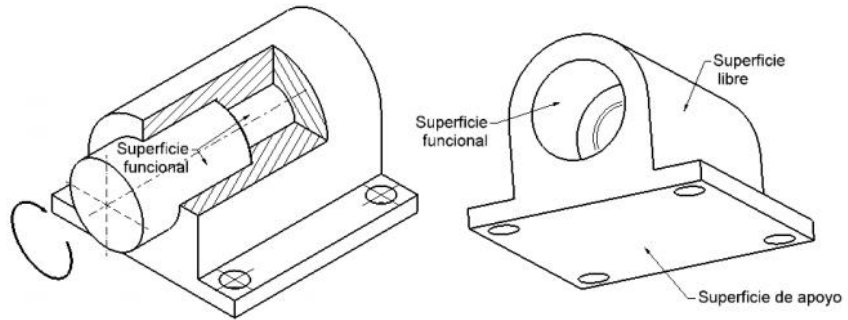


# Rugosidad

## Superficies

Podemos clasificar las superficies de un elemento de acuerdo con su función:

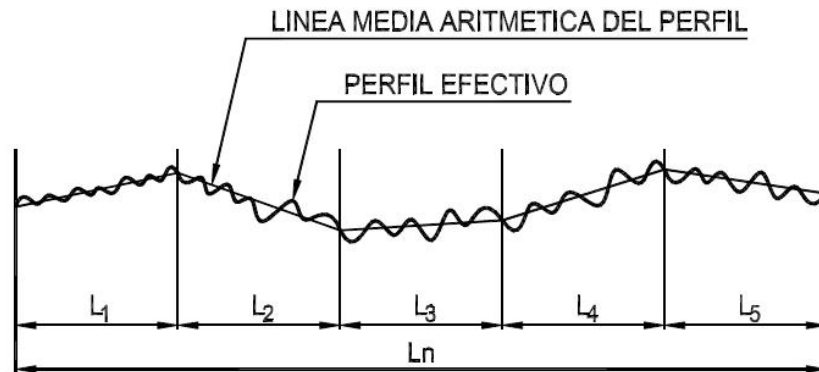
a) **Superficie funcional:** El término se refiere al tipo de superficies que presentan contacto directo y dinámico con otras, es decir, que van a experimentar movimientos relativos de rotación o traslación respecto a superficies de otro u otros elementos. Debido a su trabajo, necesitan de un acabado superficial muy fino para evitar pérdidas importantes de energía y calentamiento por rozamiento.






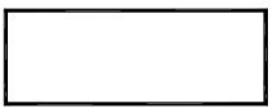
b) **Superficie de apoyo:** Son superficies que mantienen un contacto estático, y por tanto sin rozamiento dinámico, con otras, por lo que no necesitarán un acabado demasiado fino.

c) **Superficie libre:** Se refiere a aquellas superficies que no van a presentar contacto alguno con otras, por lo que podremos especificar un acabado basto, siempre que éste sea regular. En este caso priman generalmente condicionantes estéticos a los meramente funcionales.

Para poder evaluar el acabado superficial de una pieza, es necesario distinguir entre **rugosidad** y **defecto de forma**:



$L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = L_5 = \text{LONGITUDES BASICAS}$   
 $L_n = \text{LONGITUD DE EVALUACION}$

<p>SUPERFICIE RUGOSA Y ONDULADA</p> 	<p>SUPERFICIE RUGOSA SIN ONDULACION</p> 	<p>SUPERFICIE ONDULADA SIN RUGOSIDAD</p> 	<p>SUPERFICIE NO RUGOSA NI ONDULADA</p> 
---	---	---	---

**Defectos de forma:** inclinación del perfil, falta de planitud o de redondez, etc.

- Afectan al funcionamiento: Excentricidad, falta de ajuste, holguras, ruidos/vibraciones, ...

**Rugosidad:**

- Afectan al comportamiento de la superficie frente a rozamiento, lubricación, desgaste, rodadura, etc.

