



TENTECH CORPORATION
 7330 NW 66th ST - Miami, FL 33166
 Phone: +1 305 938 0389 / Fax: +1 786 401 7165
www.tentech.com

MD 5060 χ

Digital insulation tester

User guide

P. 03

Megóhmetro digital

Manual de uso

P. 33

MD-5060_x

5 kV digital insulation tester

User guide

GF-2014

© 2016 TENTECH. All rights reserved.










Safety warnings

- Before to use this instrument the User guide and Safety warnings must be read and understood.
- Safety procedures and rules for working near high voltage energized systems must be observed during the use of this equipment. The generated voltages may be dangerous.
- Do not connect or disconnect the test leads during the measurement.
- Do not touch the test leads before the high voltage indicator turn-off.
- Be careful not to make short-circuit between the high voltage terminals and the "R" or "Guard" terminals while a measurement is running, because it could be dangerous for the operator.
- Be sure that there are not any voltage difference between the points to which the equipment will be connected to, neither between them and ground.
- The panel, terminals and connectors of the equipment must stay dry and clean.

This equipment should be used only by a trained and competent person, strictly applying suitable safety rules.

Used symbols

	Caution, risk of electric shock.
	Caution, refer to User Guide.
	Battery
	Printer
	Voltmeter
	Equipment complies with current EU Directives.
	The rubbish bin with a line through it means that in the European Union, the product must undergo selective disposal for the recycling of electric and electronic material, in compliance with Directive WEEE 2002/96/EC.

Index

1. Description.....	6
2. Control panel functions	7
2.1. Connections and panel items	7
2.2. Keyboard	8
2.3. Indicators	10
2.3.1. Display	10
2.3.2. Built-in chronometer	10
2.3.3. Real time clock.....	10
2.3.4. Test number.....	10
2.3.5. Model and serial number.....	10
2.3.6. High voltage indicator.....	11
3. Power supply	11
3.1. Battery status check.....	11
3.2. Battery charger	12
4. Connecting the equipment	13
4.1. Using the Guard terminal	14
5. Tests definition.....	15
5.1. Test voltage definition	15
5.2. Selection of the operation mode.....	16
5.2.1. "TIMER" Mode.....	16
5.2.2. SVT Mode (step voltage tests)	17
5.2.3. "Pass / Fail" Test mode	19
5.2.4. Normal mode	20
6. How to perform tests.....	20
6.1. Polarization index (PI).....	21
6.2. Dielectric Absorption Index (DAI)	22
7. Other functions	23
7.1. Filter.....	23
7.2. Voltmeter	23
7.3. Hold	23
7.4. Internal memory.....	24
7.5. Auto power-off.....	24
8. Software	25
8.1. USB Drivers	25
8.2. T-Logger software	25
9. Printer (optional)	26
10. Technical specifications	27
11. Application note 32	29
12. Warranty.....	32

1. Description

The Tentech **MD-5060x** is a smart, microprocessor-controlled, 5 kV insulation tester and analyzer. Besides the conventional measurement of insulation resistances up to 5 T Ω , its advanced features allow to automatically measure both the Polarization Index and Dielectric Absorption Index, thus significantly simplifying testing of transformers.

This insulation tester is portable, battery-powered equipment. Test voltage may be chosen from 500 V to 5 kV in 100 V increments. Due to its measurement principle (actual voltage and current readings) the accuracy of resistance measurement is not affected by any test voltage error.

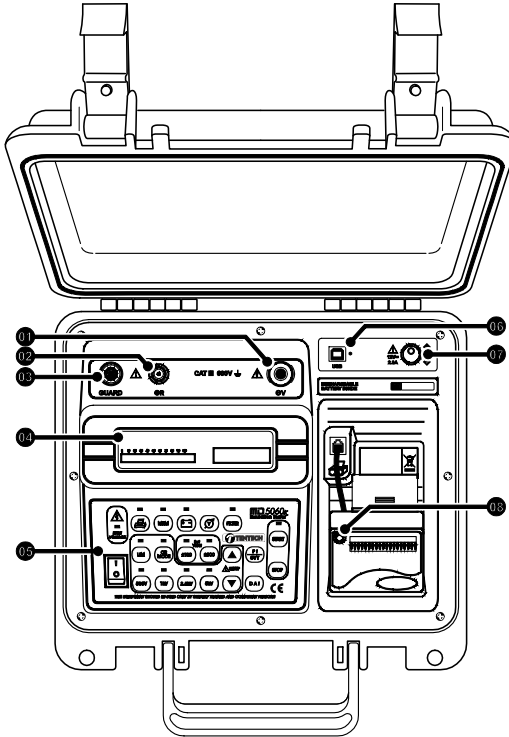
The built-in chronometer automatically counts the elapsed time since the start of measurement. Measured values are transmitted through the data output (USB) and are printed in the built-in printer (optional) as a registration of the performed test. Furthermore, the measured values are stored in a non-volatile internal memory. Up to 4000 measured values may be stored, to be transferred afterward to a computer running the T-Logger program. This software allows a further analysis of the test results, including a graphical representation and automatic report generation. The real time clock and calendar, and the sequential test number, facilitates the identification of each test, and the organization of a predictive maintenance system by trend analysis.

Some other advanced features are useful to run the most sophisticated insulation analysis. Step Voltage Test, configurable Pass-Fail and timed measurements are automatically performed, with a very simple and user-friendly setup. The measurement parameters are stored in the non-volatile memory for an easy configuration.

The cabinet is strong and lightweight, easy to carry, impact-resistant and suitable to be used under severe weather conditions. Thus the insulation tester supplies very reliable and accurate measurements both in laboratory and out in the field.

