

La curva di Gauss – Distribuzione normale

La curva rappresentata sotto è definita curva di Gauss e rappresenta la distribuzione del prodotto analizzato.

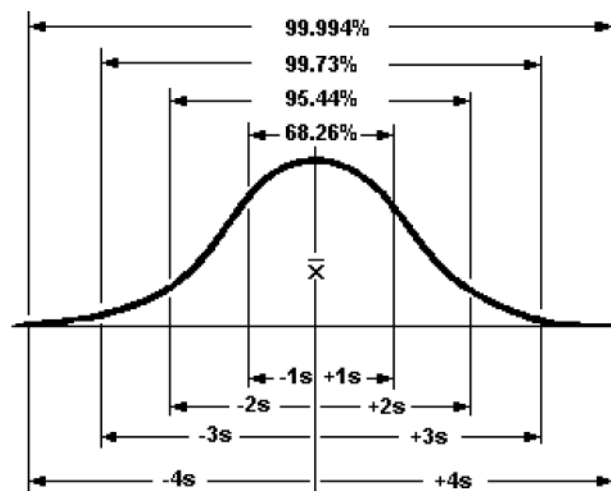
Le proprietà fondamentali della curva sono:

- è simmetrica rispetto alla **media** (rappresentata normalmente da una X barrata)
- è asintotica (tende a 0 a +/- infinito)

Per definire questa curva sono necessari due parametri:

- **media**
- **scarto tipo** (normalmente indicato con S o con la lettera greca σ).

La media è il valore a cui sono più prossime il maggior numero di misure effettuate, ed infatti coincide con il punto in cui la curva ha il suo massimo valore.



Come mostrato nella figura sopra, nello spazio compreso tra 8σ sono compresi il 99,994% dei pezzi dell'intero lotto.

Essendo molto prossimi al 100% dell'intera popolazione è possibile sostenere che la curva abbia una larghezza pari 8σ (in realtà la curva tende a 0 all'infinito), ovvero che in 8σ siano compresi tutte le misure effettuabili.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

La formula sopra rappresentata serve per il calcolo di σ (detto anche **deviazione standard**) che rappresenti la distribuzione dell'intera popolazione di pezzi.

Se si vuole calcolare la distribuzione dei soli pezzi misurati, il divisore sotto radice $n-1$ deve essere sostituito da n (numero pezzi campione).
Nella formula, per X_i si intendono le misure effettuate.

Capacità di Processo

La curva di Gauss sarà tanto più larga quanto sono distribuite le misurazioni effettuate. In ultima analisi si può affermare che la larghezza della curva esprime quanto la macchina o il processo produttivo sia impreciso.

Per definire in modo più chiaro la precisione della macchina è necessario eseguire delle misurazioni, almeno 50, su pezzi che vengono prodotti di seguito.

Calcolata la media e la deviazione standard, avendo nota la posizione della curva è possibile verificare se questa sia più o meno larga del campo di tolleranza. Il rapporto tra Campo di Tolleranza e Larghezza della Curva si definisce **capacità macchina C_m** : se il risultato è ≥ 1 possiamo dire che la nostra macchina ha la possibilità teorica di produrre pezzi conformi.

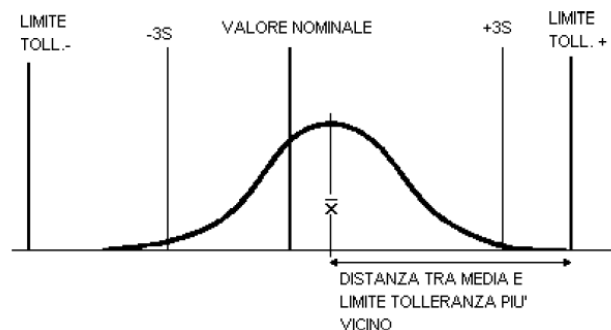
Se i pezzi misurati sono stati scelti in modo casuale avremo una distribuzione che potrà essere influenzata da varie cause, per esempio successive tarature compiute sulla macchina. In questo caso **C_m** si esprime con **C_p , capacità di processo**.

Durante le attività produttive, per tener conto di ogni possibile variabile, si utilizza un più rigoroso calcolo di **capacità di processo**, definito **C_{pk}** .

Presi almeno 50 pezzi casualmente e disegnata con il solito metodo la curva di Gauss, si calcola quale distanza vi sia tra la media delle misurazione effettuate e la tolleranza più prossima, ed il risultato sarà diviso per 3 o 4 σ .

Si noterà che C_{pk} potrà essere $\leq C_m$ ma mai maggiore.

Normalmente con risultati di $C_{pk} > 0 = 1,3$ si ha una buona precisione del processo.



$$C_m = \frac{\text{campo di tolleranza}}{6S}$$

$$C_{pk} = \frac{\text{distanza tra } \bar{X} \text{ e limite di tolleranza pi\`u vicino}}{3S}$$

I valori di Cpk accettabili ed il numero di σ da utilizzare nel calcolo possono variare in funzione dei risultati da ottenere o delle specifiche del cliente.

