

CALIDAD SUPERFICIAL: RUGOSIDAD

Tecnología Mecánica II

E.U.I.T.I.Z.

Curso 2002-2003

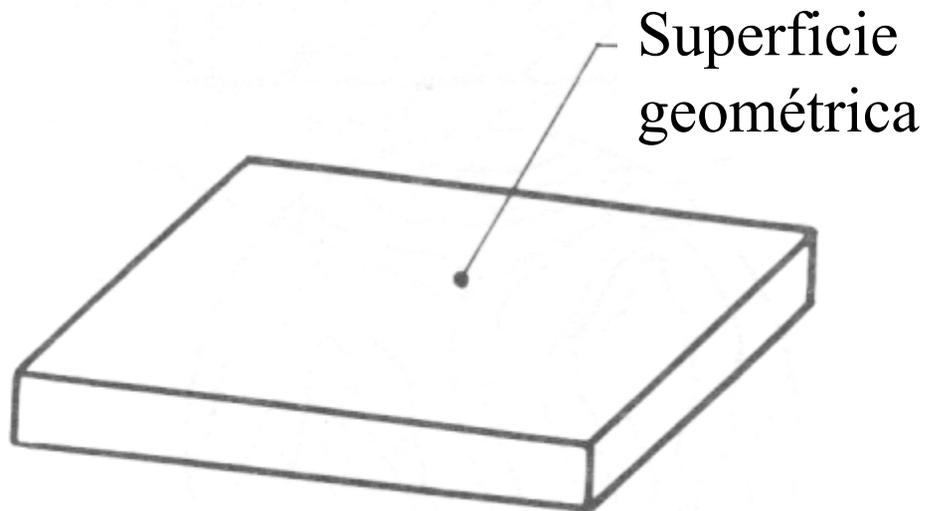
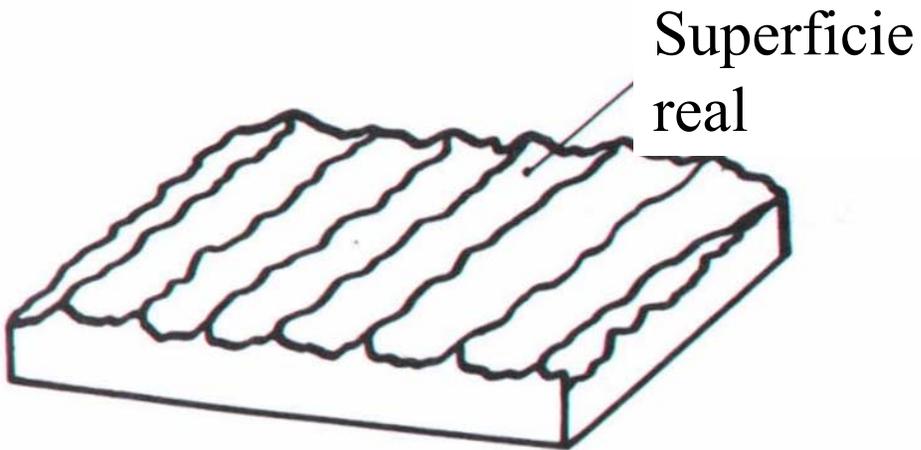
1. Introducción

- Dentro del mundo de la tecnología, se observan gran cantidad de piezas que han de ponerse en contacto con otras y rozarse a altas velocidades. El acabado final y la textura de una superficie es de gran importancia e influencia para definir la capacidad de desgaste, lubricación, resistencia a la fatiga y aspecto externo de una pieza o material, por lo que la rugosidad es un factor importante a tener en cuenta.

2. Terminología

- El acabado superficial de los cuerpos puede presentar errores de forma macrogeométricos y microgeométricos.
- La **rugosidad superficial** es el conjunto de irregularidades de la superficie real, definidas convencionalmente en una sección donde los errores de forma y las ondulaciones han sido eliminados.

2. Terminología (Norma UNE 82-315 / 86)

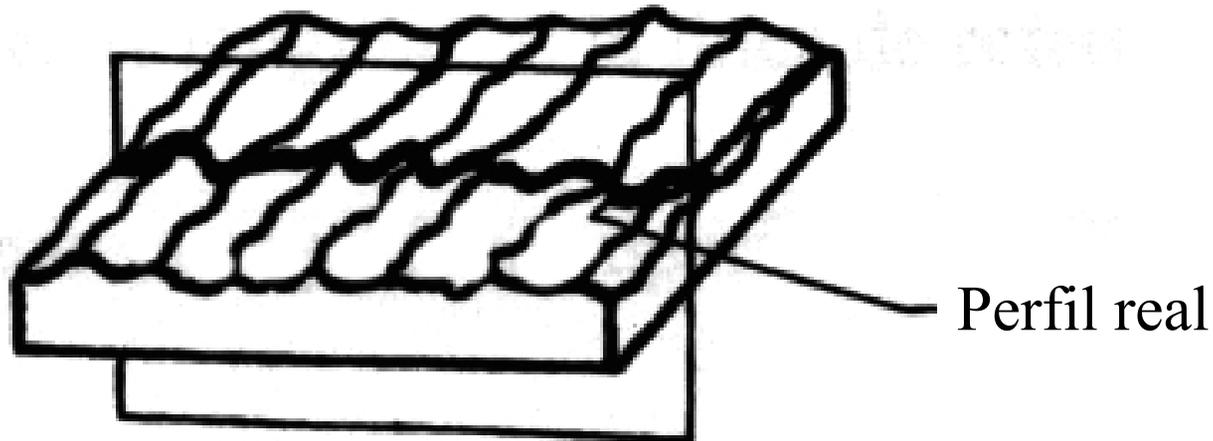


- **Superficie real:**
Superficie que limita el cuerpo y lo separa del medio que lo separa.
- **Superficie geométrica:**
Superficie ideal cuya forma está especificada por el dibujo y/o todo documento técnico

2. Terminología

- Superficie de referencia. Superficie a partir de la cual se determinan los parámetros de rugosidad. Tiene la forma de la superficie geométrica. Se puede calcular por el método de mínimos cuadrados.

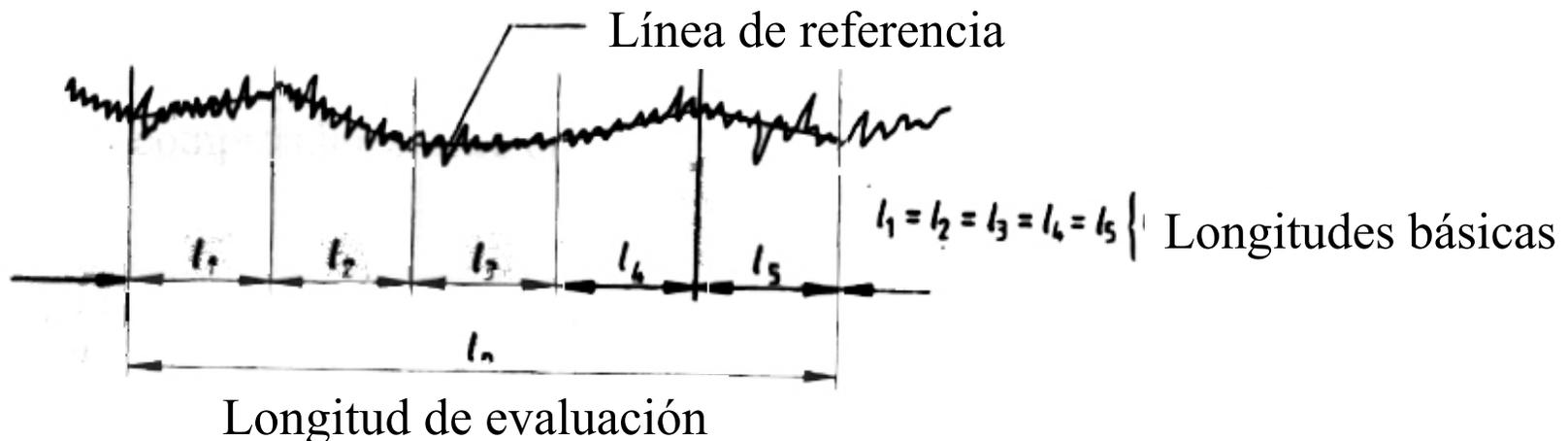
Perfil real: es la intersección de la superficie real con un plano normal.



2. Terminología

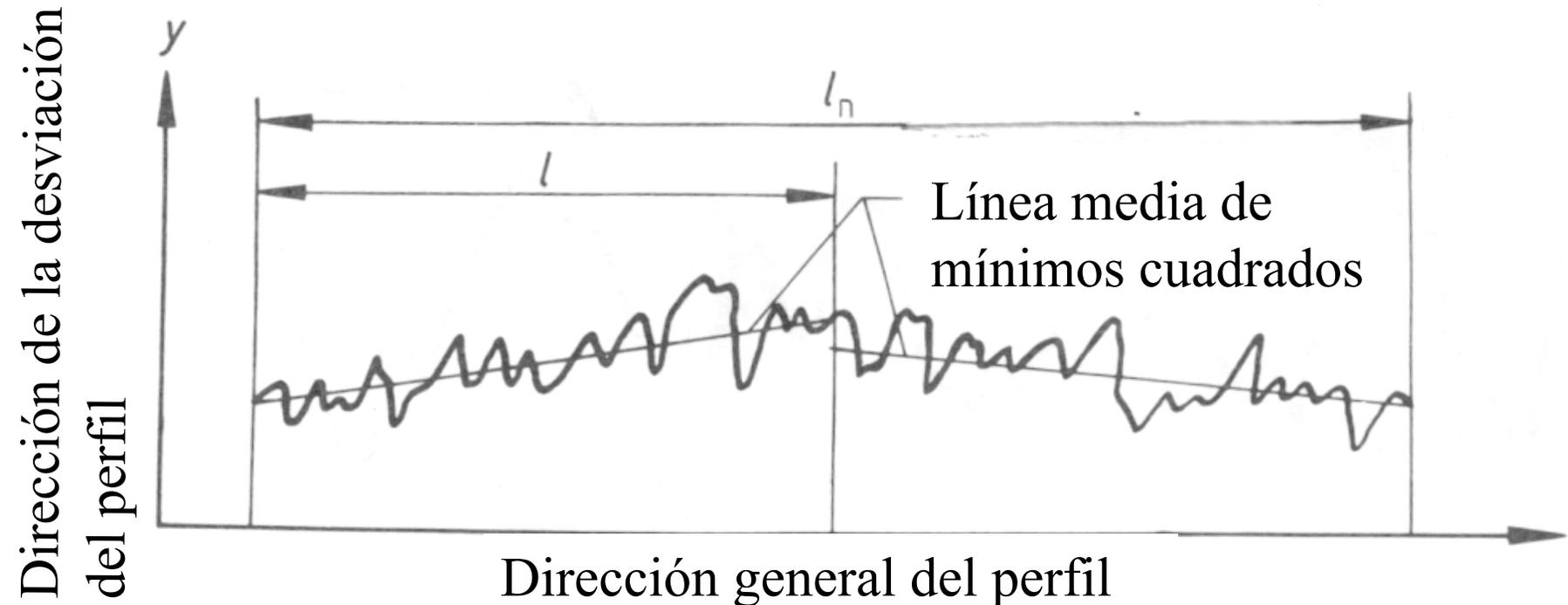
Longitud básica, l : Longitud de la línea de referencia utilizada para separar las irregularidades que forman la rugosidad superficial.

