Guida ai principi del controllo statistico di processo

SPC

Mitutoyo

Precisione ABSoluta

Mitutoyo

La statistica
può essere divertente!

Questo opuscolo illustra in modo semplice e divertente i principi del controllo statistico di processo (SPC).

Ci auguriamo che, leggendo questo opuscolo, riusciate a farvi un'idea del modo in cui il sistema SPC può esservi utile nei vostri processi di produzione, migliorando costantemente la qualità dei vostri prodotti.

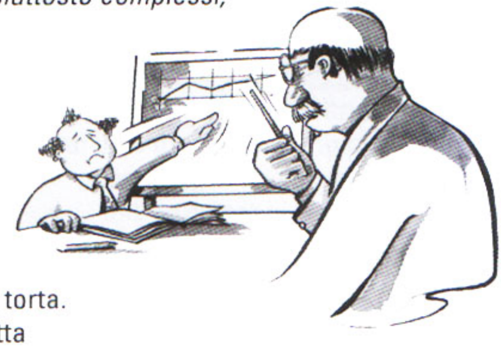
Mitutoyo produce una vasta gamma di prodotti SPC: strumenti di misura con uscita dati, interfacce, sistemi di rete, software, molti accessori e periferiche.

Per ulteriori informazioni, potete rivolgervi:
al nostro ufficio vendite
ai numeri 0293578210-211-217-223;
al nostro Ufficio Tecnico
ai numeri 02-93578224/229
o richiedere il nostro catalogo
a mezzo fax: 029373290-380.

PRINCIPI DI STATISTICA
E METODI DI CONTROLLO STATISTICO

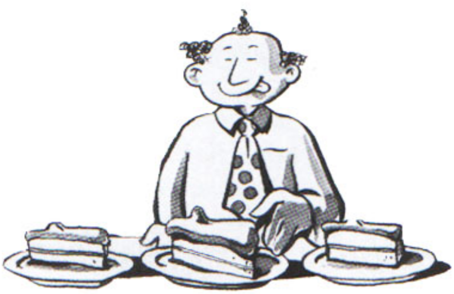
Il più grosso ostacolo all'utilizzo dei moderni metodi di controllo qualità è l'idea, sbagliata, che questi sono troppo difficili da comprendere per la persona comune.

Effettivamente, la TEORIA su cui si basa il moderno Controllo Qualità richiede l'utilizzo di principi di matematica piuttosto complessi;

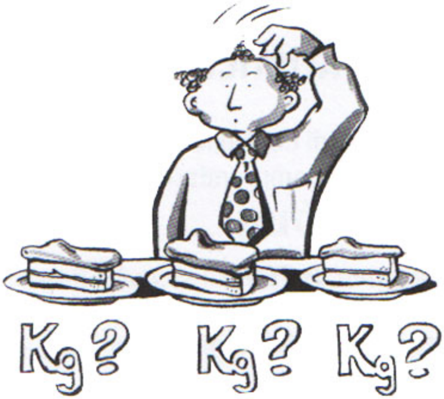


ma: non è necessario essere un matematico cervellone per utilizzare questi metodi moderni né per comprenderli.

Cominciamo col prendere una fetta di torta.
Ah! Ah! Lo sapevo. Vi siete presi la fetta più grossa! Ma per me va bene.
Significa che avete capito i principi base della statistica



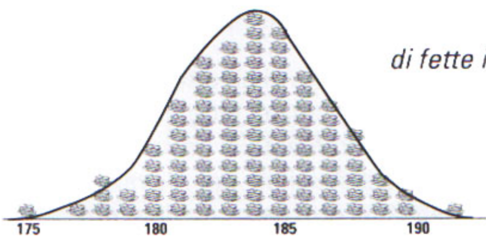
Anche all'interno di un ottimo prodotto esiste una variabilità intrinseca, basta avere uno strumento di misurazione abbastanza sensibile per rilevarla.
Ad esempio: non esistono due fette di torta, due impronte digitali, due diamanti o due fiori perfettamente identici.
Anche due impronte digitali che si assomigliano, se osservate al microscopio, appaiono molto differenti.
Queste differenze vengono definite variazioni.



Ma, aspettate un minuto! Come fate a sapere che quella è la fetta più grande? Forse, osservandole, siete in grado di classificarle come fette grandi o fette piccole.
Ma scommetto che non siete capaci di ordinarle tutte in ordine di grandezza!

Torniamocene in cucina lontano dalla curiosità dei clienti e pesiamo cento fette di torta. Ecco qui una bilancia chimica in grado di pesare ogni fetta con una precisione al grammo.
Voi le pesate e io registro i dati su questo grafico.

E adesso osserviamo il risultato:



Ovviamente, avevate ragione nell'affermare che c'erano fette GRANDI e fette PICCOLE.
Ma vi rendete conto che il numero di fette in ogni intervallo di grammi varia dalla fetta più piccola alla fetta più grande secondo uno schema quasi regolare e simmetrico?
In pratica, ho tracciato una curva regolare e ho creato un'area che corrisponde quasi perfettamente a questa particolare DISTRIBUZIONE.

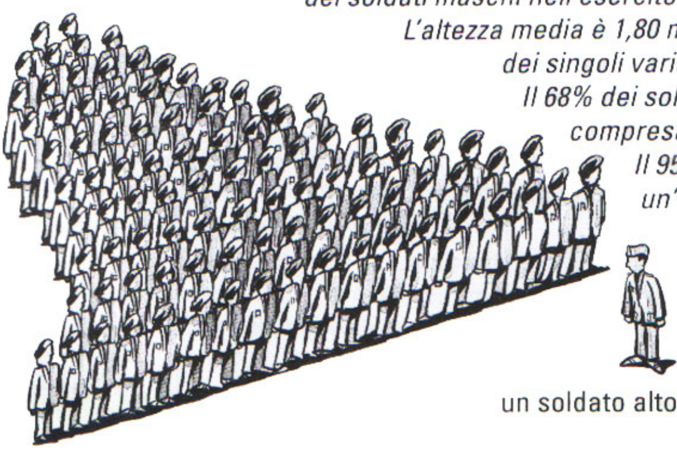
Che cosa succederebbe se decidessimo di misurare un altro lotto (gruppo di pezzi) composto da cento oggetti?
Otterremmo uno schema molto simile con qualsiasi gruppo di oggetti.

Si tratta di uno schema che si ripete all'infinito, non solo con le fette di torta, ma nella maggior parte degli articoli di produzione, e persino in natura.

