

Ref: St-VA 7904

F.C.- 6-2-76

Int. Cl.:	B 22D
NUMERO 421.046	



421046

M E M O R I A D E S C R I P T I V A

correspondiente a la solicitud de una

PATENTE DE INVENCION

Solicitante: VEREINIGTE OSTERREICHISCHE EISEN-UND
STAHLWERKE-ALPINE MONTAN AKTIENGESELLS-
CHAFT

Residencia : Werksgelände - 4010 LINZ- AUSTRIA.

Enunciado : UNA INSTALACION DE COLADA CONTINUA.

PRIORIDAD : de la solicitud de patente austriaca A 6511/73
del 24-7-73.

P.P.



421046

1 El invento se refiere a una instalación de colada conti-
nua con una zona de refrigeración secundaria montada detrás
de la coquilla, y con rodillos para conducir, curvar y/o en-
derezar la barra, estando los rodillos curvadores dispuestos
5 a lo largo de una curva de transición entre la vertical y el
arco de circunferencia, y los rodillos enderezadores a lo lar-
go de una curva de transición entre el arco de circunferencia
y la horizontal.

10 Tales instalaciones de colada continua, en las que la ba-
rra es doblada en sentido horizontal, tienen frente a instala-
ciones verticales una menor altura de construcción. Si no se
quiere emplear una coquilla curvada, sino una recta, lo que
tiene ventajas metalúrgicas, entonces hay que prever entre la
15 coquilla o respectivamente una corta parte de guía vertical,
siguiente a la coquilla, y el trayecto de guía de forma de ar-
co de circunferencia, dotado de un diámetro de, por ejemplo,
8 a 10 m, una pieza intermedia curvada detrás de una curva de
transición, con objeto de evitar esfuerzos esporádicos de di-
latación en la cara exterior de la barra, que todavía tiene
20 un núcleo líquido. Por ello ha sido propuesto por diversos
lados (compárense, por ejemplo, la patente estadounidense nº
3.290.741, la patente austriaca nº 244.522 y la patente aus-
triaca nº 231.629), configurar la curva de transición con ra-
dio de curvatura ascendente paulatina o escalonadamente, por
25 ejemplo, a manera de una hipérbola, parábola, elipse o clotoide.



1976

421046

1
5 También la zona de enderezado en la transición de la parte de forma de arco de circunferencia del trayecto de refrigeración secundaria a la parte horizontal del trayecto de transporte debe estar configurada detrás de una curva de transición, con el fin de evitar dilataciones excesivas en el lado interior de la barra.

10 A pesar de las proposiciones conocidas en este sector, no se ha conseguido evitar los indeseables puntos de inestabilidad, puesto que en todas las curvas de segundo orden, tales como circunferencia, hipérbola o parábola, se produce en el punto de transición entre una tangente (radio infinito de curvatura) y un punto de la curva (radio limitado de curvatura) necesariamente una variación brusca del radio de curvatura. Para la configuración del arco de transición, tampoco han
15 tenido en cuenta las proposiciones conocidas la correspondiente variación de la dilatación ΔD , es decir, la derivada de la dilatación. Hasta ahora no se ha reconocido la importancia de observar una variación de dilatación máxima tolerable.

20 El invento se ha propuesto configurar de tal modo la curva de transición en la zona de curvado y/o la de enderezado, en las que están dispuestos los rodillos curvadores o respectivamente enderezadores, que una variación admisible de dilatación en el lado exterior de la barra o respectivamente en un
25 punto determinado entre el lado exterior de la barra y la fibra neutra, es decir, a lo largo de una línea elegible en es-



421046

1

ta zona, no sea sobrepasada en ningún momento durante el curvado, ni tampoco durante el enderezado una variación admisible de la dilatación en el lado exterior de la barra o respectivamente en un lugar determinado entre el lado interior

5

de la barra y la fibra neutra, y que asimismo el radio final en el final de la zona de curvado y el radio inicial en el comienzo de la zona de enderezado sean absolutamente iguales al radio de curvatura de la parte de guía de forma de arco de círculo comprendida entre la zona de curvado y la de enderezado.

10

Esta finalidad se alcanza en una instalación del tipo designado al principio, de acuerdo con el invento, por el hecho de que los rodillos curvadores o respectivamente los rodillos enderezadores están dispuestos a lo largo de una curva que se corresponde con la ecuación diferencial

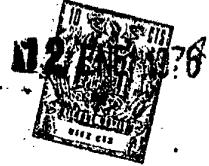
15

$$y'' = \varphi'(x_j) \cdot \frac{1}{R_E \int_{X_E} \varphi'(x_j) dx}$$

20

siendo $\varphi'(x_j)$ una función de la variación de la dilatación que, a lo largo de la extensión de la zona de curvado o respectivamente de enderezado, tiene un curso por lo pronto ascendente, que después alcanza el máximo de la variación admisible de la dilatación, y seguidamente de nuevo descendente, mientras que R_E es igual al radio del arco de circunferencia en el final de la zona de curvado o respectivamente de enderezado, y X_E la proyección vertical de la zona de curvado o respectivamente

25



421046

1 la proyección horizontal de la zona de enderezado, y x_j una
coordenada de posición en un sistema de coordenadas carte-
siano, cuyo origen se encuentra en cada caso en el comienzo
de la curva de transición, representando su eje X una tangen-
5 te respecto al lado exterior de la barra durante el curvado
y respecto al lado interior de la barra durante el endereza-
do. El invento está basado por consiguiente en el conocimien-
to de la importancia que tiene la variación de la dilatación
 $\varphi'(x_j)$, derivada de $\varphi(x_j)$, una función proporcional de la
10 dilatación. Como en el acero, la resistencia a la deformación
en la fase de transición líquido-sólido depende de la veloci-
dad de deformación, únicamente provocan tensiones en él va-
riaciones de la dilatación, y tan solo esta variación es de-
cisiva para el peligro de agrietamiento. Si la derivada de
15 la dilatación $\varphi'(x_j)$ sobrepasa un valor límite, entonces se
producen grietas en el lugar correspondiente; el curso de
 $\varphi'(x_j)$ tiene que tener lugar por consiguiente de tal modo,
que este valor límite no sea sobrepasado durante el curvado
o respectivamente el enderezado.

20 De manera ventajosa se supone que la dilatación máxima
es de $\frac{50d}{R_E}$, representando d el grueso de la barra, y estando
 R_E definida como más arriba.

25 De acuerdo con el invento, los rodillos para curvar y
enderezar la barra se hallan dispuestos en puntos resul-
tantes de un curso sin saltos de la función de la variación de



421046

1 de dilatación $y'(x_j)$, con preferencia de un curso poligonal, en especial discurrante en forma de trapecio, o un curso en forma de arco de circunferencia, parabólico o similar.

5 El invento será descrito con más detalle a base de ejemplos de realización y del dibujo adjunto.

Las figs. 1, 2, 3 y 4 se refieren a un primer ejemplo de realización; la fig. 1 es un alzado lateral de un dispositivo curvador conforme al invento, en representación esquemática, no a escala; la fig. 2 ilustra las fuerzas de flexión y de apoyo actuantes sobre una barra colada; la fig. 3 es un diagrama que corresponde a un curso normalizado de la curva ficticia de momentos o respectivamente de la variación ficticia de la dilatación en la corteza exterior de la barra, o bien a la tercera derivada ficticia $y'''(x_j)$, con referencia en cada caso al eje X de un sistema de coordenadas, cuyo origen se encuentra en el comienzo del dispositivo curvador y en la corteza exterior de la barra, siendo $y(x_j)$ la función para el curso geométrico de la corteza curvada de la barra; la fig. 4 es un diagrama que muestra el curso efectivo de la dilatación y de la variación de la dilatación de la corteza exterior de la barra, referido en cada caso de nuevo al mencionado sistema de coordenadas.

Las figs. 5, 6, 7 y 8 se refieren a un segundo ejemplo de realización conforme al invento, siendo las figs. 5, 6 representaciones similares a las figs. 1 y 2, y correspondiénd-



1421046

1 dose las figs. 7 y 8 con las figs. 3 y 4.

Las figs. 9, 10 y 11 son representaciones similares a las figs. 3 y 7, si bien para casos diferentes del esfuerzo, a flexión de una barra en el dispositivo curvador conforme al invento.

5 Las figs. 12, 13, 14 y 15 son representaciones similares a las figs. 4 y 8, y se refieren al estado actual de la técnica, correspondiendo la fig. 12 al curso geométrico de la corteza curvada de la barra conforme a una circunferencia, la fig. 13 conforme a una elipse, la fig. 14 conforme a una parábola general, y la fig. 15, conforme a una clotoide.

10 Las figs. 16, 17, 18 y 19 se refieren a un tercer ejemplo de realización conforme al invento, a saber, a un dispositivo enderezador, siendo las figs. 16, 17 representaciones similares a las figs. 5 y 6, y las figs. 18 y 19 similares a las figs. 7 y 8.

15 La fig. 20 es un alzado lateral de una barra, que primeramente se curva en un dispositivo curvador conforme al invento, y después se endereza en un dispositivo enderezador de acuerdo con el invento, y sirve para ilustrar la posición del sistema de coordenadas en el dispositivo curvador o respectivamente en el dispositivo enderezador.

20 En las figs. 1 y 2 se ha designado con 1 la barra recta penetrante en un dispositivo curvador conforme al invento. Se trata de una barra colada de acero extraída de una coquilla

25



1421046

1 refrigerada por agua, de sección transversal rectangular y
un grueso $d = 200$ mm, que después de abandonar la coquilla
presenta una temperatura superficial de aproximadamente
5 1400° C y un grueso de corteza de la barra de aproximadamen-
te 30 mm. Por debajo de la coquilla, que no ha sido dibuja-
da, está prevista una guía por rodillos con rodillos enfren-
tados por parejas para apoyar y conducir la barra 1, habién-
dose dibujado el último par de rodillos de esta guía de ro-
dillos con líneas de trazos, y designado con 2, 3.

10 El dispositivo curvador conforme al invento comprende
nueve pares de rodillos no accionados, perteneciendo los ro-
dillos 4, 7, 9, 13, 17, 19, 20 al dispositivo que origina el
curvado de la barra, mientras que los rodillos 5, 6, 8, 10,
11, 12, 14, 15, 16, 18, 21 tienen exclusivamente una misión
15 de apoyo, es decir, que deben oponerse a una abolladura de
la barra como consecuencia de la presión ferrostática; to-
dos los rodillos 4 a 21 están sin accionar, y pueden girar
libremente. La barra 1 abandona el dispositivo curvador con
un radio $R_E = 8000$ mm y penetra en la dirección de la flecha
20 en una guía de forma de arco de circunferencia para la ba-
rra, que asimismo consiste en pares de rodillos, de los que
el primero ha sido dibujado con líneas de trazos, y designa-
do con 22 y 23.

25 Los rodillos pertenecientes al dispositivo curvador, pro-
piamente dicho, son los rodillos 7, 9, 13, 17, 19, mientras

421046



1 que los rodillos de apoyo que absorben las fuerzas de reac-
ción, son los rodillos 4, 20; los centros o respectivamente
5 los ejes de estos rodillos han sido designados en cada caso
con 7", 9", 13", 17", 19", y los puntos de contacto o respec-
tivamente las generatrices de la superficie lateral de estos
rodillos, que entran en contacto con la corteza de la barra,
han sido designados con 7', 9', 13', 17', 19'. Los demás ro-
dillos, que unicamente absorben la presión ferrostática, en-
tran en contacto con la corteza de la barra en los puntos o
10 respectivamente líneas 5', 6', 8', 10', 11', 12', 14', 15',
16', 18', 21', y sus centros, o respectivamente ejes han sido
designados de manera análoga con 5", 6", 8", 10", 11", 12",
14", 15", 16", 18", 21".

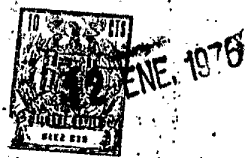
15 Todos los rodillos 4 a 21 -al igual que también los ro-
dillos 2,3 ó respectivamente 22,23- están dispuestos en forma
equidistante, y los puntos de contacto 4', 5' ... hasta 20',
21' se encuentran sobre vías curvadas 24, 25, que se corres-
ponden con el curso geométrico de la corteza exterior o res-
pectivamente interior de la barra. La curva 24 se corresponde
20 con una función $y(x_j)$, cuyas coordenadas hay que determinar,
encontrándose el origen del sistema de coordenadas x , y en el
punto 4'; el eje Y ha sido designado con 26 y marca el comien-
zo de la zona de transición; el eje X ha sido designado con 27
y es una tangente con respecto a la curva 24 en el punto 4', dis-
25 curriendo la dirección del eje X positivo en la dirección del

421046



1 movimiento de la barra, mientras que la dirección del eje Y po
 sitivo 26 discurre perpendicularmente hacia el interior de la
 barra. 26 designa por lo tanto al mismo tiempo también el
 plano a través de los ejes 4", 5" de los rodillos y a tra-
 5 vés de los puntos de contacto 4', 5' ó respectivamente la
 normal a la tangente en los puntos de contacto 4', 5' de las
 curvas 24, 25. De manera análoga han sido designados los co-
 rrespondientes planos o respectivamente normales a través de
 los pares de rodillos contiguos con 28, 29, 30, 31, 32, 33,
 10 34, 35. En el punto de contacto 4' tiene la curva 24 un ra-
 dio de curvatura $R_4 = R_{\infty}$, y los radios de curvatura en los
 puntos de contacto siguientes 6', 8' ... hasta 20' han sido
 designados de manera análoga con $R_6, R_8, R_{10}, R_{12}, R_{14}, R_{16},$
 R_{18} y R_{20} , siendo $R_{20} = R_E = 8000$ mm. Los ángulos de in-
 15 clinación de los planos o respectivamente normales 28 a 35 a
 través de los puntos de contacto 6', 8' ... hasta 20' con
 respecto al eje Y 26 han sido designados con $\alpha_6, \alpha_8, \alpha_{10},$
 $\alpha_{12}, \alpha_{14}, \alpha_{16}, \alpha_{18}$ y α_{20} , y tienen que ser determinados asi-
 mismo para el dispositivo curvador conforme al invento..

20 Para la construcción están predeterminadas: Las coorde-
 nadas x de los puntos de contacto 6', 8', 12', 16', 18', 20'
 ó respectivamente las separaciones de estos puntos entre sí:
 Supóngase que la separación A asciende a 200 mm; por consi-
 guiente la longitud total X_E de la curva 24 proyectada sobre
 25 el eje X 27 -en dirección del eje Y 26- y dibujada de manera



421046

1 sobreelevada en las figs. 1 y 2, es de 1600 mm, siendo las separaciones entre los puntos de contacto 4', 6' y 8' ó respectivamente 16', 18' y 20' igual de grandes, a saber, en cada caso $A = 200$ mm, y las separaciones entre los puntos de contacto 8', 12' y 16', el doble de grande, a saber, en cada caso $2A = 400$ mm.

5 En la fig. 2 han sido representados de manera esquemática los vectores de las fuerzas de curvatura atacantes al lado interior de la barra, designadas con $P_7, P_9, P_{13}, P_{17}, P_{19}$, y las correspondientes fuerzas de apoyo (fuerzas de reacción) P_4, P_{20} ; las líneas de acción de estos vectores se encuentran en los planos o respectivamente normales 28, 29, 31, 33, 34 ó respectivamente 26, 35. En la fig. 2 ha sido representada también una tangente 27' para la curva 25, tangente que está corrida paralelamente con respecto al eje X 27, y que discurre a través del punto de contacto 5'.

10 En la fig. 3 se han registrado sobre el eje X las coordenadas x de los puntos 4', 6', 8', 12', 16', 18', 20'; llevan las designaciones $x_4, x_6, x_8, x_{12}, x_{16}, x_{18}, x_{20}$. Sobre el eje Y, y sobre una escala elegida a discreción, se han registrado tres cifras de medidas 1,000, 0,667 y 0,375, que representan valores prefijados y que -en este caso especial- son coordenadas y para los puntos x_{12} ó respectivamente x_8, x_{16} ó respectivamente x_6, x_{18} , para formar una curva simétrica invertida 42 con los puntos 4', 39, 37, 36, 38, 40, 41, discu-



1421046

1 rriendo el eje de simetría a través de los puntos 36 y x_{12} ; la curva 42 ha sido dibujada con líneas de trazos, y la superficie 43 comprendida entre ella y el eje.X, rayada.