Longitud de evaluación, l_n : Longitud utilizada para determinar los valores de los parámetros de rugosidad superficial. Puede comprender una o



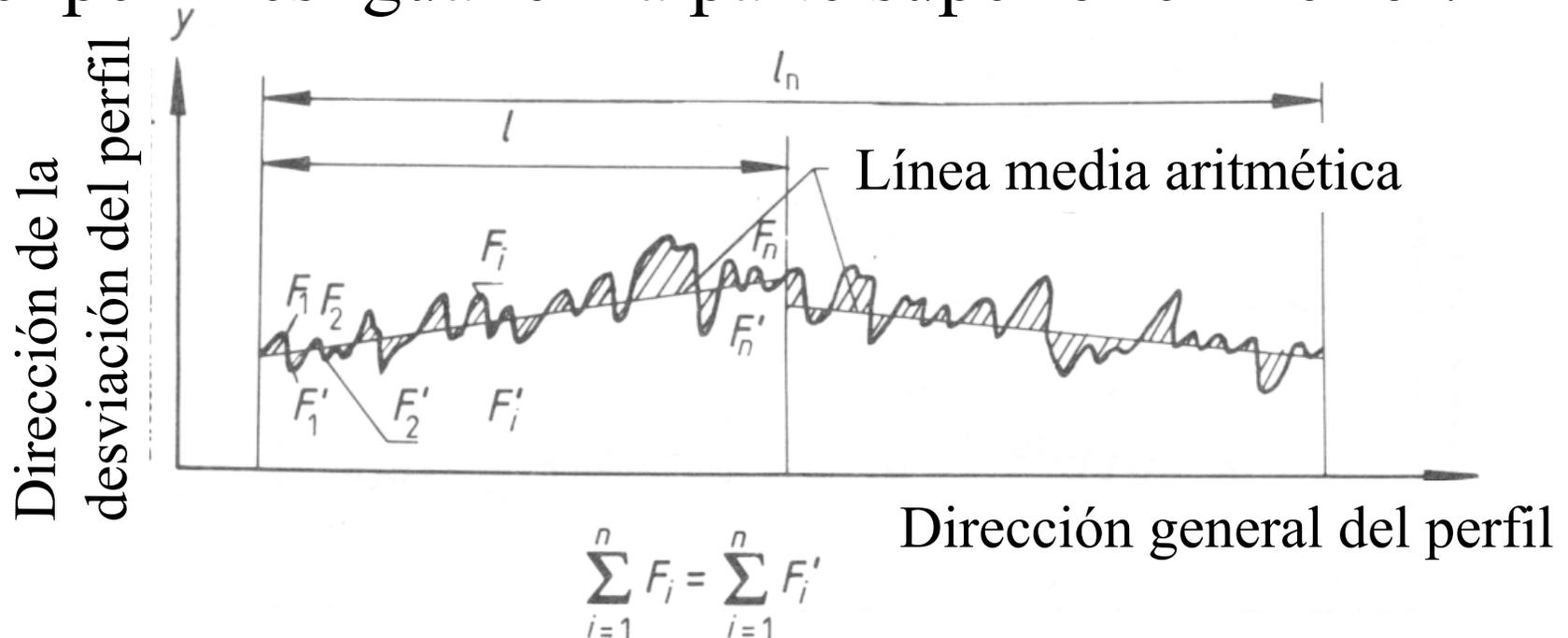
2. Terminología

- Línea media de los mínimos cuadrados: Línea de referencia cuya forma es la del perfil geométrico. Divide el perfil de modo que, en el interior de la longitud básica, la suma de los cuadrados de las desviaciones a partir de esta línea es mínima.



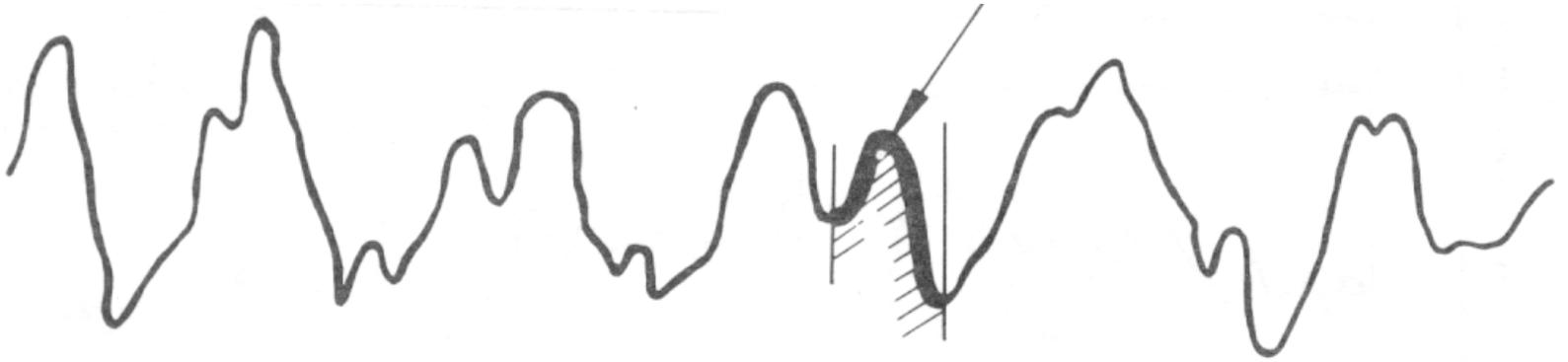
2. Terminología

- Línea media aritmética (o línea central): Línea de referencia con la forma del perfil geométrico, paralela a la dirección general del perfil en el interior de la longitud básica. Divide el perfil de modo que la suma de áreas comprendidas entre ella y el perfil es igual en la parte superior e inferior.

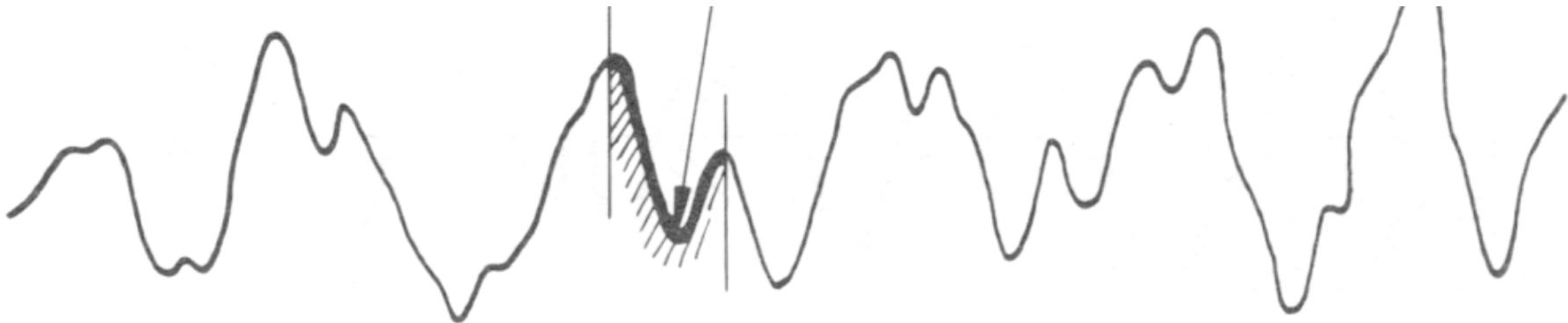


2. Terminología

- Cresta local del perfil: es la parte del perfil comprendida entre dos mínimos adyacentes del perfil.

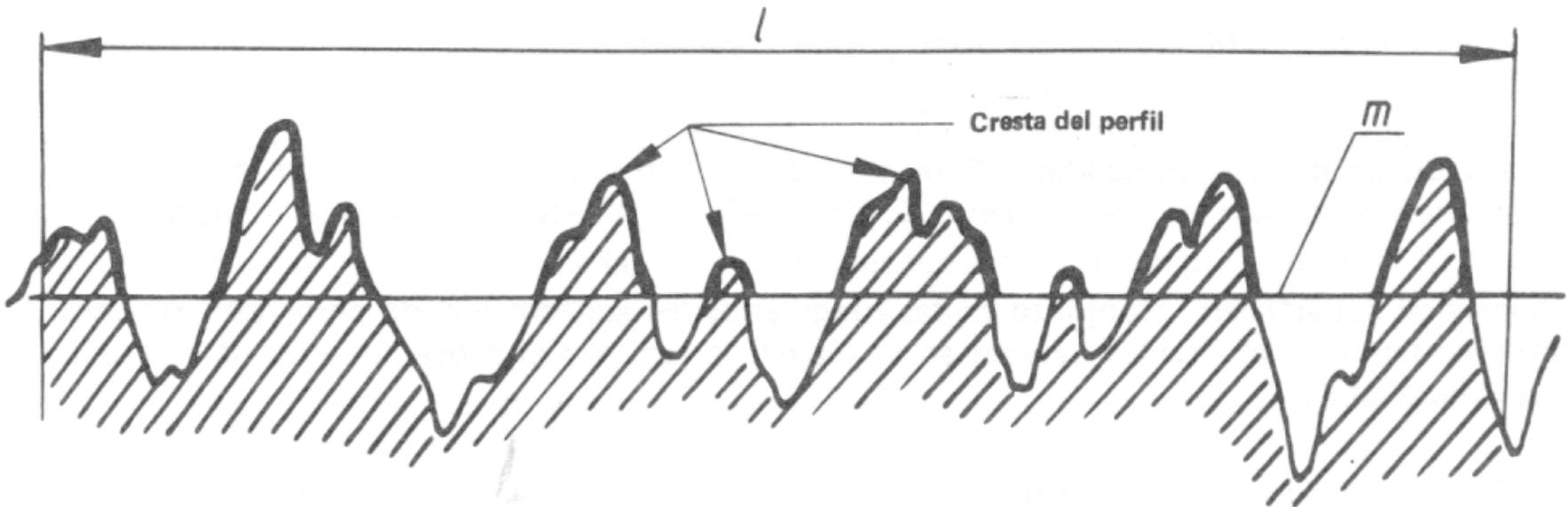


- Valle local del perfil: Parte del perfil comprendida entre dos máximos adyacentes del perfil