La evaluación del acabado superficial se realiza sobre un perfil plano de la superficie real, obtenido mediante un instrumento, denominado rugosímetro

Las desviaciones intermedias entre los defectos de forma y la rugosidad se denominan "ondulación"

**Longitud de Corte ( $l_c$ ) o Cutoff:** Distancia que se utiliza para diferenciar ondulación y rugosidad.

- Si el espaciado de la desviación  $\geq l_c \rightarrow$  ONDULACIÓN

- Si el espaciado de la desviación  $< l_c \rightarrow$  RUGOSIDAD



## Calidad superficial

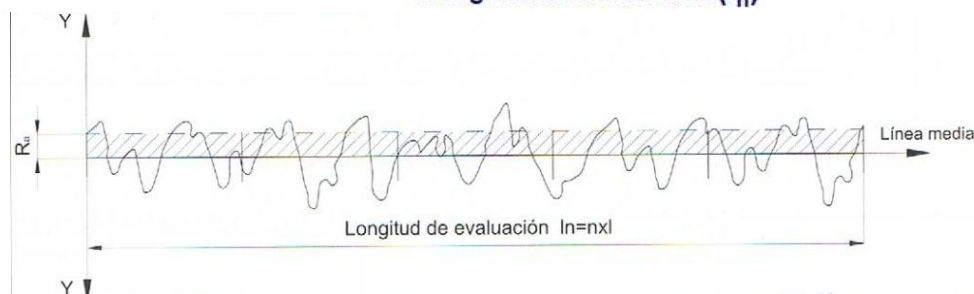
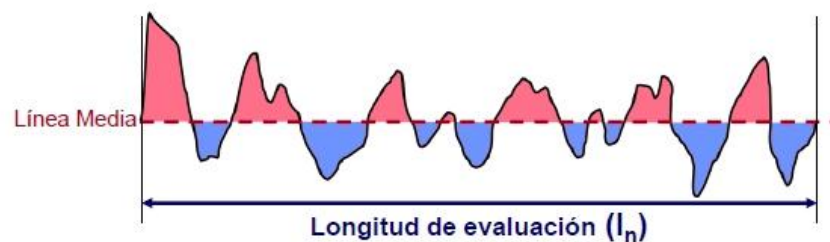
La magnitud de la aspereza se determina mediante la máxima profundidad de rugosidad **Rt**, por el valor medio de la rugosidad **Ra**, o por la profundidad de rugosidad media **Rz**.

**Ra** es la media aritmética de los valores absolutos de las separaciones y del perfil rugoso de la línea media dentro del tramo de medida. Viene a ser equivalente a la altura de un rectángulo, cuya longitud sea igual a tramo de medida completo y su superficie igual a la suma de las superficies comprendidas entre el perfil de rugosidad y la línea media. Se expresa en micras.

**Rugosidad Media (Ra):** El parámetro más utilizado

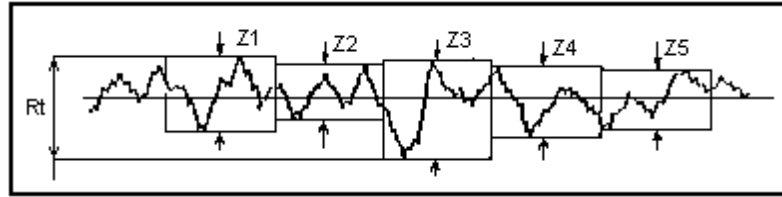
Es la media aritmética del perfil:  $R_a = \frac{1}{l_n} \int_0^{l_n} |y(x)| dx$

Es el resultado de realizar la operación:  $\frac{\sum (\text{Área } \color{red}{\square}) + \sum (\text{Área } \color{blue}{\square})}{l_n}$



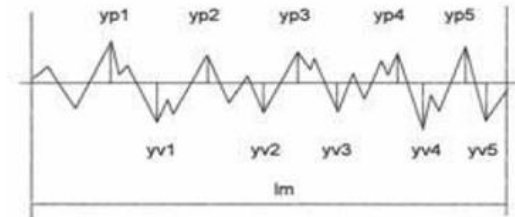
Ra es el valor más empleado, pues está reconocido y utilizado internacionalmente. Con él se determinan en los planos las rugosidades superficiales de los elementos y suelen darle la mayoría de los rugosímetros.