5 El curso de la curva 42 tiene los tres significados distintos siguientes:

10 El curso de la curva 42 que, en este ejemplo de realización, corresponde a un trazado poligonal, es similar a un curso de una línea de momentos, que resultaría del caso de carga representado en la fig. 2 y que está determinado estáticamente. Asimismo es el curso de la curva 42 similar al curso de una curva que se corresponde con la variación de dilatación de un elemento lineal de la corteza exterior de la barra, expresada en $\%/mm$ y medida a lo largo del eje X 27. En tercer lugar, es el curso de la curva 42 similar al curso de una curva que se corresponde con la variación de la curvatura de la curva 24 ó respectivamente con la derivada tercera $y'''(x_j)$ de la función $y(x_j)$.

15 Esencial para el invento es la característica siguiente de la curva 42:

20 Tiene un primer punto cero real en el origen del sistema de coordenadas 4' ó respectivamente x_4 ; discurre primeramente ascendiendo de manera relativamente pronunciada, para seguidamente hacerse paulatinamente más plana hasta un valor máximo 36; la segunda parte de la curva, desde el valor máximo 36 hasta el segundo punto cero real en el punto 41, es, en este

25

421046



1 ejemplo de realización simétrico; después de alcanzar su va-
lor máximo, la curva discurre por lo pronto descendiendo re-
lativamente poco, para después descender paulatinamente de
manera más pronunciada hasta este segundo punto cero real;
5 la existencia de dos puntos cero reales 4' ó respectivamente
41 al comienzo y al final de la curva 42 ó respectivamente
al comienzo y al final de la zona de curvatura que se ex-
tiende dentro de las líneas 26, 35 -con relación al eje X 27-
con un valor máximo 36 situado en medio, es el punto esencial
10 del invento, del que se parte para determinar el lugar geo-
métrico de todos los puntos de contacto de los rodillos o
respectivamente de los puntos de ataque de las fuerzas del
dispositivo curvador, y para construir el dispositivo curva-
dor conforme al invento, no siguiendo la curva de transición
15 24 entre la recta (vertical) y el arco de circunferencia el
curso de una curva conocida por el estado actual de la téc-
nica, a manera de una circunferencia, una elipse, una parábola,
una hipérbola o una clotoide o respectivamente una cate-
naria. Es sustancial asimismo que los puntos 39, 37, 36, 38,
20 40 -en este ejemplo de realización, en el que varias fuerzas
individuales P₇, P₉, P₁₃, P₁₇, P₁₉ originan la curvatura- si
bien representan puntos de flexión, no son en cambio puntos
de salto de la curva 42.

25 La superficie 43 -expresada en mm²- es una magnitud auxiliar
FLE precisa para el cálculo ulterior. Para obtener el curso

421046



1 de la curva para la variación $\sum'(x_j)$ de la dilatación, que
 en la fig. 4 se ha designado con 42' y ha sido representada
 a escala, se disloca la curva 42 de la fig. 3, designada co-
 mo $\varphi'(x_j)$, o sea, que se transforma con el factor de dislo-
 5 cación k'' . A este particular son válidas las ecuaciones si-
 guientes:

$$FLE = \int_{x=0}^{x = X_E} \varphi'(x_j) dx \quad \text{(ecuación 1)}$$

10 $k'' \cdot \varphi(x_j) = \sum'(x_j)$ (ecuación 2)

$$k'' = \frac{50 \cdot d}{R_E \cdot FLE} \quad \text{(ecuación 3)}$$

1 $k' = \frac{1}{R_E \cdot FLE}$ (ecuación 4)

15 siendo k' otro factor de dislocación que más tarde se emplea
 para el cálculo de la curva 24, que sigue la función $y(x_j)$.

Se obtienen los valores de ordenada de la curva 42' ó
 respectivamente los puntos 39', 37', 36', 38', 40' multipli-
 cando los valores y de la curva 42 por el factor de disloca-
 ción k'' .

20 Integrando la curva 42' según dx , se obtiene la curva 44
 de la fig. 4, que se corresponde con la dilatación de un ele-
 mento lineal de la corteza exterior de la barra -expresada en
 $\%$ y que ha sido dibujada a escala; la escala $\%$ está indicada
 en la fig. 4 a la derecha sobre la ordenada, mientras que la
 25 escala izquierda indica la variación de la dilatación, expresa-



421046

1 da en 10³ %/mm.

5 De la relación matemática descrita entre las curvas 42' y 44 se desprende que donde la curva 42' tiene sus puntos ce-
ro reales 4', 41, existen valores extremos y tangentes a la
curva 44 discurrentes paralelas al eje X o respectivamente
con dicho eje; el curso de la curva 44 a la izquierda del va-
lor extremo 4' ha sido designado con 44', y el curso a la de-
recha del valor extremo 46, con 44"; coincidiendo una de las
tangentes con el eje X 27, y la otra tangente ha sido desig-
nada con 27". En el lugar en que la curva 42' tiene su valor
máximo 36', existe en la curva 44 un punto de inflexión 45.

10 En particular es de hacer observar todavía sobre el pro-
ceso de cálculo:

15 Para la curvatura de $y(x_j)$, el lugar geométrico de la
corteza exterior de la barra, solicitada a dilatación en el di-
positivo de curvado, se tiene

$$K = - \frac{1}{R_j} \quad (\text{ecuación 5}),$$

20 siendo R_j el radio de curvatura correspondiente. Para la di-
latación proporcional de un elemento lineal de la corteza ex-
terior de la barra -en el dispositivo curvador - o respectiva-
mente de la corteza interior de la barra - que es estirada en
el dispositivo enderezador- se tiene

$$\Sigma(x_j) = \frac{50 \cdot d}{R_j} \quad (\text{ecuación 6}),$$

25 siendo d el grueso de la barra en mm; en este ejemplo de rea-

421046



1 lización es $d = 200$ mm. De las ecuaciones 5 y 6 resulta que
 la curvatura K es proporcional a la dilatación $\Sigma(x_j)$. Asi-
 mismo se puede -sin cometer un error digno de mención- equi-
 para la curvatura K a la derivada segunda $y''(x_j)$, o sea,
 5 que se tiene

$$K = y''(x_j) \quad (\text{ecuación 7}).$$

De manera análoga, también la variación de curvatura K'
 es proporcional a la variación de la dilatación $\Sigma'(x_j)$; es
 decir, que se tiene

10 $K' = k' \cdot \varphi'(x_j) \quad (\text{ecuación 8})$

y

$$K' \hat{=} y'''(x_j) \quad (\text{ecuación 9})$$

o sea, que la variación de curvatura es también proporcional
 a la derivada tercera de $y(x_j)$. Estas ecuaciones diferencia-
 15 les 1 a 9 tienen validez general para el cálculo de $y(x_j)$ ó
 respectivamente del dispositivo curvador.

Para obtener para el presente ejemplo de realización los
 valores numéricos, hay que partir por lo pronto de la ecuación
 4, siendo

20 $y'''(x_j) = k' \cdot \varphi'(x_j) \quad (\text{ecuación 10}),$

con lo que se obtiene una ecuación diferencial de tercer grado
 para $y(x_j)$, fácilmente resoluble. Seguidamente se obtiene y''
 mediante integración (ecuación 7), y volviendo a integrar, se
 obtiene

25 $y'(x_j) \quad (\text{ecuación 11}).$

1421046



1978

1 y' (x_j) indica el incremento de la función y (x_j) expresado
 como tangente de α_j, de modo que se puede calcular la mag-
 nitud de los ángulos α₆, α₈, α₁₀ ... hasta α₂₀ (fig. 2), ya
 que -tal como se ha mencionado- las líneas 28, 29, 30 ...
 5 hasta 35 son normales sobre los puntos de contacto 6', 8',
 10' ... hasta 20', situados sobre la curva 24 ó respectiva-
 mente y (x_j).

Siguiendo integrando la ecuación 11, se obtiene final-
 mente la función buscada

10 y (x_j) (ecuación 12).

En todos los pasos de integración se integra en cada
 caso desde x = 0, el origen del sistema de coordenadas, has-
 ta el punto móvil x = x_j; el último punto x_j es X_E, o sea, en
 el ejemplo de realización 1, X_E = 1600 mm ó respectivamente x₂₀.

15 En el presente ejemplo de realización, todos los rodillos
 tienen el mismo radio r = 50 mm, calculándose los centros 4",
 6", 8" ... hasta 20" de los rodillos 4, 6, 8 ... hasta 20 sobre
 la corteza exterior de la barra o respectivamente la curva 24
 a base de las coordenadas x_r e y_r:

20 x_r = x_j + r · sen α_j (ecuación 13),

y_r = y_j - r · cos α_j (ecuación 14).

Los centros 5", 7", 9" ... hasta 21" de los rodillos 5, 7,
 9 ... hasta 21 sobre la corteza interior de la barra o respec-
 tivamente la curva 25, pueden determinarse de manera análoga a
 25 base de las coordenadas x_r' e y_r':

421046



1

$$x_r' = x_j - (d + r) \cdot \text{sen } \alpha_j \quad (\text{ecuación 15})$$

$$y_r' = y_j + (d + r) \cdot \text{cos } \alpha_j \quad (\text{ecuación 16})$$

5

Las coordenadas de la curva 25, que se corresponde con el lugar geométrico de la corteza interior de la barra, pueden calcularse a base de las ecuaciones siguientes:

$$\bar{x} = x_j - d \cdot \text{sen } \alpha_j \quad (\text{ecuación 17}),$$

$$\bar{y} = y_j + d \cdot \text{cos } \alpha_j \quad (\text{ecuación 18}).$$

10

Las coordenadas x_M, y_M para el lugar geométrico de los puntos de curvatura de las curvas 24 y 25 se calculan a base de:

$$x_M = x_j - R_j \cdot \text{sen } \alpha_j \quad (\text{ecuación 19}),$$

$$y_M = y_j + R_j \cdot \text{cos } \alpha_j \quad (\text{ecuación 20}).$$

El resultado del cálculo numérico para el presente ejemplo de realización ha sido recopilado en las siguientes tablas numéricas:

15

En la tabla 1 están contenidos los valores para la variación de la dilatación en la corteza exterior de la barra, así como la dilatación total en la misma, que se corresponden con las curvas 42' y 44 en la fig. 4, y asimismo el radio de curvatura R_j .

20

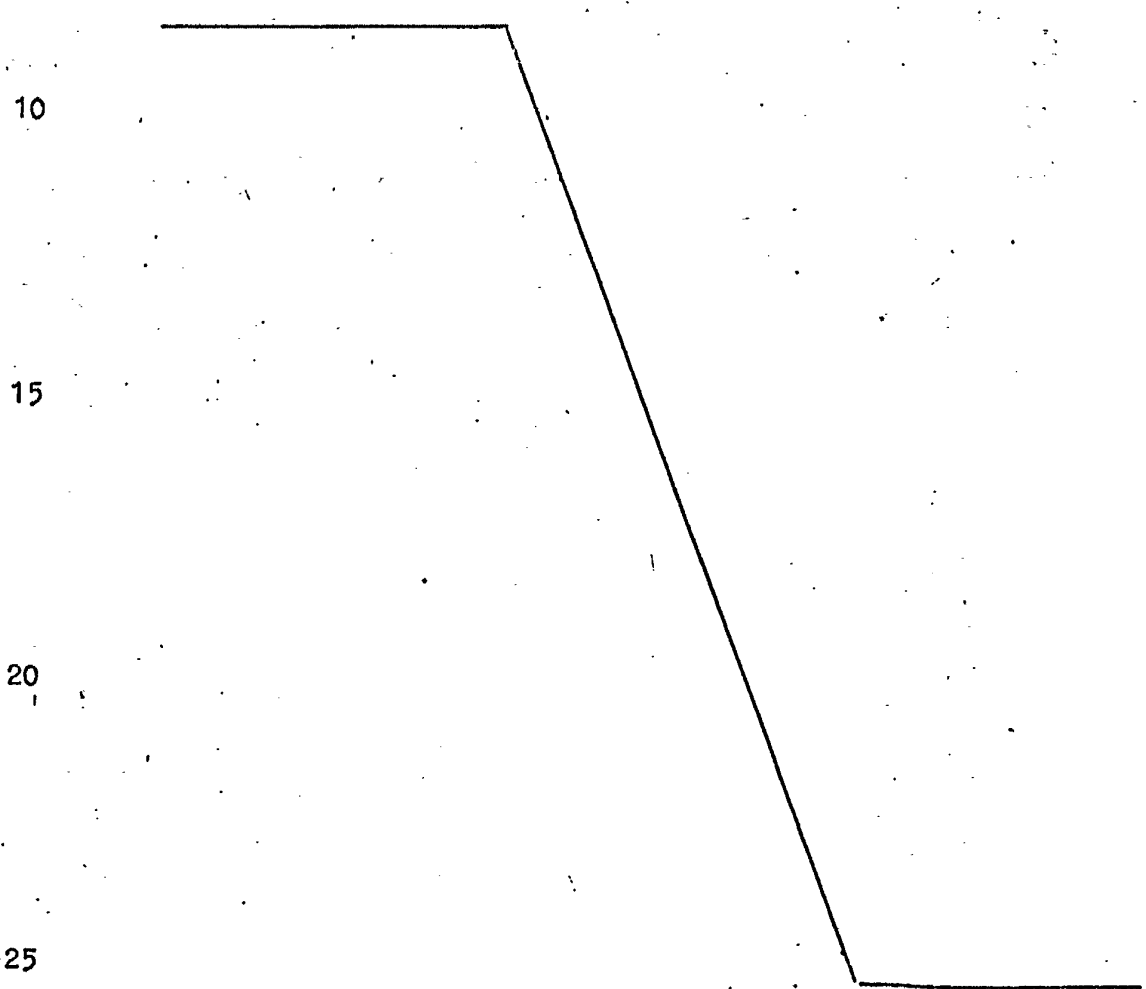
En la tabla 2 están contenidas en las dos primeras columnas las coordenadas para la curva 24, correspondientemente a la función $y(x_j)$, y en la tercera columna, la inclinación de esta curva -expresada como $y'(x_j)$ ó respectivamente como tangente α_j ; los ángulos $\alpha_6, \alpha_8 \dots$ hasta α_{20} , pueden calcularse directamente a base de los valores numéricos de la columna 3.

25



421046

1 En la tabla 3 están contenidas en la parte superior las
coordenadas de los rodillos 4, 6, 8 ... hasta 20, de manera
correspondiente a las ecuaciones 13,14, y en la parte infe-
rior, las coordenadas de los rodillos de enfrente sobre el la-
do interior de la barra 1, correspondientemente a las ecua-
5 ciones 15,16; la expresión "eje del rodillo" es idéntica a
la de "centro del rodillo".



