

# **COME E PERCHE' MISURARE LA FLUORESCENZA DEI LIQUIDI PENETRANTI**

*M. Cevenini (\*), R. Marmigi (#)*

*(\*) NDT Italiana S.a.s. - Milano  
(#) ENEA CR Casaccia – ERG/ING/GQ - Roma*

## **SOMMARIO**

La necessità di misurare la fluorescenza dei Liquidi Penetranti esiste sul prodotto nuovo per il controllo di conformità di lotto, per la comparazione con prodotti analoghi e per la verifica di stabilità della fluorescenza al calore ed all'esposizione UV.

La misura della fluorescenza è basilare sui prodotti usati in sistemi a recupero per valutarne l'eventuale degrado.

L'obbligatorietà di questo controllo, un tempo limitata al settore aeronautico con le norme MIL 25135, si è ora esteso a tutti gli utilizzatori che vogliono attestare la conformità del proprio collaudo secondo le nuove norme ASTM E 1135 ed EN 571.

Viene riportata la procedura richiesta dalle suddette specifiche, utilizzando il Fotofluorimetro NDT S 291 omologato ed elencato nella ASTM E 1135, che consente l'effettuazione del test in modo rapido, semplice ed economico fornendo risultati validi e significativi.

## 1. INTRODUZIONE

L'Esame non Distruttivo con Liquidi Penetranti costituisce uno dei più diffusi metodi di controllo dell'integrità superficiale di numerosi componenti industriali.

Inoltre, la molteplicità dei materiali ispezionabili ed i numerosi campi di applicazione di questo metodo di analisi, richiedono l'utilizzo di prodotti in grado di soddisfare differenti specifiche operative e di accettabilità.

La costante verifica delle caratteristiche nominali dei prodotti utilizzati durante le ispezioni, assume quindi particolare interesse sia in fase di accettabilità di nuove forniture sia per soddisfare quanto richiesto da specifiche operative e di controllo molto restrittive.

In particolare, le caratteristiche qualitative del pigmento fluorescente assumono un ruolo di fondamentale importanza nella "**evidenziabilità**" del penetrante, e di conseguenza nella "**sensibilità**" del controllo.

Per questo motivo la bibliografia specializzata in merito è concorde nell'operare una distinzione tra "sensibilità" e "visibilità", generalmente menzionati anche come "**sensitivity**" e "**seeability**".

Al riguardo è bene ricordare che la "**sensibilità di un controllo**" con liquidi penetranti" viene generalmente intesa come la capacità "globale" del metodo di fornire il maggior numero di informazioni riguardo ad eventuali discontinuità superficiali presenti sul componente in esame.

Ne consegue che essa verrà influenzata da tutte le variabili che possono in qualche maniera interagire nelle differenti fasi operative dell'ispezione, quali ad esempio materiali in esame, prodotti ed attrezzature utilizzate, etc.

La "**sensibilità dei liquidi penetranti**" viene invece generalmente intesa come la capacità del liquido a penetrare nelle discontinuità aventi piccole dimensioni, differente natura e geometria, in diverse condizioni di rugosità superficiale e sul maggior numero di materiali ispezionabili.

E' quindi evidente come tutte le suddette variabili possano influenzare notevolmente le valutazioni qualitative e quantitative della "sensibilità" dei prodotti i quali, per risultare idonei a soddisfare le necessità dell'utilizzatore, vengono generalmente formulati in funzione di specifiche applicazioni e/o esigenze.

Invece la "**evidenziabilità**", o "seeability", è una proprietà che, pur non essendo attualmente classificata con vari livelli come la "sensibilità", incide fondamentalmente su quest'ultima.

L'evidenziabilità rappresenta quindi la capacità del penetrante a rendersi visibile anche in piccolissime quantità, quando illuminato in determinate condizioni operative.

**II PHOTOFUORIMETER S291** consente di effettuare una rapida verifica della intensità di Fluorescenza di un Liquido Penetrante, al fine di soddisfare quanto richiesto da particolari specifiche di controllo (es. MIL-I-25135, EN 571, ASTM E 1135, etc.) e di operare quindi secondo i più avanzati criteri di Garanzia della Qualità.