Potrei mostrarvi centinaia di schemi come questo.
Le misurazioni potrebbero essere in volt o ampere, pollici o millimetri, ore o secondi.
Potrebbero comprendere ogni genere di oggetti e calcoli.
Ne risulterebbe sempre una variabilità intrinseca, purché si abbia a disposizione uno strumento di misurazione abbastanza sensibile per rilevarla.
Di norma queste variazioni seguono sempre lo stesso schema a forma di campana.

QUESTA CURVA VIENE CHIAMATA "CURVA NORMALE O A CAMPANA".

Un esempio significativo: l'altezza dei soldati maschi nell'esercito americano.
L'altezza media è 1,80 metri, ma l'altezza dei singoli varia da 1,59 a 2,01 metri.
Il 68% dei soldati ha un'altezza compresa tra 1,73 e 1,8 metri.
Il 95% ha invece un'altezza compresa tra 1,66 e 1,94 metri.



Raramente vi capiterà di incontrare un soldato alto più di 2,01 metri.

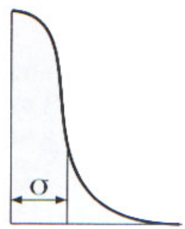
Pensate che abbia ricavato queste cifre da una tabella?

Beh, non esattamente. Ecco la tabella che ho usato. Come potete vedere, mi dice solo due cose su ciascuna misurazione.

PROPORZIONI UMANE				
	UOMINI		DONN	
Altezza	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	
In piedi	1.8	0.07	1.6	0.
Seduti	0.9	0.03	0.66	0.

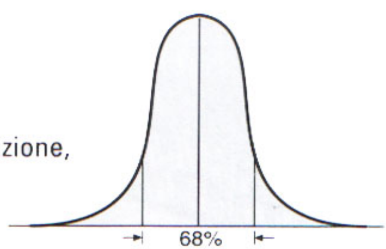
Il segno $\bar{x}$ (si legge "Ex bar") indica che l'altezza media è 1,8 metri. Questo valore rappresenta il centro della curva, dove abbiamo la più alta percentuale di uomini.

Il simbolo σ è la lettera greca SIGMA. Rappresenta ciò che definiamo deviazione standard. Se vogliamo spingerci nel tecnico, è la distanza dal centro dove la curva smette di scendere verso il basso e comincia a piegarsi verso l'esterno. Con alcune particolari nozioni di matematica, potrei usare il simbolo $\bar{x}$ e σ nella formula della curva normale e calcolare il numero di uomini compresi tra due altezze scelte da voi a piacere



Per la maggior parte dei nostri obiettivi, tuttavia, ci interessano solo i punti a una o a due/tre deviazioni standard, misurate dal centro. Se cosideriamo una deviazione standard su ciascun lato dal centro di questa curva, il 68% dell'area si troverà tra le linee tracciate attraverso questi punti.

La tabella indica che la deviazione standard dell'altezza degli uomini è pari a 0,07 metri, quindi tramite una semplice sottrazione e addizione, si saprà che il 68% degli uomini ha un'altezza compresa tra 1,73 e 1,87 metri.



$1.8 + 0.07 = 1.87$

$1.8 - 0.07 = 1.73$

Due deviazioni standard corrisponderebbero a 0,14 metri; quindi il 95% degli uomini avrebbe un'altezza compresa tra 1,66 e 1,94 metri.
Tre deviazioni standard corrispondono a 0,21 metri.

$$\begin{array}{r} \sigma = 0.07 \\ \times 2 \\ \hline 0.14 \end{array}$$

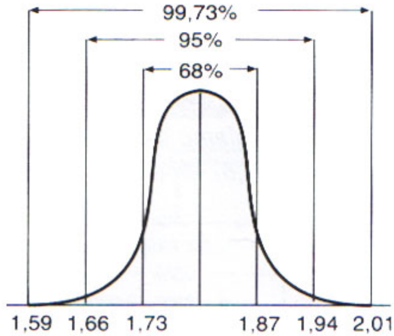
$$1.8 - 0.14 = 1.66$$
$$1.8 + 0.14 = 1.94$$

Il 99,73% dell'area della curva normale è compresa tra - 3 Sigma e +3 Sigma, quindi possiamo affermare che praticamente tutti gli uomini avranno un'altezza compresa tra 1,59 metri e 2,01 metri.

$$\begin{array}{r} \sigma = 0.07 \\ \times 3 \\ \hline 0.21 \end{array}$$

$$1.8 - 0.21 = 1.59$$
$$1.8 + 0.21 = 2.01$$

Ovviamente, ci sono alcuni uomini più alti di 2,01 metri, ma ammontano a solo tredici su diecimila. La stessa proporzione vale per gli uomini più bassi di 1,59 metri.

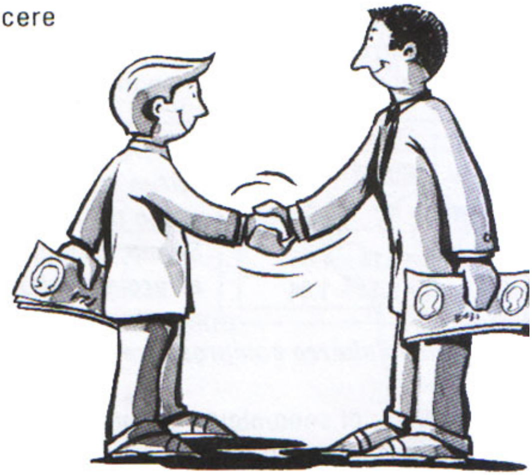


Vi chiederete ora cosa ha a che fare tutto questo con la fabbricazione di dadi e bulloni, con le trasmissioni di alta qualità, e con le compresse di aspirina, a parte il fatto che vi sto facendo venire il mal di testa?!
NON SIATE IMPAZIENTI! SIETE ANCORA A SCUOLA, E CI RIMARRETE FINO A QUANDO NON AVRETE IMPARATO QUALCOSA SULLA PROBABILITÀ'.

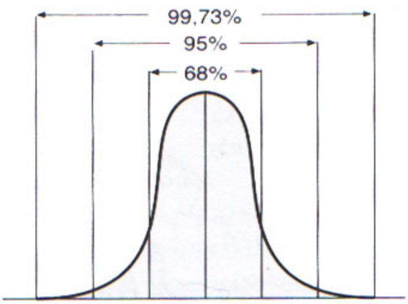
Supponiamo di potere scendere in strada
e misurare l'altezza di ogni soldato
che entra in questo edificio.
Quanto scommettiamo che sarà
alto esattamente 1,8 metri?