1421046

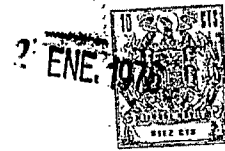


Tabla 1: Zona de curvado (figs. 1-4)

1
5
10
15
20
25

Separación sobre el eje \bar{X} mm.	Variación de la dilatación $10^3 \% / \text{mm.}$	Dilatación total %	Radio R_j mm.
0 (= X_4)	0	0	∞
50	0,124	0,00310	3 222 901
100	0,248	0,01241	865 810
150	0,372	0,02792	358 164
200 (= X_6)	0,496	0,04963	201 489
250	0,593	0,07685	130 123
300	0,689	0,10888	91 836
350	0,785	0,14574	68 614
400 (= X_8)	0,881	0,18740	53 360
450	0,936	0,23284	42 948
500	0,990	0,28099	35 588
550	1,045	0,33188	30 138
600	1,099	0,38547	25 942
650	1,153	0,44179	22 635
700	1,208	0,50081	19 968
750	1,262	0,56254	17 777
800 (= X_{12})	1,316	0,62696	15 950
850	1,2599	0,69135	14 464
900	1,2044	0,75296	13 281
950	1,1491	0,81179	12 318

421046



ENE 1978

1 Continuación Tabla 1

	Separación sobre el eje X mm.	Variación de la dilatación 10 ³ % / mm.	Dilatación total %	Radio R _j mm.
5	1000	1,0938	0,86787	11 522
	1050	1,038	0,92118	10 856
	1100	0,984	0,97173	10 291
	1150	0,928	1,0195	9 808
	1200 (= X ₁₆)	0,874	1,0646	9 393
10	1250	0,778	1,1059	9 043
	1300	0,682	1,1424	8 754
	1350	0,586	1,1740	8 516
	1400 (= X ₁₈)	0,490	1,2009	8 327
	1450	0,368	1,2224	8 181
15	1500	0,245	1,2010	8 079
	1550	0,123	1,2469	8 019
	1600 (= X ₂₀)	0	1,2500	8 000
20				
25				



1421046

1. Tabla 2: Zona de curvado (figs 1-4)

	Separación sobre el eje X mm.	Y_j mm.	Y'_j ($\text{tg} \alpha_j$)
5	0 (= X_4)	0	0
	50	0,000065	0,000005
	100	0,001034	0,0000414
	150	0,005236	0,0001396
	200 (= X_6)	0,016546	0,000331
10	250	0,040379	0,000645
	300	0,083525	0,0011074
	350	0,15399	0,001742
	400 (= X_8)	0,26099	0,002573
	450	0,41493	0,003622
15	500	0,62713	0,004906
	550	0,90964	0,006437
	600	1,275	0,008229
	650	1,737	0,010296
	700	2,310	0,012651
20	750	3,007	0,015309
	800 (= X_{12})	3,845	0,018281
	850	4,841	0,021578
	900	6,009	0,025190
25	950	7,364	0,029103



1421046

1 Continuación Tabla 2

	Separación sobre el eje X mm.	Y_j mm.	Y'_j ($\text{tg} \alpha_j$)
5	1000	8,924	0,033039
	1050	10,699	0,037777
	1100	12,706	0,042511
	1150	14,955	0,047490
	1200 (= X_{16})	17,459	0,052702
10	1250	20,229	0,051296
	1300	23,275	0,06375
	1350	26,607	0,06954
	1400 (= X_{18})	30,232	0,07548
	1450	34,157	0,08155
15	1500	38,388	0,08769
	1550	42,928	0,09391
	1600 (= X_{20}) = X_E	47,779 = Y_E	0,10015
20			
25			

421046



1 Tabla 3: Zona de curvado (figs 1-4)

	Posición de los ejes de los rodillos	x_r mm	y_r mm
5	a) <u>en el lado exterior</u>		
	Rodillo 4	0	-50
	Rodillo 6	200,02	-49,98
	Rodillo 8	400,13	-49,74
	Rodillo 10	600,41	-48,72
10	Rodillo 12	800,91	-46,15
	Rodillo 14	1001,67	-41,05
	Rodillo 16	1202,63	-32,47
	Rodillo 18	1403,76	-19,63
	Rodillo 20	1604,98	- 1,97
15		x_r' mm	y_r' mm
	b) <u>en el lado interior</u>		
	Rodillo 5	0	250
20	Rodillo 7	199,92	250,02
	Rodillo 9	399,36	250,26
	Rodillo 11	597,94	251,27
	Rodillo 13	795,43	253,80
25	Rodillo 15	991,68	258,78

421046



Continuación tabla 3

1

Posición de los ejes de los rodillos	X_r mm	Y_r mm
Rodillo 17	1186,84	267,11
Rodillo 19	1381,18	297,52
Rodillo 21	1575,09	296,54

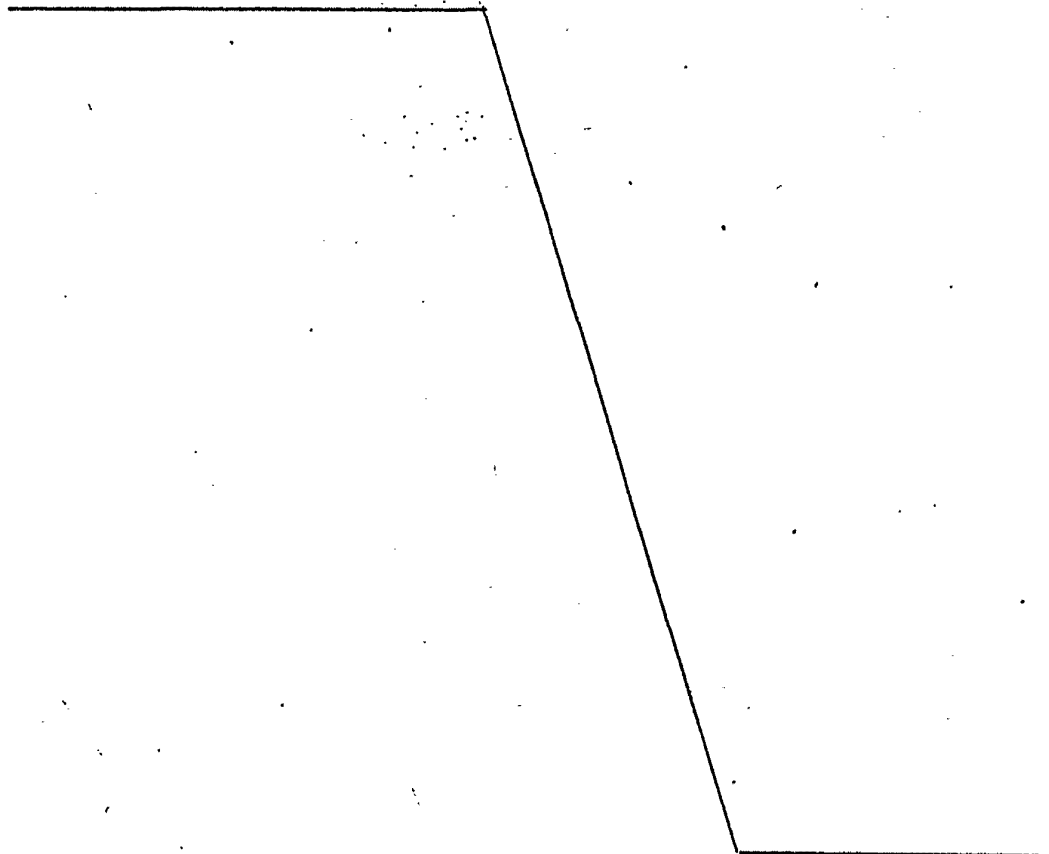
5

10

15

20

25



421046



1
5
10
En las figs. 5 a 8 se ilustra una forma de realización modificada de una instalación de colada continua conforme al invento. La barra recta penetrante en la zona de curvatura ha sido designada con 1; los rodillos 2,3 dibujados con líneas de trazos son los últimos rodillos de una guía recta para la barra. La barra 1 tiene nuevamente un grueso d de 200 mm, y es extraída del dispositivo curvador en la dirección de la flecha, siendo conducida a continuación en una guía de forma de arco de circunferencia, indicada por el par de rodillos 22,23, teniendo esta guía un radio exterior R_E de 8000 mm.

15
20
25
El dispositivo curvador conforme al invento comprende cuatro rodillos 47, 49, 50, 48, generando los rodillos 49,50 fuerzas de curvatura P_{49} , P_{50} sobre el lado interior de la barra, y los rodillos 47, 48, fuerzas de reacción P_{47} , P_{48} (fig. 6). Los rodillos curvadores 49,50 y los rodillos de apoyo 47,48 no están accionados. Frente a los rodillos curvadores 49,50 están dispuestos rodillos de guía 51,52, que no participan en la curvatura propiamente dicha de la barra, sino que contrarrestan la presión ferrostática del nucleo líquido de la barra; los rodillos 51,52 pueden suprimirse, por ejemplo, cuando se curva una barra terminada de solidificar, por ejemplo, un carril. Los correspondientes puntos de contacto de los rodillos, han sido designados con 47',48', de manera análoga al ejemplo de realización según las figs. 1 a 4,

421046



1 y asimismo con 47", 48", etcétera, los centros o respectivamente
te los ejes de los rodillos. Con 53 ha sido designado el eje Y
positivo, y con 59 el eje X positivo de un sistema de coordena-
5 la curva 54. Esta curva 54 se corresponde con la corteza ex-
terior de la barra o respectivamente con la función $y(x_j)$, y
la curva 55 se corresponde a la equidistante corteza interior
de la barra. Con 56, 57, 58 han sido designadas normales res-
pecto a la curva 54 en los puntos de contacto 51', 52' y 48',
10 y los radios correspondientes de la curva 54 tienen la desig-
nación R_{51} , R_{52} , R_{48} ; los ángulos de inclinación de las nor-
males con respecto al eje Y 53 han sido designados con α_{51} ,
 α_{52} y α_{48} .

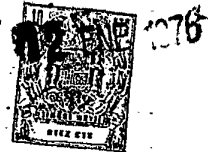
15 La separación del punto de contacto 51' proyectado sobre
el eje X 59 ha sido designada con B y asciende a 530 mm, la
separación correspondiente entre los puntos 51' y 52' es C y
asciende a 180 mm, y la separación entre los puntos 52' y 48'
es D y asciende a 570 mm; X_E es por consiguiente en este ejem-
plo de realización igual a 1280 mm.

20 El proceso de cálculo o respectivamente las ecuaciones a
emplear son los mismos que en el ejemplo de realización según
las figs. 1 a 4.

Los resultados serán explicados con más detalle con rela-
ción a las figs. 7 y 8 y a las tablas numéricas 4, 5 y 6.

25 De acuerdo con el caso de carga supuesto, con dos fuerzas

421046



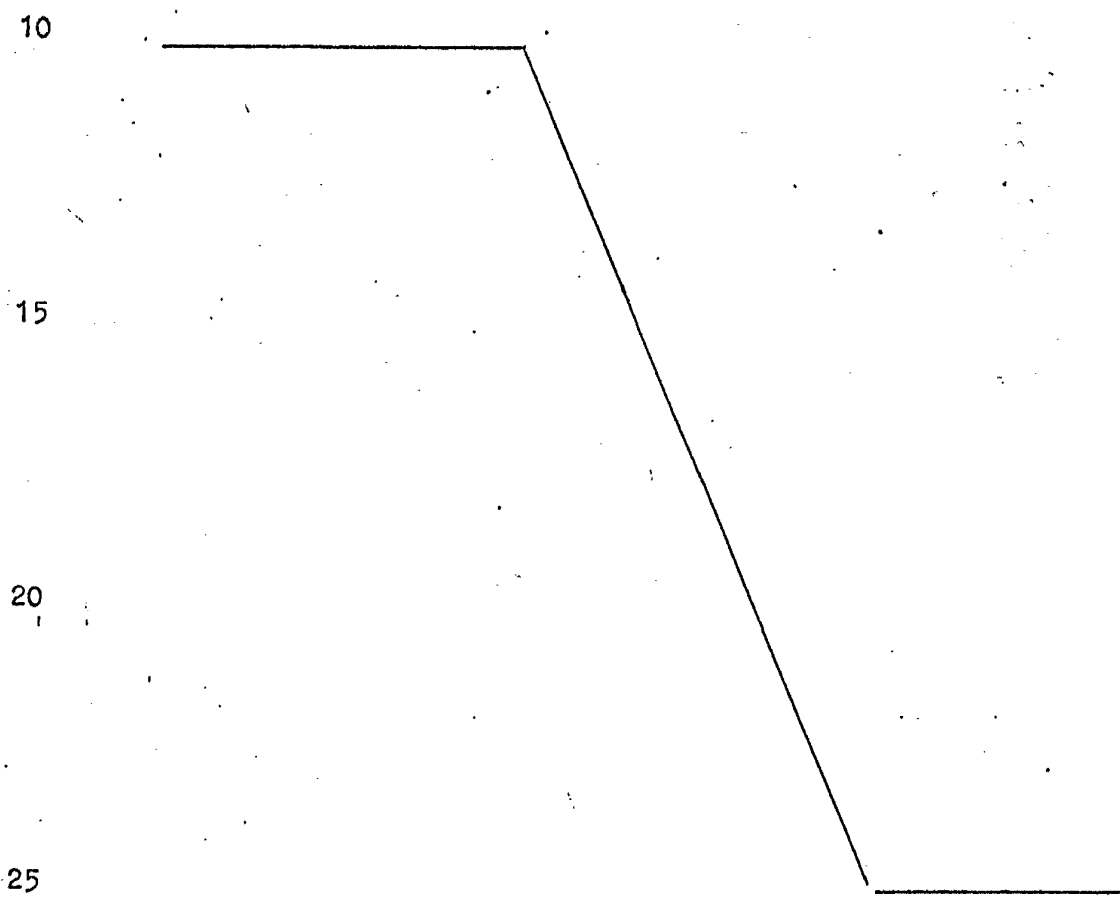
1 de curvado P_{49}, P_{50} , resulta un curso trapezoidal para las
curvas 63 ó respectivamente 63', es decir, que existen dos
valores máximos 60,61 que forman una "zona", a saber, la zo-
na del valor máximo entre x_{51} y x_{52} , que se corresponde con
5 el valor máximo de la variación de la dilatación. En 47' y
62 existen nuevamente puntos cero reales, y la superficie com-
prendida entre la curva 63 y el eje X, rayada en el dibujo, y
designada con 64, es FLE, o sea -tal como ha sido mencionado
anteriormente, una magnitud auxiliar de cálculo para determi-
10 nar la curva 63', que ha sido dibujada a escala; los corres-
pondientes valores numéricos para la variación de la dilata-
ción están contenidos en la tabla 4, y asimismo están conte-
nidos en ella los valores numéricos para la dilatación total,
a base de los cuales se ha dibujado la curva 65 en la fig. 8.
15 Entre las curvas 63' y 65 existe la misma relación matemáti-
ca que en el ejemplo de realización conforme a las figs. 3 y
4. La curva 65 consiste en una sección recta 65', que coinci-
de con una tangente, en el eje X 59 sobre el punto 47', una
sección parabólica hasta el punto 66, una tangente de infle-
20 xión 65'' entre los puntos 66,67, otro trozo de parábola des-
de el punto 67 hasta el valor máximo 68, y un trozo recto 65''
paralelo al eje X.59, que coincide con una tangente 59' en el
punto 68.

25 En la tabla 5 están contenidos valores numéricos para
la curva 54 y su inclinación -expresada como tangente de α_j ;



421046

1 la curva 54 representa el lugar geométrico de la corteza exte-
rior curvada de la barra en la zona de curvado; En su comienzo
o respectivamente su final atacan las fuerzas de apoyo P_{47} ,
1 P_{48} , mientras que las fuerzas de curvado P_{49} , P_{50} atacan a la
5 curva equidistante 55. El radio de curvatura de cada caso de
la curva 54 se desprende de la columna 3 de la tabla 4, y la
tabla 6 contiene las coordenadas x_r , y_r de los dos rodillos
curvadores 49, 50 en el lado interior de la barra.



421046



1976

1 Tabla 4: Zona de curvado (figs. 5-8)

	Separación sobre el eje X mm.	Variación de la dilatación 10^3 % / mm.	Dilatación total %	Radio R_j mm
5	0 (= x)	0	0	∞
	50	0,16	0,00406	2 460 679
	100	0,33	0,01625	615 212
	150	0,49	0,03657	273 456
	200	0,65	0,06500	153 841
10	250	0,81	0,10155	98 476
	300	0,97	0,14620	68 402
	350	1,14	0,19894	50 267
	400	1,30	0,25976	38 498
	450	1,46	0,32864	30 428
15	500	1,62	0,40557	24 657
	530 (= x_{51})	1,71	0,45558	21 950
	550	1,71	0,48988	20 413
	600	1,71	0,57558	17 373
	650	1,71	0,66120	15 124
20	700	1,71	0,74675	13 391
	710 (= x_{52})	1,71	0,76385	13 091
	750	1,59	0,82983	12 051
	800	1,44	0,90550	11 043
25	850	1,29	0,9736	10 278

421046



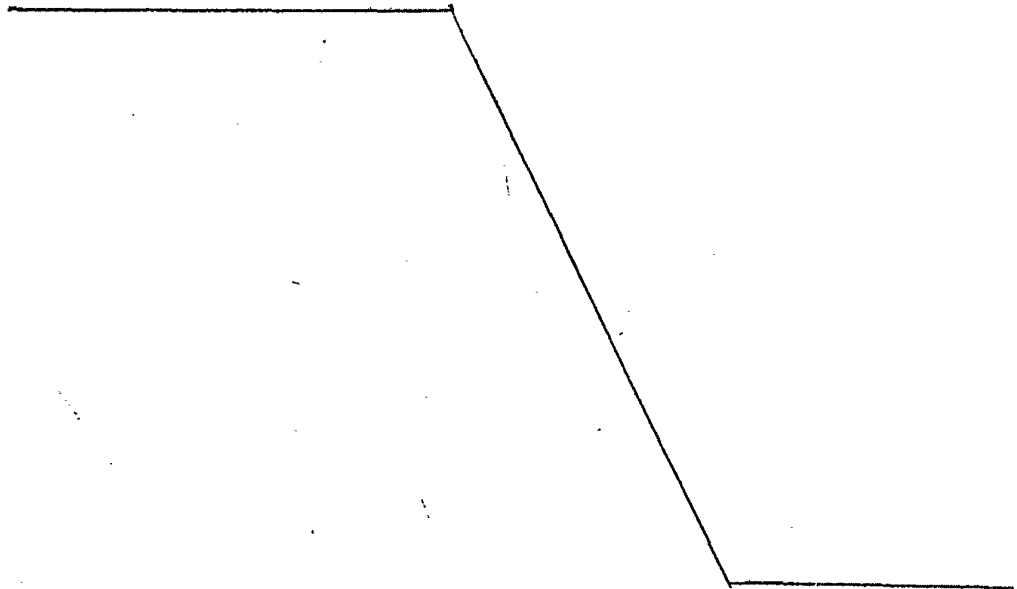
1 Continuación tabla 4

	Separación sobre el eje X mm.	Variación de la dilatación 10^3 % / mm.	Dilatación total %	Radio R_j mm
5	900	1,14	1,034	9 669
	950	0,99	1,087	9 197
	1000	0,84	1,133	8 827
	1050	0,69	1,171	8 540
	1100	0,54	1,202	8 322
10	1150	0,39	1,225	8 165
	1200	0,24	1,240	8 062
	1250	0,08	1,248	8 009
	1280 (= x_{48})	0	1,250	8 000