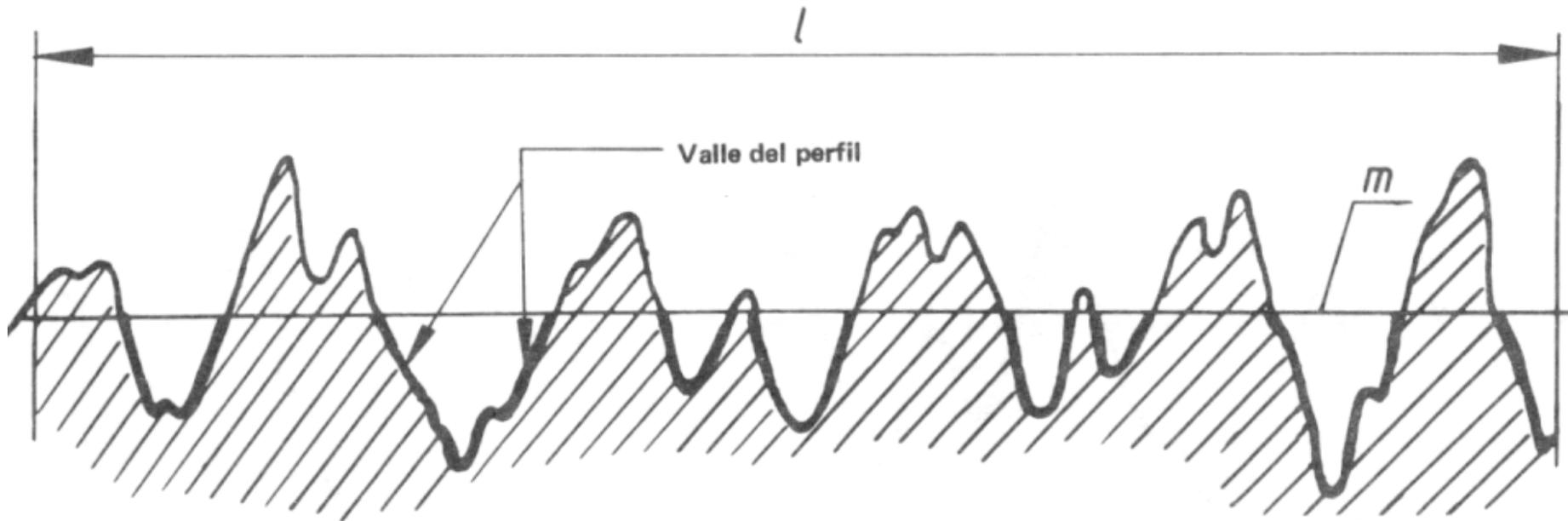
2. Terminología

- Cresta del perfil: Parte del perfil dirigida hacia el exterior del cuerpo uniendo dos intersecciones consecutivas del perfil con la línea media



2. Terminología

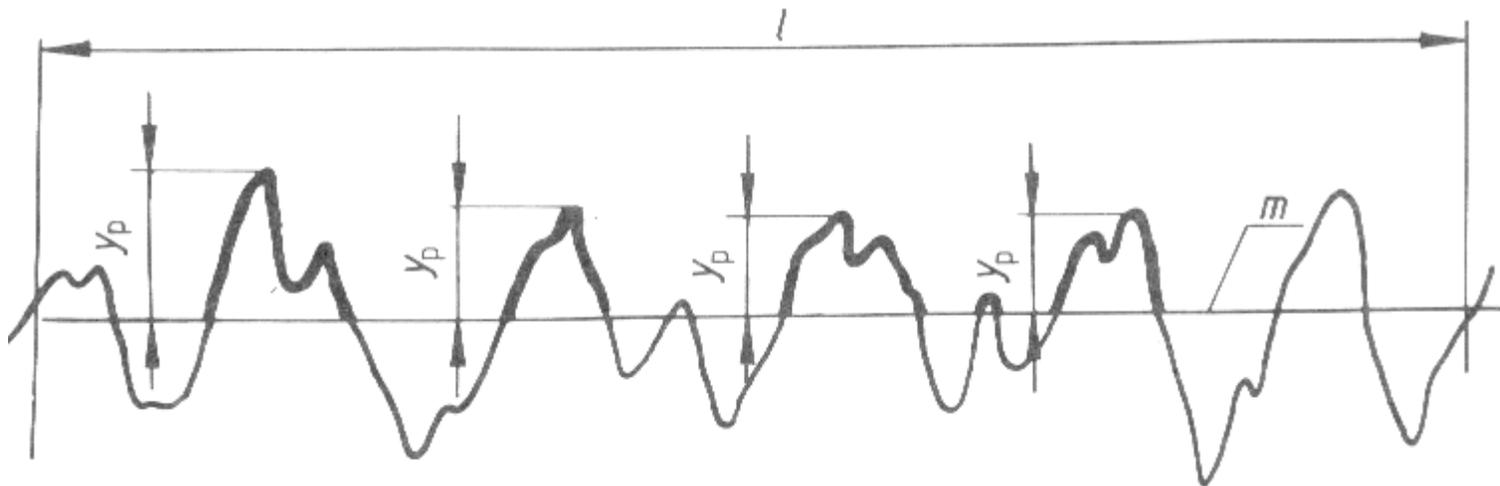
- Valle del perfil: Parte del perfil dirigida hacia el interior del cuerpo uniendo dos intersecciones consecutivas del perfil con la línea media



3. Parámetros de rugosidad

3.1. Respecto a la dirección de las alturas

- Altura de una cresta del perfil, y_p : Distancia entre la línea media y el punto más alto de una cresta

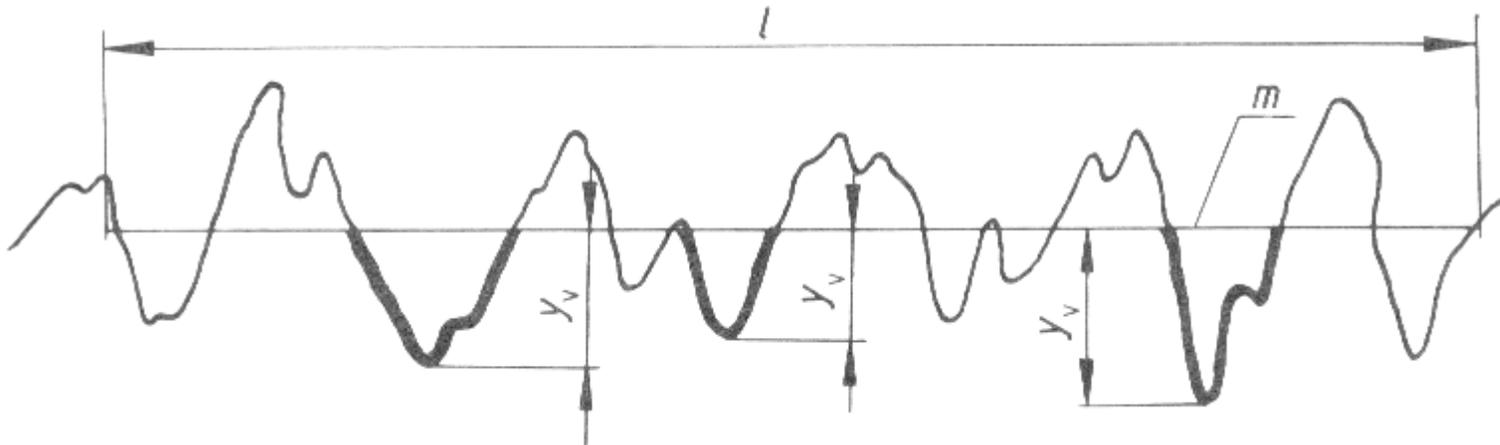


3. Parámetros de rugosidad

3.1. Respecto a la dirección de las alturas

- Profundidad de un valle del perfil, y_v :

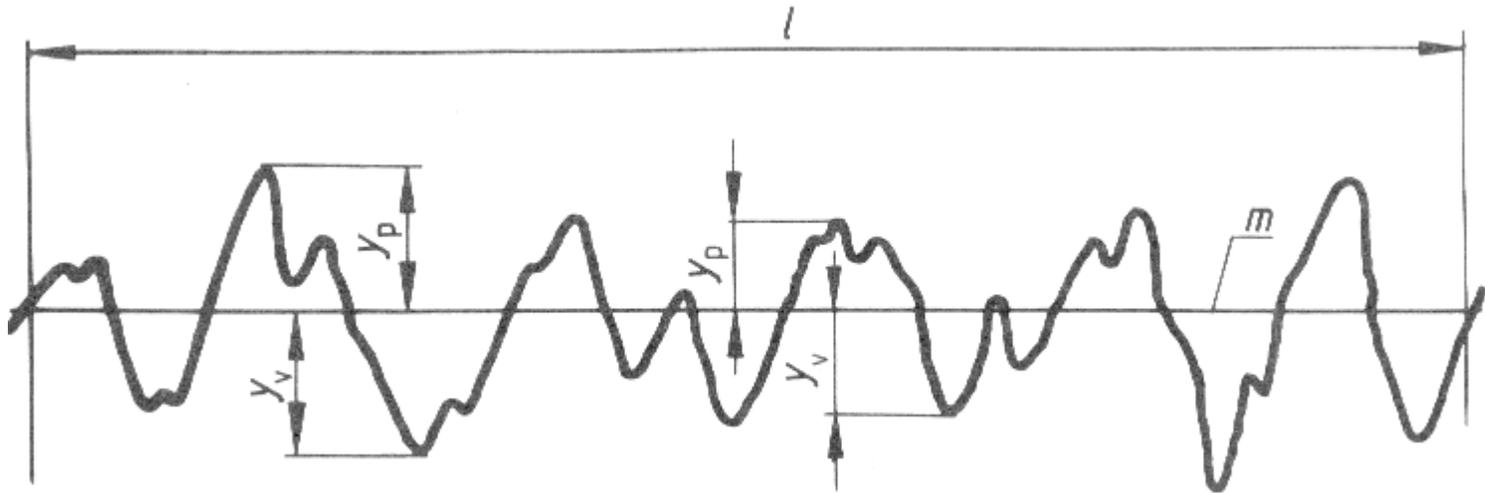
Distancia entre la línea media y el punto más bajo de un valle