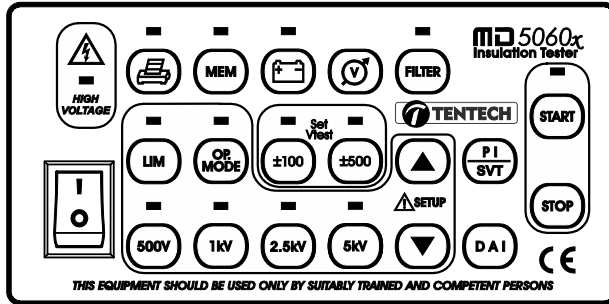
2. Control panel functions

2.1. Connections and panel items














- 01 Voltage output terminal (-V)
- 02 Zero reference terminal (+R)
- 03 Guard terminal (G)
- 04 Display
- 05 Keyboard
- 06 USB communication port
- 07 Power supply input
- 08 Paper feed control (optional printer)

2.2. Keyboard



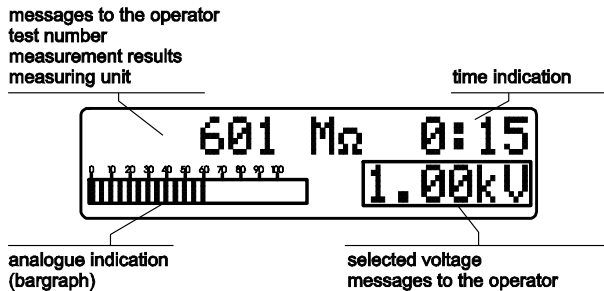
Button	Function	Led
	On/Off switch.	-
	It activates the filter that minimizes external noise interference.	Indicates filter function is on.
	It shows the battery charge status on the display.	Indicates that the battery charger is in operation.
	When activated, it allows to program test voltage in steps of 500 V. It enables the fast voltage selection keys .	500 V steps test voltage.
	When activated, it allows to program test voltage in steps of 100 V. It enables the fast voltage selection keys .	100 V steps test voltage.
	Fast selection of 500 V test voltage.	500 V test voltage.
	Fast selection of 1 kV test voltage.	1 kV test voltage.
	Fast selection of 2.5 kV test voltage.	2.5 kV test voltage.
	Fast selection of 5 kV test voltage.	5 kV test voltage.

	When activated, it allows to program the Operation Mode (Normal, SVT1, SVT2 or TIMER).	Indicates Operation Mode is enabled.
	When activated, it allows to program the limit of the "Pass-Fail test".	Indicates LIM function is on.
	Turns On/Off the printing of the measured values on the printer (optional printer).	The printer is on.
	Increase the value that is being programmed.	-
	Decrease the value that is being programmed.	-
	Starts the test.	Indicates that the test is being carried out.
	Displays the actual voltage applied.	-
	Hold - freeze the last reading on the display.	Hold function is on.
	It displays the calculated value as the result of a Step Voltage Test (SVT) or Polarization Index (PI).	-
	It displays the calculated value as the result of a Dielectric Absorption Index.	-
	End of test.	-

2.3. Indicators

2.3.1. Display

Alphanumeric LCD where the measurement result, the corresponding measuring unit, the elapsed time since the measurement started, the analogue indication by means of a bargraph and messages to the operator are displayed (in English).



2.3.2. Built-in chronometer

It features the elapsed time (in minutes and seconds) since test voltage is applied.

2.3.3. Real time clock

It has a real time clock with date, hours and minutes indication, to make identification of tests recorded in memory easier.

2.3.4. Test number

Tests are automatically numbered by the equipment to make their identification easier.

2.3.5. Model and serial number

At the beginning of each test, the equipment model, as well its serial number, are registered, making it possible to relate the obtained results with their respective equipment Calibration Certificate.

2.3.6. High voltage indicator




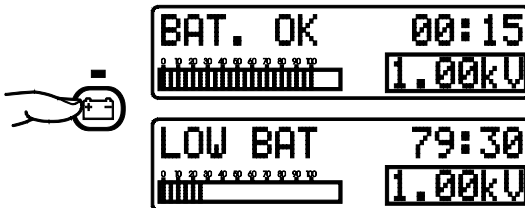
A light indicator warns the occurrence of high voltage on the output terminal during the measurement and keeps lit until the discharging process has been completed.

3. Power supply

This equipment is powered by an internal rechargeable battery (LiFePO4 12 V - 3000 mAh) or mains supply (through the AC Adapter).

3.1. Battery status check

During the measurement, it is possible to check the battery status. The  key must be pressed. If the battery charge is enough, it will read "BAT OK". If the charge is not enough, the message will be "LOW BAT", and the battery should be recharged. The analogue bargraph will give an approximate idea of the remaining charge percentage (at least 20% is required for a normal operation).




When the battery charge reaches the normal operation minimum value, the message LO BAT appears automatically in the area where the test tension value is indicates, alternating it every 1 second.



3.2. Battery charger

This equipment has an intelligent built-in circuit that controls the battery charge. In order to charge the battery, follow this procedure:

- Verify that the **On/Off** switch is switched off.
- Connect the equipment into the mains supply (using the supplied AC Adapter). The charging indicator (led over key ) will turn-on red and will remain that way until the battery is totally charged. Then the light will remain green and keep in that way until the equipment is disconnected of the mains supply.

The following chart summarizes the meaning of LED luminous indications:

Green and red flashing alternatively	Test of the initial condition of the battery when plugging the mains, during one second.
Permanent red	Battery under charge.
Flashing red	Charging current is less than normal.
Permanent green	The charging process has been successfully finished. Battery OK.
Flashing green	The charging process has finished, nevertheless the battery hasn't received the complete charge.

If, during the battery charge, the equipment is turned ON, the charge will be momentarily interrupted, returning to the charge process once the equipment is turned OFF.



At the end of battery useful life, the battery must be recycled or disposed of properly, in order to protect the environment.

The rechargeable battery does not have “memory effect” and there are no restrictions to start charging it as many times as is needed. However the battery could be damaged if remains in deep discharge for a while.

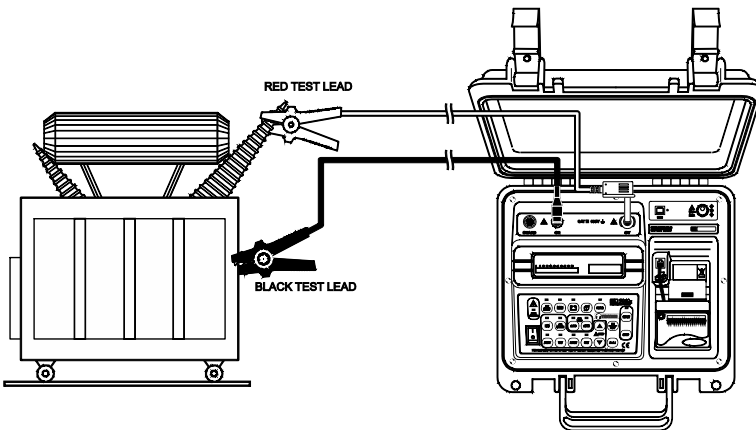
To avoid this effect, charge the battery before left the equipment in storage and don't let pass more than 30 days without recharge, even if the instrument wasn't used (under storage, the battery loses part of its charge).