15

20

25





421046

1 Tabla 5: Zona de curvado (figs. 5-8)

	Separación sobre el eje X mm	Y_j mm	Y'_j ($\text{tg } \alpha_j$)
5	0 (= x_{47})	0	0
	50	0,000085	0,000007
	100	0,00135	0,000054
	150	0,00686	0,000183
	200	0,02167	0,000433
10	250	0,05291	0,000846
	300	0,10969	0,001462
	350	0,20320	0,002322
	400	0,34661	0,003465
	450	0,55513	0,004933
15	500	0,84597	0,006765
	530 (= x_{51})	1,06791	0,008056
	550	1,238	0,009001
	600	1,753	0,01166
	650	2,412	0,01475
20	700	3,236	0,01828
	710 (= x_{52})	3,423	0,019032
	750	4,247	0,02222
	800	5,465	0,02656
25	850	6,909	0,03126

421046



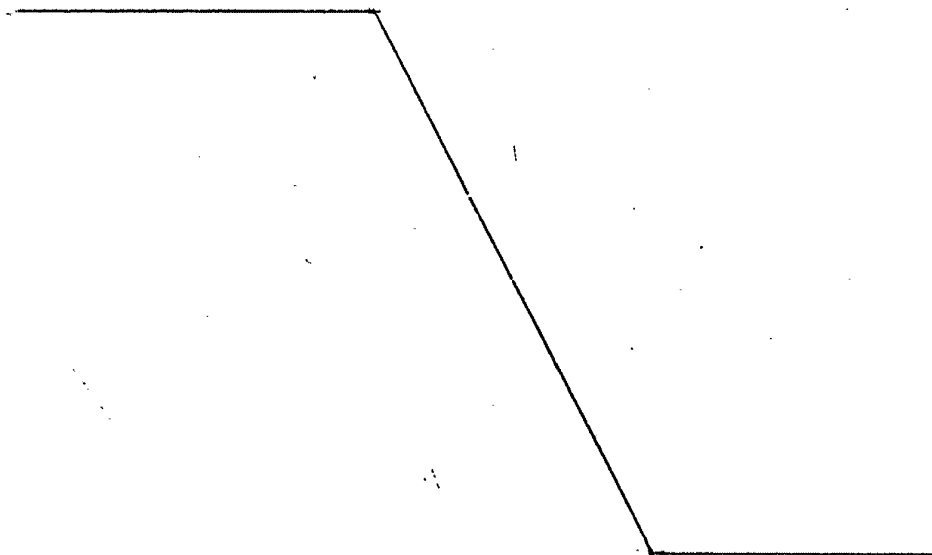
1 Continuación tabla 5

	Separación sobre el eje X mm.	Y_j mm	Y'_j ($\text{tg } \alpha_j$)
5	900	8,597	0,03628
	950	10,542	0,04159
	1000	12,760	0,04714
	1050	15,261	0,05291
	1100	18,054	0,05834
10	1150	21,147	0,06491
	1200	24,546	0,07108
	1250	28,256	0,07730
	1280 (= x_{48}) = X_E	30,632 = Y_E	0,08105

15

20

25



421046

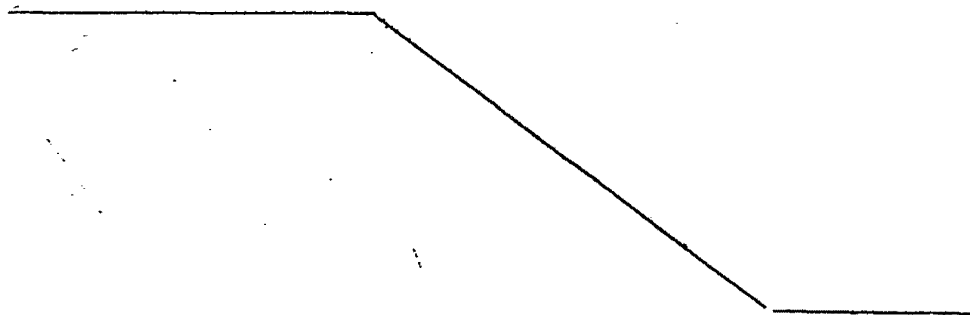


1 Tabla 6: Zona de curvatura (figs. 5-8)

Posición de los ejes de los rodillos	x_r'' mm	y_r'' mm
5 a) <u>en el lado exterior</u> Rodillo 47 Rodillo 51 Rodillo 52 Rodillo 48	0 530,40 710,95 1284,04	-50,00 -48,93 -46,57 -19,20
	x_r'' mm	y_r'' mm
15 b) <u>en el lado interior</u> Rodillo 49 Rodillo 50	527,99 705,24	251,06 253,24

20

25





421046

1 (En las figs. 9, 10, 11 han sido representados otros ejemplos que caracterizan al invento, para el curso elegible a discreción de la línea de momentos normalizada, de acuerdo con diferentes casos de carga de la barra en el dispositivo curvador conforme al invento:

5 De acuerdo con la fig. 9 atacan en la zona de los puntos x_{31} , x_{32} , x_{33} , x_{34} cuatro fuerzas de curvado al lado interior de la barra; las correspondientes fuerzas de apoyo o reacción atacan en los puntos x_{30} , x_{35} al lado exterior de la barra, resultando un curso de la curva caracterizado por un trazo poligonal 69', dibujado con líneas de trazos, con un valor máximo en el punto 169 ó respectivamente en x_{33} , si la magnitud de las fuerzas de curvado se elige de modo que la resultante se encuentre en esta zona. La curva 69' de trazo continuo corresponde al caso ideal desde el punto de vista del esfuerzo de curvado de la barra, es decir, cuando existe una carga constante (carga uniforme) sobre el lado interior de la barra, lo que se produce en el empleo de elementos curvadores continuos, que se extienden por toda la zona de curvado. Para mantener lo menor posible la fricción entre la barra y los elementos de apoyo, se traslada conforme al invento el máximo 169 a la zona del último tercio de toda la zona de curvado: x_{33} asciende por consiguiente a aproximadamente $2/3$ de x_{35} . Los puntos 70, 71, 72 de la curva 69' son puntos de flexión, pero no puntos de salto.

10

15

20

25



421046

1 Según la fig. 10, únicamente una sola fuerza de curvado
ataca en x_{41} , y las fuerzas de apoyo o respectivamente de re-
acción atacan simétricamente con respecto a ella en x_{40} y x_{42} ,
de modo que resulta una curva 73' aproximadamente triangular
5 con un valor máximo en 74. En una carga distribuida unifor-
mente para el curvado de la barra resulta en cambio una pará-
bola simétrica 73, cuyo vértice es al mismo tiempo el valor
máximo y se encuentra en 74.

10 De acuerdo con la fig. 11, el máximo de un trazo poligo-
nal, designado con 75', está caracterizado por una zona com-
prendida entre los puntos 78, 76 y 79, que se corresponde con
el valor máximo, mientras que los puntos 77, 80 son puntos de
inflexión, pero no puntos de salto. Se trata aquí de el caso
15 ideal de la conformación de un dispositivo de curvado confor-
me al invento, empleándose rodillos para transmitir las fuer-
zas de curvado, que atacan en los puntos x_{51} , x_{52} , x_{53} , x_{54} ,
 x_{55} , mientras que las fuerzas de apoyo, o respectivamente de
reacción atacan en x_{50} y x_{56} . Si, por el contrario, se supo-
ne una carga de curvado uniforme, entonces resulta para la va-
20 riación de la dilatación o respectivamente el curso de la
línea de momentos o respectivamente una curva correspondien-
te a la derivación tercera $y'''(x_j)$, un curso de la curva 75
en forma de arco de circunferencia. El curso plano de la curva
75' ó respectivamente 75 para la variación de la dilatación,
25 sección que discurre a lo largo de una gran extensión longi-



421046

1 tudinal (zona de curvado larga), caracteriza un esfuerzo bas-
tante moderado de la barra, si bien en cambio, hay que confor-
marse con una fricción mayor, debido al gran largo de la zona
de curvado. Frente a ésto, la zona de curvado es conforme a
5 la fig. 10 relativamente corta, y la fricción menor, pero la
barra es curvada en una sección muy corta, o sea, que su es-
fuerzo es relativamente fuerte y está limitado a una zona cor-
ta.

10 Para una mejor comprensión del invento con respecto al
estado actual de la técnica, servirán las siguientes figuras
12 a 15.

15 De acuerdo con el estado actual de la técnica, por ejem-
plo, la patente austriaca nº 231.629, es conocido el emplear
como curva de transición entre una recta y un arco de circun-
ferencia, o a la inversa, curvas que se corresponden con ar-
cos de circunferencia con radios escalonados paso a paso de
una elipse, una parábola, una hipérbola, una clotoide o una
catenaria.

20 En una representación análoga a la de las figs. 4 y 8,
si bien suponiendo que la curva de transición (el lugar geo-
métrico de la corteza exterior de la barra) sigue arcos cir-
culares de una elipse, parábola o respectivamente clotoide,
resultan las figs. 12 a 15:

25 En la fig. 12 se ha registrado con líneas de trazo con-
tinuo la curva 81 de la variación de la dilatación $\sum(x_j)$,

421046

1 que en el comienzo de la zona de curvado presenta en x_{60} un punto de salto desde ∞ hasta cero -caracterizado por el trazo de curva 81'-, y en el final de la zona de curvado, en x_{61} , un punto de salto desde cero hasta ∞ , caracterizado por el

5 trazo de curva 81"; practicamente quiere decir ésto, que en una zona infinitamente pequeña tiene lugar en x_{60} una repentina y brusca variación infinitamente grande de la dilatación, mientras que a lo largo de la zona de curvado la variación de la dilatación es constantemente cero, produciéndose

10 en el final, en x_{61} , nuevamente, una brusca variación infinitamente grande de la dilatación en una zona infinitamente pequeña, en la transición al arco circular siguiente. De manera análoga discurre la curva 82, que ha sido dibujada con líneas de trazos y que se corresponde con la dilatación pertenente $\Sigma(x_j)$. En x_{60} existe un punto de salto designado con 83, es decir, que la dilatación asciende repentinamente desde cero hasta el valor 83, permanece después constante hasta x_{61} , para en el punto 84 volver a ascender bruscamente hasta el valor final 85 (valor máximo); la fig. 12 pone de manifiesto, por consiguiente, que mediante el troceado de arcos circulares para la formación de una curva de transición, tal como ha sido propuesto hasta ahora en múltiples ocasiones, se obtiene un curso escalonado para la dilatación, es decir, un esfuerzo brusco, en extremo desfavorable de la barra en cada

20 punto de transición entre la recta y el primer arco circular

25

1421046



1 o respectivamente entre los diversos arcos circulares, así como también en el final de la curva de transición, al pasarse a una guía de forma de arco circular para la barra.

5 La fig. 13 es una representación análoga para el caso de que la curva de transición obedece a una elipse: La curva 86 para la variación de la dilatación asciende al comienzo de la zona de curvado (x_{70}) en realidad muy lentamente, es decir, por lo pronto casi de manera lineal, para después, en la parte última, hacerlo de manera muy pronunciada, a la manera de una parábola, hasta llegar a un valor máximo 87, desde donde desciende bruscamente hasta cero, después de la parte de curva 86"; en x_{71} existe por lo tanto nuevamente un punto de salto, que es indeseable. De manera análoga discurre la curva 88 para la dilatación: En x_{70} existe un punto de salto desde cero hasta un valor finito 89, desde donde la curva 88 discurre entonces - de manera similar a la curva 86 - hasta un valor máximo 90, donde existe un punto de inflexión. La barra es cargada por consiguiente también aquí de manera brusca en x_{70} , y es decargada bruscamente en x_{71} . El empleo de una elipse como curva de transición, si bien proporciona relaciones mejores el empleo de arcos circulares, no pueden sin embargo conseguirse condiciones óptimas de curvado.

20 La fig. 14 es una representación análoga para el empleo de una parábola general de orden más alto en calidad de curva de transición: La curva 91 para la variación de la dilatación



421046

1 parte de un valor cero en x_{80} , asciende primeramente de mane-
 ra muy pronunciada, para después -aplanándose paulatinamente-
 ascender hasta un valor máximo 92, donde existe un punto de
 5 hasta cero (x_{81}). La curva 93 para la dilatación asciende des-
 de x_{80} hasta x_{81} paulatinamente hasta el valor máximo, donde
 existe un punto de flexión.

Finalmente ilustra la fig. 15 las relaciones en el em-
 pleo de una clotoide como curva de transición: La curva 94
 10 para la variación de la dilatación tiene en x_{90} un punto de
 salto desde cero hasta un valor finito 95, y en el final, en,
 x_{91} , un valor máximo 96, donde existe un segundo punto de
 salto, donde la curva desciende hasta cero. La curva 97 para
 la dilatación parte en x_{90} desde cero, y asciende muy rápida-
 15 mente y en forma bastante uniforme hasta un valor máximo, don-
 de nuevamente existe un punto de flexión. La clotoide, en
 calidad de curva de transición, es por consiguiente compara-
 ble con una elipse, resultando asimismo condiciones desfavo-
 rables para el curvado de una barra.

20 La hipérbola y la catenaria tienen en el punto de tran-
 sición entre la recta y la zona de curvado radios de curvatu-
 ra finitos; allí se presentan asimismo puntos de inestabili-
 dad o respectivamente de salto.

25 En las figs. 16 y 17 ha sido representado un dispositivo
 enderezador conforme al invento, penetrando la barra 1 en el



421046

1 dispositivo enderezador con el radio interior $R_A = 7800$ mm
y el grueso $d = 200$ mm, con lo que es estirada en el lado
interior y recalcada en el lado exterior, quedando por con-
siguiente enderezada; la barra 1 sale en la dirección de la
5 flecha con el radio $R'_E = R'_\infty$. El dispositivo enderezador
consiste en los rodillos 100,101 que provocan el endereza-
miento, y en los rodillos 98,99 que absorben las fuerzas de
reacción o respectivamente de apoyo; las fuerzas enderezado-
ras han sido designadas en la fig. 17 con P_{100} , P_{101} , y las
10 fuerzas de apoyo con A_1 , B_1 . Con 98' ha sido designado el
punto de contacto del rodillo 98 sobre el lado interior de
la barra, punto que representa el punto cero de un sistema
de coordenadas, cuyo eje Y positivo ha sido designado con 102,
y cuyo eje X positivo lo ha sido con 103 (el eje X 103 es una
15 tangente a la curva 111 (y (x_j)) en el punto 98'). Sobre el
eje Y 102, que representa al mismo tiempo la normal a través
del punto 98', se encuentra el centro de curvatura M de la
guía circular de la barra, con el radio interior R_A . Con 104,
20 105, 106 han sido designadas asimismo normales, en las que se
encuentran las líneas de acción de la fuerza de apoyo E_1 y
respectivamente de las fuerzas de enderezado P_{100} , P_{101} .
107', 108' son puntos de intersección de las normales 102,
104 con la curva de transición exterior 112, equidistante con
respecto a la curva de transición interior 111, y 109' y 110'
25 son puntos de intersección análogos sobre la curva 111. La



421046

1 separación "a" del punto de intersección 109' sobre el eje X
 103 está predeterminada y asciende a 530 mm. La separación "b"
 entre el punto de intersección 110' y el punto de intersec-
 ción 109' sobre el eje X 103 está predeterminada asimismo, y
 5 asciende a 180 mm, mientras que "c", la separación entre el
 punto de contacto 99' del rodillo 99 y el punto de intersec-
 ción 110', es de 570 mm; por consiguiente es la longitud X'_E
 de la zona de enderezado igual a 1280 mm. Se trata de hallar
 Y'_E , el curso de la curva 111 de manera correspondiente a la
 10 función $y(x_j)$, y el curso de la curva equidistante 112, así
 como los ángulos de inclinación α_{109} , α_{110} , α_{99} de las norma-
 les 105, 106, 104 con respecto al eje Y 102, que son impor-
 tantes para la construcción del dispositivo enderezador.

