

04.70.22

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1970

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

DIAGRAMAS DE EXPOSICION Y SENSIBILIDAD  
DE LA RADIOGRAFIA DE ZIRCALOY

J. N. Baez y J. L. Roa

IV Jornadas Metalúrgicas  
Sociedad Argentina de Metales  
Córdoba, noviembre de 1970

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

DIAGRAMAS DE EXPOSICION Y SENSIBILIDAD  
DE LA RADIOGRAFIA DE ZIRCALLOY

J. N. Baez y J. L. Roa

IV Jornadas Metalúrgicas  
Sociedad Argentina de Metales  
Córdoba, noviembre de 1970

DIAGRAMAS DE EXPOSICION Y SENSIBILIDAD  
DE LA RADIOGRAFIA DE ZIRCALOY

J. N. Baez

J. L. Roa

ABSTRACT

Es bien conocida la importancia de los diagramas de exposición para la correcta determinación de las condiciones de realización de los ensayos radiográficos. En el presente trabajo se dan a conocer los diagramas de Zircaloy-4 obtenidos con películas de alta y mediana definición, usando pantallas intensificadoras, voltajes de aceleración entre 100 y 300 KV y espesores de zircaloy entre 0,5 y 40 mm.

Se presentan los diagramas intermedios obtenidos para la construcción de los diagramas de exposición y se analizan los resultados.

INTRODUCCION

Dentro de los problemas planteados al Servicio de Ensayos no Destructivos con motivo de los programas de desarrollo de prototipos de elementos combustibles para la Central Nuclear Atucha, el ensayo radiográfico de los elementos combustibles fué uno de los primeros que debieron ser encarados. Al abordar el mismo se encontró con que ni en la bibliografía ni en la información técnica de los productores de película radiográfica se encontraban disponibles diagramas de exposición para Zircaloy (aleación: 98,9 % Zr; 1,5 % de Sn; 0,3 % de (Fe + Cr) ). Como por otra parte el Zirconio con su número atómico mucho más elevado que elementos comunes como Hierro o Cobre, por ejemplo, presenta condición de absorción y dispersión de radiación muy diferentes, consideramos entonces de interés dar a conocer los diagramas de exposición obtenidos.

1. Diagramas de Exposición

En la práctica del ensayo radiográfico el uso de diagramas de exposición para la selección del film y cálculo de tiempos de pose resulta de una utilidad que no necesita

ser enfatizada.

Durante muchos años la variedad de materiales a radiografiar y los tipos de película disponibles fueron bastante limitados y normalmente se disponía del diagrama de exposición conveniente en el momento oportuno. En la actualidad aparecen rápidamente nuevos factores que modifican esta situación: nuevos tipos de film, nuevos materiales, nuevas exigencias de sensibilidad radiográfica. En el caso concreto que nos ocupa nos hemos encontrado en la necesidad de preparar diagramas de exposición para el Zircaloy.

Un diagrama de exposición debe proveer al radiólogo la relación entre el espesor del objeto a radiografiar ( $e$ ) y el valor de exposición ( $Exp$ ) para obtener una determinada densidad radiográfica con un film y un material también determinado manteniendo los demás parámetros en valores prefijados.

Por cuanto un diagrama de exposición depende de los siguientes factores:

- Espectro de energía de la radiación empleada (rayos X,  $\gamma$ ,  $\beta$ )
- Filtros y grillas antidifusoras
- Distancia entre foco y película radiográfica
- Pantallas intensificadoras
- Tipo de película radiográfica
- Densidad radiográfica exigida
- Material a radiografiar
- Condiciones de revelado

al realizar el diagrama de exposición para un nuevo material habrá que fijar todos los otros parámetros en base al conocimiento previo que se disponga del material en cuanto a sus propiedades físicas (densidad,  $N$ : atómico, coeficientes de absorción, etc.). Estas propiedades son las que nos orientarán sobre el tipo de radiación y filtros más convenientes y sobre el tipo de película apropiada. Un buen análisis previo permite ahorrar gran número de ensayos.

### 1.1. Método usado

En nuestro caso, el análisis de las propiedades físicas del Zircaloy nos condujo a la selección de los rayos X como radiación penetrante. Por lo tanto dadas las características de los generadores de rayos X, el método apropiado (\*) para la obtención de los diagramas consiste en:

---

(\*) Industrial Radiography, pag. 52-55, Edit. Agfa Gevaert, 1967.

