

Cosa è una prova?

Una serie completa di operazioni (fasi) che generalmente comprende le seguenti operazioni:

- condizionamento;
- esame iniziale e misure;
- **trattamento**;
- ripristino;
- esame finale e misure.

esposizione a particolari condizioni ambientali per determinare i loro effetti sul campione

Obiettivo delle prove

I metodi di prova sono basati su esperienze e criteri tecnici acquisiti internazionalmente e sono sviluppati principalmente al fine di dare informazioni sulle seguenti proprietà dei campioni in prova:

- a) attitudine ad operare entro specifici limiti di temperatura, pressione, umidità, sollecitazioni meccaniche o altre condizioni ambientali e loro combinazioni;
- b) attitudine a sopportare condizioni di trasporto, immagazzinaggio e installazione.

Severità

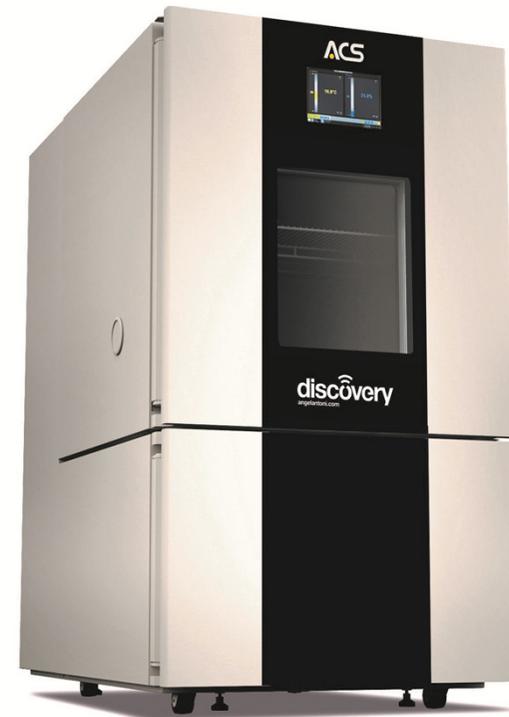
Per avere prove rispondenti a differenti livelli di condizioni ambientali, alcune procedure di prova hanno diversi gradi di severità ottenuti facendo variare i **parametri di prova** – la durata, la temperatura, sollecitazioni meccaniche, la pressione atmosferica – o altri fattori determinanti, **sia separatamente che in combinazione.**

prova combinata

prove durante le quali un campione è simultaneamente sottoposto a due o più sollecitazioni ambientali

prova composita

prova in cui il campione è esposto a due o più ambienti di prova in stretta successione (*Gli intervalli di tempo tra le esposizioni ai diversi ambienti di prova sono definiti in modo puntuale poiché hanno un effetto significativo sul campione*)



Piano prove (test plan)

Processo di preparazione di **procedure** di prova e **specifiche** di prova. I dati di ingresso necessari per il processo possono essere forniti da reali condizioni sul campo riscontrate da un campione particolare, oppure ricavati da misure, documenti tecnici o altre fonti pertinenti semplificate e trasformate in modo tale da poter essere utilizzate per la redazione di una specifica. L'obiettivo non è quello di riprodurre le condizioni ambientali, bensì i loro **effetti su un campione**.

Al fine di sviluppare correttamente un piano prove ambientali, si dovrebbero effettuare delle verifiche per accertare:

- il profilo del ciclo di vita del campione;
- i meccanismi di guasto critico;
- i fattori di accelerazione corretti;
- i modelli chimico-fisici del campione.



Le sollecitazioni ambientali critiche devono essere riprodotte con le specifiche di prova sviluppate, utilizzando adeguati fattori di accelerazione e combinazioni di prove che si basino sulla valutazione della buona pratica ingegneristica.

Gestione del piano prove

In una situazione ideale, il processo è gestito con **la cooperazione** tra ideatori/costruttori del prodotto, consumatori finali, subappaltatori, consulenti e laboratori di prova.