15 Las figs. 18 y 19 son representaciones análogas a las
 figs. 7 y 8. Para el cálculo de las curvas para la variación
 de la dilatación y la dilatación, se pueden utilizar las
 ecuaciones 2, 5, 6, 7, 8, 9, 19 y 20, y las otras ecuaciones
 modificadas:

20
$$FLE = \int_{x=0}^{x = X'_E} \varphi(x_j) dx \quad \text{(ecuación 1a)}$$

$$k''_1 = \frac{50 \cdot d}{R_A \cdot FLE} = \frac{50 \cdot d}{(R_E - d) \cdot FLE} \quad \text{(ecuación 3a)}$$

$$k'_1 = \frac{1}{R_A \cdot FLE} = \frac{1}{(R_E - d) \cdot FLE} \quad \text{(ecuación 4a)}$$

25
$$y''(x_j) = k'_1 \varphi'(x_j) \quad \text{(ecuación 10a)}$$



421046

1 $y''(x_j) = \frac{1}{R_A} - k'_1 \int_{x=0}^{x=x_j} \varphi'(x_j) dx$ (ecuación 10b)

$y'(x_j) = \int_{x=0}^{x=x_j} \left(\frac{1}{R_A} - k'_1 \int_{x=0}^{x=x_j} \varphi'(x_j) dx \right) \cdot dx$ (ecuación 11a)

5 $y(x_j) = \int_{x=0}^{x=x_j} \int_{x=0}^{x=x_j} \left(\frac{1}{R_A} - k'_1 \int_{x=0}^{x=x_j} \varphi'(x_j) dx \right) \cdot dx \cdot dx$ (ecuación 12a)

$x_1'' = x_j - r \text{ sen } (\alpha_j)$ (ecuación 13a)

$y_1'' = y_j + r \text{ cos } (\alpha_j)$ (ecuación 14a)

$\bar{x}_1'' = x_j + (d + r) \cdot \text{sen } (\alpha_j)$ (ecuación 15a)

$\bar{y}_1'' = y_j - (d + r) \cdot \text{cos } (\alpha_j)$ (ecuación 16a),

$\bar{x}' = x_j + d \text{ sen } (\alpha_j)$ (ecuación 17a)

$\bar{y}' = y_j - d \text{ cos } (\alpha_j)$ (ecuación 18a).

15 Las ecuaciones 13a, 14a se refieren al lado interior de la barra, y las ecuaciones 15a, 16a, 17a, 18a, al lado exterior de la barra. El proceso de cálculo es en principio el mismo que en el cálculo de una instalación curvadora. La característica del dispositivo enderezador se desprende de las mencionadas figs. 18 y 19: Con 113 se ha designado el curso trapezoidal de una línea de momentos normalizadas o respectivamente de una curva, que es similar a la variación de curvatura o respectivamente a la variación de dilatación $y''(x_j)$; la curva dada por los puntos 98' (x_2), 114, 115, 116 (x_3) comprende con el eje X 103 la superficie 117; esta superficie 117 es FLE. La curva modificada y dibujada a escala para la varia-

20

25

421046

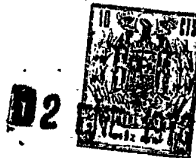
82 E



1 ción de la dilatación $\Sigma(x_j)$, ha sido designada en la fig.
 19 con 113'; tiene dos puntos cero reales en los puntos 98',
 116, y dos valores máximos 114', 115'. La correspondiente
 5 curva 118 para la dilatación $\Sigma(x_j)$ pasa desde una rama hori-
 zontal 118', a través de un primer punto de inversión 119, a
 una tangente de inversión 118'' y a un segundo punto de inver-
 sión 120, así como a un valor máximo 121, que se corresponde
 con la dilatación máxima, para terminar en una segunda rama
 horizontal 118''. Con 103' ha sido designada una tangente en
 10 el punto 121, coincidente con esta rama 118'' y paralela al
 eje X 103, lo que -tal como ha sido mencionado- es una caracte-
 rística del curso de la curva 118 para la dilatación.

Tal como ha sido representado en la fig. 16, pueden es-
 15 tar dispuestos en el dispositivo enderezador también otros
 pares de rodillos 122 para conducir y apoyar la corteza de
 la barra, si este dispositivo enderezador se utiliza en una
 instalación de colada continua para enderezar una barra co-
 lada dotada de un núcleo todavía líquido. Los pares de rodi-
 20 llos 122 pueden estar dispuestos entonces de manera "flotan-
 te", es decir que, manteniendo su separación relativa "d" en
 la dirección de la normal, están soportados por los centros
 de los rodillos de manera que se pueden mover libremente.
 Otros rodillos de guía han sido designados con 107, 108, 109,
 25 110; no participan -al igual que tampoco los pares de rodillos
 122 - en el enderezado propiamente dicho de la barra. Lo mismo

1421046

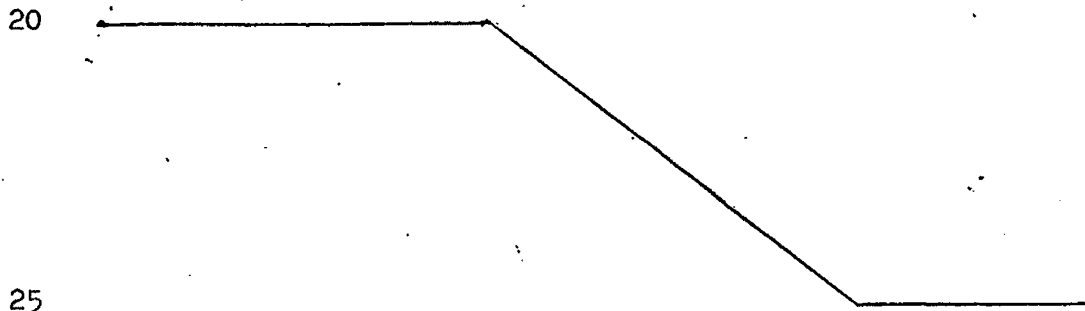


1 ocurre respectivamente con los pares de rodillos estacionarios, designados con 123, de la guía en forma de arco circular para la barra, y con los pares de rodillos estacionarios, designados con 124, de la guía horizontal de la barra, con el radio

5 $R'_B = R'_{\infty}$.

Los resultados del cálculo numérico, están contenidos en las tablas 7, 8, 9, estando contenidos en la tabla 7 valores numéricos para la curva 113' (variación de la dilatación) y para la 118 (dilatación total), así como para el radio corriente R_j de la curva 111. En la tabla 8 están contenidos los valores numéricos de y_j para la curva 111 y su inclinación y'_j -de nuevo expresada como tangente de α_j -, de modo que resultan directamente los puntos de contacto de los rodillos sobre el lado interior de la barra y los ángulos de inclinación α_{109} ,

10 α_{110} y α_{99} . La tabla 9 contiene las coordenadas x_i'' , y_i'' de los rodillos 98, 109, 110, 99 en el lado interior de la barra, y las coordenadas \bar{x}_i'' , \bar{y}_i'' de los dos rodillos enderezadores 100 y 101 en el lado exterior de la barra.



421046



1 Tabla 7: zona de enderezado (figs. 16-19)

	Separación sobre el eje X mm	Variación de la dilatación $10^3 \% / \text{mm}$	Dilatación total %	Radio R_j mm	
5	0 (= x_2)	0	0	7 800	
	50	0,169	0,00417	7 825	
	100	0,338	0,01667	7 903	
	150	0,506	0,03751	8 035	
	200	0,675	0,06668	8 228	
10	250	0,844	0,10416	8 490	
	300	1,012	0,14997	8 833	
	350	1,178	0,20406	9 277	
	400	1,345	0,26644	9 846	
	450	1,512	0,33710	10 583	
	15	500	1,682	0,41602	11 547
		530 (= x_{13})	1,78	0,46731	12 274
550		1,78	0,50250	12 828	
600		1,78	0,59039	14 458	
650		1,78	0,67821	16 560	
20	700	1,78	0,76595	19 376	
	710 (= x_{14})	1,78	0,78349	20 058	
	750	1,65	0,85116	23 207	
	800	1,49	0,92875	28 305	
	25	850	1,34	0,99863	35 283



421046

1 Continuación Tabla 7

Separación sobre el eje X mm.	Variación de la dilatación 10^3 % / mm	Dilatación total %	Radio R_j mm
900	1,18	1,0608	45 193
950	0,994	1,125	63 749
1000	0,869	1,162	83 279
1050	0,714	1,201	123 447
1100	0,558	1,232	201 581
1150	0,403	1,256	386 487
1200	0,248	1,272	1 020 465
1250	0,093	1,281	7 243 851
1280 (= x_3)	0	1,282	∞

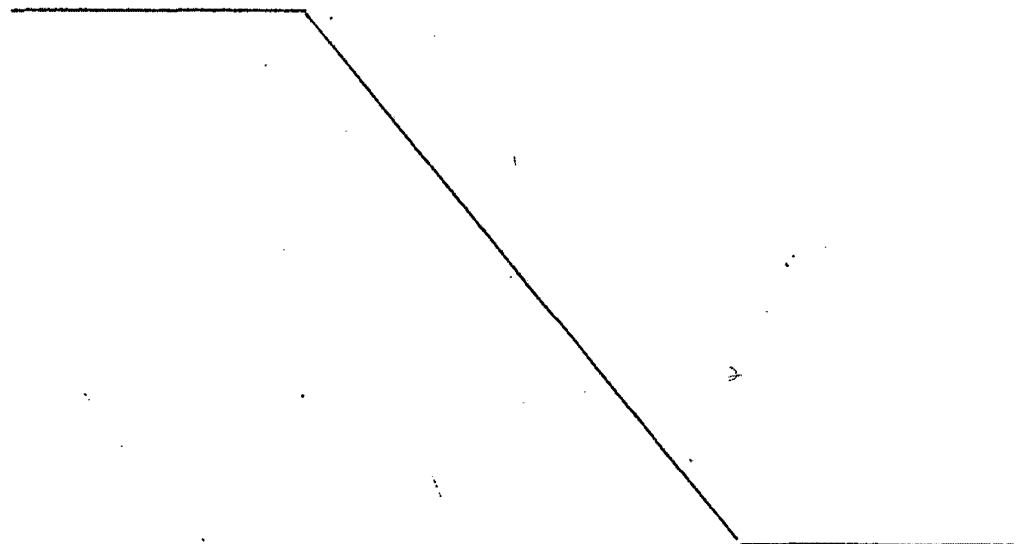
5

10

15

20

25



421046



1. Tabla 8: Zona de enderezado (figs. 16-19)

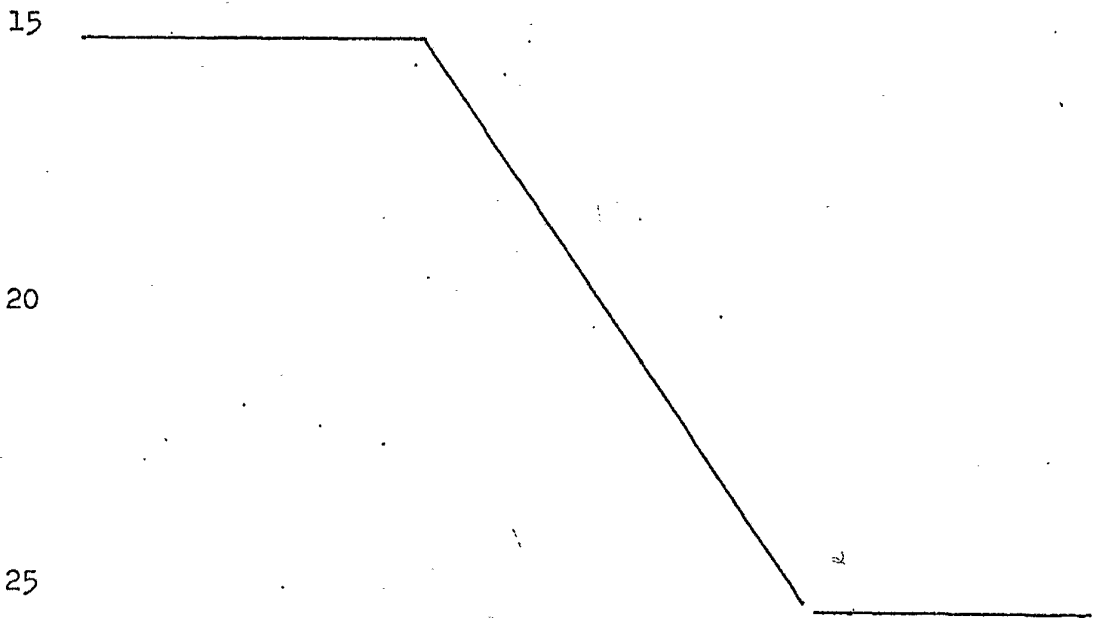
	Separación sobre el eje X mm.	Y_j mm	Y'_j ($\text{tg} \alpha_j$)
5	0 (= x_2)	0	0
	50	0,1602	0,0064
	100	0,6396	0,0128
	150	1,4353	0,0190
	200	2,5418	0,0252
10	250	3,9521	0,0312
	300	5,6567	0,0369
	350	7,644	0,0424
	400	9,901	0,0477
	450	12,411	0,0526
15	500	15,158	0,0572
	530 (= x_{13})	16,911	0,0597
	550	18,121	0,0613
	600	21,278	0,0649
	650	24,609	0,0682
20	700	28,091	0,0710
	710 (= x_{14})	28,803	0,0715
	750	31,701	0,0734
	800	35,420	0,0753
	850	39,227	0,0769
25			



421046

1 Continúa Tabla 8

Separación sobre el eje X mm	Y _j mm	Y' _j (Tg α _j)
900	43,105	0,0782
950	47,039	0,0791
1000	51,014	0,0798
1050	55,020	0,0803
1100	59,046	0,0807
1150	63,084	0,0808
1200	67,129	0,0809
1250	71,177	0,0810
1280 (= x ₃) = X' _E	73,606 = Y'' _E	0,0810



421046



1 Tabla 9: Zona de enderezado (figs. 16-19)

5

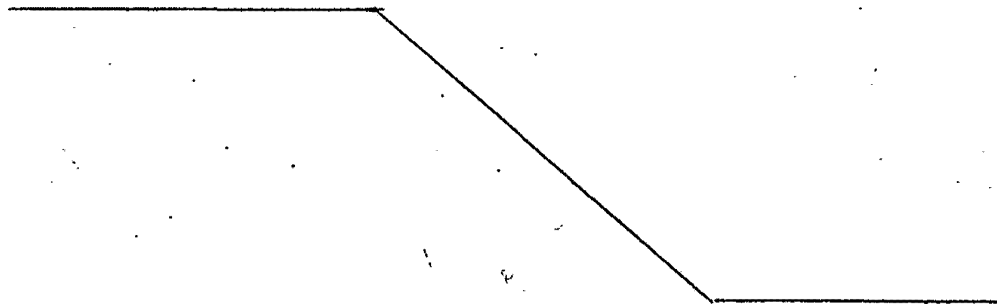
10

15

20

25

Posición de los ejes de los rodillos	x_i " mm	y_i " mm
<u>a) en el lado interior</u>		
Rodillo 98	0	50
Rodillo 109	527,02	66,82
Rodillo 110	706,43	78,67
Rodillo 99	1275,96	123,44
	\bar{x}_i " mm	\bar{y}_i " mm
<u>b) en el lado exterior</u>		
Rodillo 100	544,89	-232,64
Rodillo 101	727,83	-220,56





421046

1 La fig. 20 es un dibujo sinóptico de un dispositivo cur-
vador conforme a las figs. 5 y 6 y un dispositivo enderezador
según las figs. 16 y 17, que están provistos en una instala-
ción de colada continua de barras de acero, existiendo entre
5 el dispositivo curvador y el dispositivo enderezador una guía
de forma de arco circular para la barra, guía que tiene un ra-
dio exterior R_E de 8000 mm, y un radio interior R'_A de 7800 mm;
el grueso d de la barra es de 200 mm, y el centro de curvatura
ha sido designado con M. En la fig. 20 se aprecia la posición
10 de los sistemas de coordenadas: El sistema de coordenadas x,y,
con los ejes 59,53, tiene su origen en el lado exterior, en el
comienzo de la zona de curvado en el punto 47'; el sistema de
coordenadas x,y, con los ejes 103,102, tiene su origen en el
lado interior, en el comienzo de la zona de enderezado en el
15 punto 98'. En la zona de curvado se recalca el lado interior
de la barra, y en la zona de enderezado, el lado exterior de
la barra.