## 2. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

Il **PHOTOFLUORIMETER S291** presenta caratteristiche costruttive e funzionali conformi a quanto richiesto da numerosi standard per la verifica della fluorescenza del liquido penetrante in uso, nonché per i confronti di luminosità fra diversi penetranti ed il controllo dell'inalterabilità degli stessi dopo esposizione ai raggi U.V. (es. MIL-I-25135, EN 571, ASTM E 1135, etc)

Il PHOTOFLUORIMETER S291 è l'equivalente del Coleman 12C (non più in produzione) e del TURNER (vari modelli), unico disponibile sul mercato omologato e descritto nella specifica ASTM E 1135.

L'elettronica di tipo avanzato e la lettura digitale consentono sia una maggiore rapidità di lavoro sia una maggiore precisione di letture, svincolando inoltre l'affidabilità dei risultati dalla soggettività dell'operatore.

Infatti, come indicato dalle suddette normative ed illustrato in Fig.1, il principio di funzionamento dello strumento consiste



nell'eccitare il provino trattato con il penetrante mediante illuminazione ultravioletta; allo scopo un primo filtro (F1) assicura che lo spettro di emissione di tipo U.V. risulti il più possibile centrato rispetto a 365 nm, lunghezza d'onda (l.d.o.) richiesta per l'utilizzo dei penetranti fluorescenti.

Successivamente la Fluorescenza emessa dal prodotto in esame viene recepita da un sensore il quale, mediante un apposito circuito elettronico, provvede a fornire sul display dello strumento un'immediata indicazione numerica di tipo digitale, che risulta proporzionale all'intensità luminosa di eccitazione.

Tra il provino ed il sensore sono interposti due filtri, di cui il primo (F2) provvede ad eliminare dallo spettro di emissione della Fluorescenza eventuali componenti ultraviolette causate dalla riflessione tra il fascio luminoso U.V. ed il contenitore porta-provini; il secondo (F3) risulta essere un filtro di correzione del colore corrispondente alla risposta di sensibilità dell'occhio umano (500-600 nm), in accordo sia con le indicazioni riportate nelle normative di riferimento che con le direttive CIE (Commission Internationale d'Eclairage).

Le specifiche costruttive e funzionali dello strumento in esame, schematizzato in Fig.1, possono essere così brevemente riassunte:

## SPECIFICHE COSTRUTTIVE

<b>LETTURA:</b>		Digitale 00 - 99.9
<b>SORGENTE:</b>		Lampada U.V. - 4W - 365 nm
<b>FILTRI:</b>	<b>Ingresso</b>	Proprietario
	<b>Uscita</b>	Proprietario
<b>CONTROLLI:</b>	<b>ZERO</b>	Potenziometro 10 giri
	<b>CALIBRAZIONE</b>	Potenziometro 10 giri
<b>ALIMENTAZIONE:</b>		220 V. - 50 Hz. 30 VA (117 V. 60 Hz)
<b>DIMENSIONI:</b>		260 x 200 x 130 mm
<b>PORTACAMPIONI:</b>		Con finestra di lettura come richiesto dalla Specifica MIL-I-25135.

## SPECIFICHE FUNZIONALI

- 1) Accendere l'apparecchio ed attendere almeno 10 minuti per ottenere la necessaria stabilità della lampada e dell'elettronica
- 2) Inserire uno dei campioni di carta trattata con il penetrante fluorescente di riferimento e regolare il potenziometro della CALIBRAZIONE fino a leggere il valore di 80.0 (valore in termini percentuali) sull'indicatore digitale
- 3) Inserire un campione di carta bianca non trattata con il penetrante e regolare il potenziometro dello ZERO fino a leggere il valore di 00.0 sull'indicatore digitale
- 4) Inserire alternativamente campioni di carta trattata con il penetrante di riferimento e con il penetrante in esame, rilevandone le letture
- 5) Riferirsi alla metodica richiesta dalle procedure adottate nelle analisi per l'interpretazione dei risultati ottenuti

## PROCEDURA DI CALIBRAZIONE

- a) Accendere il PHOTOFUORIMETER S291 ed attendere almeno dieci minuti per ottenere la necessaria stabilità della lampada e dell'elettronica.
- b) Inserire uno dei campioni di carta trattata con il penetrante fluorescente nuovo (master specimen) e regolare la manopola CAL fino a leggere il valore di 80.00 sull'indicatore digitale.
- c) Inserire un campione di carta bianca non trattata e regolare la manopola ZERO sino a leggere il valore di 00.00 sull'indicatore digitale.