4. Connecting the equipment

ATTENTION: For a safety operation the procedures detailed below should be carried out with the device Powered-Off.

Check if there is no differences of potential voltage between the points where the equipment shall will be connected to, nor between them and the ground.

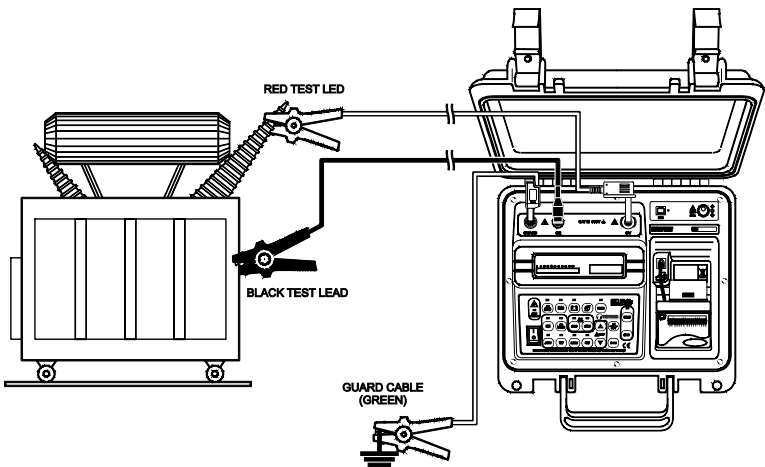
Connect the red security terminal (red cable) to the insulation tester (-V) output terminal. Connect BNC terminal to the zero reference (+R) terminal and the “alligators” terminals to the element to be measured as indicated in the figure below.



The test leads in the picture are illustrative.

4.1. Using the Guard terminal

The G (Guard) terminal can be used or not, according to the measurement that is going to be carried out. During measurements, the equipment must be electrically referred to earth in order to prevent the equipment from being on a high potential, which may produce unstable readings. When insulation is measured regarding grounding, the **R** terminal is connected to earth and the condition by means of which the equipment potential setting is fulfilled. If the measurement is performed between two parts, which are not grounded (for example, between two phase conductors in a tree-phase cable), the insulation tester Guard terminal must be grounded. This implies that **whenever a measurement is performed, one of the GUARD or R terminals must be grounded, but not both of them simultaneously.**

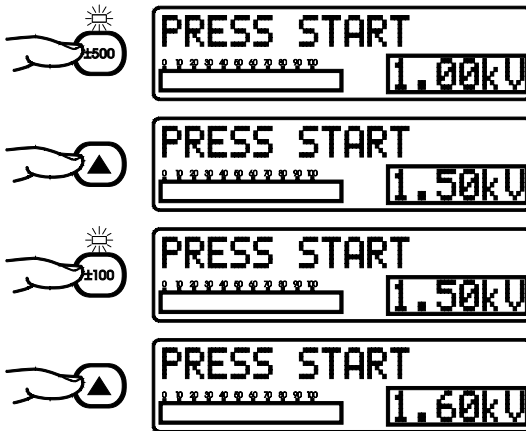


TEN TECH Application Note 32 explains the usage of Guard terminal for minimizing the parasite resistance effect, whose influence one intends to minimize.

5. Tests definition



5.1. Test voltage definition

In order to define the test voltage value, first it is necessary to select one of voltage adjustment keys: ± 100 or ± 500 . These keys enable both the pre-programmed voltage selection ($500V$, $1kV$, $2.5kV$ and $5kV$) and the \blacktriangle and \blacktriangledown keys which increase or decrease the value of the step voltage test for 100 V or 500 V, depending on the selected voltage adjustment key. As long as the equipment is on, the voltage adjustment key ± 500 will be selected. Press again the adjustment key selected at the moment to leaving the test voltage selection mode.






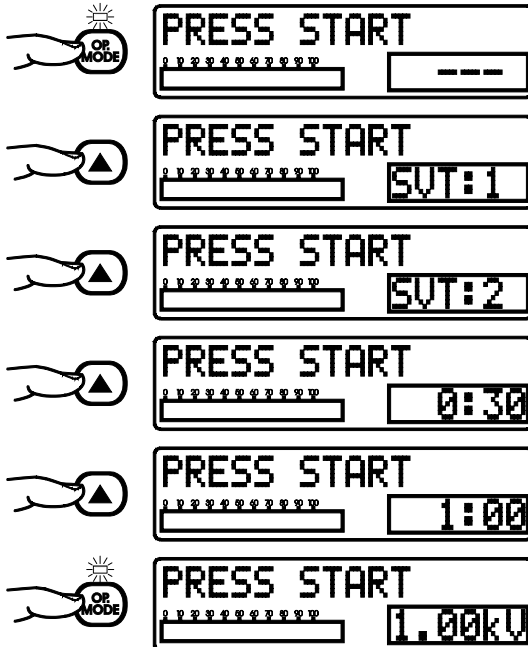
Note: Test voltage is the only parameter that can be modified during tests.

5.2. Selection of the operation mode


The **MD-5060x** insulation tester has five operation modes: Normal, with “TIMER”, SVT1, SVT2 and “Pass / Fail test”. The first four modes are selected using the  key; the “Pass/ Fail test” mode is activated pressing  key.

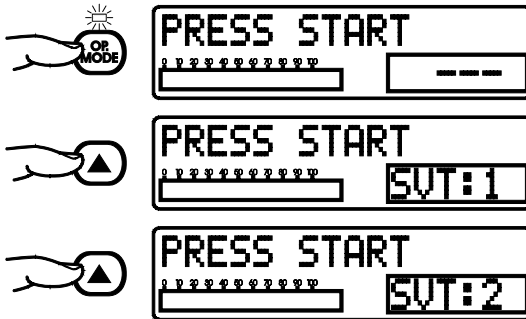
5.2.1. “TIMER” Mode

The use of  key allows the **MD-5060x** setting for the performance of a pre-set - duration test; when this mode is selected, the display shows the programmed time. Use  and  keys to define the duration of the tests in 30 seconds, 1 minute, 3 minutes, 10 minutes or 30 minutes.





5.2.2. SVT Mode (step voltage tests)

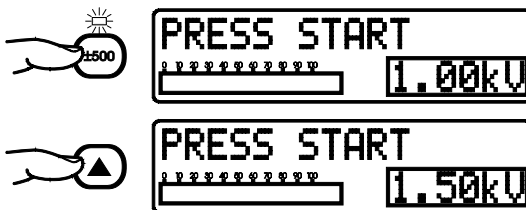
The use of  key allows the MD-5060x setting for the performance of a step voltage test type 1 or type 2; when this mode is selected, the display shows the **SVT:1** or **SVT:2** abbreviation.