Otra magnitud de cálculo para la construcción de una má-
quina de colada continua conforme a la fig. 20, en la que la
20 barra es curvada paulatinamente desde la vertical hasta un
arco de circunferencia y, desde éste, paulatinamente hasta una
horizontal, es α_k . α_k se calcula a base de la relación

$$\alpha_k = 90^\circ - \alpha_{48} - \alpha_{99} \quad (\text{ecuación 21}),$$

25 desprendiéndose los ángulos α_{48} y α_{49} de las figs. 5 y 17; se
trata por consiguiente del ángulo de inclinación de la normal



421046

1 58 en el final del dispositivo curvador con respecto a la ho-
rizontal o respectivamente el eje Y 53, y del ángulo de incli-
nación de la normal 102 en el comienzo del dispositivo ende-
rezador con respecto a la vertical, que es idéntico al ángulo
5 de inclinación de la normal 104 con respecto al eje Y 102.

Es ventajoso que al curvar barras de acero coladas conti-
nuamente, con un núcleo líquido y una corteza de barra solidi-
ficada, el valor máximo de la variación de la dilatación no
sobrepase 0,0025 %/mm; en el enderezado, donde por ley natu-
ral la corteza de la barra es más gruesa y está algo más fría,
10 no debe el valor máximo de la variación de la dilatación so-
brepasar 0,0030 %/mm.

Es asimismo conveniente que la extensión longitudinal X_E
de la zona de curvado y respectivamente X_E' de la zona de en-
derezado -medidas en cada caso en dirección del correspondien-
te eje X- ascienda a 1/7 hasta 1/5 del radio de curvatura R_E
15 y respectivamente R_A del arco de círculo.

Igualmente es ventajoso que el ángulo de inclinación
 α_{20} , α_{48} de las normales en el final de la zona de curvado,
20 en el punto de transición 20', 48' al arco de círculo y con
respecto al eje Y 26, 53, ascienda a 3 hasta 10°, con prefe-
rencia a 5 hasta 7°; lo mismo puede decirse en cuanto a la
inclinación de la normal 104 en el punto de transición 99'
entre la zona de enderezado y la horizontal, con respecto al
25 eje Y 102.



421046

1 Una forma de realización especialmente ventajosa del in-
viento en una instalación de cólada continua de barras de ace-
ro, consiste en que todas las fuerzas de apoyo y de curvado,
tanto dentro del dispositivo curvador, como también en el dis-
5 positivo enderezador, son transmitidas a la barra por medio de
rodillos, preferentemente sin accionamiento, desplazándose pa-
ra el ajuste a distintos gruesos "d" de la barra al menos los
rodillos del lado interior de la barra paralelamente a la cor-
teza de la misma, en dirección de las normales sobre los pun-
10 tos de ataque de las fuerzas de curvado -en el dispositivo cur-
vador- y de las fuerzas de apoyo -en el dispositivo endereza-
dor.

La ventaja técnica-sustancial del invento consiste en que
la posibilidad de formación de grietas motivadas por la varia-
15 ción dinámica de forma de la barra, resulta mínima, en espe-
cial tratándose de las llamadas instalaciones de colada rápi-
da con un rendimiento superior a 1,5 t/minuto. Tal como se
aprecia en las curvas, la variación de la dilatación de la
barra (en el lado exterior de la barra durante el curvado, y
20 en el lado interior de la barra durante el enderezado) se lle-
va a cabo detrás de una curva que discurre constantemente a
partir de cero hasta un valor máximo, y desde allí constan-
temente hasta cero en el final de la zona de curvado o res-
pectivamente de enderezado; en ninguna parte existen puntos
25 de salto o de inestabilidad, que son una característica de

1421046

02



1 todos los dispositivos conocidos hasta ahora, pertenecien-
/ tes al estado actual de la técnica, y que solicitan a la
barra bruscamente dentro de una zona en extremo pequeña,
con lo que se pueden originar las grietas mencionadas ante-
5 riormente dentro de la barra o respectivamente en su super-
ficie. Debido a la disposición conforme al invento de los
elementos (rodillos) para curvar o enderezar una barra so-
bre curvas de transición que difieren notablemente de las
curvas de transición conocidas, , puede también una barra
10 con una corteza muy delgada y sensible ser curvada o res-
pectivamente enderezada en una zona relativamente corta,
con lo que se puede elegir en extremo baja la altura de cons-
-trucción de tales instalaciones de colada continua.

Tal como resulta comprensible para el técnico a base de
15 la descripción precedente, puede emplearse el invento tam-
bién cuando se trata exclusivamente de enderezar la barra,
por ejemplo, en el caso de utilizarse una coquilla de forma
de arco de círculo, de la que la barra sale curvada en forma
de arco de círculo, después de lo cual se refrigera y final-
20 mente es conducida en la horizontal. Asimismo puede ser em-
pleado el invento también fuera de la tecnología de la colada
continua, para barras terminadas de solidificar. La expresión
"barra" debe por consiguiente comprender también placas, per-
files, carriles y productos laminados de hierro y metales no
25 férricos.



421046

1 Habiendo descrito el invento, se considera como una novedad y, por lo tanto, reclamamos como de nuestra propiedad lo contenido en las siguientes:

REIVINDICACIONES

5 1. Una instalación de colada continua con una zona de refrigeración secundaria montada detrás de la coquilla, y con rodillos para conducir, curvar y/o enderezar la barra, estando los rodillos curvadores dispuestos a lo largo de una curva de transición entre la vertical y el arco de círculo, y los
10 rodillos enderezadores a lo largo de una curva de transición entre el arco de círculo y la horizontal, caracterizada porque los rodillos curvadores o respectivamente los enderezadores están dispuestos a lo largo de una curva que se corresponde con la ecuación diferencial

15
$$y''' = \varphi'(x_j) \cdot \frac{1}{R_E \int_0^{X_E} \varphi'(x_j) dx}$$

siendo $\varphi'(x_j)$ una función de la variación de la dilatación que, a lo largo de la extensión de la zona de curvado o respectivamente de la enderezado, tiene un curso por lo pronto
20 ascendente, que después alcanza el máximo de la variación admisible de la dilatación, para después volver a descender, y siendo R_E igual al radio de curvatura en el final de la zona de curvado o respectivamente de la de enderezado, y X_E la
25 proyección vertical de la zona de curvado o respectivamente la proyección horizontal de la zona de enderezado, y represen-

31

421046

12 ENE. 1970



1 tando x_j una coordenada de posición en un sistema de coordenadas cartesianas, cuyo origen se encuentra en cada caso en el comienzo de la curva de transición, y cuyo eje X representa una tangente a la curva de transición por el lado exterior de la barra en el curvado, y por el lado interior de la barra en el enderezado.

2. Una instalación de colada continua de acuerdo con la reivind. 1, caracterizada porque la dilatación D máxima admisible es $\frac{50d}{R_E}$, representando d el grueso de la barra, y estando R_E definida como más arriba.

3. Una instalación de colada continua de acuerdo con la reivind. 1, caracterizada porque los rodillos destinados a curvar y enderezar la barra están dispuestos en puntos resultantes de un curso sin puntos de salto de la función de la variación de la dilatación $\psi'(x_j)$, con preferencia de un curso de forma poligonal, discurrante en especial en forma de trapecio, en forma de arco de círculo, en forma de parábola o similar.

4. Una instalación de colada continua de acuerdo con las reivinds. 1 a 3, caracterizada porque los rodillos destinados a curvar o respectivamente a enderezar la barra están dispuestos en puntos que se determinan de la manera siguiente:

- a) de acuerdo con el número de rodillos curvadores o respectivamente enderezadores se predetermina una función $\psi'(x_j)$ de variación de la dilatación, exenta de puntos de salto;
- b) esta función se integra en los límites de 0 hasta X_E , para



421046



- 1 obtener la función $\varphi(x_j)$; después de lo cual
- c) se determina el factor de dislocación $\frac{1}{R_E \int_0^{X_E} \varphi'(x_j) dx}$
multiplicando por $\frac{1}{R_E}$ el valor integrado;
- 5 d) se determina mediante multiplicación por el factor de dislocación la curva y''' de la variación de la dilatación, a continuación de lo cual,
- e) mediante integración, y'' , el valor inverso del radio de curvatura, es decir, la curvatura, para seguidamente,
- 10 f) determinarse mediante nueva integración la inclinación y finalmente,
- g) mediante otra integración, la posición de la coordenada.

5.) Una instalación de colada continua de acuerdo con la reivind. 1, caracterizada porque la extensión longitudinal X_E de la zona de curvado y respectivamente X_E' de la zona de enderezado -medidas en cada caso en la dirección del eje X correspondiente- asciende a $1/7$ hasta $1/5$ del radio de curvatura R_E o respectivamente R_A del arco de círculo.

6.) Una instalación de colada continua de acuerdo con la reivind. 1, caracterizada porque el ángulo de inclinación α_{20} , α_{48} de las normales 35, 58 en el final de la zona de curvado sobre el punto de transición $20'$, $48'$ hacia el arco de círculo con respecto al eje Y 26,53, o respectivamente de la normal 104 en el punto de transición $99'$ entre la zona de enderezado y la horizontal con respecto al eje Y 102,



421046



1 asciende a 3 hasta 10°, con preferencia a 5 hasta 7°.

7.) Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita por:
UNA INSTALACION DE COLADA CONTINUA.

5 Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente Memoria descriptiva que consta de cincuenta y ocho páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

Madrid, 30 Noviembre 1.973
BERNARDO UNGRIA.
P.P.

10

15

20

25



1421046

FIG. 2

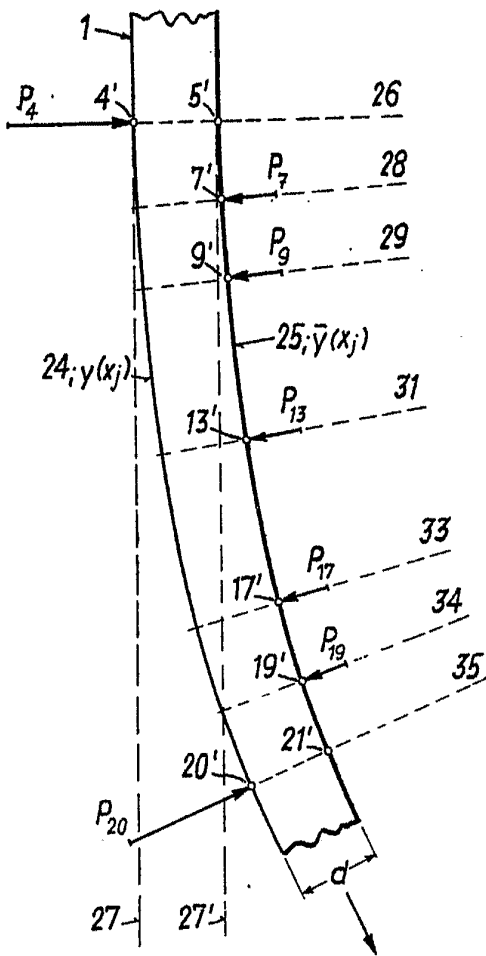


FIG. 6

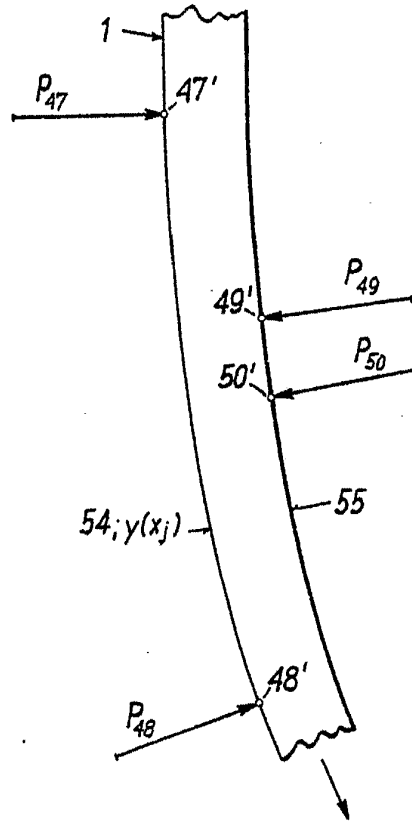
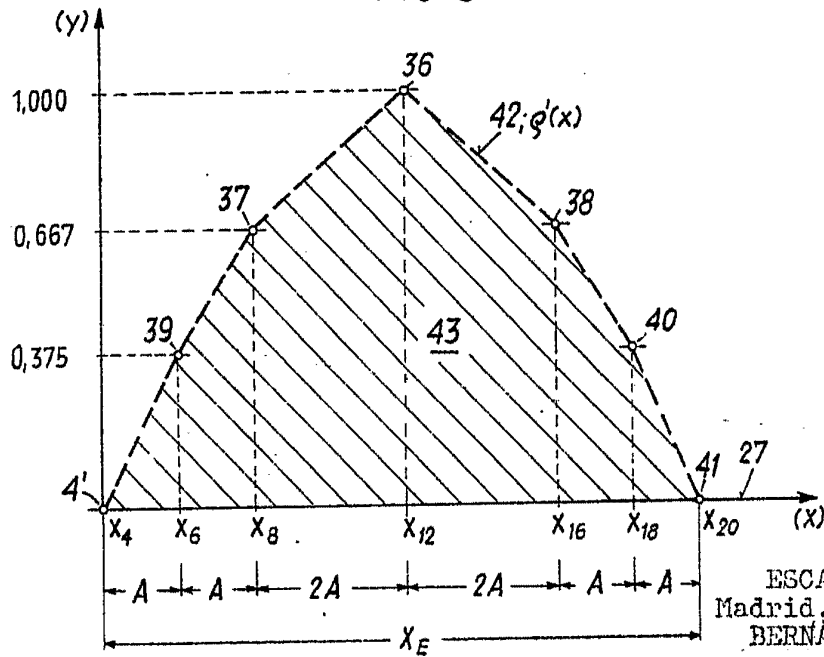


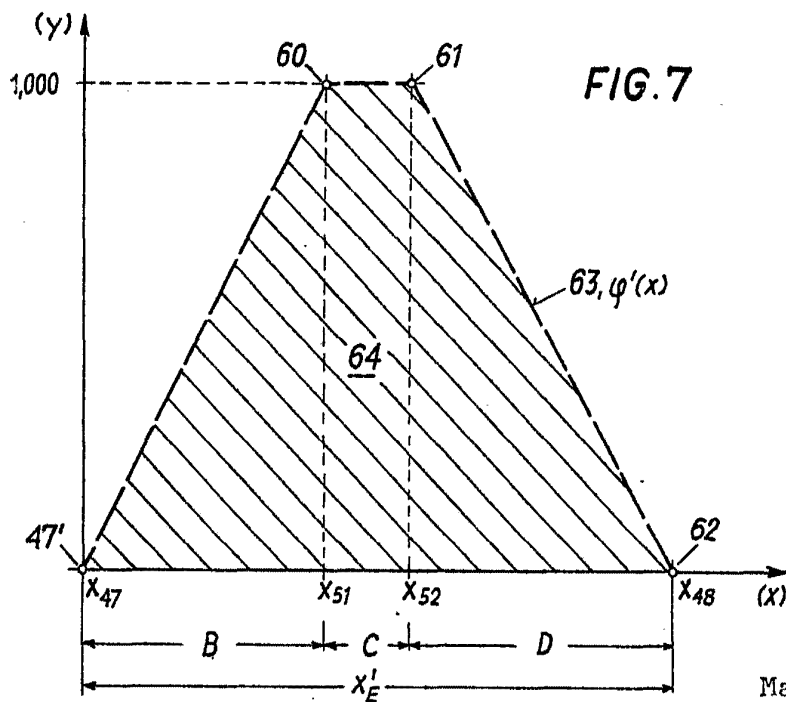
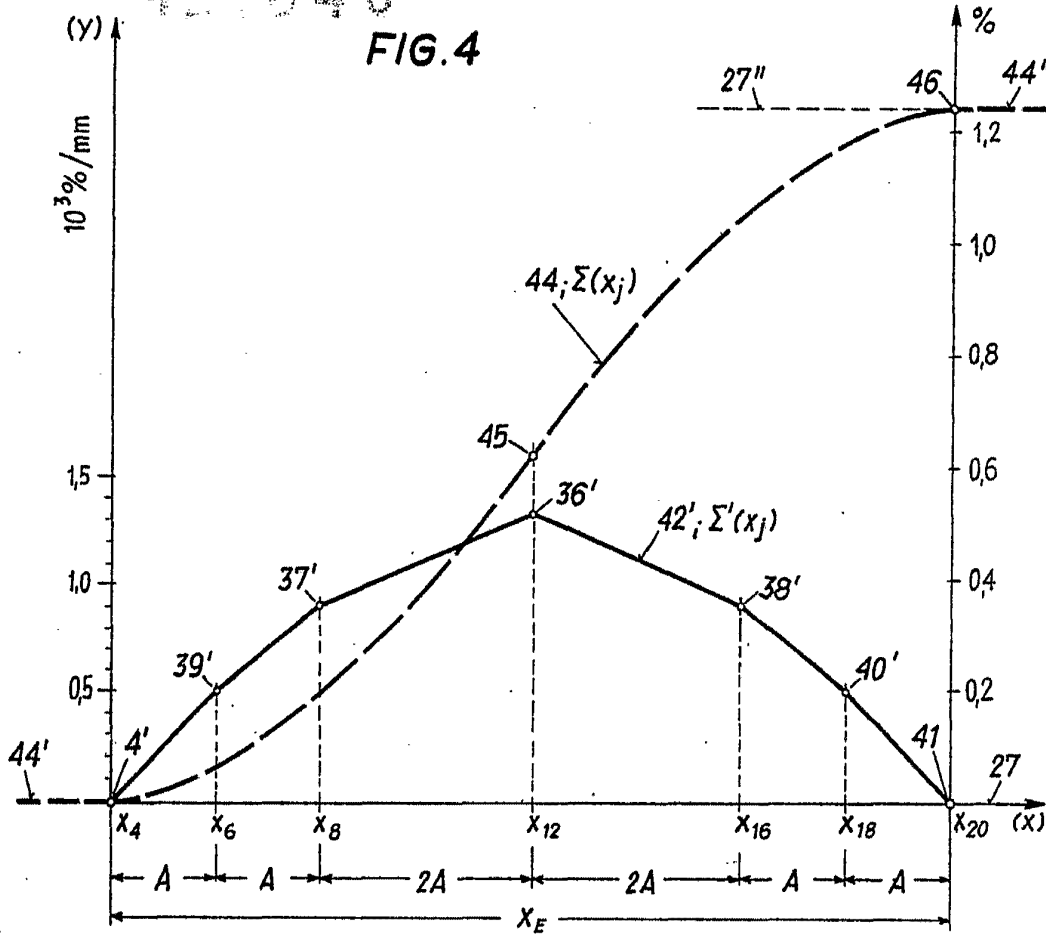
FIG. 3