3. Parámetros de rugosidad

3.1. Respecto a la dirección de las alturas

- Altura de una irregularidad del perfil: Suma de la altura de una cresta y de la profundidad de un valle adyacente



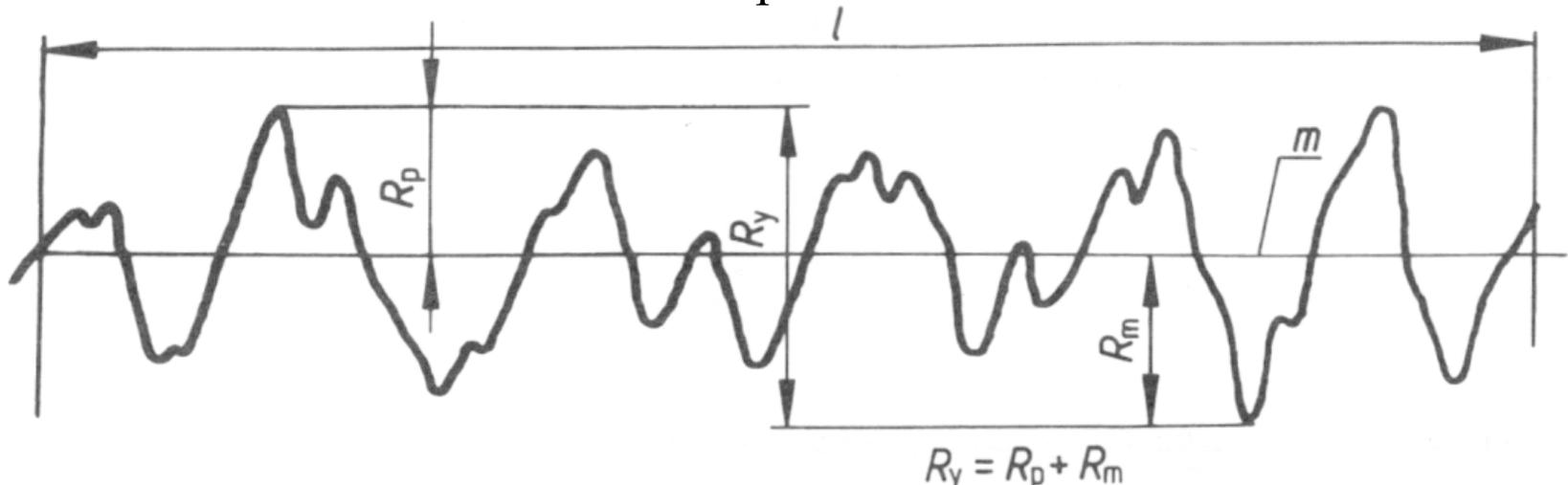
3. Parámetros de rugosidad

3.1. Respecto a la dirección de las alturas

Altura máxima de una cresta, R_p : Distancia del punto más alto del perfil a la línea media, dentro de l .

Profundidad máxima de un valle, R_m : Distancia del punto más bajo del perfil a la línea media, dentro de l .

Altura máxima del perfil, R_{max} : Máxima distancia entre la cresta más alta (R_p) y el valle más bajo (R_m).



3. Parámetros de rugosidad

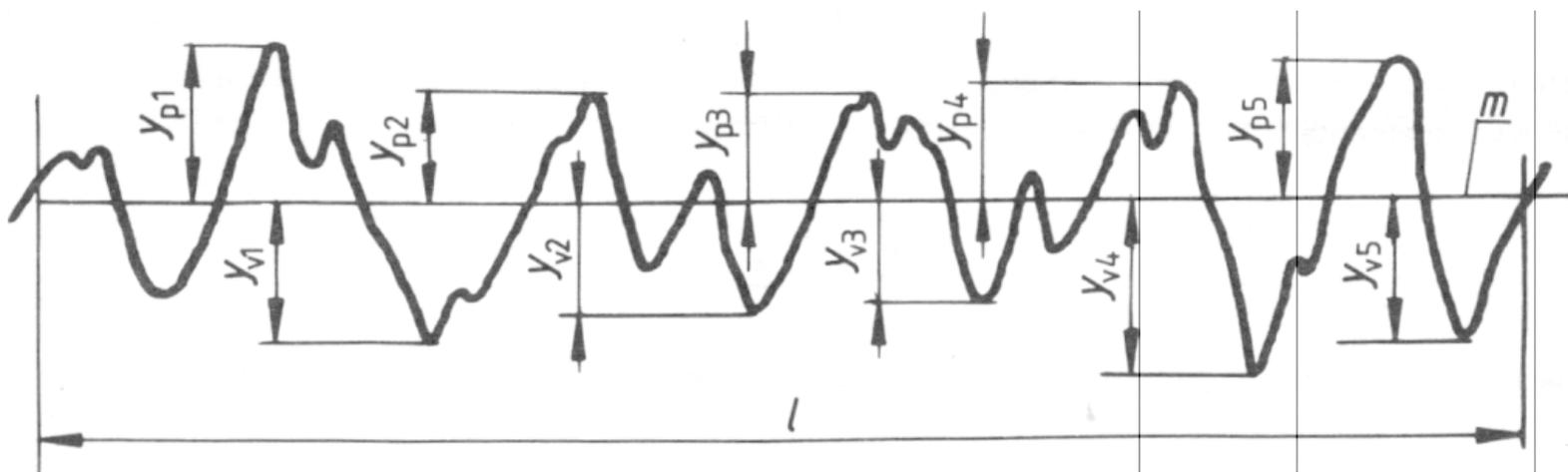
3.1. Respecto a la dirección de las alturas

• Altura de las irregularidades en diez puntos, R_z :

Media de los valores absolutos de las alturas de las cinco crestas del perfil más altas y de las profundidades de los cinco valles del perfil más bajos, dentro de la longitud básica.

$$\sum_{i=1}^5 |Y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |Y_{vi}|$$

$$R_z = \frac{\quad}{5}$$



3. Parámetros de rugosidad

3.1. Respecto a la dirección de las alturas

• Altura media de las irregularidades del perfil, R_c : es la suma de los valores medios de las alturas de las crestas y de las profundidades de los valles, dentro de la longitud básica.

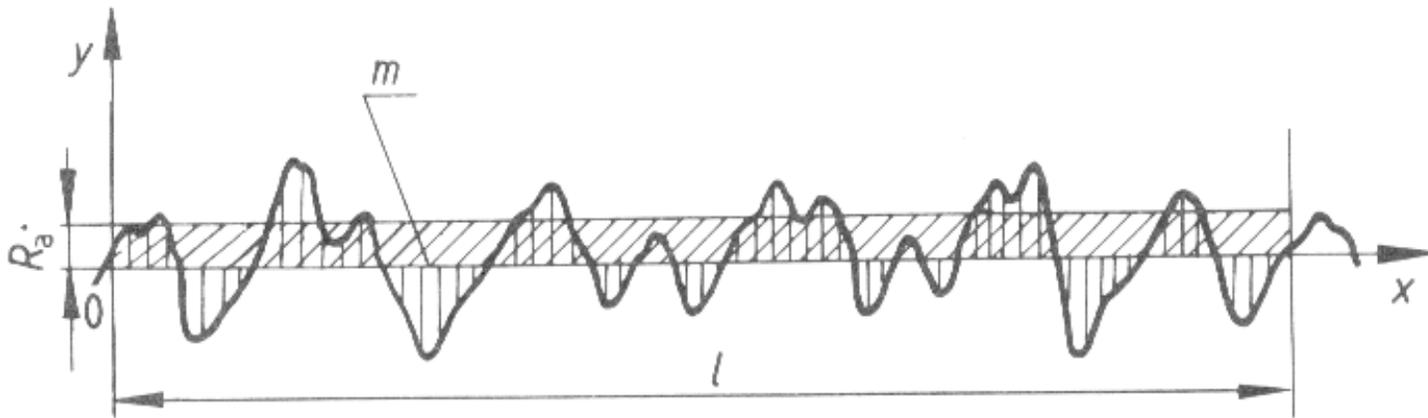
$$R_c = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_{pi}| + \sum_{i=1}^n |Y_{vi}|}{n}$$

donde: Y_{pi} es la altura de la i ésima cresta más alta;
 Y_{vi} es la profundidad del i ésimo valle más bajo.
 n es el n° de crestas y de valles del perfil.