Realizar dos series de exposiciones radiográficas de una gradilla de espesores escalonados, del material en cuestión, manteniendo constante distancia foco-film, pantallas, tipo de film, filtros y condiciones de revelado. La primera serie se hace con un bajo valor de exposición, entre 1 y 5 mAmin. por ejemplo, y variando el voltaje de aceleración por etapas de 10 a 20 Kv dentro del rango más amplio que permita el equipo usado.

La segunda serie se hace con los mismos valores de voltaje de aceleración empleados en la primera pero con un valor de exposición mucho más elevado, por ejemplo, entre 30 y 50 mAmin.

Disponiendo de este conjunto de radiografías que es aconsejable revelar en forma conjunta, se hace sobre las mismas las mediciones de densidad radiográficas obtenidas para cada espesor de la gradilla. Con estos datos se construye un diagrama preliminar (Fig. 1a.) representando la densidad como función del espesor, teniendo como parámetro el voltaje de aceleración (Kv) y la exposición (mAmin.) correspondiente. Para mayor comodidad se separan las curvas de cada serie en dos cartas diferentes. Sobre estos diagramas se traza una recta de intersección del valor de densidad radiográfica previsto para el diagrama (generalmente 1,5) con el espesor de material correspondiente a cada curva.

Con los valores de intersección obtenidos se deben trazar las dos curvas intermedias (Fig. 1b.) que representan los valores de voltaje de aceleración requeridos para obtener una densidad radiográfica de 1,5 en los distintos espesores en el caso de exposición reducida (5 mAmin.) y el caso de exposición prolongada (30 mAmin.). Todos los puntos correspondientes a una misma serie quedan entonces involucrados en una misma curva.

Estas curvas permiten trazar el diagrama de exposición. Teniendo en cuenta que la absorción de la radiación en la materia es una función exponencial del espesor atravesado conviene que el diagrama de exposición, que relaciona la exposición con el espesor, sea trazado en una escala semilogarítmica, con lo cual se obtienen rectas cuyas pendientes quedan definidas para cada voltaje, por los puntos correspondientes en las curvas intermedias (Fig. 2).

## 1. Equipos utilizados

Equipos de rayos X marca Andrex Mod. 3001, con las siguientes características técnicas.

Rango de tensión, regulación continua	90-300 Kv
Rango de corriente, regulación continua	1-6 mA

Dimensiones del foco, s/catálogo	3 x 3 mm
Refrigeración por aceite	
Angulo del Haz	57°

Sobre este equipo se hizo medición del tamaño del foco, utilizando el método de la pantalla perforada. Para 125 Kv de tensión y 5 mA de corriente, se obtuvo una imagen de foco que corresponde a 2,5 x 2,5 mm.

Para la medición de densidades en la película radiográfica se utilizó un densitómetro marca Photovolt, Mod. 525, con las siguientes características.

Rango	0 - 4 en tres escalas
Photometro	Mod. 502 A
Sensibilidad	0,02 unidades de densidad

Se utilizaron chases de aluminio y pantallas intensificadoras de plomo de 20  $\mu$  adelante y de 250  $\mu$  de respaldo.

Se prepararon dos gradillas de Zircaloy con 10 escalones de 0,5 mm en un caso, y de 1 mm en el otro. Se usaron además 5 bloques paralelos de 2, 3, 5, 10 y 20 mm de espesor respectivamente.

El revelado se hizo en tanque vertical empleando revelador Gevaert G - 150.

Temperatura de revelado 22°C y tiempo de 2,5 minutos.

### 3. Resultados obtenidos

En las figs. 2, 3 y 4 se muestran los diagramas de exposición obtenidos para las películas Gevaert, tipo Structurix D7, D4 y D2.

Los parámetros correspondientes a dichos diagramas son:

Material	Zircaloy-4
Radiación	Rayos X
Filtros	Ninguno
Distancia foco-film	70 cm
Pantallas	20 $\mu$ plomo / 250 $\mu$ plomo
Revelador	Gevaert G-150
Revelado	22°C, 2,5 min.

Aplicando estos diagramas se fijaron las especificaciones de ensayos radiográficos para el problema de examen de soldaduras en tapones en vaina de Zircaloy de elementos combustibles de potencia tipo MZFR.