SI TRATTA DELLA MEDIA, OVVIAMENTE

Ma certo! Le mie probabilità di vincere sarebbero piuttosto buone. Ovviamente, potrebbe essere alto da 1,59 a 2,01 metri. E suppongo che cerchereste di incassare la scommessa se variasse dalla media anche di un solo millimetro!



Ma supponiamo che io scommettessi che il soldato ha un'altezza compresa tra 1,73 e 1,87 metri. In che modo calcolereste il pronostico?

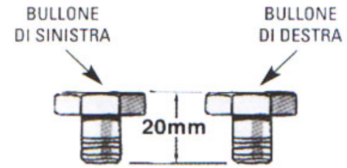


Vi ho già dato la risposta. Il 68% dei soldati ha un'altezza compresa tra 1,73 e 1,87 metri. Quindi, ci sono sessantotto possibilità su 100 che il soldato successivo abbia un' altezza compresa tra questi limiti. Il mio pronostico è di sessantotto a trentadue, o di due a uno.

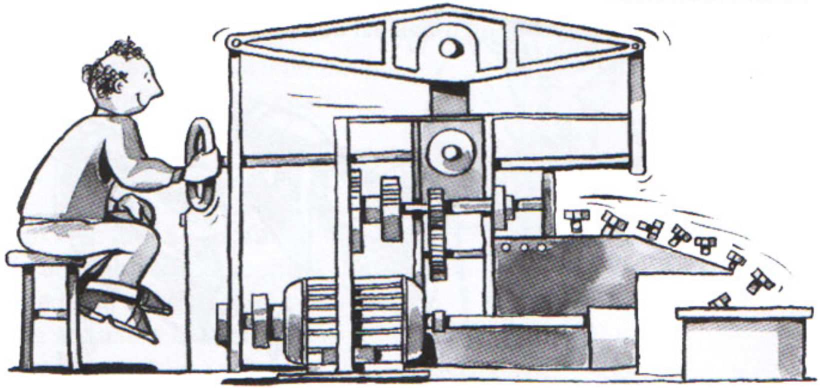
Il 95% di tutti i soldati ha un'altezza compresa tra 1,66 e 1,94 metri, quindi le probabilità che l'uomo successivo non sia né più basso di 1,63 né più alto di 1,94 metri sono pari a novantacinque a cinque o a diciannove a uno.

Ci sono solo 2,5 probabilità su cento che sia più alto di 1,94 metri e 13,5 probabilità su diecimila o una su 740 che sia più alto di 2,01 metri.

Ma torniamo al lavoro. Vogliamo tagliare una serie di bulloni, lunghi esattamente 20 millimetri.



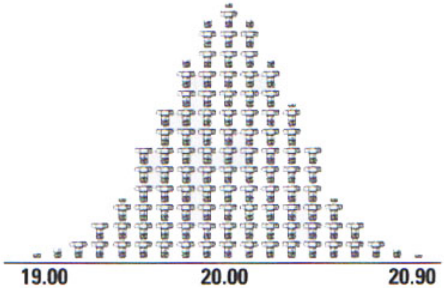
Ecco una macchina speciale per il taglio dei bulloni.



IL PICCOLO GRANDE TAGLIATORE DI BULLONI

Ecco qui la partita di 500 bulloni che abbiamo fabbricato ieri. Siamo nella stagione morta per i bulloni, quindi dato che non abbiamo niente di meglio da fare, abbiamo misurato la partita con un micrometro. Ecco quello che abbiamo scoperto:

DISTRIBUZIONE DI FREQUENZA



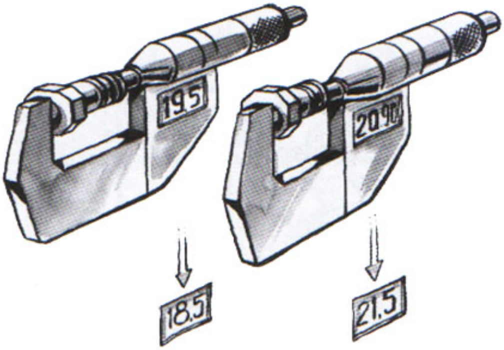
Come potete vedere, i bulloni variano in base allo stesso schema di forma a campana che abbiamo osservato nelle fette di torta e nelle altezze dei soldati.

La media è 20 millimetri, ma singolarmente, i pezzi variano da 19,10 mm a 20,90 mm.

Ai vostri clienti questo sta bene. Le loro specifiche richiedono una media di 20 mm con una tolleranza di più o meno 1,5 mm.

Questo significa che accetteranno qualsiasi cosa tra 18,5 e 21,5 mm. Questi valori sono definiti Limiti.

Il nostro problema è mantenere la macchina da taglio al centro di 20 mm, e non permettere che i singoli pezzi varino molto di più di quanto abbiano fatto in questa partita.



Tutti questi bulloni sono stati fatti in una sola volta, dalla stessa macchina, dallo stesso operatore e dalla stessa partita di materiale; quindi posso essere ragionevolmente sicuro che lo schema della loro variazione corrisponderà quasi perfettamente alla solita curva normale.

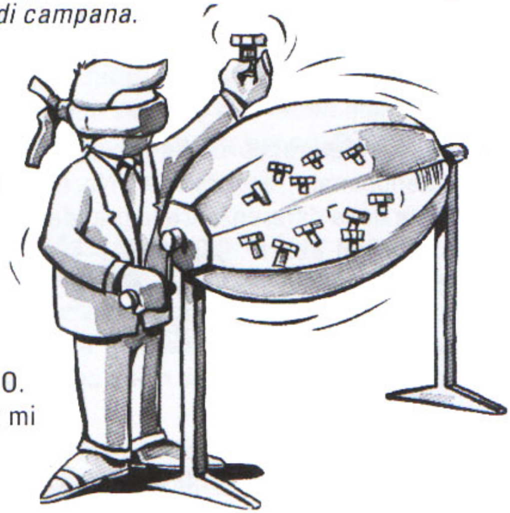
Saprò inoltre che le Maggiori Variazioni Singole saranno piuttosto vicine a Deviazioni Standard meno tre e più tre.
Vale a dire una gamma di sei Deviazioni Standard.

La differenza tra il pezzo più lungo da 20,9 mm e il pezzo più corto da 19,10 mm è 1,80 mm.

Un sesto di 1,80 mm è 0,3 mm
quindi..

la Deviazione Standard è 0,3 mm

*Ma questo è il sistema più difficile. Non dovete aspettare la bassa stagione per misurare **500** pezzi dei vostri bulloni. Vi ho voluto solo dare un'altra dimostrazione della variazione in ogni misurazione che di norma segue lo stesso schema normale a forma di campana.*



Prendete un campione di bulloni dal vostro secchio.
Di solito per campione si intendono più pezzi, quindi in questo caso prendete 5 bulloni.