3. Parámetros de rugosidad

3.1. Respecto a la dirección de las alturas

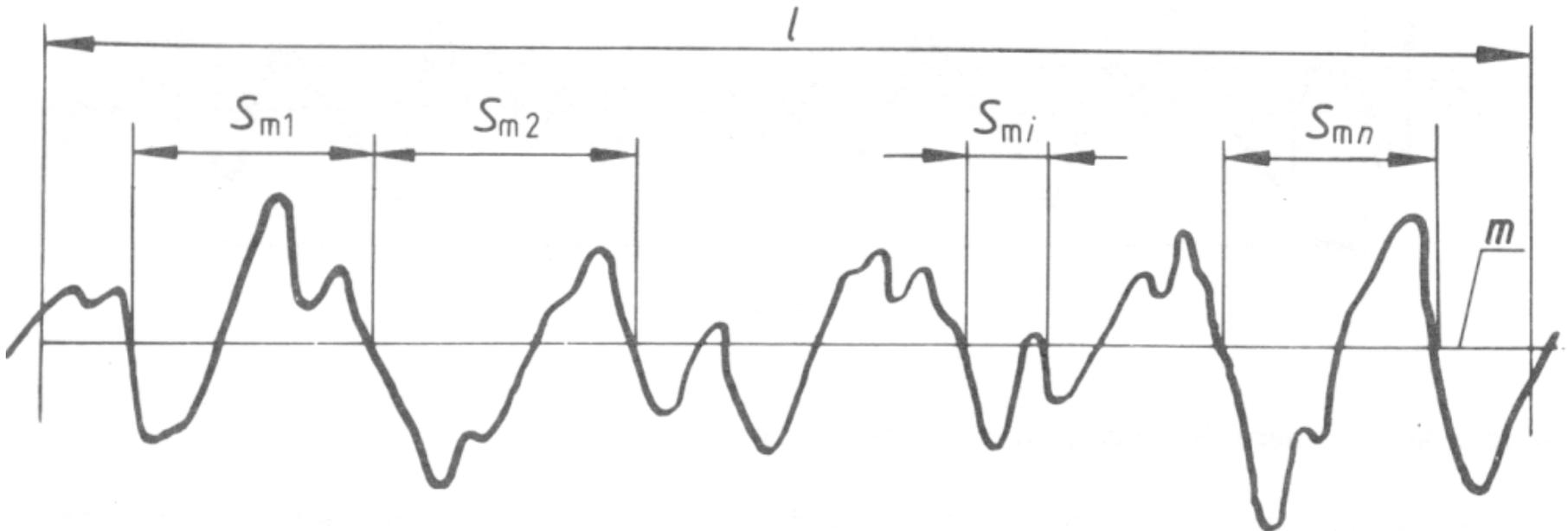
- Desviación media aritmética del perfil, R_a : es la media aritmética de los valores absolutos de las desviaciones del perfil, en los límites de la longitud básica l .



3. Parámetros de rugosidad

3.2. Respecto a la dirección transversal

- Paso de las irregularidades del perfil:
Longitud de la línea media que contiene una cresta y un valle consecutivo

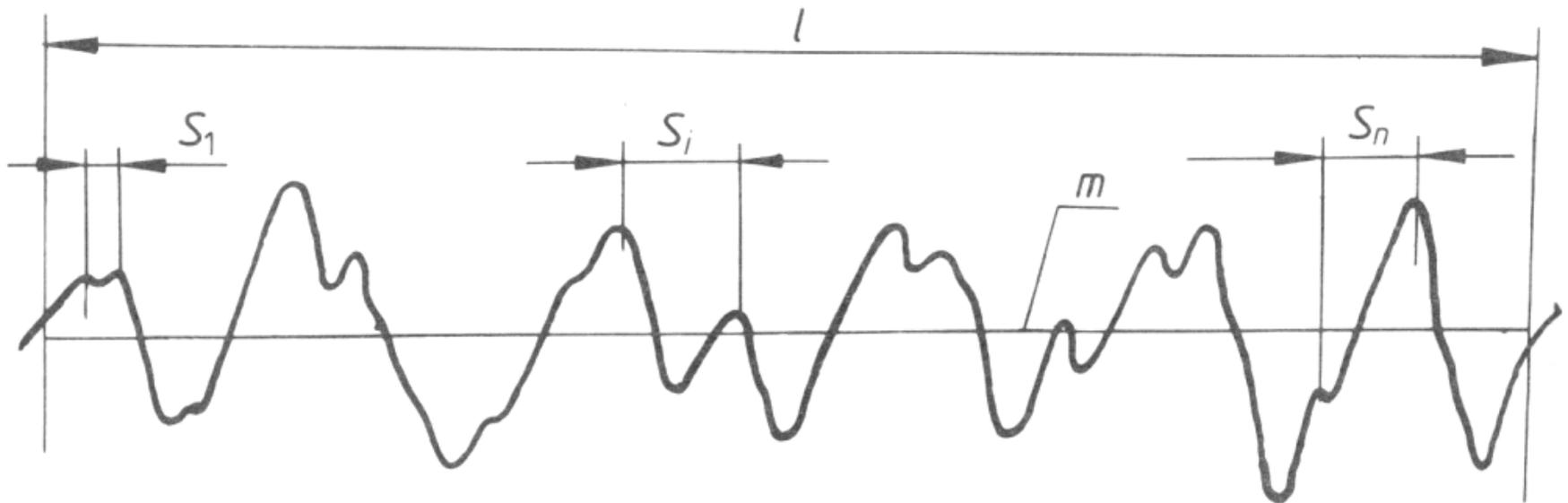


- Paso medio de las irregularidades del perfil,
$$S_m = 1/n \sum S_{mi}$$

3. Parámetros de rugosidad

3.2. Respecto a la dirección transversal

- Paso de las crestas locales del perfil: Longitud de una sección de la línea media delimitada por la proyección sobre esta línea de los dos puntos más altos de las crestas locales adyacentes del perfil

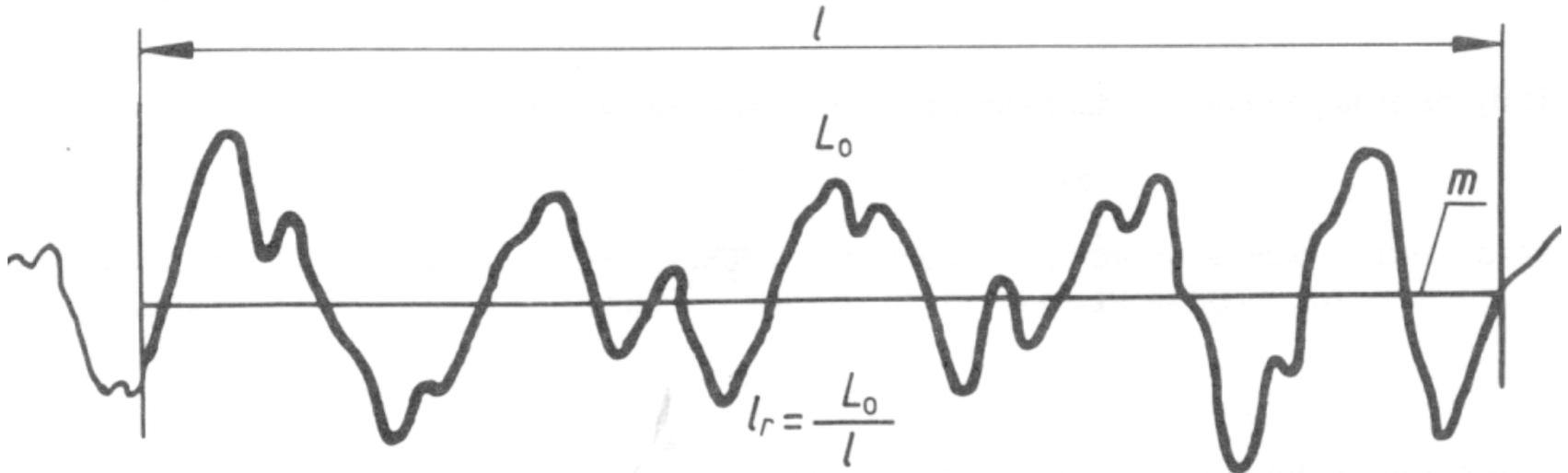


- Paso medio de las crestas del perfil, $S = 1/n \sum S_i$

3. Parámetros de rugosidad

3.2. Respecto a la dirección transversal

- Longitud desarrollada del perfil, L_0 : Longitud que se obtendría al desarrollar el perfil en línea recta
- Relación de longitud del perfil, l_r : relación entre la longitud desarrollada y la longitud básica



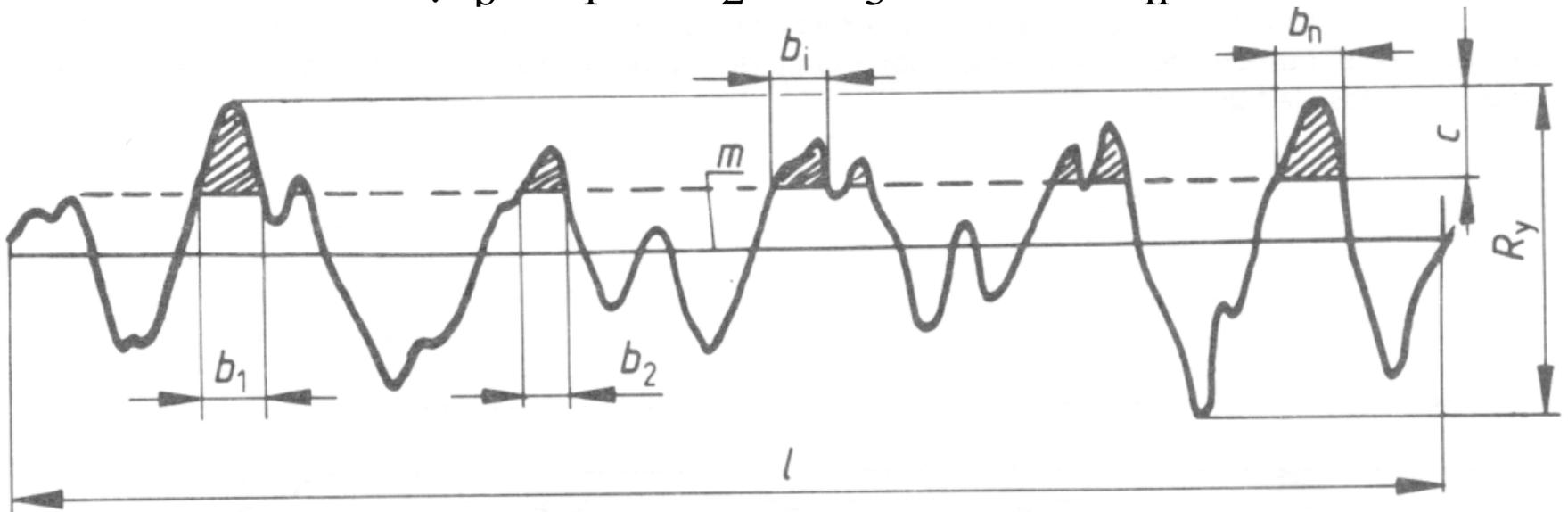
- Densidad de las crestas del perfil, D : N° de crestas por unidad de longitud $D = 1 / S_m$

3. Parámetros de rugosidad

3.3. Respecto a la forma de las irregularidades

- Longitud portante del perfil, μ_p : Suma de las longitudes de segmentos obtenidos cortando las crestas por una línea paralela a la línea media, dentro de la longitud básica, por un nivel de corte dado.