SVT:1 Mode

Under this operation mode, the user does not define a specific voltage test, but a maximum voltage value. The device will start the test applying a 500 V voltage and increase this value in 500 V steps each minute until reaching the programmed voltage. At each stage, the **MD-5060x** measures the resistance before advancing towards the following step.

The use of voltage adjusting keys, determines the value of the highest voltage – which will be, in all cases, a multiple of 500 V, up to a 5000 V limit. It is advisable to use the  key in order to select this value;  key may be used, but if the selected value is not a multiple of 500, it will be rounded down.



SVT:2 Mode

In this mode, if the maximum voltage value is set to 2500 V or lower, the test will perform the same way as SVT:1 mode.


If the maximum voltage is set to a higher value than 2500 V, the test will always perform 5 steps with one minute duration each. The step voltage value will be the defined max. voltage divided by 5.

Example: if the max. voltage is set to 3000 V, the step voltage will be 600 V.




SVT test result

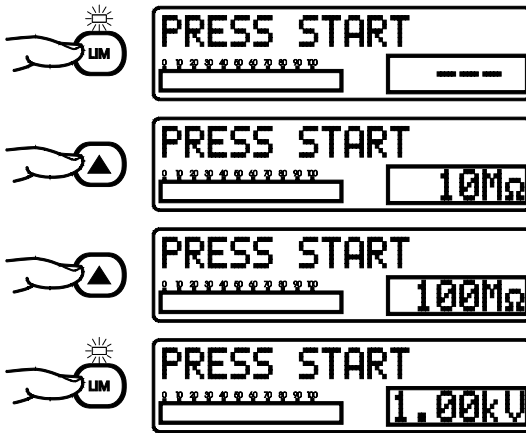
The test result is calculated according to the following formula:



$$SVT = \frac{R_{VMAX}}{R_{500}}$$

After test ending, the value may be recovered by pressing  key.




5.2.3. “Pass / Fail” Test mode

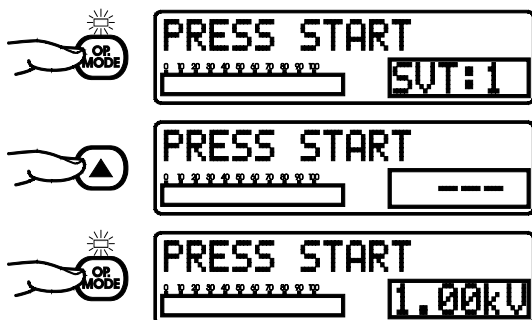
Press  key in order to determine the lower insulation limit for type “Pass / Fail test”. Select this value using  and  keys. Possible values are 10 MΩ, 100 MΩ, 1 GΩ or 10 GΩ.




During a “Pass/ Fail test”, the **MD-5060x** will indicate when the insulation resistance is lower than the programmed limit, with an intermittent beep and the  key led flashing. The  key led will remain flashing until the end of tests, or until the measurement of the resistance value is greater than the programmed limit.

5.2.4. Normal mode

The normal mode is used in the resistance measurement with unique voltage, without time limit. When selected, there are no special indications in the display. To return to normal mode, press the  key and use the  or  to select the “- - -” option.

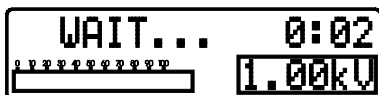


6. How to perform tests

Press  key. The **high voltage led** turns on immediately, indicating that the equipment internal generator is applying voltage to the element that is being tested. The display will show the test number, the selected voltage value and it will start the elapsed time count.



For a few seconds, the auto-range system will search for the most convenient range for the value being measured. Meanwhile, the display will show the message:



If the measured value is within the device range, the display will show the resistance value indication and its corresponding unit, and it will start the analogue bargraph indication.



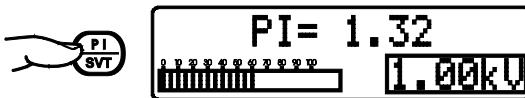
If the measured value exceeds 5 TΩ @ 5 kV, the following message will be read:



Note: If, during the test, it is necessary to change the test voltage, item 5.1 sequence shall be repeated

6.1. Polarization index (PI)



The $\frac{PI}{SVT}$ key makes it possible to visualize the Polarization Index value on the display. For this type of test, the equipment must be connected and applying voltage to the sample for 10 minutes. After this period, the operator must press the $\frac{PI}{SVT}$ key to show the PI value on the instrument display. If the key is pressed before the 10-min period has elapsed, the display will show PI= - - -.

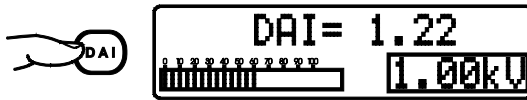


The polarization index is the ratio between the insulation resistance value measured after 10 min and the value measured after 1 min. This index is useful to determine whether it is necessary to perform preventive and predictive Maintenance in order to detect any insulation resistance wear and tear due to the excess of dust, dirt, grease, or else the action of chemical or physical agents, etc.

$$PI = \frac{R_{10\text{ minutes}}}{R_{1\text{ minute}}}$$

6.2. Dielectric Absorption Index (DAI)

The  key makes it possible to visualize the Dielectric Absorption Index value on the display. For this kind of test, the equipment should be connected, applying voltage to the sample for 60 seconds. After this period, the operator must press the  key to read the absorption index value on the display. If this key is pressed before the 1-minute period has elapsed, the display will show DAI = - - -.




The Dielectric Absorption Index is the ratio between the insulation resistance value measured after 60 seconds and the value measured after 30 seconds. This value is useful to determine whether it is necessary to perform preventive and predictive maintenance on the coils (transformers, engines and motors, generators, etc.).


$$DAI = \frac{R_{60\text{ seconds}}}{R_{30\text{ seconds}}}$$

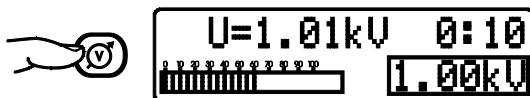
7. Other functions

7.1. Filter



When insulation measures are carried out in transformers or in large dimension machines, in presence of strong electromagnetic fields, it is possible that the equipment reading is unstable, especially for resistance values higher than 100 M Ω . In these cases it is convenient to press the  key before starting the measurement. This function allows to reach the insulation resistance value in an upward curve without significant oscillations.