ESCALA VARIABLE
Madrid, 30 Novbr. 1.973
BERNARDO UNGRIA.

[Handwritten signature]

421046

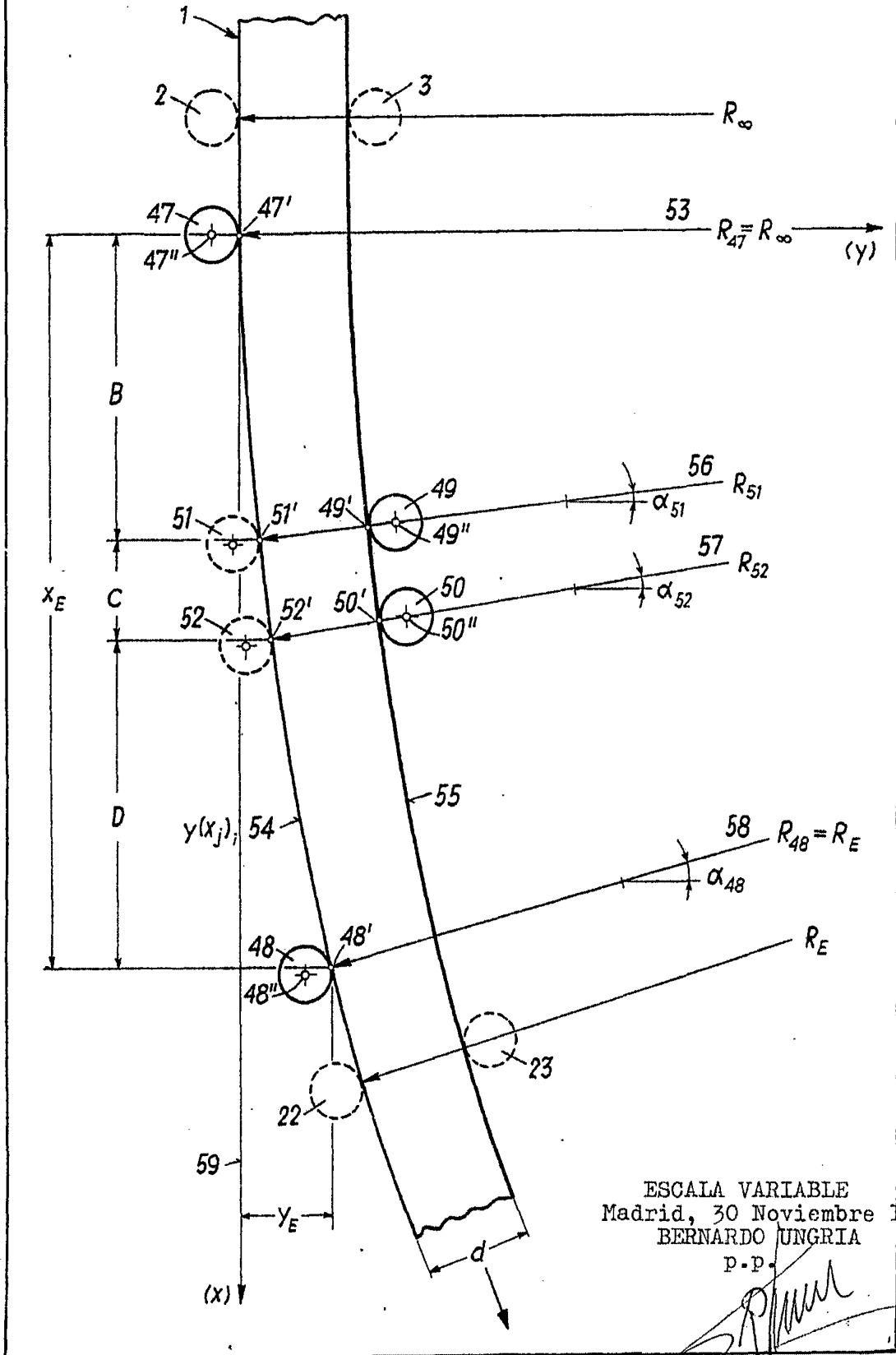


ESCALA VARIABLE
Madrid, 30/Novbre. 1.973
BERNARDO UNGRIA.

[Handwritten signature]

421048

FIG.5



ESCALA VARIABLE
Madrid, 30 Noviembre 1.973
BERNARDO UNGRIA
P.P.

421048

FIG. 8

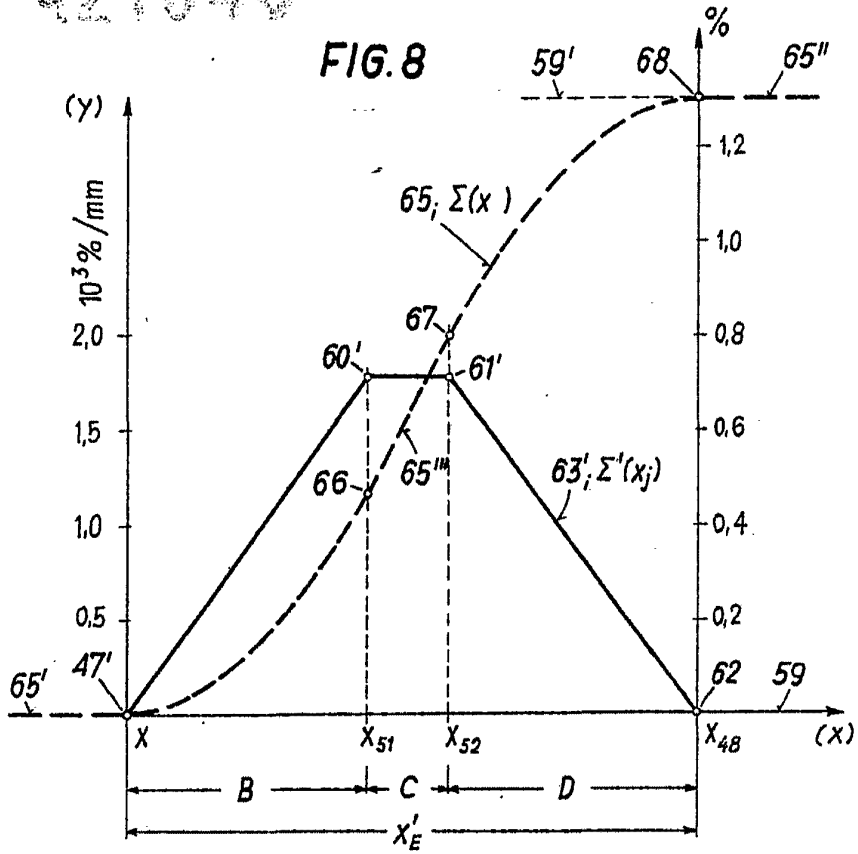
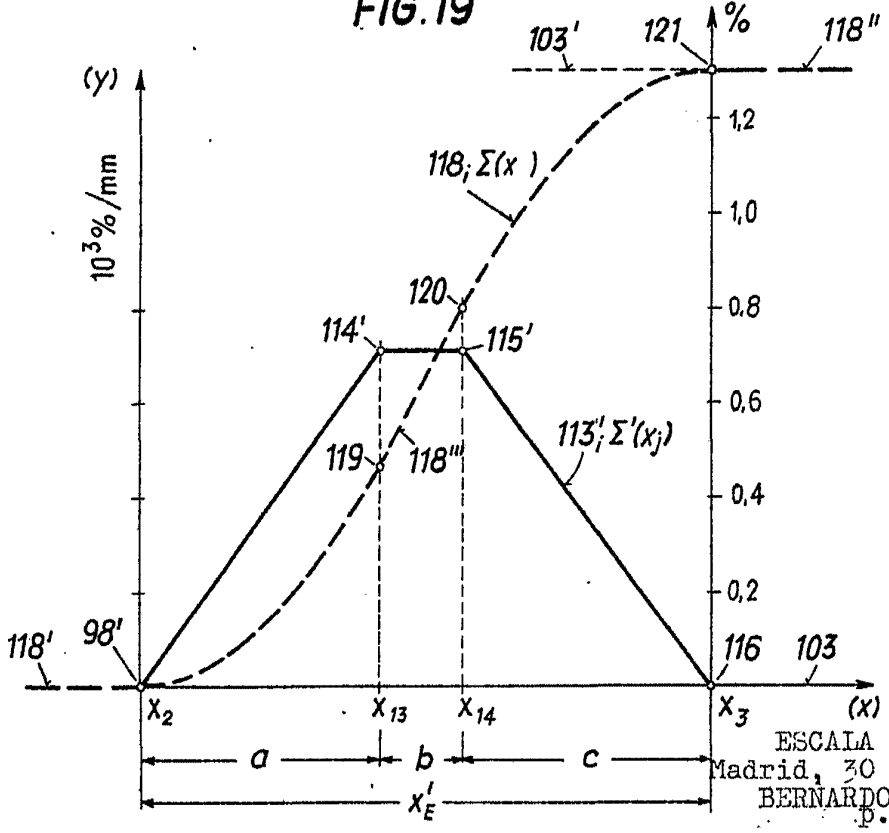
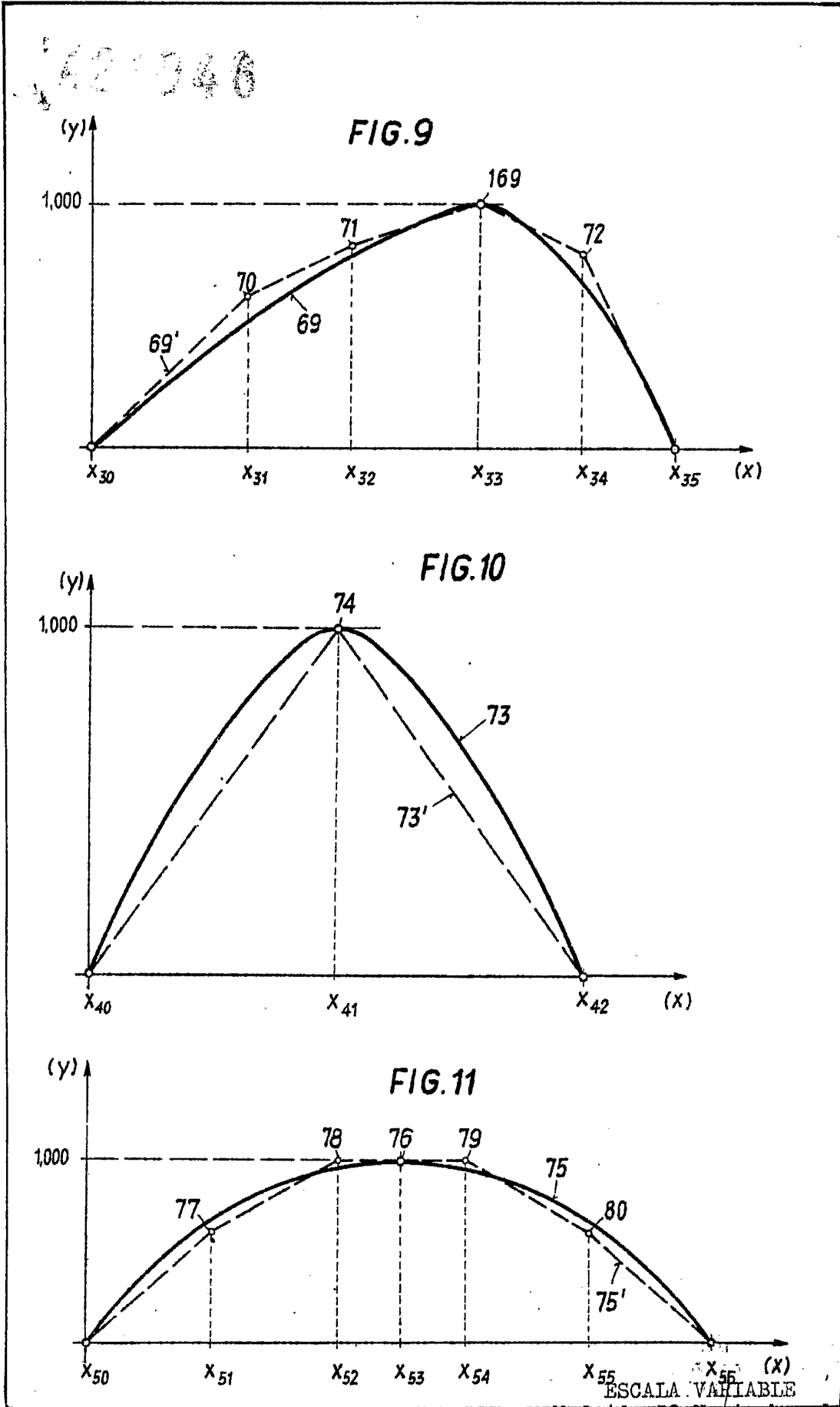


FIG. 19



ESCALA VARIABLE
 Madrid, 30 Noviembre 1973
 BERNARDO UNGRIA.
 P.P.