Rt es la distancia en mm. entre la cresta más alta y la depresión más profunda en el tramo de referencia.

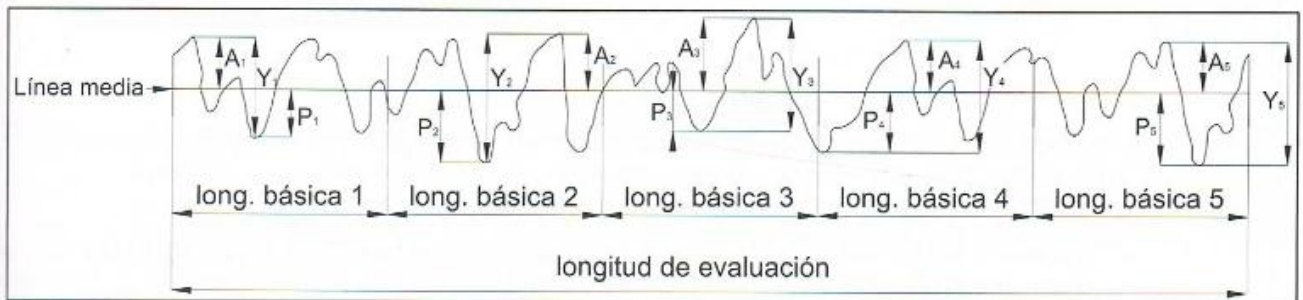


Rz o Ry es la media de los valores absolutos de las cinco crestas del perfil más altas y de las profundidades de los cinco valles del perfil más bajos, dentro de la longitud básica.

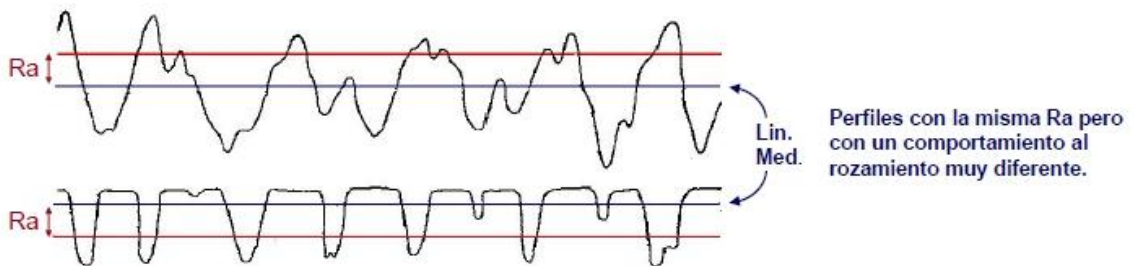
$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5}$$



$$R_y = R_z = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5}{5}$$



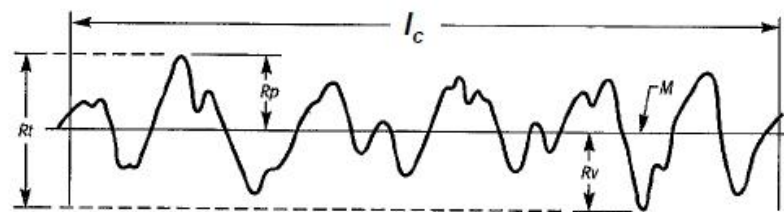
Puede darse el caso de que dos perfiles muy diferentes tengan la misma rugosidad media Ra:



Se complementa la Ra con más parámetros:

- $R_p$ : Altura máxima de pico
- $R_v$ : Prof. máxima de valle
- $R_{ti}$ : Altura máxima pico-valle

$R_p$ ,  $R_v$  y  $R_{ti}$  se calculan para cada longitud de corte,  $l_c$



Rt, Rp, and Rv Parameters

### Regla del 16%:

La superficie se considera aceptable si como máximo el 16% de todos los valores medidos del parámetro considerado, obtenidos sobre una longitud de evaluación, sobrepasa el valor especificado en los dibujos o en otra documentación técnica del producto.