### 3. PROCEDURA CONSIGLIATA PER LE ANALISI

- a) Utilizzando carta da filtro tipo Whatmans No.4 o equivalente, preparare sei provini per il penetrante scelto come campione di riferimento e cinque per il prodotto in esame. I provini dovranno essere tagliati in modo tale da risultare facilmente inseribili nell'apposito contenitore del PHOTOFLUORIMETER S291.
- b) Prima di iniziare l'esame, i provini dovranno essere essiccati in forno per almeno 24 ore ed alla temperatura di  $35 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$
- c) Preparare una soluzione composta dal penetrante scelto come campione di riferimento e Cloruro di Metilene, in rapporto 1 (una) parte di penetrante e 24 di solvente.  
Dopo aver opportunamente miscelato, versare la soluzione in un contenitore la cui apertura permetta un facile inserimento dei provini di carta. Ripetere nuovamente la stessa procedura, utilizzando però il penetrante da esaminare e versando la soluzione in un altro contenitore delle stesse caratteristiche del primo.
- d) Per una maggiore affidabilità delle analisi, i penetranti dovranno essere miscelati utilizzando solvente prelevato da un unico contenitore; le soluzioni dovranno essere inoltre preparate immediatamente prima dell'esame.
- e) Immergere per cinque secondi ed uno dopo l'altro, sei provini di carta nella soluzione con il penetrante scelto come campione di riferimento, ed i rimanenti cinque nella soluzione preparata con il campione da esaminare.
- f) I provini dovranno essere successivamente fissati in posizione verticale su un apposito supporto a fili, e lasciati asciugare all'aria per 15 minuti lontano da fonti dirette di luce o di calore.  
Durante tale operazione, i provini dovranno toccare il supporto su meno punti possibili ed occupare differenti posizioni per non essere confusi.
- g) Prendere uno dei sei provini precedentemente immersi nella soluzione preparata con il campione di riferimento, ed usarlo per tarare opportunamente il PHOTOFLUORIMETER S291.
- h) Inserire un campione di carta trattata con il penetrante in esame rilevando le misure dell'intensità relativa della fluorescenza ed effettuando le opportune registrazioni dei valori rilevati.
- i) Inserire un campione di carta trattata con il penetrante di riferimento, rilevando le misure dell'intensità relativa della fluorescenza ed effettuando le opportune registrazioni dei valori rilevati.
- l) Inserire un campione di carta bianca non trattata e regolare la manopola ZERO sino a leggere il valore di 00.0 sull'indicatore digitale.
- m) Ripetere le operazioni di cui ai punti h), i) ed l) per tutti i campioni in esame.

## ANALISI DEI RISULTATI

- n) La media dei valori misurati sui provini trattati con il penetrante in esame ( $V_{mpe}$ ) può essere rapportata in percentuale alla media dei valori misurati sui provini trattati con il penetrante di riferimento ( $V_{mpr}$ ), mediante la seguente relazione:

$$Dp = \frac{V_{mpr} - V_{mpe}}{V_{mpr}} \cdot 100$$

dove:

- Dp** = Differenza in percentuale  
**V<sub>mpr</sub>** = Valore Medio Penetrante di Riferimento  
**V<sub>mpe</sub>** = Valore Medio Penetrante in Esame

- o) Riferirsi ai criteri di accettabilità della specifica, procedura o normativa in cui si opera (es. MIL-I-25135) per l'interpretazione e la valutazione dei risultati ottenuti nelle analisi.

## 4. CONCLUSIONI

La strumentazione in oggetto, descritta nei precedenti paragrafi, risulta applicabile in tutti quei casi in cui valutazioni tecniche e/o economiche richiedano la verifica delle caratteristiche di fluorescenza di un Liquido Penetrante.

In particolare, il PHOTOFUORIMETER S291 risulta di proficua utilità sia per valutare quantitativamente l'intensità relativa della fluorescenza di un penetrante rispetto ad uno standard di riferimento, sia per verificarne le caratteristiche nominali a seguito di una nuova fornitura e/o esposizione prolungata ai raggi ultravioletti (U.V.).