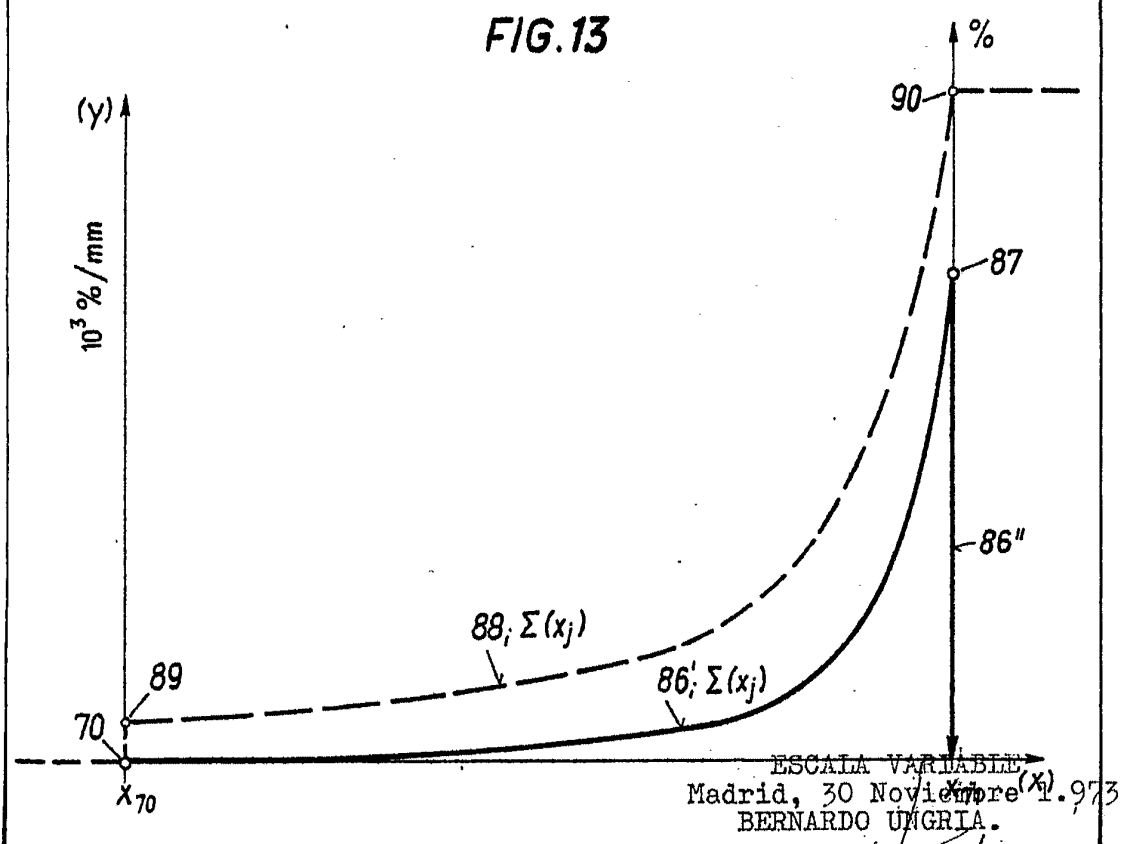
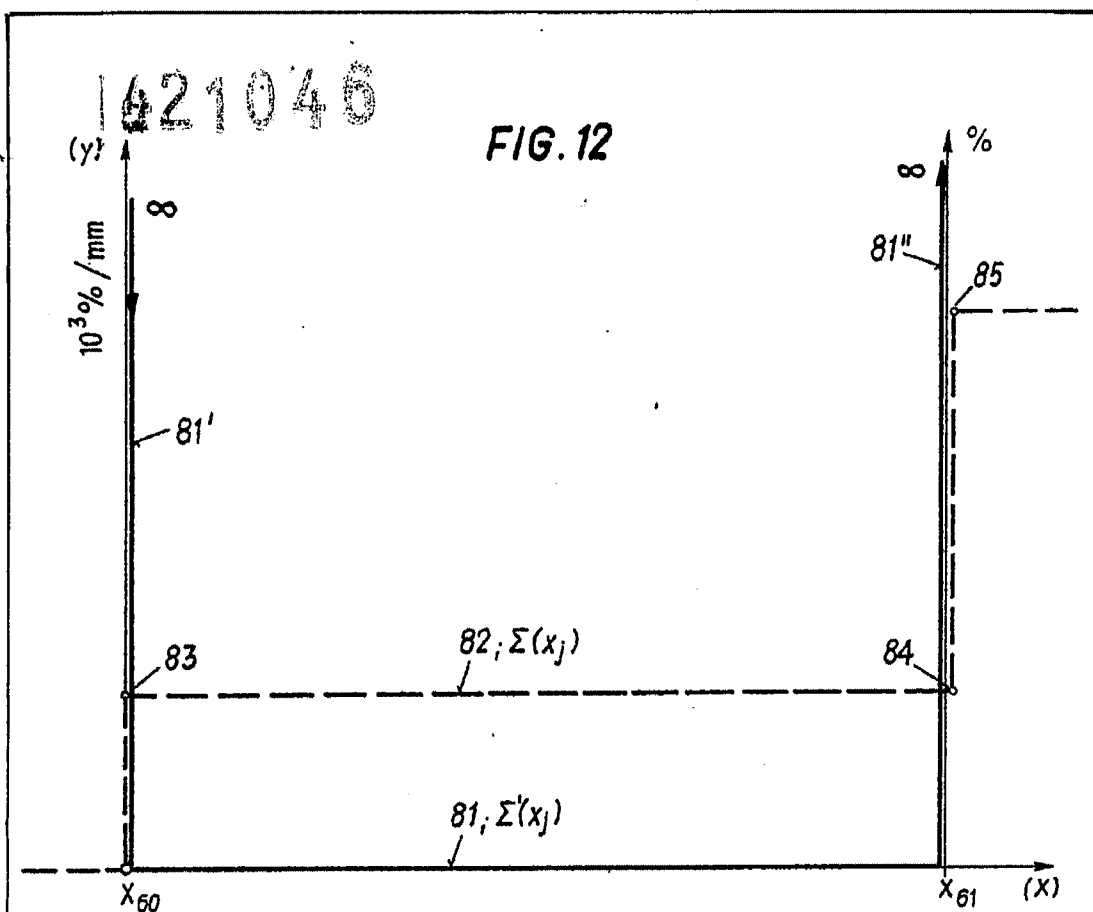
[Handwritten signature]



Madrid, 30 Noviembre 1.973

BERNARDO J. BERRIA

P. D.



421046

FIG. 14

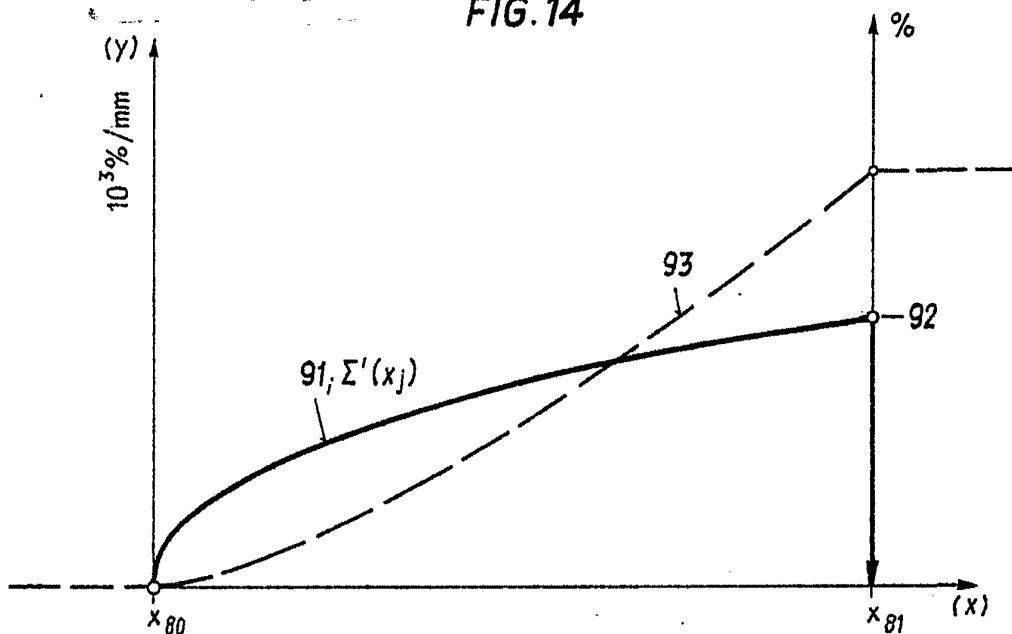
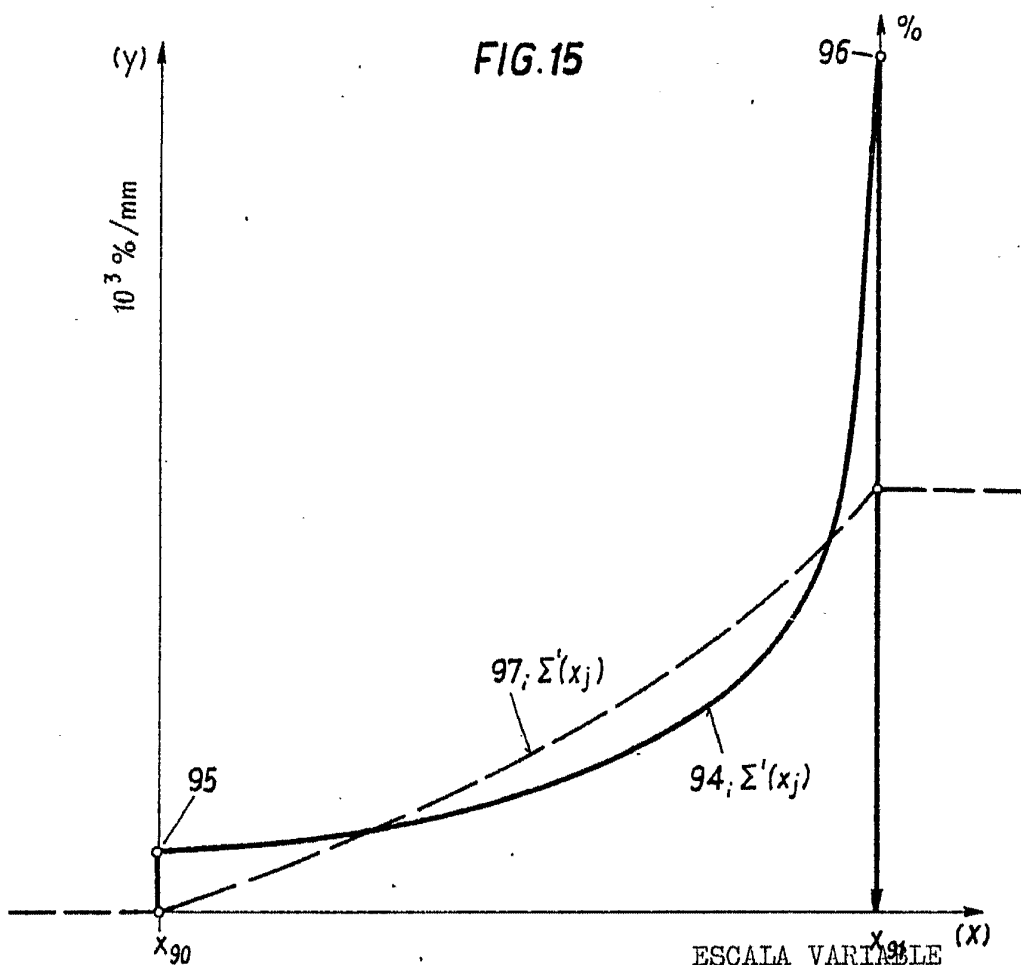


FIG. 15



ESCALA VARIABLE
Madrid, 30 Noviembre 1.975
BERNARDO UNGRIA.

P.P.
[Signature]

1421046

FIG.16

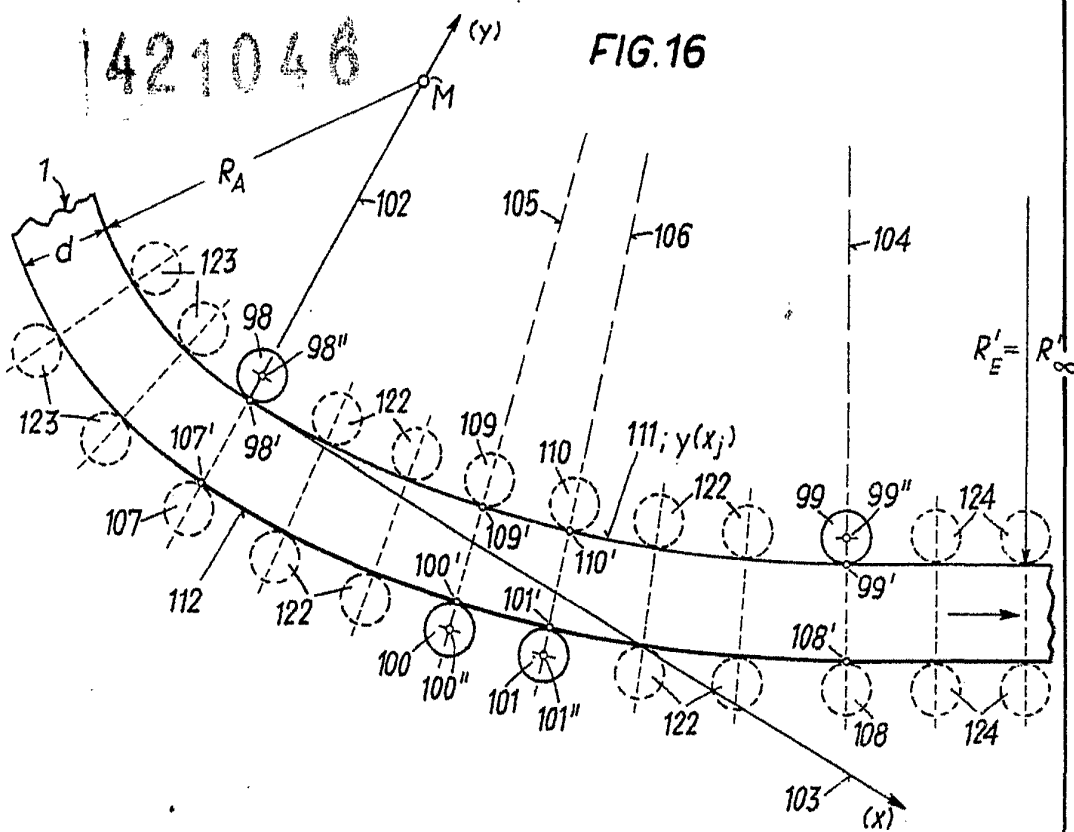
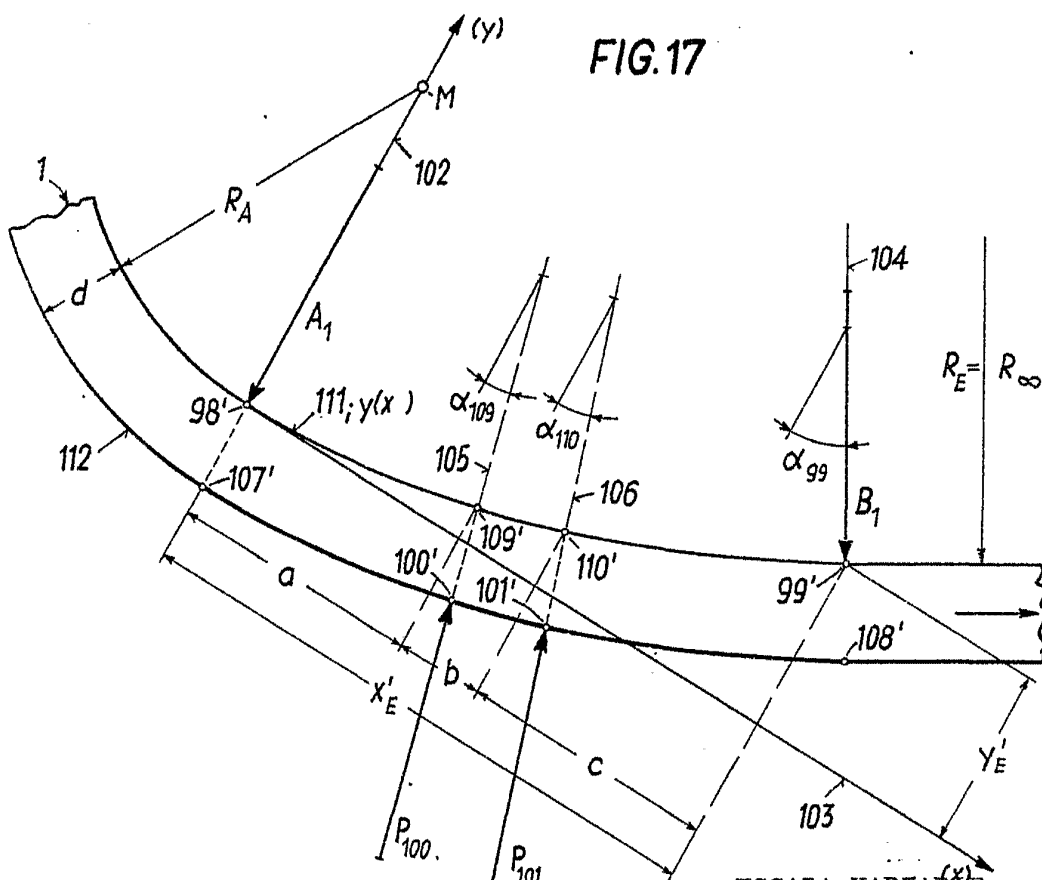


FIG.17



ESCALA VARIABLE
Madrid, 30 Noviembre 1.973
BERNARDO UNGRIA.

P. R.