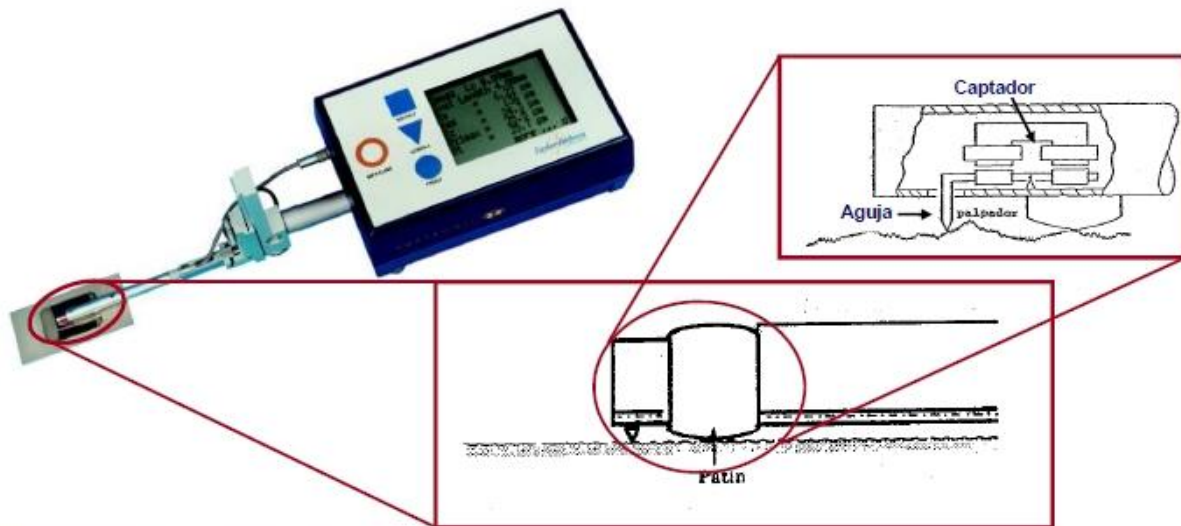
### Regla del valor máx:

Ninguno de los valores del parámetro de rugosidad medidos sobre la totalidad de la superficie a controlar debe sobrepasar el valor especificado en los dibujos o en la documentación técnica del producto.

### RUGOSÍMETRO:

La medición de la rugosidad se realiza con el rugosímetro. Este instrumento se compone de:

- **Aguja:** se introduce entre los picos y valles. Es de diamante → Desgaste↯↯
- **Captador:** Registra los movimientos verticales de la aguja
- **Patin:** Se apoya en la superficie y sirve de filtro mecánico. Son de rubí sintético → Deformación↯↯
- **Motorización:** Empuja y arrastra la aguja sobre la superficie
- **Electrónica:** Registra los datos del captador, los procesa y obtiene los parámetros deseados



### Medición de la rugosidad

1. Ajuste del rugosímetro: se colocará convenientemente sobre la superficie a medir
2. Selección de las condiciones: éstas son el Cut-Off, número de longitudes de muestreo, filtro empleado, parámetros de rugosidad que deseamos obtener, velocidad de desplazamiento, recorrido de arranque/frenado.
3. Calibración: se emplea una pieza de referencia llamada patrón, de la que conocemos con precisión su rugosidad. Realizamos su medición y ajustamos la diferencia entre el valor medido y el que realmente tiene el patrón
4. Medición: es importante que la pieza está correctamente asentada y que no existan vibraciones próximas que afecten a los resultados. El cabezal se orientará de forma transversal a las marcas de mecanizado.
5. Obtención de resultados: Se podrán visualizar en pantalla o

$\lambda_c$ -> "Cut-off": longitud básica o de muestreo

N-> Número de veces que se repite la longitud básica o de muestreo. La suma total se llama longitud de evaluación.