No, no! Non tutti da sopra!
Voglio un campione raccolto A CASO.
Frugate bene nel mucchio, così non mi potrete accusare di imbrogliare.

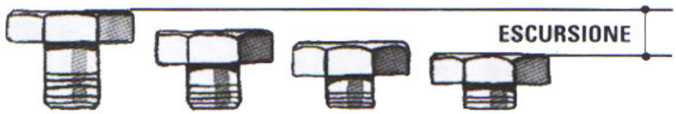
OK! Mentre io misuro questi cinque pezzi, scegliete altri quattro Campioni allo stesso modo. Ora vediamo come è andata.

	Campione 1	**Campione 2**	**Campione 3**	**Campione 4**	**Campione 5**	
	20,16	20,25	20,02*	19,73	20,33	
	20,27*	19,63**	19,88	20,46*	20,03	
	19,94	20,15	19,99	19,41**	20,37*	
	19,54**	20,59*	19,96	20,01	19,68**	**Media**
	19,85	19,90	19,78*	20,09	20,13	**Generale**
Media	19,95	20,10	19,93	19,94	20,11	20,01
Escursione	0,73	0,96	0,24	1,05	0,69	0,734

* = Pezzo più grande del campione.
** = Pezzo più piccolo del campione.

Queste cinque medie campione variano leggermente dalla media della partita di 20 mm, ma la media totale è 20,01 mm. Non sempre otterremo un valore così prossimo alla effettiva media dei cinque campioni; ma se disponiamo di un numero sufficiente di campioni, diciamo 20 o 25, la media di un numero di campioni rappresenterà una stima molto buona della media effettiva della partita.

Bene, vi sarete accorti che ho inserito un'altra cifra per ciascun campione. L'ho denominata "escursione". No, non quella che si fa in montagna! Si tratta della differenza tra la grandezza del pezzo più grande e quella del pezzo più piccolo di ciascun campione.



Anche le cifre dell'escursione variano nei vari campioni.
L'escursione media è 0,734 mm.

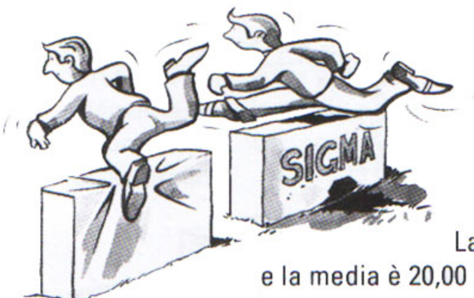
Nella vostra partita di 500 bulloni, abbiamo diviso l'escursione per sei per ottenere la deviazione standard, ma non possiamo fare lo stesso nel campione di soli cinque gadget. Nella partita grande, avevamo 500 possibilità di ottenere alcuni dei valori estremi.

Nel campione di cinque, la probabilità di ottenere questi valori estremi è molto minore; quindi nel caso di campioni piccoli, il divisore deve essere molto più piccolo.

Questo divisore è chiamato fattore d_2 (d-due) e può essere calcolato per qualsiasi tipo di campione grazie a una tabella molto familiare a qualsiasi tecnico del controllo qualità.

Per i campioni composti da 5 elementi, il fattore d_2 è 2,326. Dividendo l'escursione media, 0,734, per 2,326 otteniamo una deviazione standard di 0,316, che non differisce molto dal valore di 0,3 che abbiamo ottenuto misurando 500 pezzi.

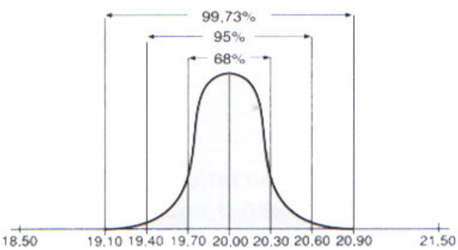
Si tratta di una buona dimostrazione del fatto che, partendo da un numero relativamente ridotto di campioni, possiamo valutare due fattori molto importanti relativi alla distribuzione delle misurazioni di qualsiasi prodotto: la media ($\overline{x}$)e la deviazione standard (σ).



Ma cerchiamo di fare credere alla gente di essere più intelligenti di quello che siamo. Invece di inciampare sulla parola "deviazione standard", la chiameremo con il suo nome greco "SIGMA".

La sigma dei nostri gadget è 0,3 mm e la media è 20,00 mm. Conoscendo questi due valori, possiamo ora mettere alcune percentuali sulla curva di distribuzione, vale a dire la nostra vecchia amica: la curva normale.

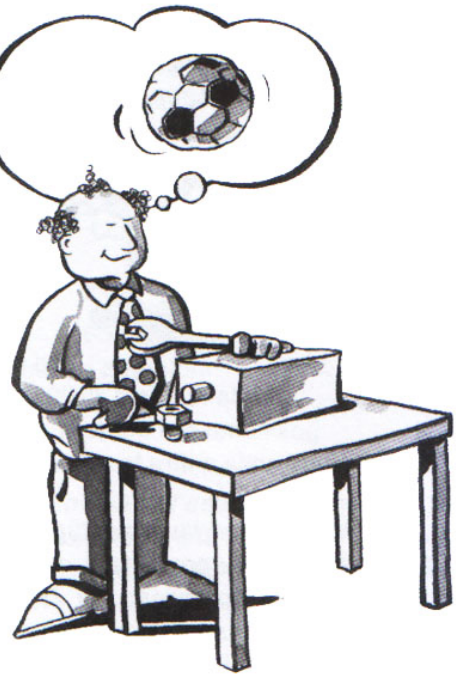
Se facciamo un buon lavoro di taglio dei bulloni alla media specificata di 20,00 mm, il 68% sarà compreso tra 19,70 e 20,30 mm. Il 95% sarà compreso tra meno 2 sigma e più 2 sigma; o tra 19,40 mm e 20,60 mm.



Il 99,73% dovrebbe essere compreso tra meno 3 sigma e più 3 sigma o tra 19,10 mm e 20,90 mm.

$\overline{x} + 1\sigma$	$\overline{x} + 2\sigma$	$\overline{x} + 3\sigma$
(20.00 + 0.3 = 20.30)	(20.00 + 0.6 = 20.60)	(20.00 + 0.9 = 20.90)
(20.00 - 0.3 = 19.70)	(20.00 - 0.6 = 19.40)	(20.00 - 0.9 = 19.10)
68%	95%	99.73%

Anche se succedesse qualcosa di strano che provocasse la realizzazione di un bullone più piccolo di 19,10 mm o più lungo di 20,90 mm, purché tutte le mie macchine di taglio per bulloni siano regolate correttamente per una media di 20,00 mm, le probabilità di scegliere A CASO un pezzo che superi questi limiti sono di 3 su 997.