Il contenuto e le responsabilità di ciascuna fase del processo di adattamento sono **concordati tra le parti** interessate. I risultati sono documentati e aggiornati quando si rendono disponibili nuove informazioni.

Lo scopo è quello di ottenere un **processo** di lavoro **flessibile e interattivo**, che genera una **sequenza di prove**

Piano di gestione dell'adattamento delle prove ambientali

Profilo del ciclo di vita ambientale

Identificazione della condizioni ambientali

Deduzione delle specifiche di prova

Prove ambientali: guida e specifiche

I dati di ingresso necessari per il processo di pianificazione sono trattati come indicato nei documenti-guida che rimandano poi alle prove specifiche suddivise per gruppi omogenei in relazione alle sollecitazioni applicate

La serie IEC 60068 è composta da:

- La Parte prima, IEC 60068-1 – **Generalità e Guida**, che tratta dei problemi generali;
- La Parte seconda, IEC 60068-2 – **Prove** –, che pubblica prove particolari separate per applicazioni diverse;
- La Parte terza, IEC 60068-3 – **Documenti di supporto e guida**, riguardante informazioni di base su un gruppo di prove.

Esempio 1: CEI EN 60068-1 **Prove ambientali Parte 1: Generalità e guida**

rimanda alle seguenti prove (*ulteriori suddivisioni in base al prodotto*)

- A:** Freddo;
 - B:** Caldo secco;
 - C:** Caldo umido (costante);
 - D:** Caldo umido (ciclico);
 - E:** Impatti meccanici (per esempio: urti e scosse);
 - F:** Vibrazione;
 - G:** Accelerazione (costante); i meccanismi di guasto critico;
- ...(ulteriori gruppi)



Parametri ambientali: classificazioni

I dati di ingresso necessari per il processo di pianificazione sono trattati come indicato nei documenti-guida che rimandano poi alle condizioni specifiche (impiego, trasporto,...) suddivise per gruppi omogenei

La serie EN 60721 è composta da:

- a) EN 60721-1 – **Parametri ambientali e loro severità**, che tratta della classificazione generale;
- b) EN IEC 60721-3-0 – **Classification of environmental conditions - Part 3-0: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Introduction (Guida)** – (IEC 60721-3-0:2020 provides guidance on the use of all parts of IEC 60721-3. It contains background information including information on the application and limitation of the classes given in various parts of IEC 60721-3 which can be used in the design, limitation of conditions and protection of equipment)
- c) EN IEC 60721-3-2 – **Classification of environmental conditions - Part 3-2: Classification of groups of environmental parameters and their severities - Transportation and Handling**

transportation and handling have been taken into account, including the following:

- road transport: cars, trucks;
- rail transport: trains, trams;
- water transport, inland and maritime: ships;
- air transport: aircraft, jet, propeller, helicopter;

Sequenza di prove

La scelta della sequenza di prove è funzione degli obiettivi prefissati

Ottenere informazioni sulle **tendenze al guasto** fin dalla prima parte della sequenza di prove, iniziando con le prove più severe. Le prove che rendono il campione incapace di resistere a ulteriori prove sono collocate alla fine della sequenza

Prove di sviluppo: solitamente usate come parte di ricerche volte a rivelare le capacità dei prototipi

Utilizzare una sequenza di prove che dia gli effetti più significativi; in particolare, certe prove possono rivelare danni provocati dalle prove precedenti

Prove normalizzate e di approvazione di tipo di componenti e apparecchiature

Utilizzare una sequenza di prove che simuli la sequenza di parametri ambientali che più verosimilmente si verificano nella pratica

Prove di approvazione di tipo di sistemi e apparecchiature completi in cui siano note le condizioni d'uso

Riferimenti

NORMA TECNICA CEI EN 60068-1:2015

Tabella B.1 – Scelta delle prove in funzione degli obiettivi e delle applicazioni