#### 4. Conclusiones

El método aplicado para la obtención del diagrama de exposición permite acumular una importante información respecto del examen radiográfico. El tipo de diagrama así obtenido, permite no sólo determinar los tiempos de pose para la radiografía de un espesor determinado, sino que provee una información adicional, respecto al mayor o menor contraste que se puede obtener trabajando con distintas tensiones de aceleración.

Dado que el espectro de radiación X con que se trabaja en un examen radiográfico tiene mucha importancia para la sensibilidad de contraste, la realización de estos diagramas de exposición resulta de interés para verificar el endurecimiento de radiación de un equipo de rayos X que haya estado en servicio intensivo durante mucho tiempo. En estos casos los nuevos diagramas de exposición permiten ajustar las condiciones de los ensayos.

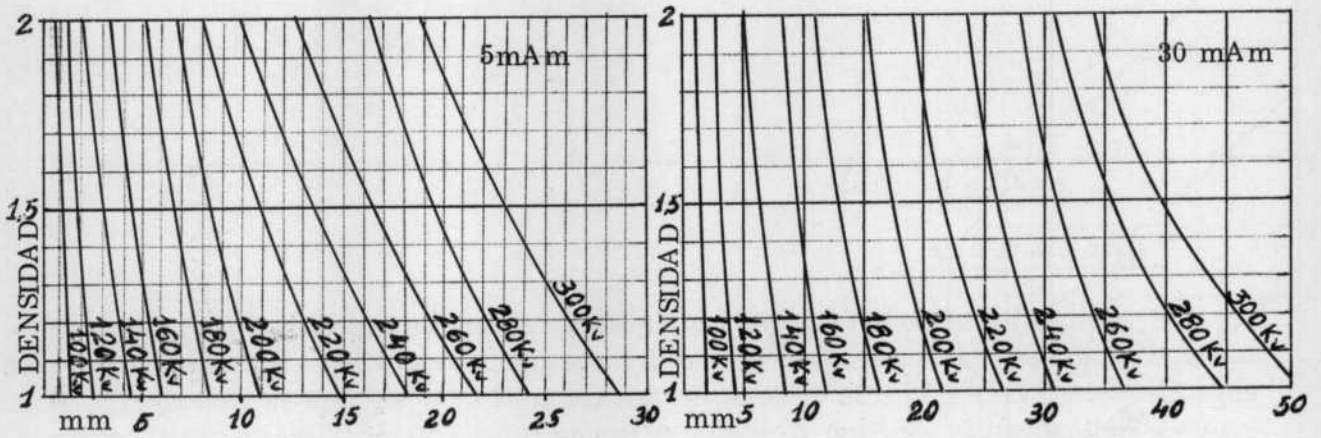


Fig. 1 a): Diagramas preliminares para la película Gevaert D7.