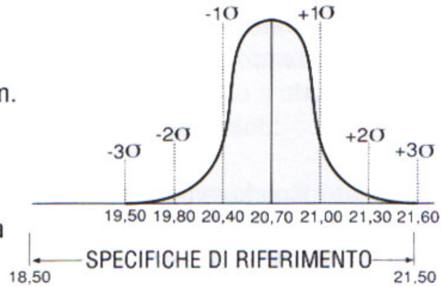
Ma tutti noi sappiamo che le macchine, i materiali e gli operatori non sempre fanno quello che dovrebbero.

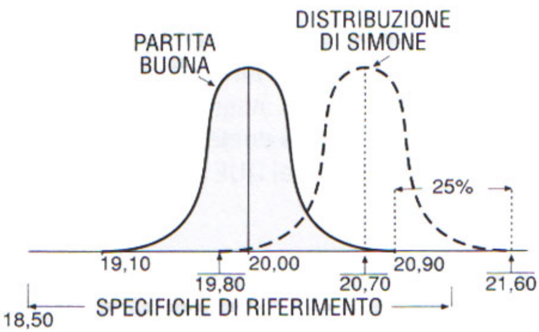
Prendiamo ad esempio Simone Rossi, addetto alla macchina numero 2. Domenica ci sarà il grande incontro di calcio nel derby della sua squadra del cuore. Non riesce proprio a concentrarsi sul suo lavoro. Ieri la sua macchina era regolata in modo sbagliato di circa 7/10 di millimetro.

Come abbiamo fatto a scoprirlo? Beh, non si scoprono differenze di 7/10 di millimetro osservando le misure di pochi bulloni singoli.

Supponiamo che la media fosse di 20,70 mm. Lo schema della variazione delle misure singole rispetto al centro pari a 20,70 mm era analoga a quello di ogni altra partita buona, eccetto per il fatto che la curva a campana era spostata di più 0,70 mm.

La sigma era sempre la stessa, 0,3 mm. I tre limiti sigma di questa distribuzione erano ora passati a 19,80 mm e 21,60 mm. Il limite sigma inferiore è ancora all'interno delle specifiche del cliente pari a 18,50 mm, ma il limite sigma superiore supera di 0,10 mm la specifica pari a 21,50. Il cliente probabilmente si lamenterà della media più alta e se Simone lascia la macchina così com'è, circa lo 0,49% dei bulloni prodotti verrà respinto.





Abbiamo già visto che una partita buona può variare da 19,10 mm a 20,90 mm. Il 25% dei gadget realizzati da Simone superava il limite di 20,90 mm.

(Per calcolarlo con precisione, dovreste utilizzare una tabella statistica, quindi dovrete credermi sulla parola)

Se prendessimo pezzi singoli provenienti dalla macchina di Simone, ci sarebbero 25 possibilità su 100 o 1 su 4 di trovare un pezzo più grande di 20,90 mm.

Anche se fossimo abbastanza fortunati e trovassimo uno di questi pezzi più lunghi, Simone sicuramente protesterebbe che si tratta di un caso fortuito, non volendo far sapere la sua distrazione per la partita di calcio.

Ma noi abbiamo dimostrato la nostra teoria illustrandogli la sua carta di controllo.

Che cosa? Non sapete che cos'è una carta di controllo? Allora torniamo nell'esercito!

Come ricorderete, ero disposto a scommettere 740 a 1 che il soldato successivo che fosse entrato dalla porta non sarebbe stato più alto di 2,01 metri. Stavo solo scommettendo che non avrebbe superato il limite 3 sigma.

Cambiamo la nostra scommessa alla media dei DUE soldati seguenti.

Non avete mai notato che solitamente una persona particolarmente alta ha al suo fianco un compagno piuttosto basso? E' ragionevole scommettere che la media dei due sarà più prossima alla media totale di 1,80 metri che all'altezza limite di 2,01 metri.

Per la stessa probabilità di 740 a 1 dovrei utilizzare limiti 3 sigma più ridotti.

Se scommettessi sulla media dei prossimi quattro soldati, sarei costretto a utilizzare limiti ancora più ridotti.

Vediamo in che modo questi limiti si riducono in relazione al numero dei soldati.

I limiti della media di due soldati sarebbero pari a circa 2/3 dei limiti per i singoli. Per la media di quattro soldati, i limiti sarebbero pari alla metà dei limiti per i singoli; e per la media di dieci soldati, i limiti sarebbero pari a circa 1/3 dei limiti dei singoli.

Come sono arrivato a queste cifre? Elementare!
Non solo le misure dei singoli variano nello schema a forma di campana della curva normale, ma le medie dei campioni variano con lo stesso schema, intorno allo stesso centro.

Comunque, la deviazione standard delle medie dei campioni è la sigma dei singoli, divisa per la radice quadrata della dimensione del campione.

Mitutoyo

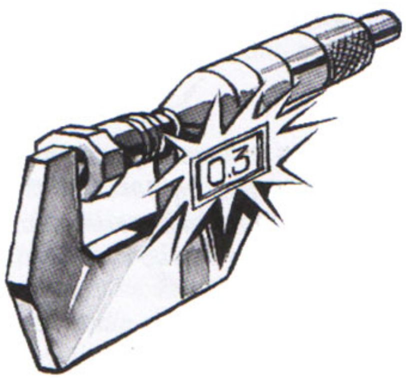
Nel caso dei nostri soldati, la sigma delle altezze singole è pari a 0,07 metri. Per ciascun campione dividiamo 0,07 metri per la radice quadrata della dimensione dello stesso.

Vi siete dimenticati come si calcolano le radici quadrate? Anch'io. Quindi guardiamole in una tabella.

Dimensione del campione	Radice quadrata della dimensione del campione	0,07 diviso per la radice quadrata	3 volte sigma delle medie	**Limiti tre sigma** Minore ($1,8-3\sigma$)	Maggiore ($1,8+3\sigma$)
2	1.414	0,050	0,150	1,65	1,95
4	2.000	0,035	0,105	1,70	1,91
5	2.236	0,031	0,093	1,71	1,89
10	3.162	0,022	0,066	1,73	1,87

Bene, ora applichiamo questo principio per misurare i bulloni prodotti dalla macchina di Simone Rossi:

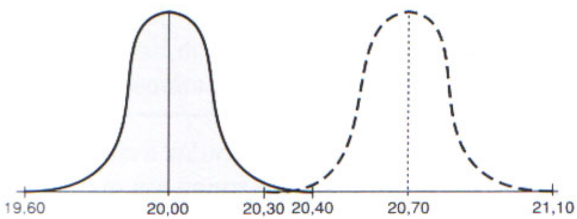
Abbiamo preso campioni di cinque bulloni dalla sua macchina ogni quindici minuti e li abbiamo misurati con estrema precisione tramite un micrometro.