$$\mu_p = b_1 + b_2 + b_3 + \dots + b_n$$

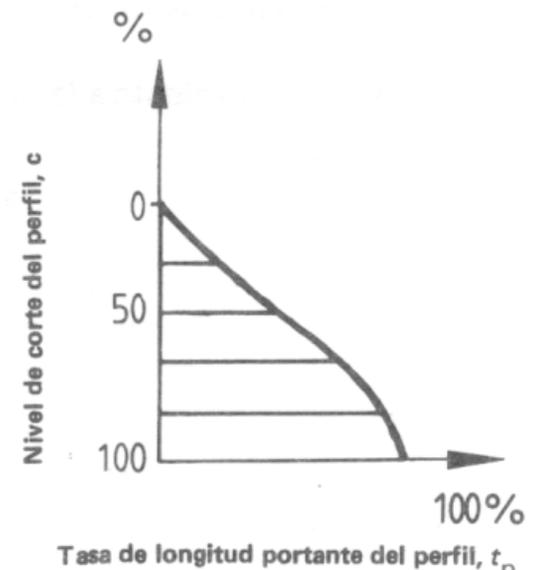
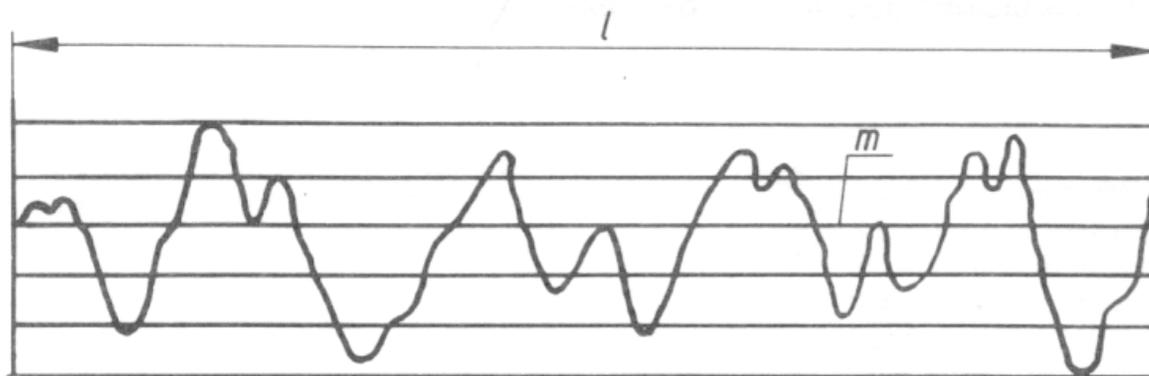


3. Parámetros de rugosidad

3.3. Respecto a la forma de las irregularidades

Tasa de longitud portante t_p : Relación de la longitud portante a la longitud básica $t_p = \mu_p/l$

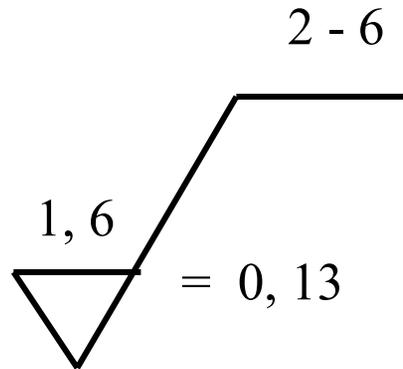
Curva de la tasa de longitud portante del perfil: es el gráfico que representa la relación entre los valores de la tasa de longitud portante del perfil y el nivel de corte del perfil.



4. Especificación de la rugosidad

4.1. Simbología

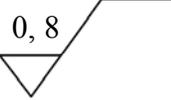
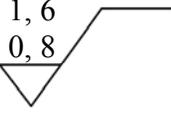
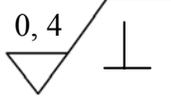
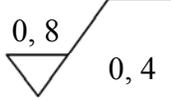
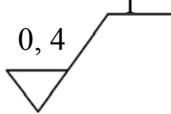
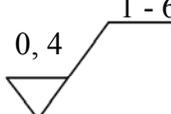
Ejemplo:



El significado de cada número y símbolo es el siguiente:

- 1, 6 es el valor R_a de la rugosidad en μm .
- 2 es el valor de la altura de la ondulación (no necesario).
- = es la orientación de la rugosidad (en este caso paralela a la línea).
- 0, 13 es el paso de la rugosidad en μm (no necesario)
- 6 es el valor del paso de la ondulación en mm (no necesario).

4.1. Simbología

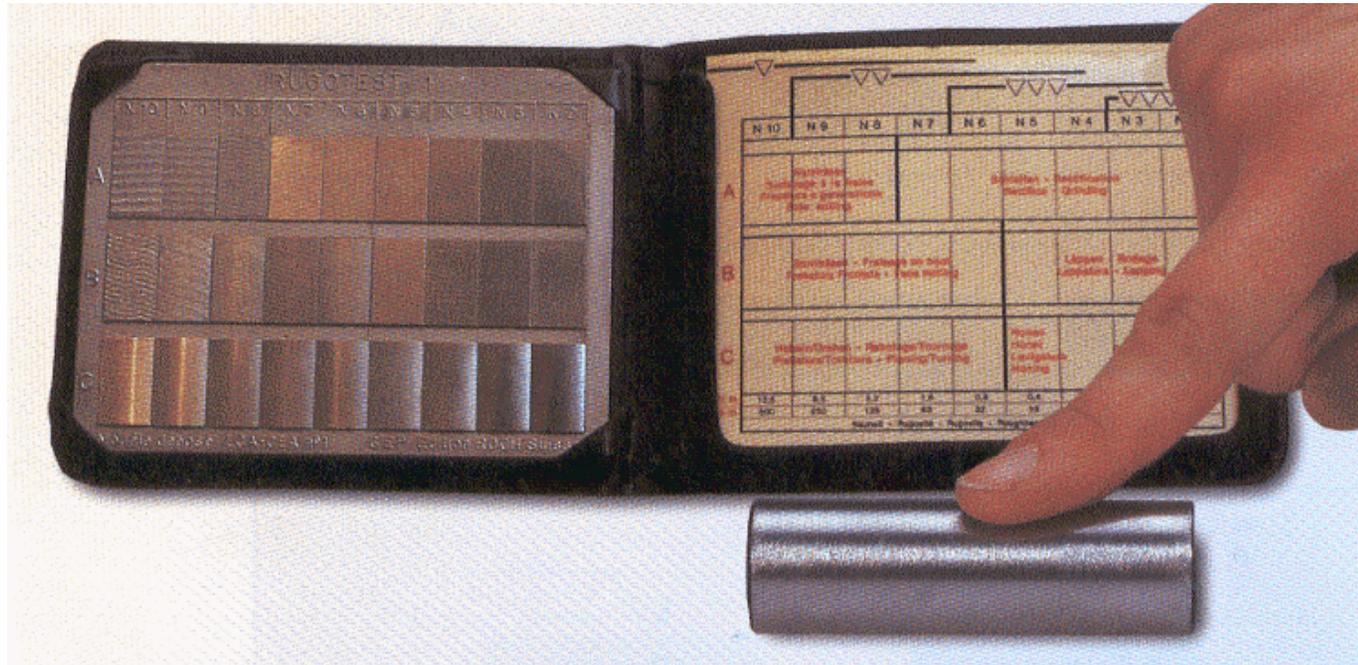
SÍMBOLO	ORIENTACIÓN DE LA RUGOSIDAD	EJEMPLO	RUGOSIDAD
=	Paralela a la línea representativa de la superficie sobre la que el símbolo va indicado.		Rugosidad máxima $Ra = 0,8 \mu\text{m}$.
⊥	Perpendicular a la línea representativa de la superficie sobre la que el símbolo va indicado.		Rugosidad comprendida entre $Ra = 0,8 \mu\text{m}$ y $Ra = 1,6 \mu\text{m}$.
×	Cruzado respecto a la línea representativa de la superficie sobre la que el símbolo va indicado.		Rugosidad máxima $Ra = 0,4 \mu\text{m}$ en la orientación.
M	Multidireccional.		Rugosidad máxima $Ra = 0,8 \mu\text{m}$ con paso de la rugosidad de $0,4 \text{ mm}$.
C	Aproximadamente circular respecto al centro de la superficie sobre la que el símbolo va indicado.		Rugosidad máxima $Ra = 0,4 \mu\text{m}$ con altura de 1 mm .
R	Aproximadamente radial respecto al centro de la superficie sobre la que el símbolo va indicado.		Rugosidad máxima $Ra = 0,4 \mu\text{m}$ con altura de 1 mm y paso de la ondulación de 6 mm .

4.2. Guía de aplicaciones y obtención de distintas calidades superficiales

RUGOSIDAD	APLICACIÓN
N1	Espejos. Bloques patrón
N2	Planos de apoyo de relojes comparadores
N3	Herramientas de precisión. Cojinetes superacabados. Acoplamientos estancos de alta presión en movimiento alternativo. Superficies bruñidas de retención sin retén.
N4	Soportes de cigüeñales y árboles de levas. Pies de válvulas. Superficies de cilindros de bombas hidráulicas. Cojinetes lapeados. Pernos de árboles para rotores de turbinas, reductores...
N5	Árboles acanalados. Superficie exterior de pistones. Acoplamientos efectuados a presión. Asientos de válvulas..
N6	Tambores de freno. Agujeros brochados. Cojinetes de bronce. Dientes de engranaje. Superficies de piezas deslizantes, como patines y sus guías.
N7	Caras de engranajes. Árboles y orificios de engranajes. Cara de émbolo.
N8	Pernos y cojinetes para transmisión (montaje a mano). Superficies de acoplamiento de partes fijas desmontables.
N9	Superficies laterales de retención con retenes normales.