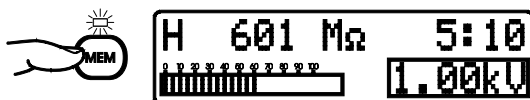
7.2. Voltmeter

By pressing the  key, the equipment will measure the voltage effectively applied to the element being tested.



7.3. Hold

The  key allows to hold the last performed reading on the display, at the moment this key was pressed, without interrupting the test. When this key is pressed again, the equipment updates the resistance and time values. The  key led and the letter **H** on the display indicates that the function was activated.



7.4. Internal memory

This equipment has an internal memory for up to 4000 measured values. This memory is administrated by the instrument and works in a cyclic way, this means, when the memory is full, the oldest values in the memory will be replaced by the newest ones. To avoid lost of data, always download the internal memory after finish the measurements.

7.5. Auto power-off

The Auto-power-off function turns off the equipment consumption (independently of the timer function) in two situations:

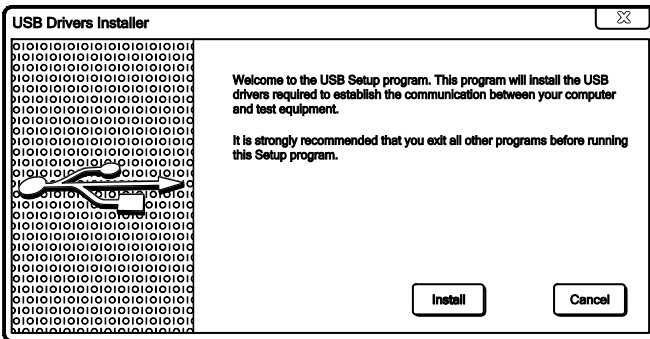
- **During the measurement** - After 35 minutes of measuring without checking the battery status.
- **Idle equipment** - After 10 minutes of inactivity.

8. Software

8.1. USB Drivers

To install the USB drivers required for the communication between PC and equipment follow the instructions:


1. Connect the equipment in the PC using the USB cable.
2. If there is an available Internet connection, Windows will silently connect to the Windows Update website and install any suitable driver it finds for the device. If no suitable driver is automatically found then you need to insert the CD-ROM, supplied with the equipment, in the PC, run the executable “**usb-install.exe**” and click in “**Install**”.



8.2. T-Logger software

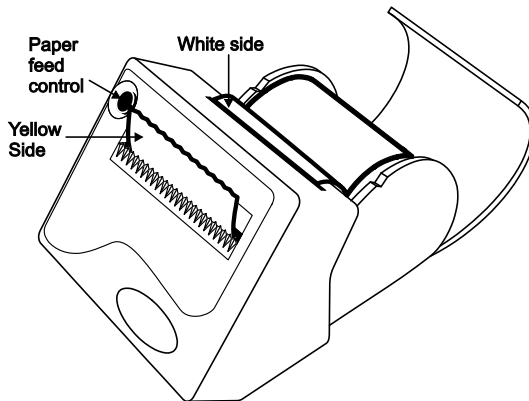
This software makes communication between the equipment and a computer with Windows operative system easier. It makes possible to synchronize the date and time of the equipment internal clock with the computer date and clock, to transfer the stored date, to clear the memory, to generate test graphics and protocols, etc. The installation and operation instructions are included in the software.

9. Printer (optional)

In order to enable the printing function press  key. Measured values will be printed each 15 seconds, and the Dielectric Absorption Index and Polarization Index will be printed after 1 minute and 10 minutes respectively. Printing may be started or stopped at any time during the test. However, it is convenient to turn the printer on before starting the test in order to print it complete, including the heading.

ATTENTION: Don't pull the paper, always use the Paper feed key. Never try to put the paper back into the printer. In any of these cases, the printer can be easily damaged.

This printer uses 37mm-wide thermal paper, which comes in a 33mm-diameter reel. The figure shown below indicates how to put the paper. Press the **Paper feed control** (until the paper appears).



To remove the old paper reel, cut the paper next to it and press the **Paper feed control**. The removal used-reel operation must be carried out in this way due to the fact that the paper movement is in one-way only, that is, the paper can be moved in one direction only.

10. Technical specifications

Test voltages	: 500, 1000, 2500, 5000 V with fast selection. 500 V to 5 kV in 100 V or 500 V steps. DC, negative in relation to grounding.
Maximum resistance reading	: 5 TΩ @ 5 kV.
Short circuit current	: 1.5 ± 0.5 mA
Test voltages accuracy	: ± 3% of nominal value over 10 GΩ resistance.
Equipment basic accuracy	: ± 5% of reading ± 3 digits (1 MΩ to 500 GΩ at any test voltage).
Advanced features	: Automated Polarization Index computing Automated Dielectric Absorption Ratio computing Step Voltage Test Programmable timer. “Pass-fail test” with programmable limits.
Built-in printer (optional)	: Prints elapsed time, actual voltage applied to the charge and measured resistance.
Interface	: USB.
Memory up to 4000 measured values	: It allows for the storage of 4000 tests readings in its internal NVRAM memory.
Built-in chronometer	: Shows elapsed time since measurement starts in mm:ss format.
Real time clock	: Indicates date, hour and minutes.
Environmental protection	: IP54 (with closed lid).
Safety class	: In accordance with IEC 61010-1.
EMC	: In accordance with IEC 61326-1
Electromagnetic irradiation Immunity	: In accordance with IEC 61000-4-3
Electrostatic immunity	: In accordance with IEC 61000-4-2

Power supply	: Internal rechargeable battery (LiFePO4 12 V - 3000 mAh) or AC Adapter.
Battery charger	: 12 V - 2.0 A (AC Adapter).
Operating temperature range	: 23°F to 122°F (-5°C to 50°C).
Storage temperature range	: -13°F to 149°F (-25°C to 65°C).
Humidity range	: 95% RH (non condensing).
Dimensions	: 10.78" x 9.84" x 4.88" (274 x 250 x 124 mm).
Equipment weight	: Approx. 5.96 lb (2.7 kg).
Supplied accessories	: 2 Measuring test leads 5.90 ft (1.8 meters). 1 Guard test lead 5.90 ft (1.8 meters). 1 AC Adapter. 1 USB communication cable. 1 T-Logger user license. 1 User guide. 1 Carrying bag.