Abbiamo stabilito che la deviazione standard di queste misurazioni è 0,3 mm.

Dividendo questo valore per la radice quadrata di cinque (2,236), otteniamo una deviazione standard di 0,134 mm per la media di cinque bulloni.
Tre deviazioni standard risultano pari a 0,402 mm.

Se la macchina di Simone fosse impostata correttamente, a un valore medio di 20,00 mm, le medie dei cinque non dovrebbero variare più di 0,4 mm sopra e sotto questo centro; o tra 19,60 mm e 20,40 mm.



Purché le nostre medie dei campioni varino all'interno di questi limiti, possiamo ragionevolmente pensare che la media effettiva di questa macchina sia vicina alla media specificata di 20,00 mm. Con una probabilità di 740 a 1 non ci saranno medie dei campioni superiori a 20,40 mm.

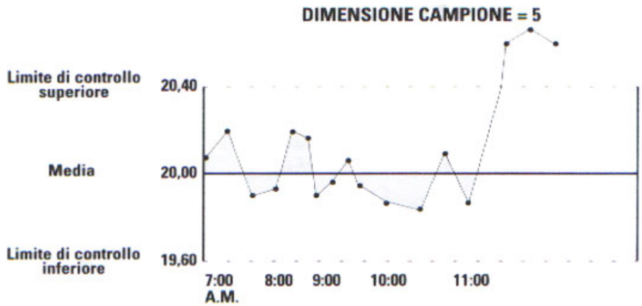
Ma se la macchina di Simone è impostata a 20,70 mm, la media dei campioni di cinque pezzi varierà di 0,4 mm su entrambi i lati di questo centro superiore. Ora ci sono 98 probabilità su 100 che una media dei campioni sia superiore a 20,40 mm.

Ovviamente, c'è ancora una piccola possibilità che la media dei campioni sia AL DI SOTTO DI 20,40 mm, ma con queste probabilità a nostro favore, siamo praticamente certi di ottenere una media alta nel primo campione

BENE, E' ESAT
ALLA MACCHIN/
I cinesi hanno ur

La carta di controllo è la rappresentazione di tutto quello che abbiamo detto nelle ultime pagine.

CARTA DI CONTROLLO $\bar{x}$ DEI BULLONI



La linea centrale ci dice che i bulloni dovrebbero avere in media una dimensione di 20,00 mm. Le linee tratteggiate superiori e inferiori ci dicono che se questa specifica è rispettata, la media dei campioni eseguita su cinque elementi non dovrebbe essere né inferiore a 19,60 mm né superiore a 20,40 mm.

Dalle ore 7 del mattino fino alle ore 11.00, le medie campione hanno oscillato tra questi limiti in base a uno schema che avevamo previsto.

Alle 11 in punto, lo strumento di taglio si è rotto, e Simone ne ha installato uno nuovo. Simone stava pensando a come sarebbe andata la partita e si è dimenticato di controllare attentamente l'impostazione.

La nuova impostazione era in effetti fissata a 20,70 mm.

Alle 11 in punto, Mario Bianchi, il supervisore della qualità, ha controllato cinque bulloni prodotti dalla macchina di Simone. La media appariva abbastanza alta; in effetti era al limite di controllo superiore, ma Mario, dopo averla segnata sul diagramma, ha lasciato correre.

Alle undici e quindici Mario ha controllato un altro campione.
Era oltre il limite superiore; Mario sa che le probabilità che questo succeda con due campioni successivi senza che ci sia qualcosa che non va nel macchinario sono molto remote.

Quindi, ha deciso di non aspettare altri quindici minuti. Ha raccolto un altro campione immediatamente e, pensate un po', era sopra il limite 3 sigma.

Tanto per essere sicuri, ne ha preso un altro.
Anche questo era sopra il limite di 20,40.

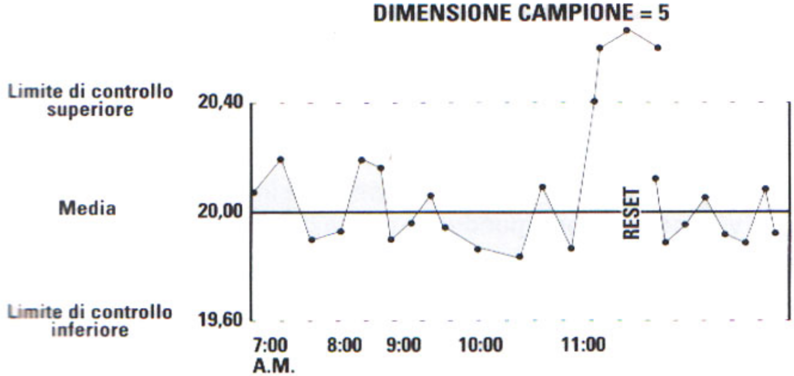
Davanti ai cinque campioni, e in particolare agli ultimi tre, anche Simone si è dovuto arrendere all'evidenza. Ha disattivato il macchinario e ha corretto il taglio.

Mario però ha insistito e ha preso alcuni altri campioni, giusto per essere sicuro che tutto andasse bene. Quindi è tornato a controllare i campioni ogni quindici minuti.

La carta di controllo indica che Simone è tornato a lavorare nel modo migliore.

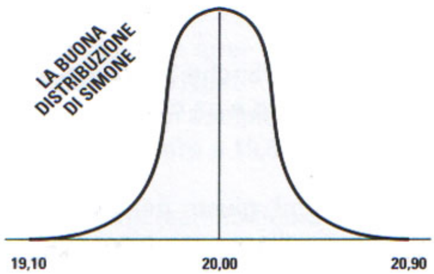
CARTA DI CONTROLLO $\overline{x}$ DEI BULLONI

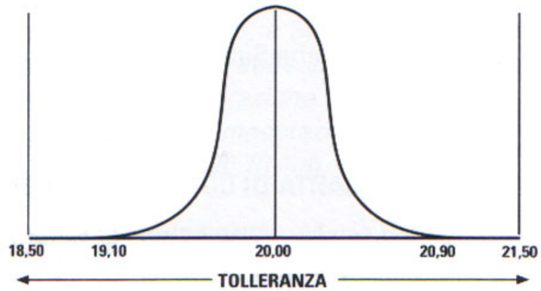
DIMENSIONE CAMPIONE = 5



La carta di controllo è uno dei modi per rilevare una modifica nel lavoro di Simone, ma non l'unico. Esaminiamone un altro. Questo metodo è persino più semplice, perché Mario Bianchi non è più obbligato a raccogliere un campione di pezzi ogni quindici minuti e calcolarne la media.