## BIBLIOGRAFIA

- [1] White light effects on the Fluorescent Penetrant Indication seeability under Ultraviolet Light.  
Autori: R.MARMIGI (ENEA);G.CALCAGNO,G.COSTA (I.I.S.)  
ENEA - NQHC 1TS4B 90028 - Giugno 1990
- [2] On the problem of Penetrant Fluorescence Measurement: Standards and Strumentations.  
Autori: R.Marmigi (ENEA); F.Lezzi, F.Peri (I.I.S.); M.Cevenini (NDT-Italiana)  
ENEA - NQHC 1TS4B 90027 - Giugno 1990

## SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA OTTICO

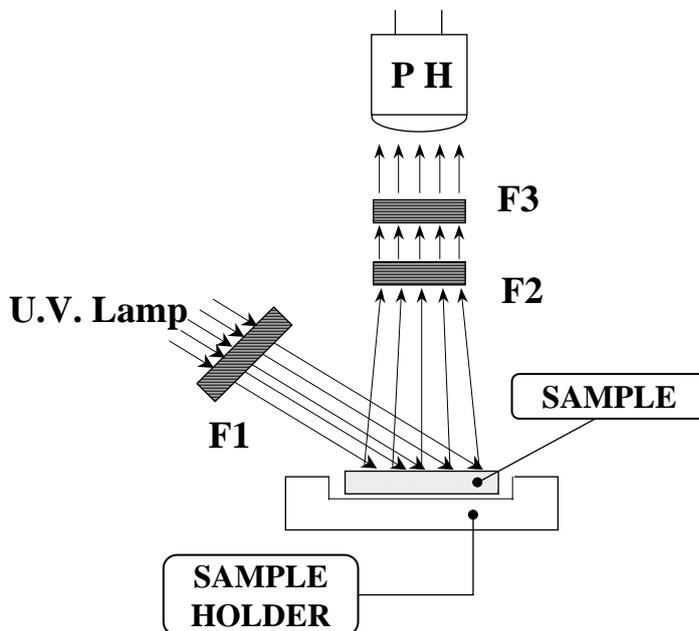


Fig.1

### SPETTRO DI EMISSIONE DELLA LAMPADA U.V. MONTATA SULL'ATTREZZATURA PER L'ESPOSIZIONE DEI PROVINI

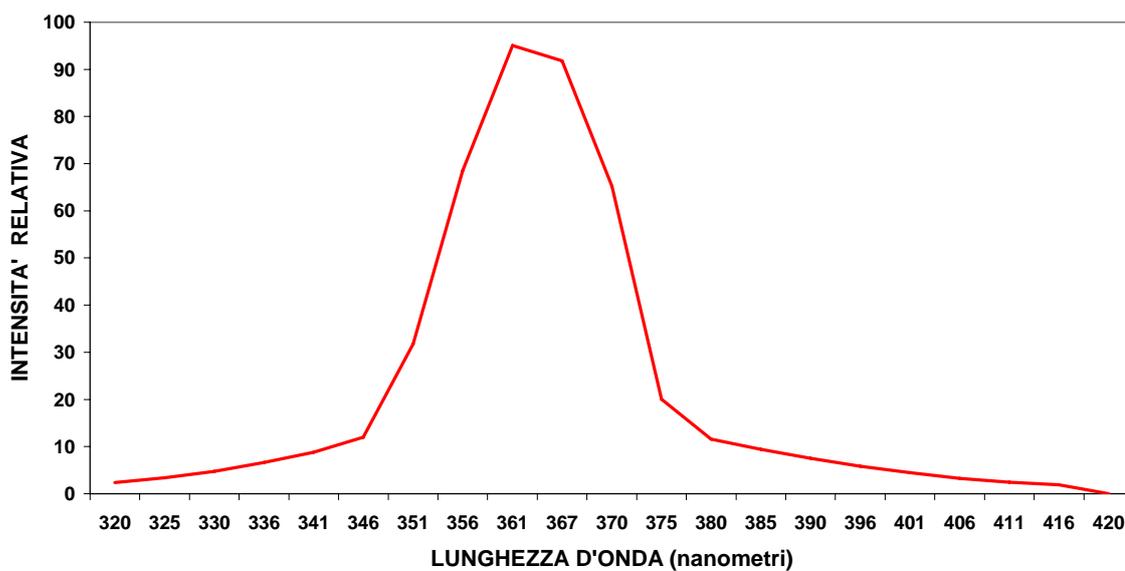
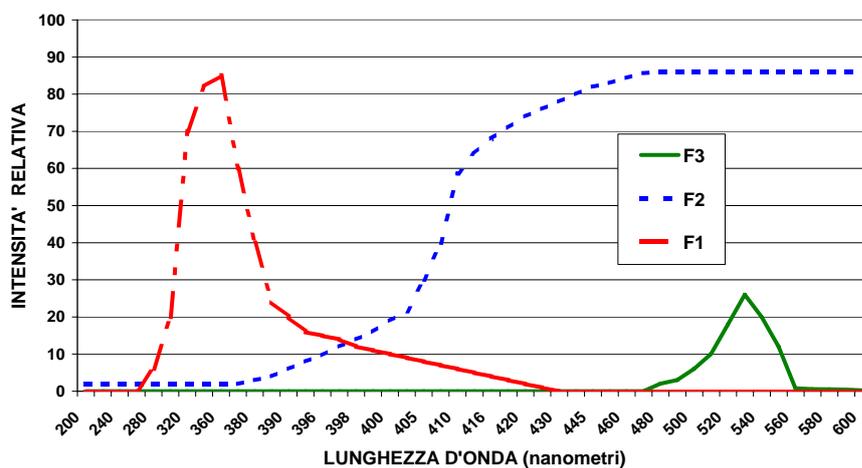