Esempio di sequenza di prove: Sequenza climatica

Al fine di disporre di una sequenza di prove climatiche, destinata in primo luogo ai **componenti**, le prove di freddo, caldo secco, bassa pressione atmosferica e caldo umido (prova ciclica), sono considerate come **interdipendenti** e la loro sequenza chiamata «sequenza climatica». L'**ordine** nel quale queste prove devono essere eseguite è il seguente:

caldo secco

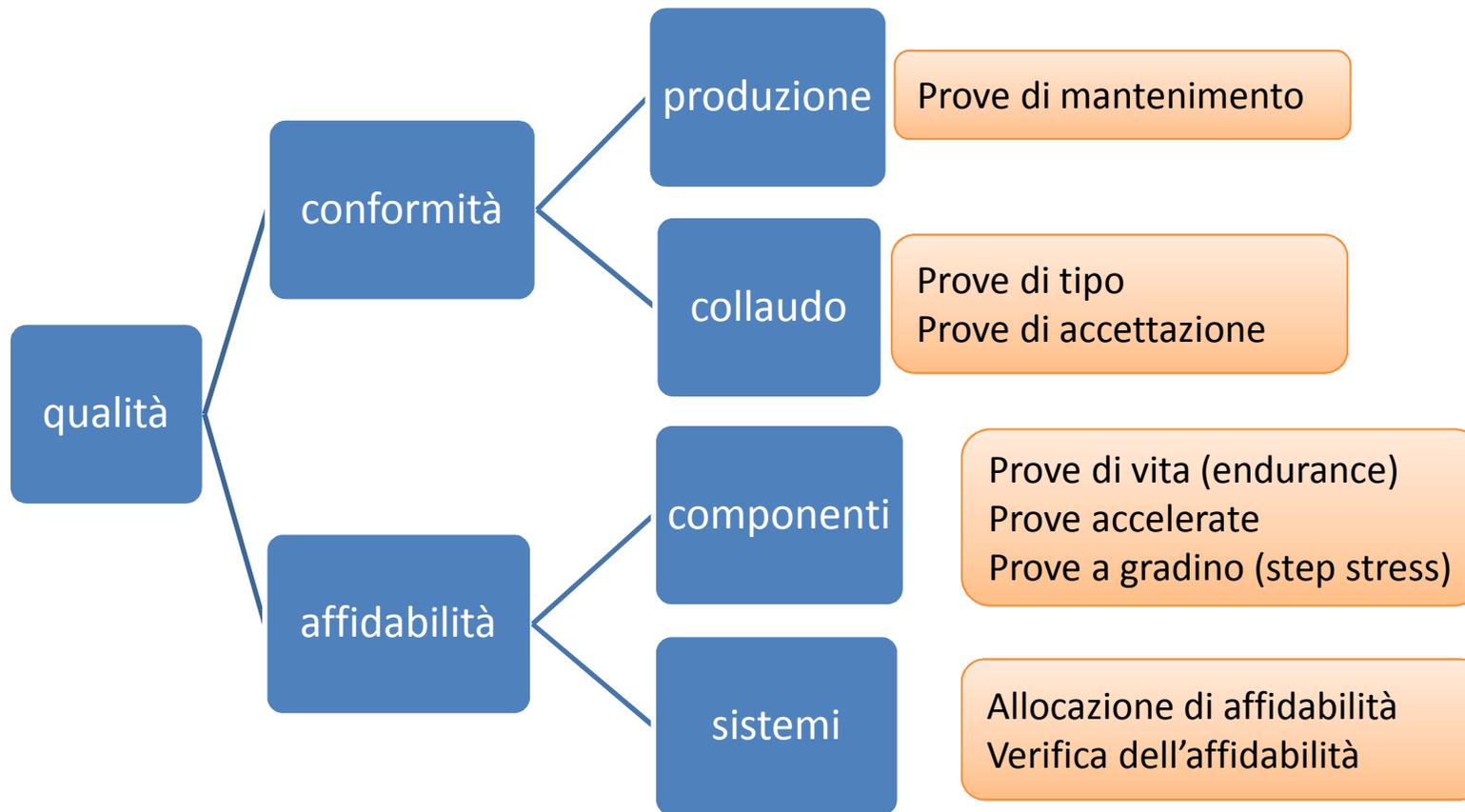
caldo umido, oppure prova ciclica (1° ciclo della prova Db, con temperatura superiore di 55 °C)

freddo

bassa pressione atmosferica (se richiesta)

caldo umido, oppure prova ciclica (restanti cicli della prova Db, con temperatura superiore di 55 °C)