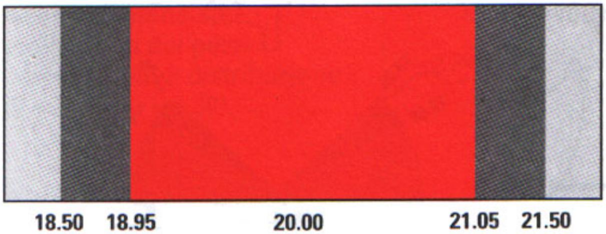
Torniamo indietro nel tempo alle sette del mattino, quando Simone stava realizzando dei pezzi con una media di 20,0 mm ... e la deviazione standard era 0,3 mm. Come ricorderete, si trattava di un valore perfetto, perché le specifiche dei nostri clienti erano di 20,0 mm., con una tolleranza di più o meno 1,5 mm. Ciò significa che avrebbero accettato qualsiasi cosa che avesse una dimensione compresa tra 18,50 e 21,50 mm.
E Simone di rado non ha realizzato una parte conforme alle specifiche.





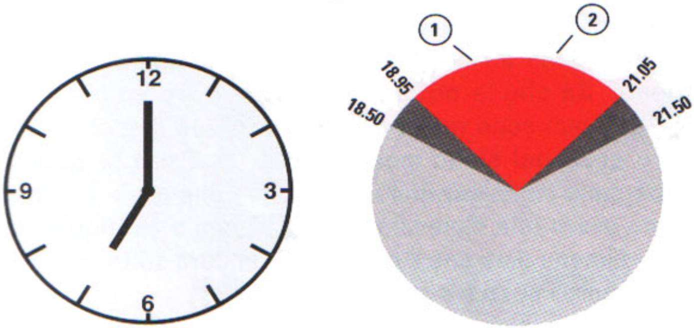
Questo metodo, chiamato "pre-controllo modificato", utilizza le zone di allarme. Queste zone vengono impostate prendendo in considerazione le capacità della macchina.
Per impostarle è sufficiente sottrarre 1,5 sigma dal limite della specifica superiore e aggiungere 1,5 sigma al limite della specifica inferiore.
Tracciate una linea verticale in corrispondenza di questi punti sulla vostra distribuzione.

1) 21,50 - 0,45 = 21,05
2) 18,50 + 0,45 = 18,95



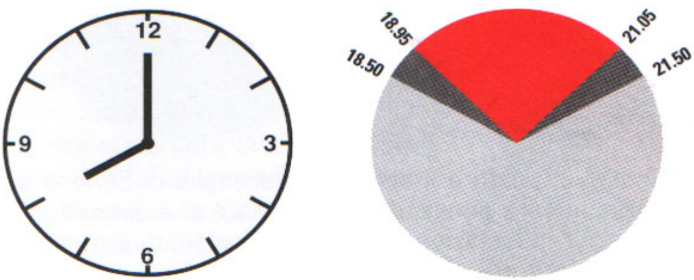
Sullo strumento di Simone le diverse zone appaiono come fette di torta. La zona corretta è colorata di arancione, le zone di allarme di grigio scuro, e la zona di rifiuto di grigio chiaro.

Ricominciamo dall'inizio la giornata di Simone e osserviamo cosa succede.



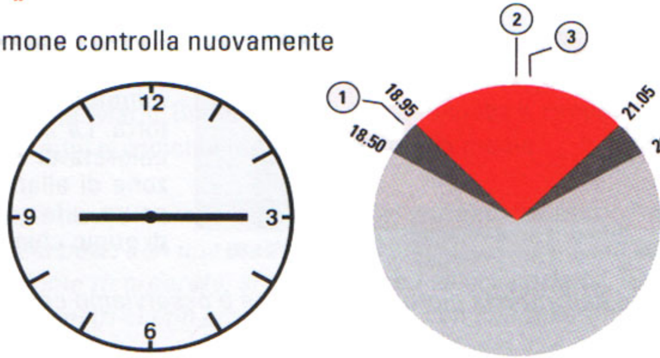
Sono le 7 del mattino e Simone ha regolato la sua macchina. Realizza due pezzi e li misura. Corrispondono a 19,50 e 20,50 mm.

Entrambi ricadono all'interno dell'area arancione del grafico che abbiamo impostato. Ma ricordate, Simone non deve annotare questi punti. Deve solamente sapere che cadono nella zona arancione. Quindi Simone inizia a realizzare i pezzi sapendo che tutto è okay.

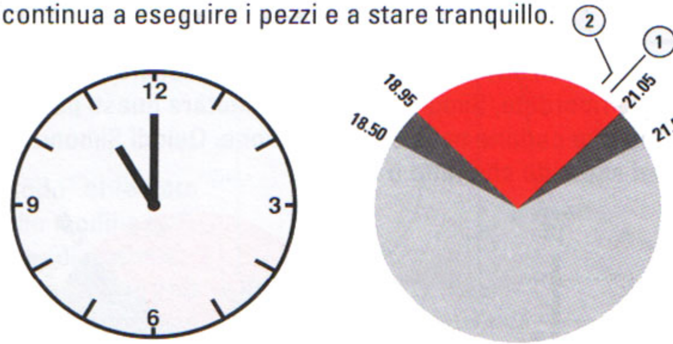


Adesso sono le 8. Ogni quindici minuti da quando ha impostato il suo dispositivo Simone ha prelevato un pezzo e l'ha misurato. Tutte le volte la misurazione ricadeva nella zona arancione, quindi Simone sapeva che il suo processo era sotto controllo. Ha continuato a controllare i pezzi con questa frequenza.

Alle 9.15 Simone controlla nuovamente un pezzo.