Ra-> La media aritmética de los valores absolutos de las separaciones y del perfil rugoso de la línea media dentro del tramo de medida.

Rz -> La media de los valores absolutos 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.

Rq -> Es la rugosidad media cuadrática: es la raíz cuadrada de la media aritmética de todas las desviaciones del perfil con respecto a la línea media dentro de la longitud base

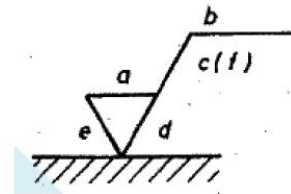
Rt -> Es la distancia en mm. entre la cresta más alta y la depresión más profunda en el tramo de referencia.

Rp -> Es la altura máxima del perfil

Rv -> Es la profundidad máxima del valle



Valor de rugosidad Ra		Números de calidades de rugosidad	Proceso de fabricación	Valor de rugosidad Rz (μm)
μm	μpulgada			
0,025	1	N 1	Bruñido	0,04 - 0,25
0,05	2	N 2	Pulido	1,0 - 2,5
0,1	4	N 3	Brochado	2,5 - 10
0,2	8	N 4	Rectificado cilíndrico	2,5 - 6,6
0,4	16	N 5	Rectificado frontal	4,0 - 10
0,8	32	N 6	Cilindrado	4,0 - 63
1,6	63	N 7	Cepillado	6,3 - 100
3,2	125	N 8	Mortajado	10 - 40
6,3	250	N 9	Ranurado	10 - 40
12,5	500	N 10	Fresado	10 - 40
25	1000	N 11	Refrentado	10 - 63
50	2000	N 12	Escariado	10 - 25
			Avellanado	25 - 40
			Taladrado	40 - 160



a = Valor de la rugosidad  $R_a$  en micrometros o micropulgadas. o: Número de la clase de rugosidad N1 a N12.

b = Proceso de fabricación, tratamiento o recubrimiento.

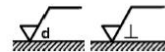
c = Longitud base.

d = Dirección de las estrias de mecanizado.

e = Sobremedida para mecanizado.

f = Otros valores de la rugosidad (entre paréntesis).

Indicación de los surcos superficiales d):



Símbolo gráfico	Interpretación de la dirección de las estrias de mecanizado	Ejemplo de aplicación
—	Paralelas al plano de la vista en la que se aplica el símbolo.	
⊥	Perpendiculares al plano de la vista en la que se aplica el símbolo.	
X	Cruzadas en dos direcciones oblicuas con respecto al plano de la vista en la que se aplica el símbolo.	
M	Multidireccionales.	
C	Aproximadamente circulares, alrededor del centro de la cara en la que se aplica el símbolo.	
R	Aproximadamente radiales con respecto al centro de la cara en la que se aplica el símbolo.	
P	Las estrias superficiales no tienen una orientación o protuberancia determinada.	

## INDICACIÓN EN LOS DIBUJOS

➤ Caso general (figura 9):

1. El símbolo se debe leer desde la parte inferior o derecha del dibujo.
2. El símbolo se sitúa sobre las líneas que indican la superficie o, si no es posible, en las líneas auxiliares trazadas en la prolongación de aquellas o mediante una línea de referencia. Debe quedar en el exterior de la figura.
3. El símbolo solo figura una vez para cada superficie dada, siendo aquella que mejor defina la superficie.
4. Si el símbolo afecta a las superficies del contorno en una vista se indica mediante un círculo en la parte superior del símbolo (figura 9 B).
5. El símbolo de referencia (figura 10) se aplica cuando se indica una cara que no está de perfil. También se puede delimitar la zona de influencia.