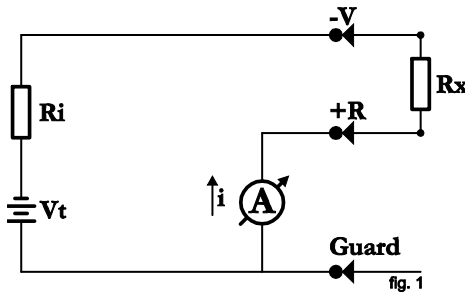
Subject to technical change without notice.

11. Application note 32

Use of “Guard” terminal in insulation testers

When insulation resistance measurements are performed with insulation testers, especially with high sensitivity instruments measuring high resistance values, the use of the *GUARD* terminal avoids the harmful influence of stray resistances.

In order to better explain the function of this terminal, let us start reviewing the insulation tester basic circuit diagram of fig. 1.



Where:

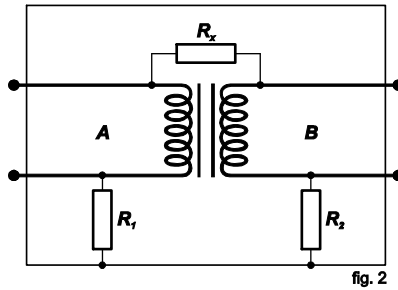
- +V : DC high-voltage generator
- Ri : Generator internal resistance
- A : Indicator meter (micro-ammeter)

The unknown resistance (R_x) is connected between V and R terminals. Its value determines the current passing through the circuit, which in turn is indicated by the micro-ammeter. The value of R_x can be determined as follows:

$$R_x = \frac{V}{i} - R_i$$

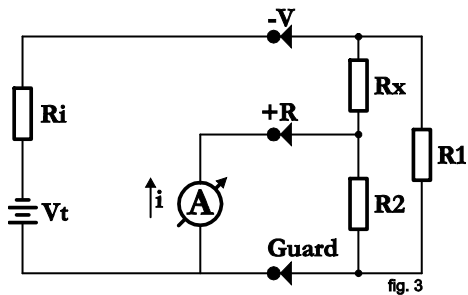
In many cases the resistance to be measured is in parallel with other stray resistances which influence on R_x should be minimized.

A typical example of this situation is when the insulation resistance between primary and secondary windings of a transformer mounted inside a metal housing is to be measured.



- Rx: Insulation resistance between primary and secondary winding.
- R1: Insulation resistance between primary winding and housing.
- R2: Insulation resistance between secondary winding and housing.

If the insulation tester (terminals V and R) is connected to transformer terminals A and B, and considering that the resistance of the coils on each side of the transformer may be disregarded, R_x appears to be in parallel with $(R_1 + R_2)$. The situation is changed if we connect the transformer housing to GUARD terminal. Then the circuit will be:



In the circuit of Fig. 3 it may be noted that R1 is in parallel with a low-value resistance (the one from the micro-ammeter) therefore its influence is reduced during reading.

Through resistance R2 circulates a current which is not passing through the meter and consequently does not affect the reading. In fact, current through R2 originates a certain error, since it creates an additional voltage drop in R1 which was not regarded during equipment calibration. As regards the practical use of instrument, it shall be considered that if R1 and R2 are higher than 100 MΩ, any value of Rx will be measured with an insignificant error. For example: Let us consider Rx = 3000 MΩ and R1 = R2 = 100 MΩ, the reading without using the GUARD terminal would be 187.5 MΩ, which is quite wrong. On the other hand, if the GUARD terminal is properly used, we would have 3000 MΩ.

12. Warranty

TENTECH CORPORATION warrants the products for one year from date of shipment. We will repair, without charge, any defects due to faulty materials or workmanship. For warranty repair information, visit our webpage www.tentech.com. This warranty does not apply to accessories or damage caused where repairs have been made or attempted by others. Warranty period for accessories and batteries is 6 months except for LFP batteries, which have the same warranty period as the equipment itself.

TENTECH's warranty obligation is limited, at TENTECH's option, to free of charge repair or replacement of the defective product within the warranty period, or to refund of the purchase price.

Any costs for transportation to manufactures facility is the responsibility of the customer. The manufacturer assumes no risk for damage in transit.

If TENTECH determines that the failure was caused by misuse, alteration, accident or abnormal condition or handling, you will be charged for the repair and transportation.

The manufacturer does not take any responsibility for any eventual damage due to the use or impossibility to the use of the equipment such as the loss of memory data, accidents in the field, loss of profit, etc.

MD-5060_x

Megóhmetro digital de hasta 5 kV

Manual de uso










Precauciones de seguridad

- Deberán leerse y comprenderse las Precauciones de Seguridad y el Manual de Uso antes de usar el instrumento.
- Respete rigurosamente las normas de seguridad para el trabajo con alta tensión cuando utilice este equipo. Las tensiones generadas son peligrosas.
- Nunca conecte o desconecte las puntas de prueba con el megóhmetro en funcionamiento o mientras el indicador luminoso de Alta Tensión está encendido. Si tiene que hacer alguna modificación al conexionado hágala con el equipo apagado.
- No haga cortocircuitos entre los bornes de salida de alta tensión y los bornes R o Guard mientras el megóhmetro está funcionando. Esto puede ser peligroso para el operador.
- Antes de conectar el megóhmetro verifique, usando pértigas adecuadas, que no existan potenciales peligrosos en los puntos a los que se conectará.
- El panel del equipo, bornes y conectores deben mantenerse secos y limpios.

Este equipo debe ser operado únicamente por personas calificadas, aplicando rigurosamente las normas de seguridad pertinentes.

Símbolos utilizados en el equipo

	Atención, riesgo de descarga eléctrica .
	Atención, referirse al manual de uso.
	Batería
	Impresora
	Voltímetro
	El equipo está conforme con las directrices actuales de la U.E.
	El contenedor de basura tachado significa que, en la Unión Europea, el producto deberá ser objeto de una recogida selectiva de los residuos para el reciclado de los aparatos eléctricos y electrónicos de conformidad con la directiva WEEE 2002/96/CE.