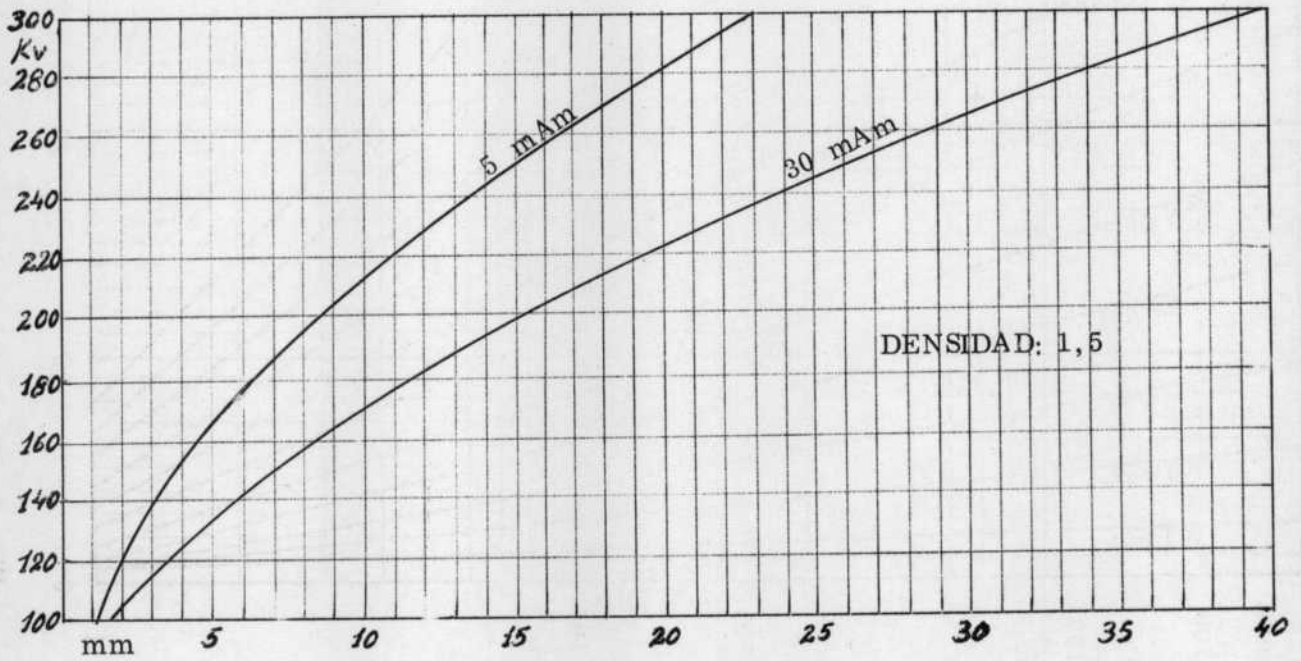


Fig. 1 b): Diagrama intermedio para la película Gevaert D7.

