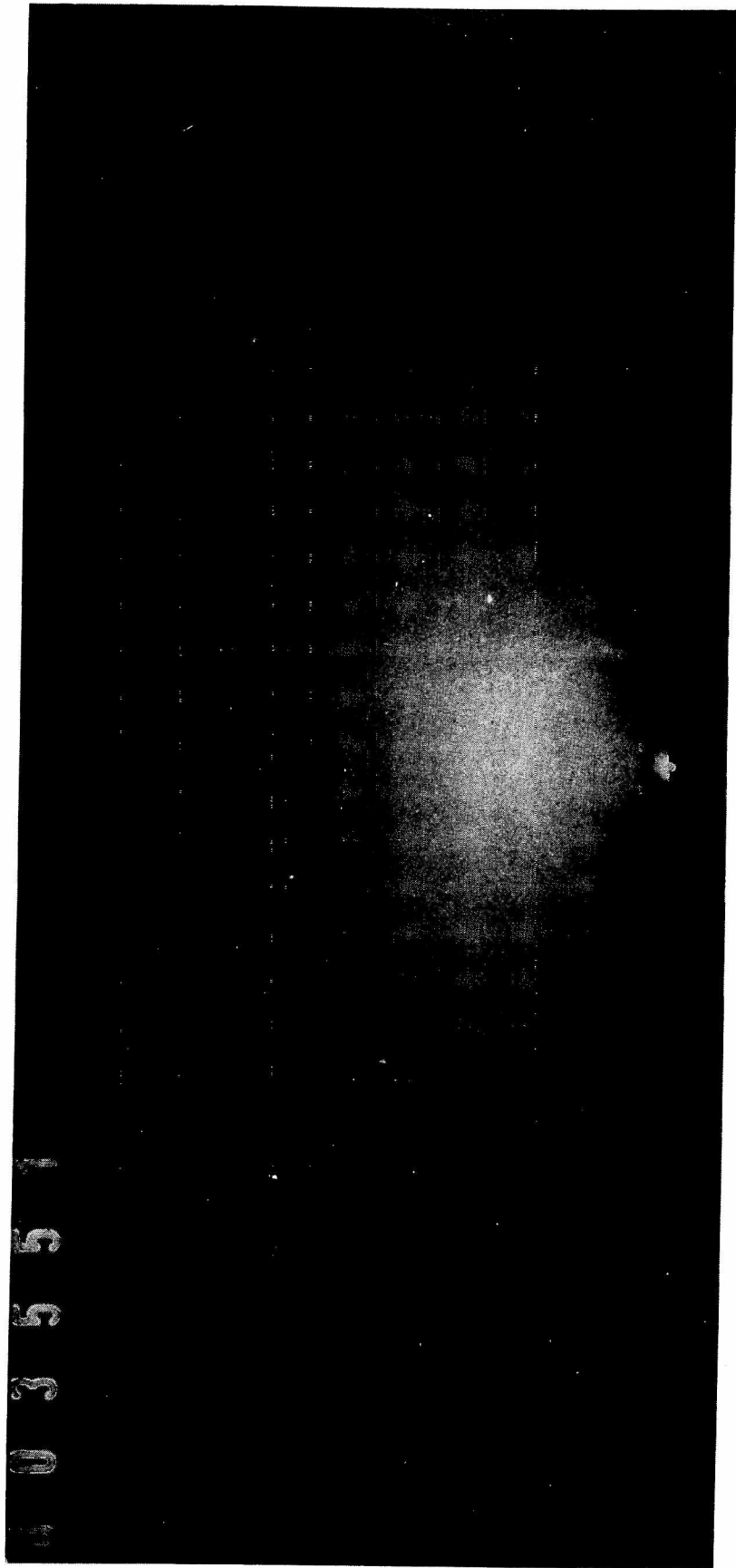


Fig.11