Índice

1. Descripción	36
2. Panel de control	37
2.1. Conexiones y ítems del panel	37
2.2. Teclado	38
2.3. Indicadores	40
2.3.1. Display	40
2.3.2. Cronómetro incorporado	40
2.3.3. Reloj en tiempo real	40
2.3.4. Número del ensayo	40
2.3.5. Modelo y Número de serie	40
2.3.6. Indicador de alta tensión	41
3. Alimentación	41
3.1. Verificación del estado de la batería	41
3.2. Cargador de batería	42
4. Conectando el equipo	43
4.1. Uso del borne “Guard” (G)	44
5. Configurando los ensayos	45
5.1. Tensión de prueba	45
5.2. Seleccionando el modo de operación	46
5.2.1. Modo Timer	46
5.2.2. Modo SVT (ensayos por escalones de tensión)	47
5.2.3. Modo ensayo “Pasa / no pasa”	49
5.2.4. Modo Normal	50
6. Realizando mediciones	50
6.1. Índice de polarización (PI)	52
6.2. Índice de absorción dieléctrica (DAI)	53
7. Otras funciones	54
7.1. Filtro	54
7.2. Voltímetro	54
7.3. Hold	54
7.4. Memoria	55
7.5. Auto-apagado	55
8. Software	56
8.1. Instalando los drivers USB	56
8.2. Software T-Logger	56
9. Impresora (opcional)	57
10. Especificaciones técnicas	58
11. Boletín técnico 32	60
12. Garantía limitada	62

1. Descripción

El megóhmetro digital inteligente **MD-5060x**, es un equipo de gran versatilidad, robusto y fácil de utilizar. Emplea una tecnología de probada eficacia, que proporciona mediciones confiables, seguras y precisas de resistencias de aislamiento de hasta 5.000.000 M Ω @ 5 kV, con 4 tensiones de prueba preseleccionadas: 500 V - 1 kV - 2,5 kV - 5 kV, con posibilidad de aumentar o disminuir estos valores en pasos de 100 V o de 500 V.

El equipo está controlado por un microprocesador, lo que facilita su operación y permite la introducción de funciones avanzadas tales como: Selección automática del rango, memoria para hasta 4000 valores medidos, voltímetro, medición automática de los índices de polarización y de absorción dieléctrica, "Timer" para programar el tiempo del ensayo de resistencia, "Límite" que permite realizar ensayos del tipo "Pasa / No pasa" con límite programable, ensayo de escalones de tensión, impresora incorporada (opcional), reloj en tiempo real, calendario para identificación de las mediciones y cronómetro incorporado indicando el tiempo transcurrido desde el inicio del ensayo en minutos y segundos.

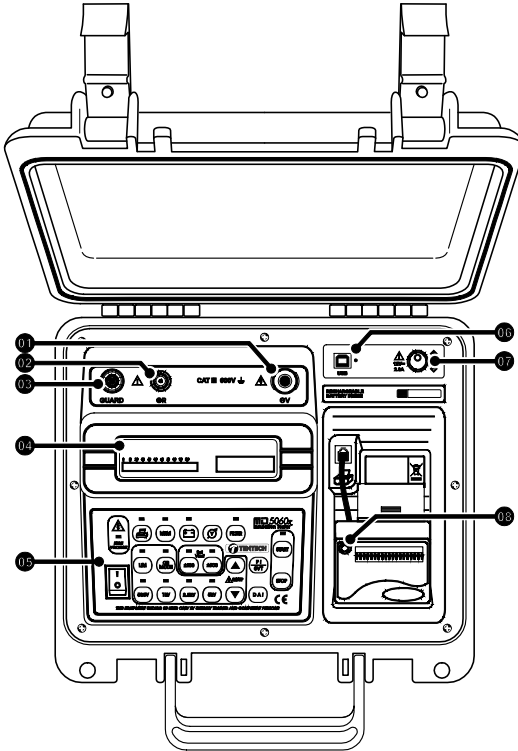
La interface USB permite la comunicación del equipo con una computadora para transmitir los datos registrados. El software T-Logger, analiza los resultados y los presenta por medio de gráficos y tablas, generando automáticamente el protocolo de ensayo.

Otra característica destacada de este megóhmetro son las tensiones negativas en referencia al borne de potencial cero (R), para detectar humedad en las instalaciones por el efecto de electroendosmosis.

Por sus características constructivas este instrumento es extremadamente robusto, con excelente desempeño tanto en laboratorio como en los trabajos de campo, en condiciones ambientales rigurosas, típicas de las regiones tropicales.

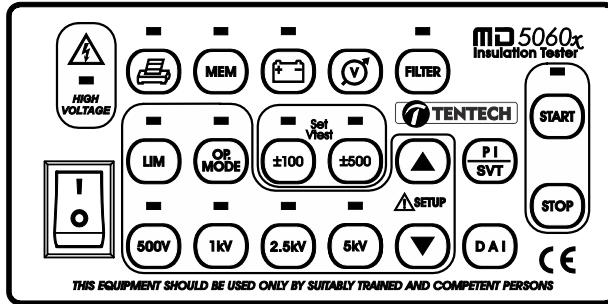
2. Panel de control

2.1. Conexiones y ítems del panel
















- 01 Borne de **salida de tensión (-V)**
- 02 Borne de **referencia cero (+R)**
- 03 Borne **Guard (G)**
- 04 **Display**
- 05 **Teclado**
- 06 Puerta de comunicación **USB**
- 07 **Entrada de alimentación**
- 08 Control de **alimentación del papel** (impresora opcional)

2.2. Teclado



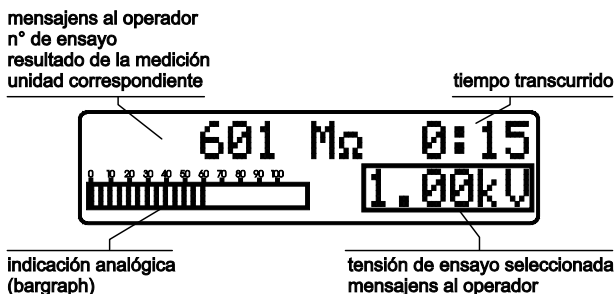
Tecla	Función	Led
	On/Off - Llave de encendido.	-
	Activa el filtro que minimiza interferencias de ruido externo.	El filtro está activado.
	Exhibe el estado de carga de la batería.	Indica que el cargador de batería está actuando.
	Permite la programación de las tensiones de ensayo en pasos de 500 V. Habilita las teclas de selección rápida de tensiones .	Modo de programación de la tensión de prueba en pasos de 500 V.
	Permite la programación de las tensiones de ensayo en pasos de 100 V. Habilita las teclas de selección rápida de tensiones .	Modo de programación de la tensión de prueba en pasos de 100 V.
	Selección rápida de tensión de 500 V.	Indica que la tensión seleccionada es 500 V.
	Selección rápida de tensión de 1 kV.	Indica que la tensión seleccionada es 1 kV.