Utilizzo del Software

Il sistema proposto permette di calcolare CM e CPk e di disegnare la curva di Gauss in un report di Access. L'utilizzo è molto semplice.

In una maschera Gestione Prove devono essere inseriti dati del prodotto e le misure effettuate:

The screenshot shows the SPC software interface. It includes fields for Protocollo (1), Data (04/03/2006), Articolo (7177636), Manicotto scorrevole, Cliente, Test (Lunghezza), Campione (Casuale), and N° sigma +/- (3). A table of measured values (Valori rilevati) is shown with columns for N° and Valore. The table contains 8 rows of data, with a total sum of 1.759,00000 and a mean of 175,90000. Additional fields include Valore nominale (180,0000), tolleranza + (1,0000), tolleranza - (1,0000), unità di misura (mm), Note, and Operatore (Cristiani Cristiano). A 'Crea Grafico' button is also visible.

N°	Valore
1	165,00000
2	183,00000
3	178,00000
4	178,00000
5	174,00000
6	168,00000
7	180,00000
8	179,00000
Somma 1.759,00000	
Media 175,90000	

CAMPI	EVENTUALI NOTE
Data	Indicare la data in cui è stato fatto il calcolo
Articolo	Può essere inserito l'articolo (se ha già un codice definito) che riguarda il progetto. Se l'articolo non è presente nella tabella ARTICOLI si apre una maschera che chiede se inserirlo. Una volta inserito l'articolo sarà disponibile per altri usi
Cliente	Deve essere inserito il cliente per cui si effettua il progetto. Se il cliente non è presente nella tabella CLIENTI_ARCHIVIO si apre una maschera che chiede se inserirlo. Una volta inserito il cliente sarà disponibile per altri usi

Test Deve essere inserita la descrizione della prova a cui è assoggettato l'articolo. Se la prova non è presente nella tabella **PROVE** si apre una maschera che chiede se inserirla. Una volta inserita la prova sarà disponibile per altri usi

Campione Indicare se i pezzi da misurare sono stati selezionati casualmente o sequenzialmente

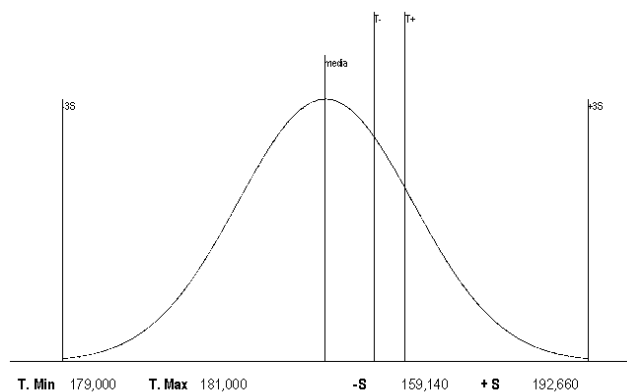
N° sigma +/-	Indicare come calcolare la larghezza della curva. Variando i valori cambieranno i risultati ottenuti.
--------------	---

Inserire le misurazioni effettuate e cliccare su **CREA GRAFICO** per la creazione del report con il diagramma.

ISI s.r.l. via Paletta 2, 28100 Novara
Tel. 0321 613555 www.sviluppoisi.com info@sviluppoisi.com

Distribuzione Normale

Media	175,900000	Cm	0,059668	Max	183,000
Dev. Std.	5,586691	CpK	0,000000	Min	165,000



Nell'esempio sopra riportato (si è utilizzato $\pm 6 \sigma$) risulta evidente come la curva sia molto più larga del campo di tolleranza e quindi molti pezzi probabilmente saranno non conformi.

Essendo un calcolo statistico parleremo sempre di probabilità.

Possibili sviluppi del software

Nel software proposto è possibile inserire svariate funzioni supplementari. Per studiare meglio il caso non sono state utilizzate funzioni intrinseche in Access ma tutti i valori (media, σ e capacità di processo) sono stati calcolati con formule in VBA.

I presupposti per effettuare le modifiche sono la conoscenza del codice VBA e della statistica.

È possibile e molto utile inserire:

- miglioramenti alla grafica inserendo scale graduate e valori di riferimento.
- disegno degli istogrammi che rappresentano la distribuzione delle misure effettuate (sono utili per verificare visivamente la normalità della distribuzione).
- calcolo dell'area della curva (calcolo integrale con equazione esatta della curva: per disegnare il grafico l'equazione è stata modificata) per determinare di quanto sia fuori dal campo di tolleranza. Se l'area della curva rappresenta il 100% dei prodotti, l'area fuori dalla tolleranza rappresenta i pezzi non conformi; facendone il rapporto si ottiene la percentuale di pezzi difettosi.