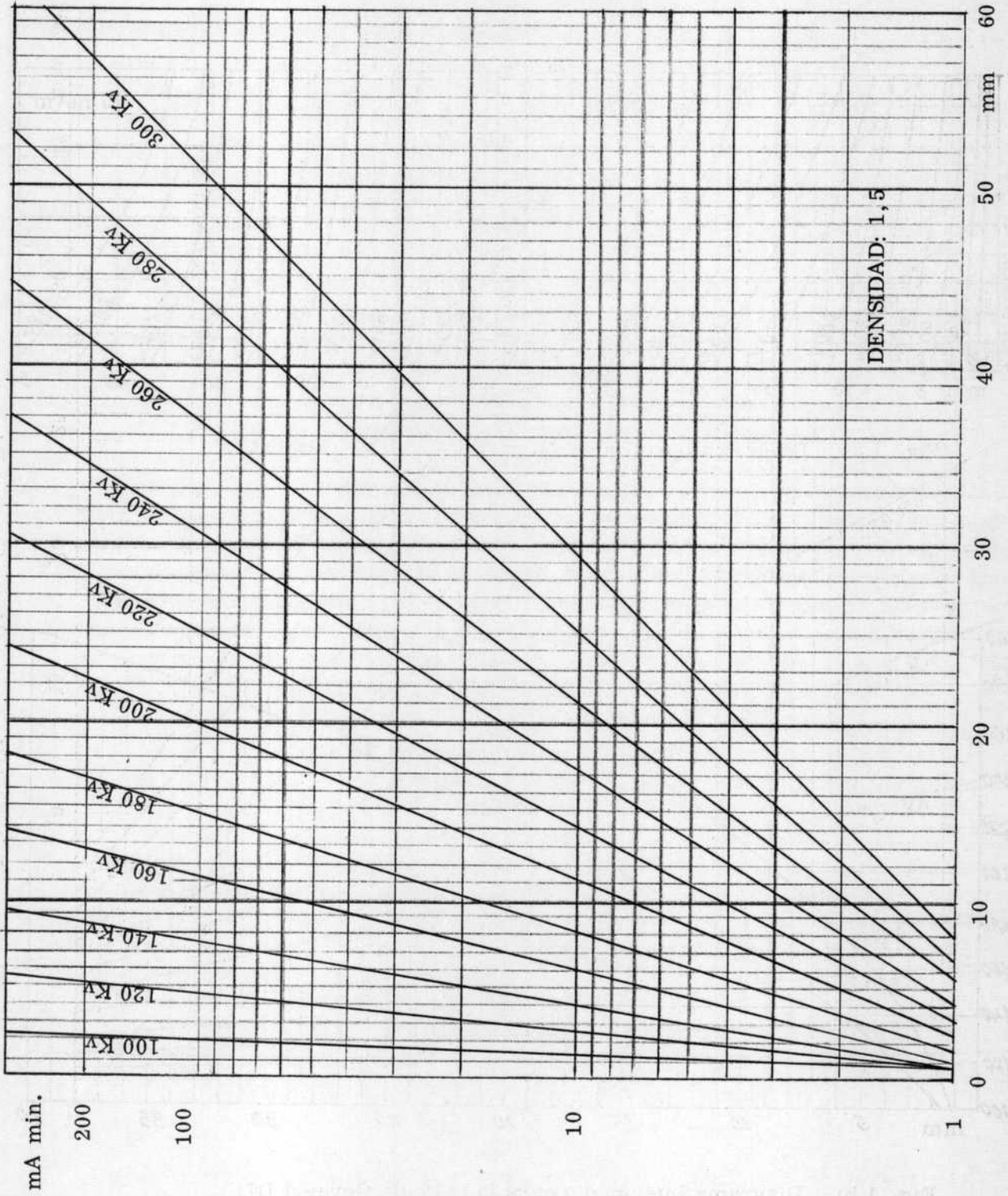


Fig. 2: Diagrama de exposición para película Gevaert D7

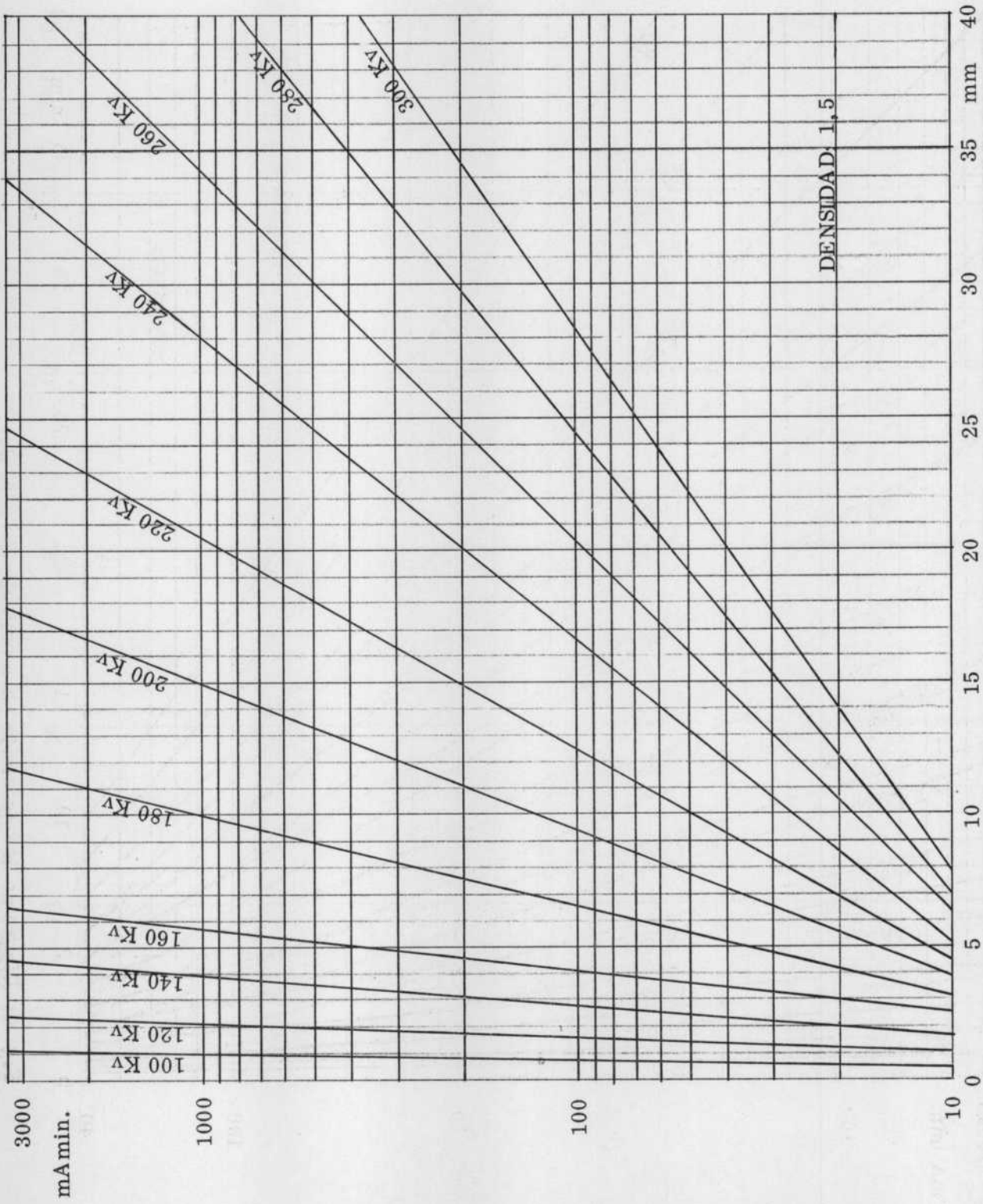


Fig. 3: Diagrama de exposición para película Gevaert D4.