5. Medida de la rugosidad

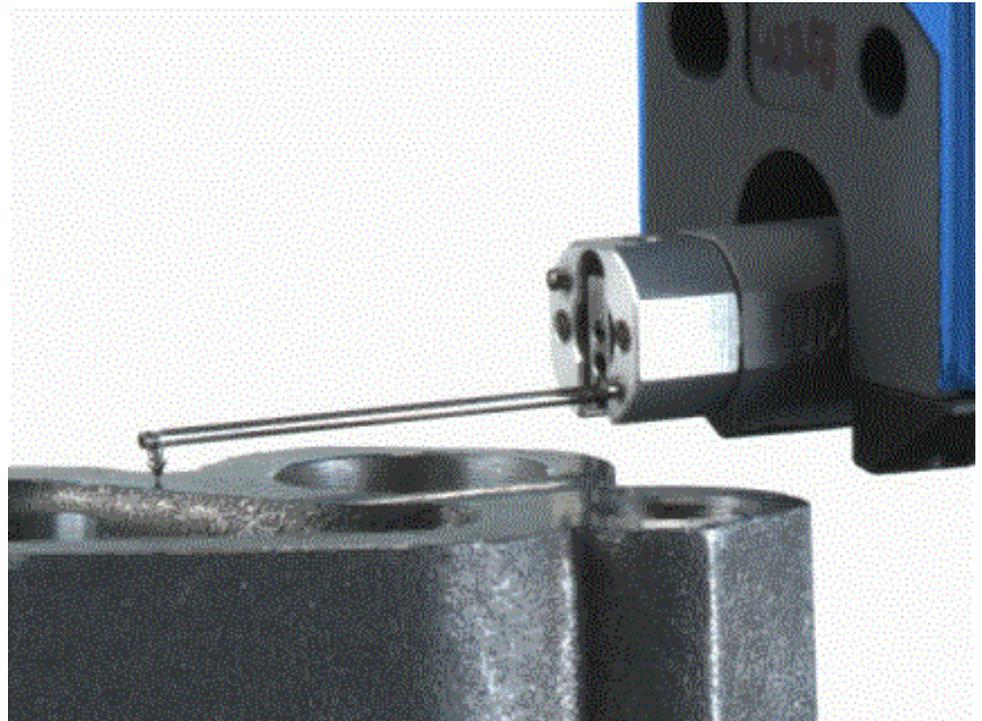
5.1. Comparadores visotáctiles



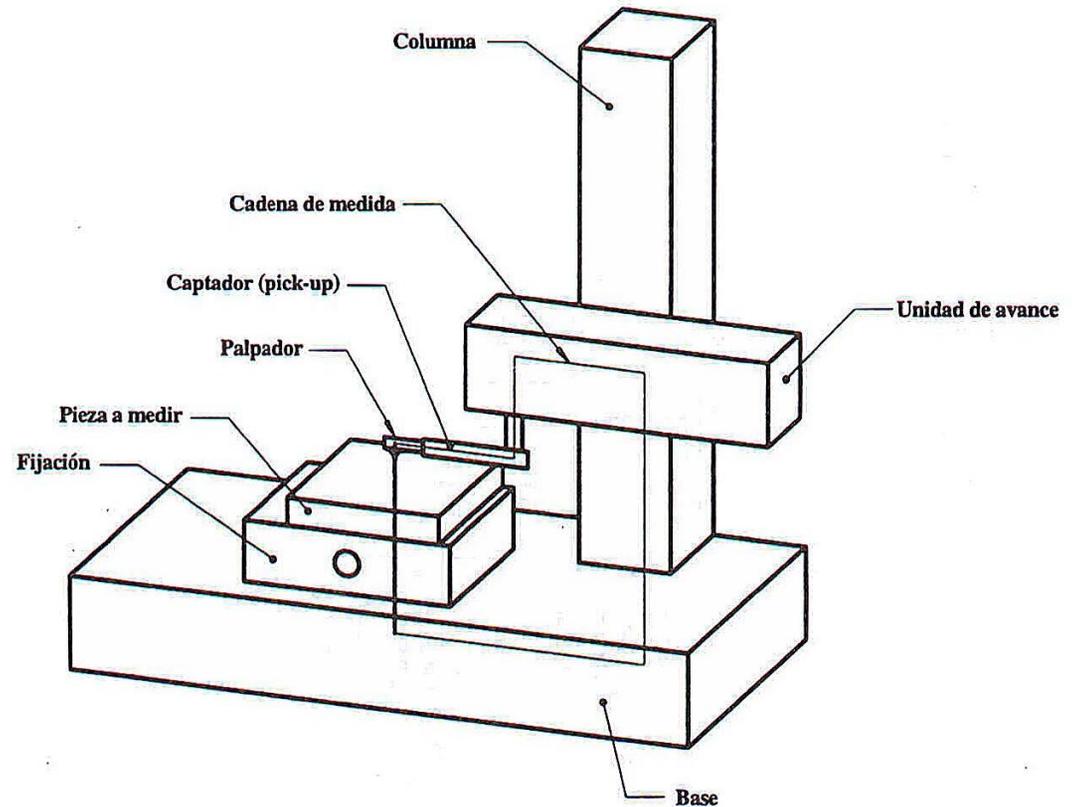
- Elementos para evaluar el acabado superficial de piezas por comparación visual y táctil con superficies de diferentes acabados obtenidas por el mismo proceso de fabricación.

- Instrumento para la medida de la calidad superficial basado en la amplificación eléctrica de la señal generada por un palpador que traduce las irregularidades del perfil de la sección de la pieza.

5.2. Rugosímetro de palpador mecánico



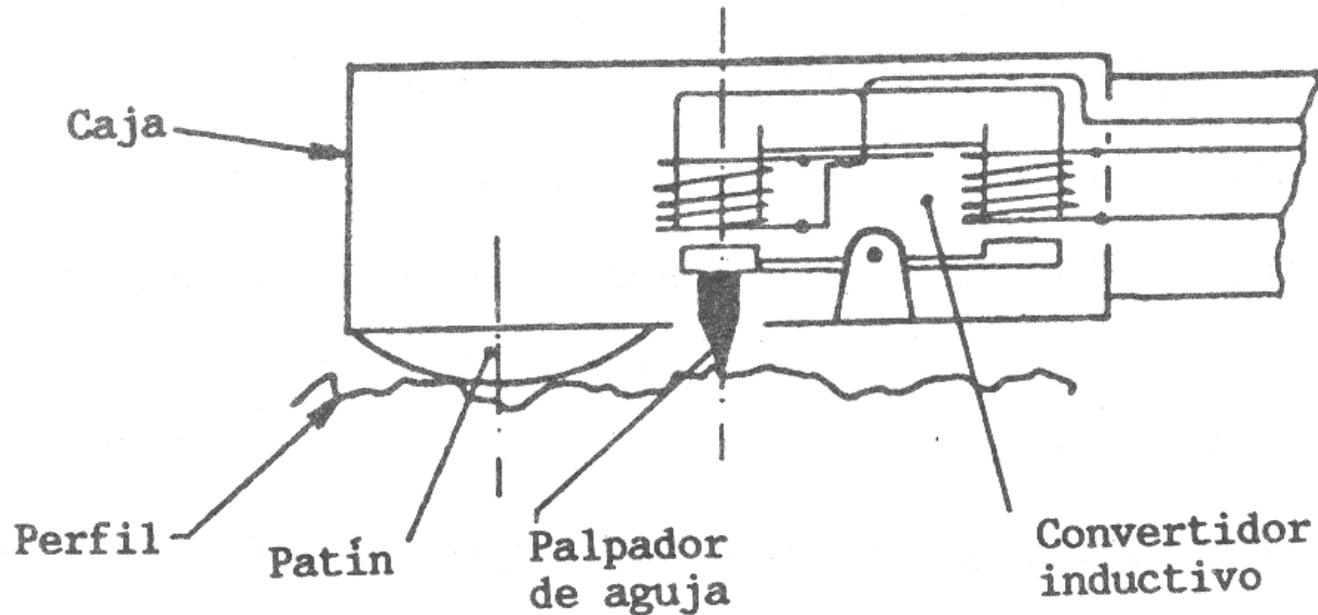
5.2. Rugosímetro de palpador mecánico



Configuración mecánica clásica

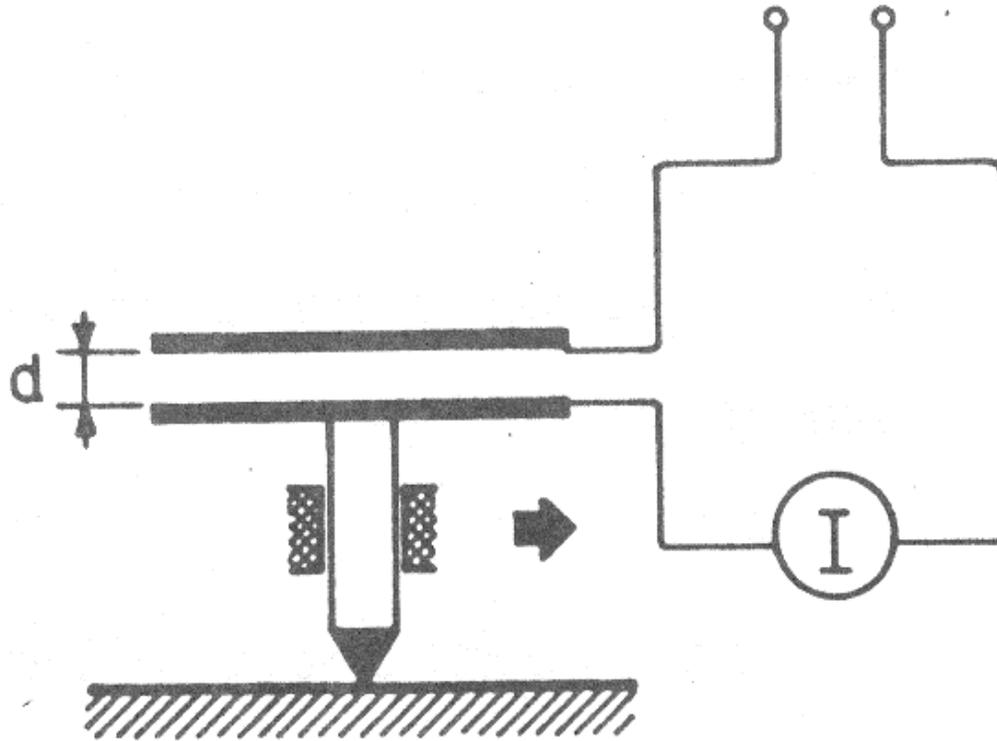
- Sus elementos principales son el palpador, el mecanismo de soporte y arrastre de éste, el amplificador electrónico, un calculador y un registrador.