Verifiche della qualità



Prove di conformità

conformità

rispondenza dei parametri funzionali a valori prestabiliti

affidabilità

probabilità dell'assolvimento della corretta funzione nell'impiego in un istante di tempo e in condizioni note

*La **qualità** di un prodotto risulta essenzialmente dalla combinazione delle due proprietà*

La **conformità** viene generalmente verificata durante il **processo produttivo** (dalla progettazione all'approvvigionamento dei materiali alle fasi critiche costruttive) e al **collaudo** mediante controlli effettuati su grandezze misurabili (controlli per variabili) o caratteristiche (controlli per attributi).

È definita da parametri deterministici come tolleranze di fabbricazione, % di difetti, AQL. La conformità può essere verificata su **tutti** gli elementi prodotti (100% controllo) oppure mediante controllo a campione (campionamento statistico)

Riferimenti

Manuale Cremonese di Meccanica Elettrotecnica Elettronica AAVV – parte generale – A. Zanini, **Cap. 20 Affidabilità**

Prove di tipo

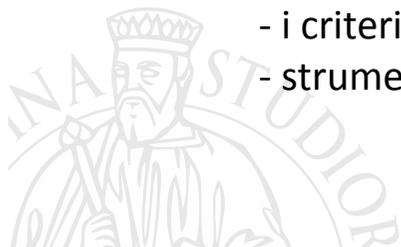
Le prove di tipo devono essere eseguite sugli apparati per i quali viene richiesta la **certificazione di conformità** ad un requisito (di Norma, di Specifica Tecnica).

Il processo di certificazione deve essere rappresentativo di tutte le caratteristiche sia tecniche che realizzative del prodotto, pertanto le prove di tipo vanno eseguite su campioni rappresentativi della futura produzione.

Il Fornitore a conclusione delle attività di prova deve predisporre un **Rapporto delle Prove di Tipo**, redatto in base a quanto stabilito nel **Piano delle Prove di Tipo**, che riporti i risultati delle prove eseguite.

Il Piano delle Prove di Tipo può (avere le seguenti caratteristiche:

- deve essere identificato e gestito dal fornitore in regime di **assicurazione qualità**;
- deve indicare la sequenza delle prove di tipo;
- per ogni prova definita, deve riportare:
 - le condizioni ambientali e di contorno;
 - i criteri di accettazione e rifiuto;
 - strumenti o attrezzature da utilizzare;



Prove di accettazione

Le prove di accettazione devono essere eseguite sugli apparati presentati al collaudo durante la produzione secondo le **modalità di campionamento stabilite**.

L'applicazione delle modalità di campionamento permette di effettuare un controllo statistico della rispondenza alle prescrizioni (di Norma, oppure riportate nella Specifica Tecnica di Prodotto), ed in particolare di verificarne:

- la conformità secondo i piani di campionamento stessi
- i criteri di accettazione ed i valori di LQA (Livello di Qualità Accettabile)

Il piano di campionamento può essere sviluppato sulla base di riferimenti internazionali (ISO) che ne disciplinano termini, definizioni e modalità

Normalmente sono eseguite con riduzione delle severità (livelli e/o durata)



UNI ISO 2859-1:2007

Procedimenti di campionamento nell'ispezione per attributi - Parte 1: Schemi di campionamento indicizzati secondo il limite di qualità accettabile (AQL) nelle ispezioni lotto per lotto

Esempi di severità tipo/accettazione

Le prove climatiche consistono nella seguente sequenza climatica:

1. – cambi di temperatura
2. – caldo secco
3. – caldo umido ciclico (I° ciclo)
4. – freddo
5. – caldo umido ciclico (II° ciclo)

prova	tipo	accettazione
1.	- 40°C ($\pm 3^\circ\text{C}$) – 3 ore +70°C ($\pm 3^\circ\text{C}$) – 3 ore	- 40°C ($\pm 3^\circ\text{C}$) – 3 ore +70°C ($\pm 3^\circ\text{C}$) – 3 ore
2.	+70°C ($\pm 3^\circ\text{C}$) – 8 ore	+70°C ($\pm 3^\circ\text{C}$) – 2 ore
4.	- 25°C ($\pm 3^\circ\text{C}$) – 8 ore	- 25°C ($\pm 3^\circ\text{C}$) – 8 ore



Prove di vita

Le prove di vita (endurance) riproducono sugli apparati le **condizioni effettive** di lavoro generalmente costanti nel tempo e pari al valore nominale.

Attuate più frequentemente su componenti per stimarne il MTTF si possono adattare con opportune metodologie a apparati e/o sistemi per la stima del MTBF.

Forniscono risultati attendibili circa la stima del tasso di guasto ma sono estremamente dispendiose in termini di tempo.

Prove accelerate

Le sollecitazioni effettivamente applicate (elettriche ed ambientali) sono generalmente costanti nel tempo e **superiori** al valore nominali introducendo così un **fattore di accelerazione**. Forniscono risultati con minor dispendio in termini di tempo ma che difficilmente risultano attendibili circa la stima del tasso di guasto.

La stima del fattore di accelerazione risulta in alcuni casi molto complessa, dipendendo da variabili quali temperatura, tensione/corrente e potenza dissipata e l'intervallo utile di tale fattore deve escludere **meccanismi di guasto indotto** diversi da quelli che si riscontrano in servizio.



Riferimenti

CEI EN 62506:2014
Metodi per le prove accelerate sui prodotti

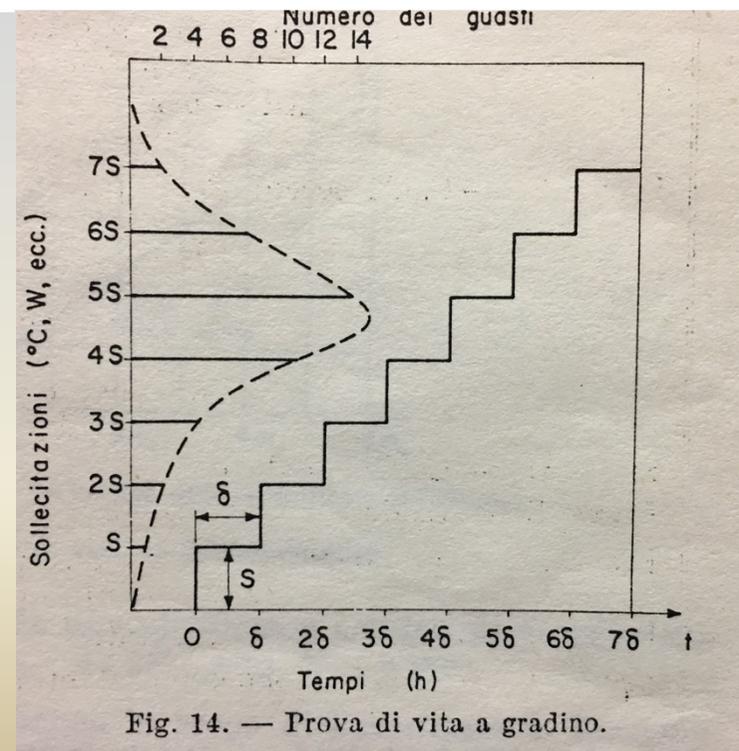
Prove a gradino

Le sollecitazioni applicate sono generalmente crescenti ad incremento (step) costante nel tempo dai valore nominali fino alla **massima sollecitazione** che determina il guasto. Forniscono risultati qualitativi relativi alla distribuzione dei guasti in funzione dello stress applicato in tempi molto brevi.