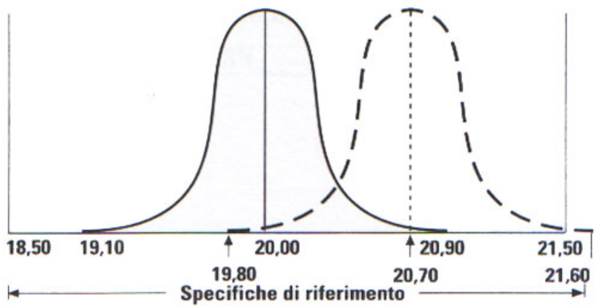
Questo misura 18,90 mm appena all'interno dell'area grigio scuro. Simone non è molto preoccupato. Sa che le probabilità di realizzare un pezzo di dimensioni inferiori a 18,95 mm sono molto ridotte, se la sua macchina ha continuato a realizzare pezzi nel solito modo ($\overline{x}$ = 20,00, T = 0,3). Quindi Simone, essendo una persona molto scrupolosa, prende i due pezzi successivi e li misura. Risultano avere una dimensione di 20,00 mm e 19,50 mm. La procedura di controllo di Simone dice che il processo è ancora sotto controllo e quindi continua a eseguire i pezzi e a stare tranquillo.



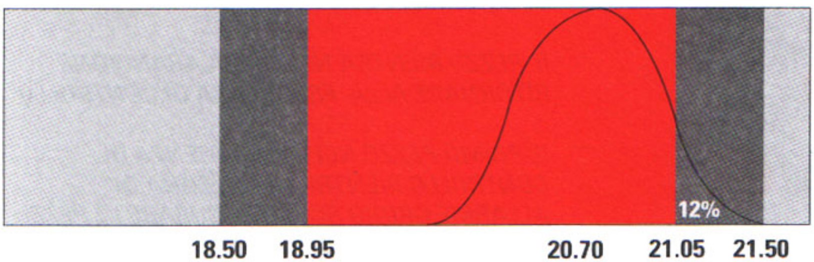
Sono ormai le undici in punto e il dispositivo di taglio di Simone si è rotto. Ricordate che stava ancora pensando alla partita e si è dimenticato di controllare attentamente l'impostazione quando ha installato il nuovo dispositivo. La nuova impostazione era effettivamente di 20,70 mm.

Simone ha misurato i primi due pezzi, che sono risultati da 20,80 e 20,70 mm. Entrambe le misure ricadevano nell'intervallo compreso tra 18,95 e 21,05 mm (l'area arancione). Bene. Simone comincia a realizzare altri pezzi, ma intanto continua a pensare alla partita.

Adesso Simone sta realizzando dei pezzi con una nuova distribuzione ($\bar{x}$ = 20,70; σ = 0,30).



Osserviamo dove ricade la nuova distribuzione di Simone.



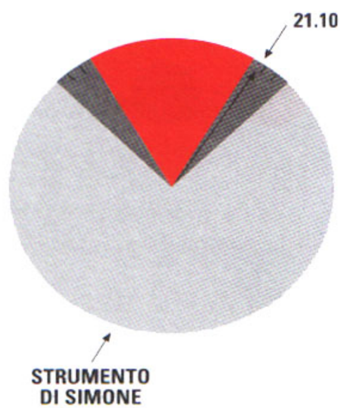
Se eseguo alcuni dei miei fantasiosi calcoli, risulta che circa il 12% dei pezzi (o 3 su 25) prodotti da Simone potrebbe ricadere fuori dall'area arancione.

E cosa pensate sia successo al controllo delle 11.15? Il pezzo misurava 20,80 mm. Simone non se n'è preoccupato. Alle 11.30 il pezzo misurava 21,10 mm. Simone ha continuato a lavorare tranquilo!

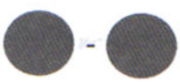
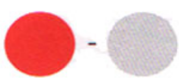
In base alle istruzioni ha misurato un altro pezzo.

Questo misurava 21,20 mm.

A Simone era stata data una procedura di controllo che lo informava che il suo processo poteva essere fuori controllo e che sarebbe stato necessario risettare la macchina. Questa volta, nel reimpostare la macchina, non si è messo a pensare al calcio. Il processo è tornato sotto controllo ($\bar{x}$ = 20,00; σ = 0,30).



E ora diamo un'occhiata alla procedura di controllo di Simone.

PROCEDURA DI CONTROLLO		
1.		*PARTIRE ALL'INIZIO DEL TURNO E DOPO OGNI RISETTAGGIO DELLA MACCHINA.* *2 PEZZI CONSECUTIVI NELL'AREA ARANCIONE* *SUCCESSIVAMENTE MISURARE UN PEZZO A INTERVALLI REGOLARI (DEFINITA FREQUENZA DI CONTROLLO).*
2.		*IL PEZZO RIENTRA NELL'AREA ARANCIONE RITORNARE ALLA FREQUENZA DI CONTROLLO*
3.		*IL PRIMO PEZZO NELLA FREQUENZA DI CONTROLLO RIENTRA NELLA ZONA DI ALLARME GRIGIO SCURO MISURARE I 2 PEZZI SUCCESSIVI. SE ENTRAMBI RIENTRANO NELLA ZONA ARANCIONE, RITORNARE ALLA FREQUENZA DI CONTROLLO.*
4.		*SIA IL PRIMO CHE IL SECONDO PEZZO RIENTRANO NELLA ZONA DI ALLARME.* *RISETTARE LA MACCHINA. RIPETERE IL PUNTO 1.*
5.		*IL PRIMO PEZZO RIENTRA NELLA ZONA ARANCIONE, IL SECONDO NELLA ZONA GRIGIO CHIARO.* *RISETTARE LA MACCHINA, SELEZIONARE IL MATERIALE. RIPETERE IL PUNTO 1.*
6.		*IL PRIMO PEZZO NELLA ZONA GRIGIO CHIARO.* *RISETTARE LA MACCHINA, SELEZIONARE IL MATERIALE, RIPETERE IL PUNTO 1.*

SINCERT

CALIBRATION LABORATORY
Mitutoyo

SIT
CENTRO DI TARATURA
N° 107

Mitutoyo
Institute of Metrology

Servizio Contratto Manutenzione
Mitutoyo

SERVIZIO RIPARAZIONI
Mitutoyo

ABSolute System

Mitutoyo
Precisione ABSoluta

MITUTOYO ITALIANA srl
20020 Lainate (MI), Corso Europa 7,
Centralino: Tel. 02.93.57.81, Fax 02.93.732.90
Ufficio Commerciale: Tel. 02.93.57.82.10/11-02.93.57.82.17/23, Fax 02.93.733.80
Ufficio Tecnico: Tel. 02.93.57.82.24-29
Laboratorio di Taratura: Tel. 02.93.57.82.42-233
e-mail: mitutoyo@mitutoyo.it - www.mitutoyo.it

M-I GUIDA SPC STATISTICA 1 D 1,50/500