5.2. Rugosímetro: Palpador inductivo



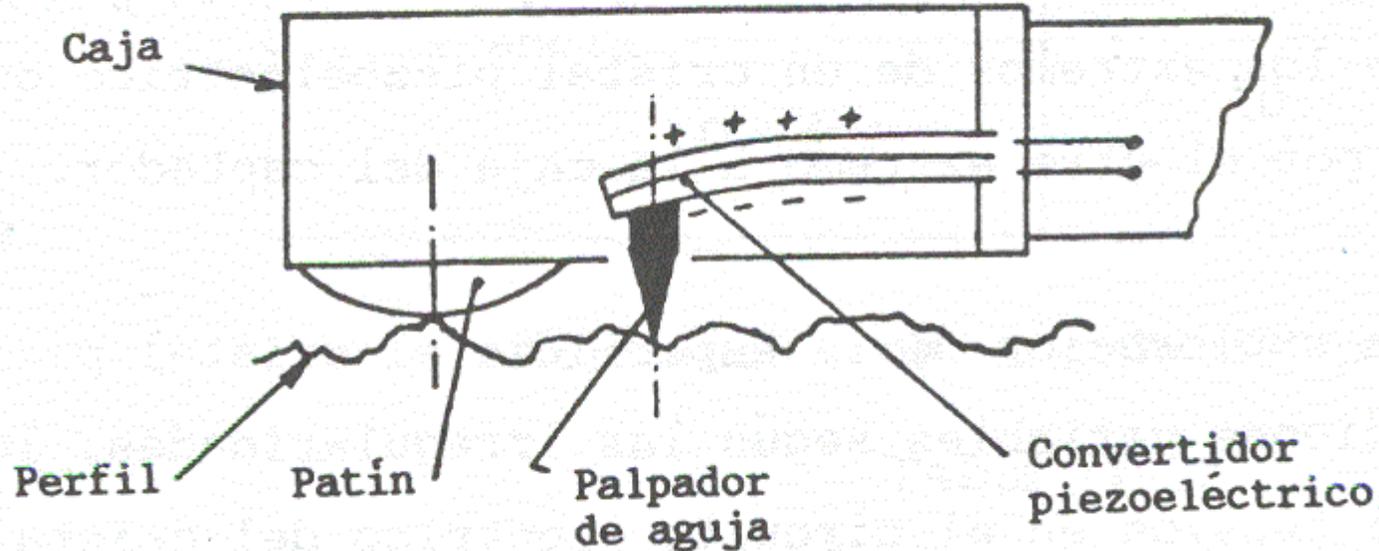
- El desplazamiento de la aguja al describir las irregularidades del perfil modifica la longitud del entrehierro del circuito magnético, y con ello el flujo de campo magnético que lo atraviesa, generando una señal eléctrica.

5.2. Rugosímetro: Palpador capacitivo



- El desplazamiento vertical del palpador aproxima las dos láminas de un condensador, modificando su capacidad y con ella la señal eléctrica.

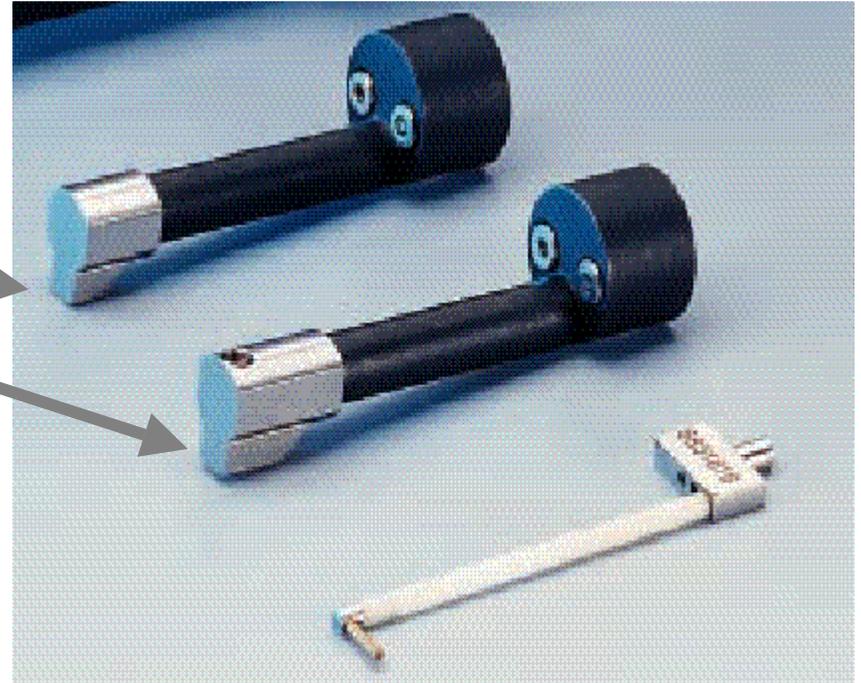
5.2. Rugosímetro: Palpador piezoeléctrico



- El desplazamiento de la aguja del palpador deforma elásticamente un material piezoeléctrico, que responde a dicha deformación generando una señal eléctrica.

5.2. Rugosímetro: Patín mecánico

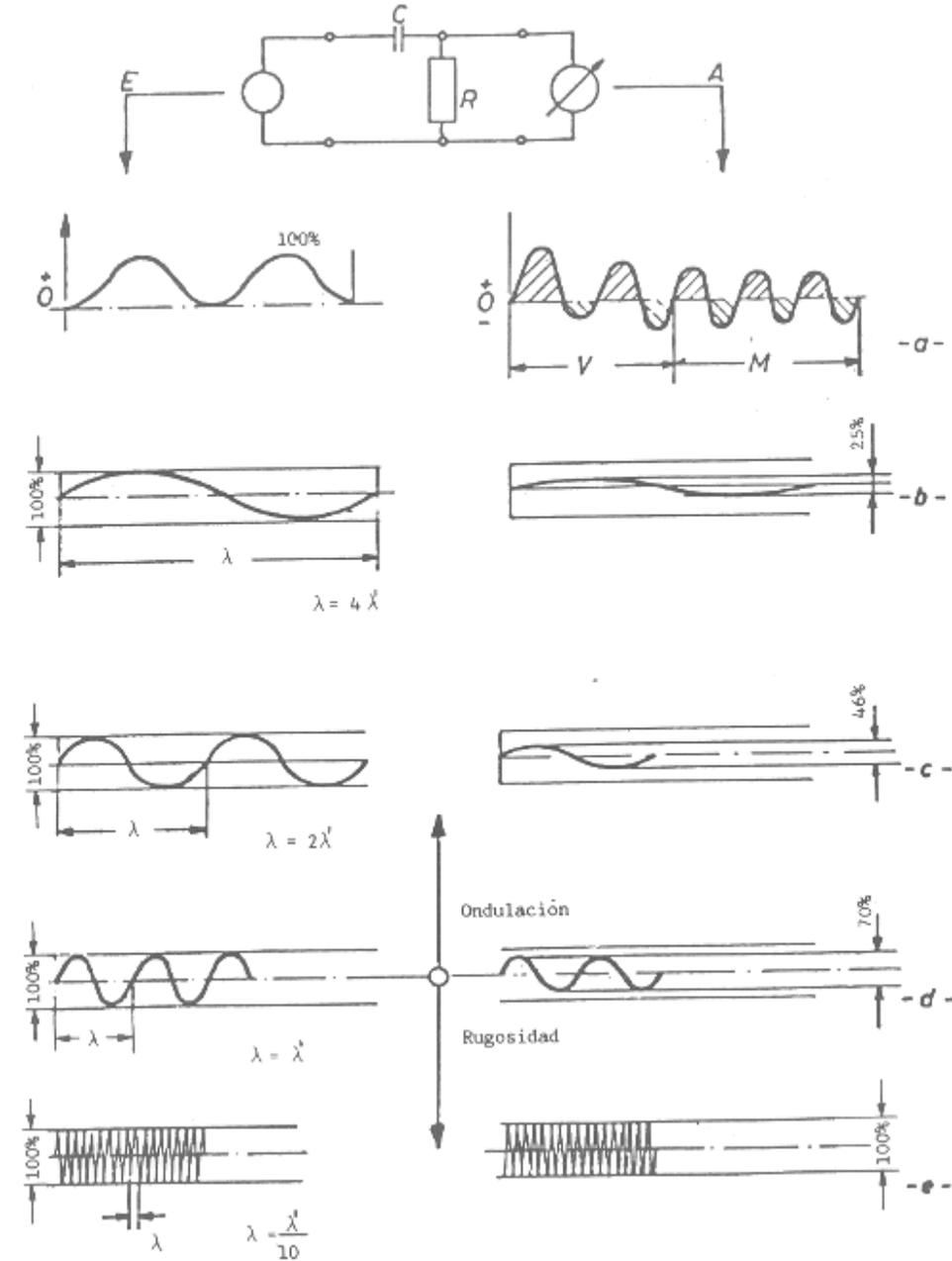
Patín (filtro mecánico)



- El patín describirá las ondulaciones de la superficie mientras la aguja recorra los picos y valles del perfil. Así se separan mecánicamente ondulación y rugosidad que son simplemente desviaciones respecto de la superficie geométrica con distinta longitud de onda.

5.2. Rugosímetro: Filtrado eléctrico

- La señal eléctrica procedente del palpador puede pasar a un filtro para eliminar las ondulaciones, esto es, disminuir la amplitud de sus componentes a partir de una longitud de onda λ' , (longitud de onda de corte)



5.2. Rugosímetro de palpador mecánico



- Actualmente los rugosímetros permiten calcular y tratar numerosos parámetros de rugosidad, compensar la forma de la pieza o programar la medida.

Bibliografía

Catálogos de MITUTOYO, STARRET, BROWN & SHARPE y TESA

TITULO: Curso de Metrología Dimensional.

AUTOR: Carro de Vicente Portela.

EDITORIAL: E.T.S.I.I. de Madrid 1978. pp 169.

TITULOS: Consejos de metrología de la A.E.C.C. (varios)

AUTOR: Comité de Metrología de la A.E.C.C. Madrid.

EDITORIAL: Asociación Española de Control de Calidad.

TITULO: Clasificación de instrumentos de metrología dimensional.

AUTOR: Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

Dirección General de Política Tecnológica.

EDITORIAL: Sección Publicaciones Ingenieros Industriales. Madrid, 1992.

TÍTULO: Metrología básica

AUTOR: Manrique, E., Casanova, A.

EDITORIAL: Edebé