Si possono applicare criteri per stabilire a priori la durata della prova (troncamento) e le informazioni necessarie per determinare l'andamento guasti/tempo

tempo - troncate

guasti - troncate



Prove adattate al profilo di missione

Le sollecitazioni applicate sono generalmente dipendenti da fasi in successione (step) che riproducono le **fasi di missione del prodotto** includendo fattori esterni indipendenti dal processo di fabbricazione e dall'uso (ad. es. il trasporto)
Viene introdotto il **profilo di missione** che porterà alla definizione della **sollecitazione** che caratterizza ogni singola fase. Forniscono risultati congruenti e adattati mediante prove implementate «su misura» (tailored).

MIL-STD-810G

Part One

It focuses on the process of tailoring materiel design and test criteria to the specific environmental conditions a materiel item is likely to encounter during its service life.

Part Two

contains environmental laboratory test methods to be applied according to the general and specific test tailoring guidelines described in Part One

Classificazione dei metodi di prova

La molteplicità dei metodi che possono essere implementati per l'attività di prova (testing) si possono raggruppare nelle seguenti macroaree (in funzione dell'obiettivo)

Test for Failure

Testing to find a.s.a.p. the different failure modes of the component/system

- HALT – Highly Accelerated Life Testing
- FMT – Failure Mode Test
- MEOST – Multiple Environment Overload Stress Test
- Multi Step Stress testing

Test for Reliability

Life testing in order to determine life or verify if the component/system operates according to prescribed Reliability requirements

- DVT - Design Validation Testing
- LT – Life Testing without Acceleration
- ALT – Accelerated Life Testing
- CALT – Calibrated Accelerated Life Testing
- ESS – Environmental Stress Screening



Riferimenti

MIL-STD-810G:2014 – ENVIRONMENTAL ENGINEERING CONSIDERATIONS AND LABORATORY TESTS

MIL-STD-202G:2002 – TEST METHOD STANDARD ELECTRONIC AND ELECTRICAL COMPONENT PARTS

MIL-HDBK-781D – HANDBOOK FOR RELIABILITY TEST METHODS, PLANS AND ENVIRONMENTS FOR ENGINEERING, DEVELOPMENT, QUALIFICATION AND PRODUCTION

CEI EN 62506:2014 – Metodi per le prove accelerate sui prodotti

ATSM D 4169 – 08 American Society for Testing and Materials International
Standard Practice for Performance Testing of Shipping Containers and Systems

IACS_Req2019 INTERNATIONAL ASSOCIATION OF CLASSIFICATION SOCIETIES
Requirements concerning ELECTRICAL AND ELECTRONIC INSTALLATIONS
E10 Test Specification for Type Approval

IPC-9701 ASSOCIATION CONNECTING ELECTRONICS INDUSTRIES
Performance Test Methods and Qualification Requirements for Surface Mount Solder Attachments

JESD22-A104-B JEDEC Standard No. 22-A104-B EIA - Electronic Industries Alliance (*)
TEST METHOD A104B TEMPERATURE CYCLING

International Safe Transit Association

ISTA 3E:2009 Unitized Loads of Same Product

ISTA 2A:2008 Packaged-Products (68kg) or Less

(*) JEDEC Solid State Technology Division, in passato conosciuta come Joint Electron Device Engineering Council (JEDEC), è l'organismo di standardizzazione dei semiconduttori della Electronic Industries Alliance (EIA), associazione che rappresenta tutte le aree dell'industria elettronica.



Esempi applicativi

[IACS_E10_environmental.pdf](#) piano prove ambientali per dispositivi elettronici installati in postazioni fisse non protette (GF-GU) e in ambiente mobile (GM)

[ISTA_2017_Guidelines.pdf](#) guida alla redazione di un piano prove per dispositivi imballati: sollecitazioni dovute all'immagazzinamento e trasporto

[NASA_reliability_lesson.pdf](#) durata inferiore alla stima per modelli non esaustivi

