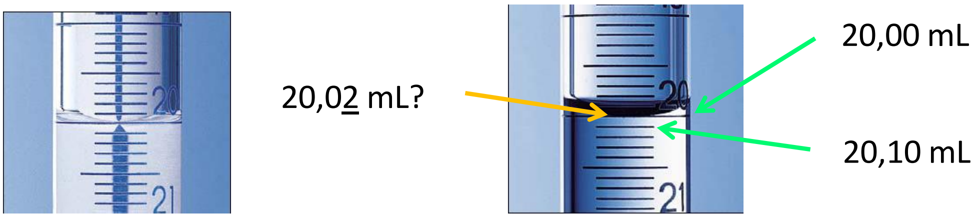
Guia de xifres significatives

Què són les xifres significatives?

El nombre de *xifres significatives* és el nombre mínim de dígits necessari per a escriure un valor numèric determinat sense perdre exactitud. Així, està constituït per tots els dígits certs més el primer dígit incert.

> Per exemple, imaginem que mesurem un volum amb una bureta. La darrera xifra significativa (la que es troba més a la dreta) sempre duu associada una certa incertesa. La lectura d'aquesta bureta es pot donar amb quatre xifres significatives. Les tres primeres són ben certes (el menisc es troba molt a prop de la marca de 20,00 mL i, per tant, les tres primeres xifres seran 20,0 mL), però la quarta xifra és incerta, ja que és una estimació de l'analista (un analista podria interpretar que és 20,02 mL, mentre que un altre analista podria creure que és 20,01 mL).



Com determinar el nombre de xifres significatives?

Existeixen diverses regles que permeten determinar el nombre de xifres significatives d'un resultat o una mesura numèrica:

- *Regla 1:* en nombres que no contenen zeros, tots els dígits són significatius.
  Ex: 8,14159 (6 xifres significatives)
- *Regla 2:* tots els zeros entre dígits significatius són també significatius.
  Ex: 2,054 (4 xifres significatives)
- *Regla 3:* els zeros a l'esquerra del primer dígit que no és un zero serveix només per a fixar la posició del decimal i, per tant, no són significatius.
  Ex: 0,0002604 (4 xifres significatives). Fixeu-vos que equival a $2{,}604\text{x}10^{-4}$
- *Regla 4:* en un nombre amb dígits decimals, els zeros finals a la dreta del punt decimal són significatius.
  Ex: 30,00 (4 xifres significatives); 0,0540 (3 xifres significatives)
- *Regla 5*: si un nombre no té decimals i acaba amb un o més zeros, aquests poden ser o no significatius. Aquesta ambigüitat, però, s'evita utilitzant la notació científica.
  Ex: 70 (1 o 2 xifres significatives); $7\text{x}10^2$ *(1 xifra significativa);* $7{,}0\text{x}10^2$ *(2 xifres significatives)*

Xifres significatives en els càlculs numèrics

Sumes i restes:

- El resultat ha de tenir el mateix nombre de decimals que el nombre que té **menor** quantitat de decimals.
  Ex: 3,4 + 0,020 + 7,31 = 10,730 → El resultat s'ha d'arrodonir a 10,7
- Quan se sumen o es resten nombres en notació científica, s'han d'expressar en la mateixa potència de base 10.
  Ex: $2{,}432x10^{6} = 2{,}432x10^{6}$
  $+6{,}512x10^{4} = 0{,}06512x10^{6}$
  $-1{,}227x10^{5} = -0{,}1227x10^{6}$
  Resultat: $2{,}37442x10^{6}$ → *s'ha d'arrodonir a* $2{,}374x10^{6}$

Multiplicacions i divisions:

- El nombre de xifres significatives en el producte final o en el quocient de diversos números ve determinat pel número original que tingui el **menor** nombre de xifres significatives.
  Ex: $1{,}78 \times 3{,}26x10^{-5} = 5{,}8028x10^{-5}$, que s'ha d'arrodonir a $5{,}80x10^{-5}$ (3 xifres significatives)
  2,4 x 0,000673 = 0,0016152, que s'ha d'arrodonir a 0,0016 (2 xifres significatives)

Logaritmes i antilogaritmes:

- En el logaritme decimal d'un nombre s'han de conservar tants dígits a la dreta del punt decimal com xifres significatives tingui el nombre original.
  Ex: $\log(4{,}000x10^{-5}) = -4{,}3979400$ → $-4{,}3979$
- En l'antilogaritme d'un nombre s'han de conservar tants dígits com dígits a la dreta del punt decimal tingui el nombre original.
  Ex: $\text{antilog } 12{,}5 = 3{,}162277x10^{12}$ → $3x10^{12}$

Expressió de resultats experimentals: xifres significatives de la mitjana i de la desviació estàndard

Els resultats experimentals sovint s'expressen amb la mitjana aritmètica i la desviació estàndard dels diferents replicats. La desviació estàndard és una mesura de la incertesa del resultat i, per tant, condiciona el nombre de xifres significatives de la mitjana

La mitjana i la desviació estàndard han de tenir el mateix nombre de xifres decimals.

Ex. 1: Determinació de clorurs en una mostra d'aigua, 4 replicats

$$\bar{x} = \frac{8{,}21 + 7{,}83 + 8{,}34 + 8{,}45}{4} = 8{,}2075 \text{ mg } L^{-1}$$

$$s = \sqrt{\frac{(8{,}21 - 8{,}2075)^2 + (7{,}83 - 8{,}2075)^2 + (8{,}34 - 8{,}2075)^2 + (8{,}45 - 8{,}2075)^2}{4-1}} = 0{,}\underline{2}701$$

La desviació estàndard assenyala que la incertesa es troba a la primera xifra decimal.

Així, expressarem el resultat arrodonint-lo a la primera xifra decimal: 8,2(0,3) mg mL^{-1}

Ex. 2: Determinació de potassi en una sal, 4 replicats

$$\bar{x} = \frac{821 + 783 + 834 + 845}{4} = 820{,}75 \text{ ppm}$$

$$s = \sqrt{\frac{(821 - 820{,}75)^2 + (783 - 820{,}75)^2 + (834 - 820{,}75)^2 + (845 - 820{,}75)^2}{4-1}} = \underline{2}7{,}01$$

La desviació estàndard assenyala que la incertesa es troba a la xifra corresponent a les desenes ($\underline{2}7{,}01$*).*

Així, expressarem el resultat en notació científica, arrodonint-lo: 8,2(0,3)x10^{2} *ppm*

Arrodoniment de resultats numèrics

- S'han de tenir en compte tots els dígits que van darrere de l'última xifra significativa i, de forma general, s'arrodoneix al darrer dígit significatiu més proper.
  Ex: 121,7968 → 121,80 (més a prop del dígit superior)
  121,7948 → 121,79 (més a prop del dígit inferior)
- En el cas particular d'un número que acabi en 5, s'arrodonirà al dígit parell més proper.
  Ex: 0,635 → 0,64 (més a prop del dígit parell superior)
  0,625 → 0,62 (més a prop del dígit parell inferior)
  (així s'evita que els resultats augmentin o disminueixin sistemàticament a conseqüència d'arrodoniments successius)
- Per tal d'evitar errors, **s'arrodoneix només el resultat final** dels càlculs (mai els resultats intermedis, que haurien de presentar, com a mínim, una xifra significativa més que els resultats finals).