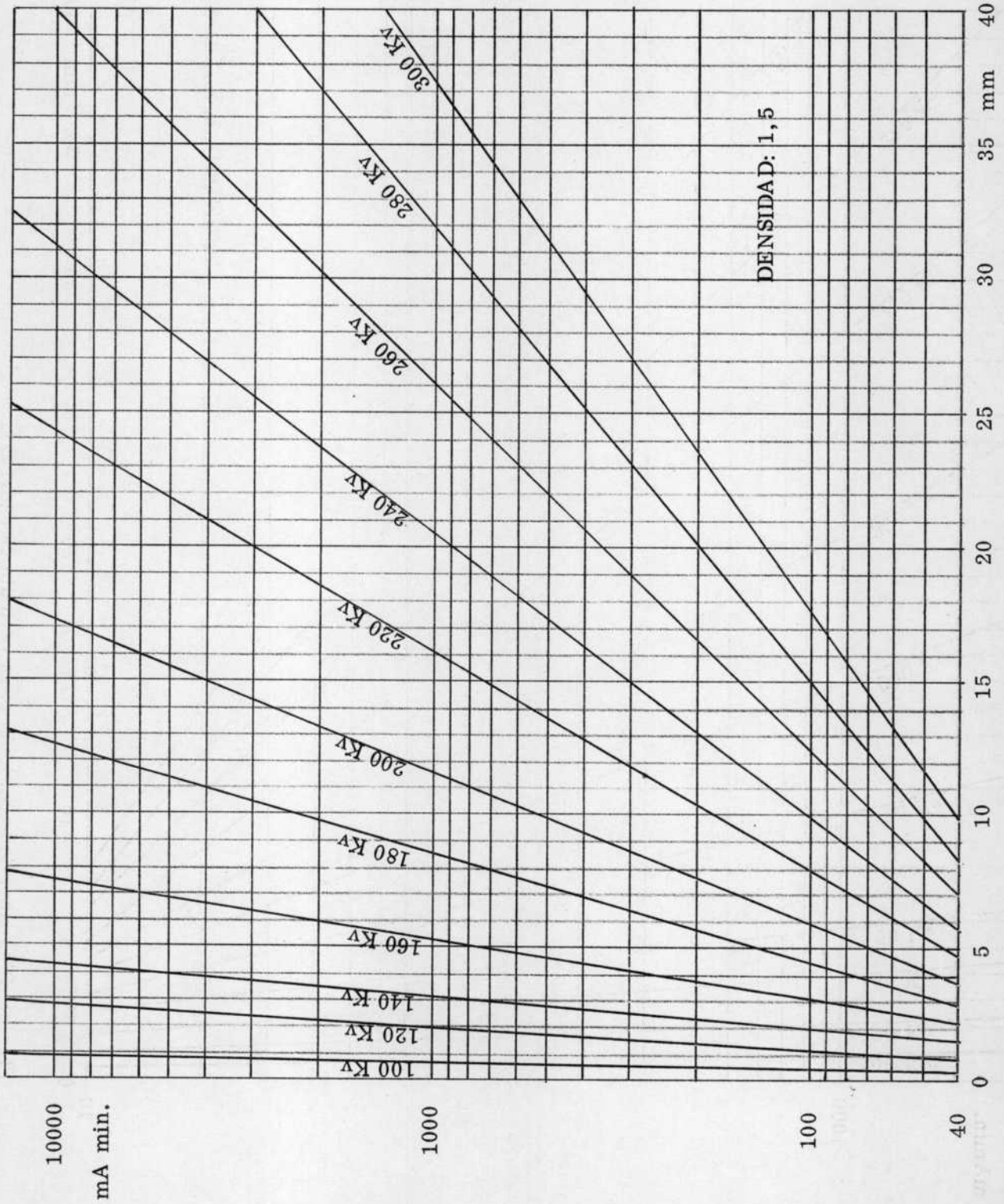


Fig. 4: Diagrama de exposición para película Gevaert D2.