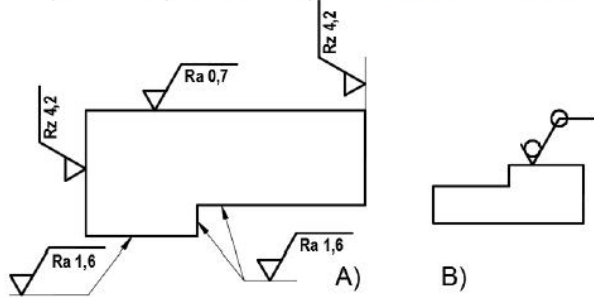


Figura 9. La dirección de lectura de requisitos de calidad superficial sigue el mismo criterio que el de acotación.

El requisito de calidad superficial se puede indicar sobre la cota de un elemento, siempre que no dé lugar a confusión (figura 11).

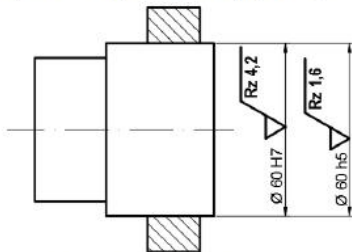


Figura 11. Requisito de calidad superficial sobre la línea de cota.

En la figura 12 se muestra que el requisito de calidad superficial puede colocarse sobre la tolerancia geométrica.

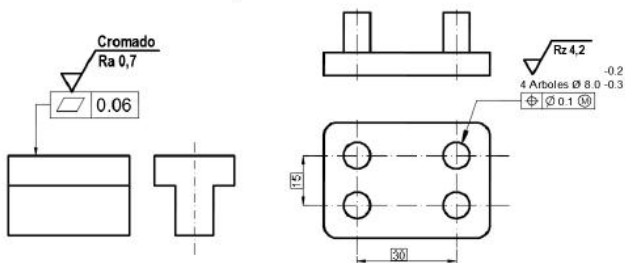


Figura 12. Requisito de calidad superficial sobre la tolerancia geométrica.

Figura 9. La dirección de lectura de requisitos de calidad superficial sigue el mismo criterio que el de acotación.

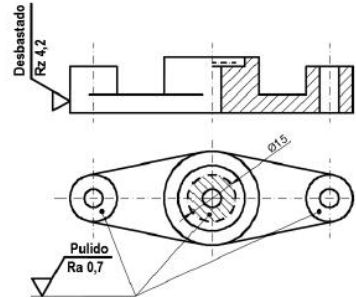


Figura 10: Uso de líneas de referencia y zona afectada.

Cuando la mayoría de las superficies de una pieza tienen el mismo requisito de calidad superficial se puede indicar de forma simplificada (figura 14). Para ello se coloca cerca del recuadro del título del dibujo o junto a su marca el símbolo gráfico con la calidad superficial predominante, seguido entre paréntesis de:

- un símbolo gráfico general o de
- el requisito o requisitos de calidad superficial diferente al general, que tiene alguna de las superficies de la pieza.

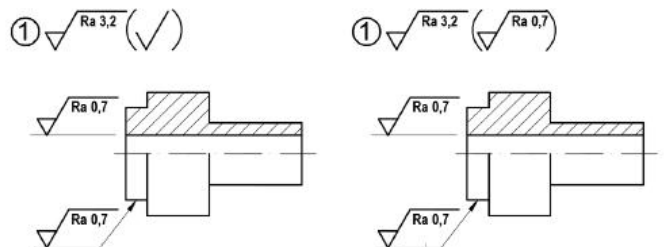


Figura 14. Forma simplificada de indicar el requisito de calidad superficial cuando la mayoría de las superficies tienen la misma calidad superficial.