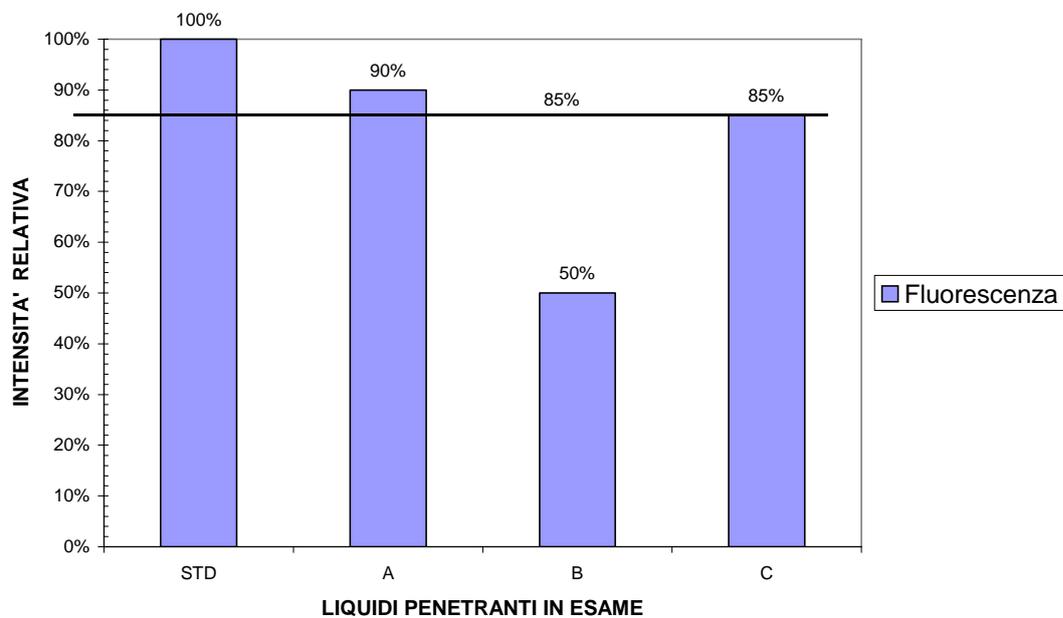
Fig.2

## SPETTRO DI TRASMISSIONE FILTRI DEL FOTOFUORIMETRO S291



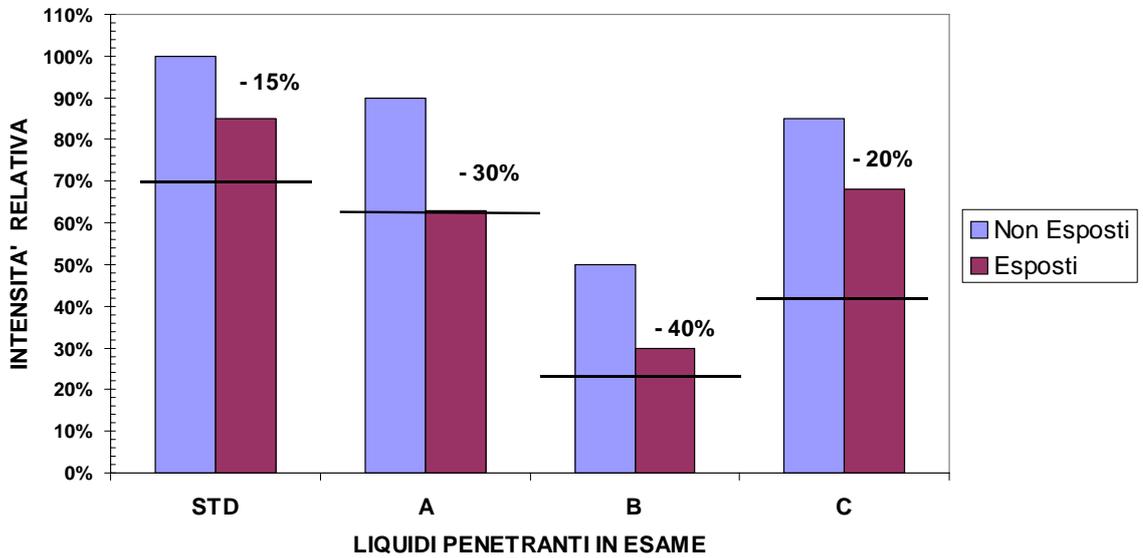
**Fig.4**

### MISURA DELL'INTENSITA' RELATIVA INIZIALE DELLA FLUORESCENZA DEI LIQUIDI PENETRANTI IN ESAME



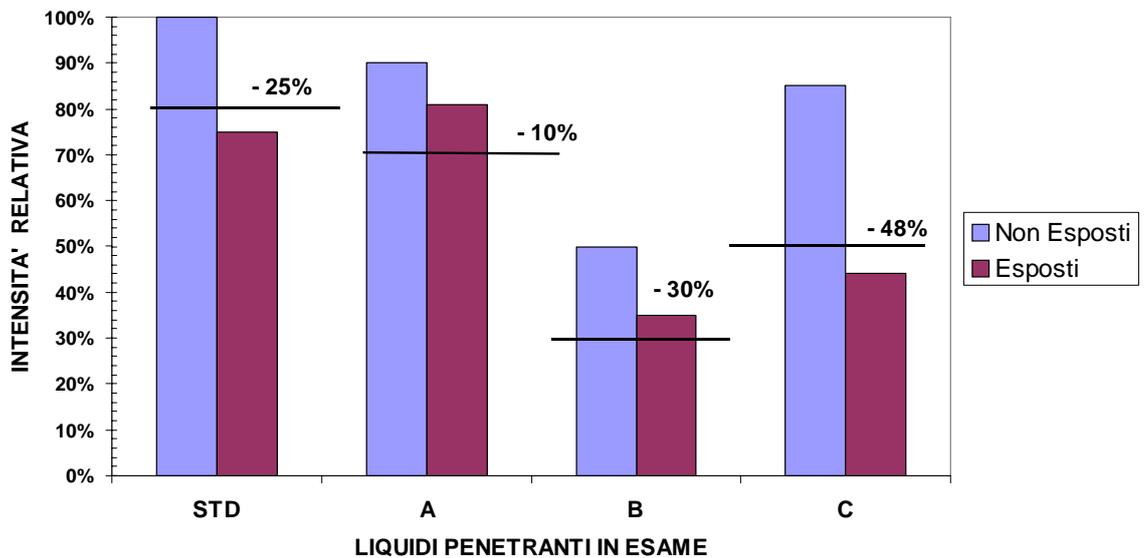
**Fig. 5**

**MISURA DEL DECADIMENTO DELLA FLUORESCENZA DOPO ESPOSIZIONE DEI PROVINI AD ILLUMINAZIONE U.V.**



**Fig. 6**

**MISURA DEL DECADIMENTO DELLA FLUORESCENZA DOPO ESPOSIZIONE DEI PROVINI A STRESS TERMICO**



**Fig. 7**