	Selección rápida de tensión de 2,5 kV.	Indica que la tensión seleccionada es 2,5 kV.
	Selección rápida de tensión de 5 kV.	Indica que la tensión seleccionada es 5 kV.
	Permite la programación del Modo de Operación (Normal, SVT1, SVT2 o con timer de tiempo seleccionable).	Está habilitada la selección de Modo de Operación.
	Permite la programación del límite para el ensayo "Pasa / No pasa".	Está habilitada la selección de Límite.
	Enciende / Apaga la impresión de los valores medidos (impresora opcional).	La impresora está activada.
	Aumenta el valor que está siendo programado.	-
	Disminuye el valor que está siendo programado.	-
	Start. Inicia el ensayo.	Indica que está siendo ejecutado el ensayo.
	Exhibe la tensión efectivamente aplicada.	-
	Congela en el display la última lectura.	El valor mostrado en el display está congelado.
	Muestra el valor del Ensayo de Escalones de Tensión (SVT) o del Índice de Polarización (PI).	-
	Muestra el valor del Índice de Absorción Dieléctrica.	-
	Stop. Fin del ensayo.	-

2.3. Indicadores

2.3.1. Display

Display alfanumérico LCD donde es exhibido el resultado de la medición la unidad correspondiente, el tiempo transcurrido desde el inicio de la medición, la tensión de ensayo seleccionada, la indicación analógica por bargraph y mensajes al operador (en inglés).



2.3.2. Cronómetro incorporado

Posee indicación del tiempo transcurrido desde la aplicación de la tensión de ensayo en minutos y segundos.

2.3.3. Reloj en tiempo real

Posee reloj en tiempo real con indicación de fecha, hora y minutos, para facilitar la identificación de los ensayos registrados en la memoria.

2.3.4. Número del ensayo

Los ensayos son numerados automáticamente por el megóhmetro para facilitar su identificación.

2.3.5. Modelo y Número de serie

En el comienzo de cada ensayo son registrados el modelo del equipo así como su número de serie, permitiendo relacionar los resultados obtenidos con su respectivo Certificado de Calibración del equipo.

2.3.6. Indicador de alta tensión




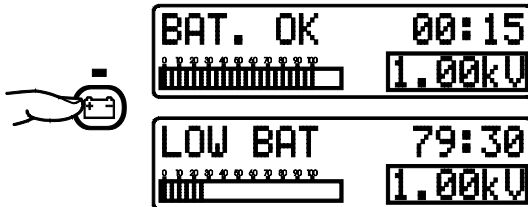
Indica la presencia de **ALTA TENSIÓN** en el borne de salida. Permanece encendido hasta que las capacidades, tanto internas del equipo como las externas, sean descargadas por el propio megóhmetro.

3. Alimentación

El **MD-5060x** se alimenta mediante una batería recargable interna de LiFePO4 12 V - 3000 mAh o por la red (a través de la fuente de alimentación).

3.1. Verificación del estado de la batería

Durante la medición es posible verificar el estado de la batería. Para eso se debe mantener oprimida la tecla  y verificar la indicación en el display. Será indicado BAT. OK si la carga fuera suficiente, o LOW BAT en el caso de que la batería precisa ser recargada. La escala analógica de barras (bargraph), da una idea aproximada del porcentaje de carga remaneciente (mínimo de 20% para operación normal).




Cuando la carga de la batería alcanza el valor mínimo de operación normal aparece automáticamente el mensaje LO BAT en el área en que se indica el valor de tensión de ensayo, alternándose con la misma cada 1 segundo.




3.2. Cargador de batería

Para cargar la batería siga el siguiente procedimiento:

- Verifique que la llave **On/Off** esté en Off.
- Conecte el equipo a la red de energía eléctrica a través de la fuente de alimentación fornecida. Después de un instante, el indicador luminoso **carga de la batería** (led de la tecla ) brillará alternadamente en los colores verde y rojo durante un segundo, mientras el cargador verifica el estado inicial de la batería para seleccionar los parámetros optimizados de la carga.

Significado de las indicaciones luminosas

Luces verde y roja brillando alternadamente	Evaluación del estado inicial de la batería al enchufar la fuente, durante un segundo.
Luz roja permanente	Batería en carga.
Luz roja intermitente	La batería está recibiendo poca carga.
Luz verde permanente	Carga finalizada con éxito. Batería OK.
Luz verde intermitente	El proceso de carga terminó sin embargo la batería no recibió la carga completa.

Si durante la carga de la batería el equipo fuera encendido para efectuar una medición, la carga quedará temporalmente interrumpida. Si el led de la tecla  estuviera con luz roja, se apagará. Si el led estuviera con luz verde, continuará encendido indicando que la batería está cargada (pero deja de cargarse). Cuando se apague el equipo, la carga se reiniciará automáticamente.



Al final de su vida útil, la batería debe ser reciclada o colocada en lugar apropiado, para proteger el medio ambiente.

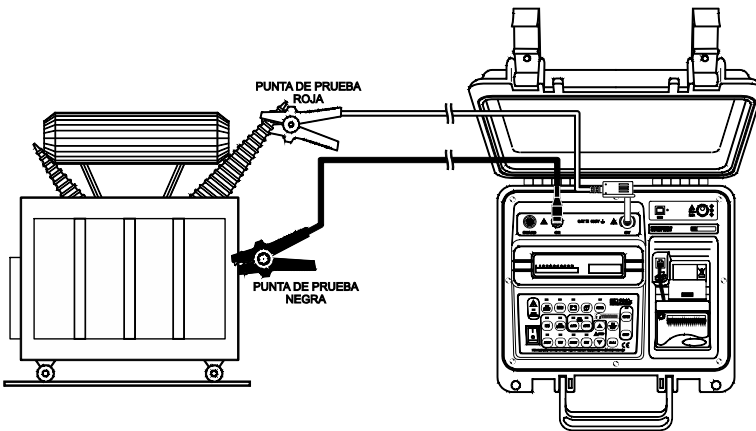
La batería recargable no presenta “efecto memoria” por lo que puede ser cargada tantas veces como se desee. En cambio, su vida útil se reduce sensiblemente si se permite que permanezca totalmente descargada. Para evitar este efecto cargue la batería antes de almacenar el equipo y no deje pasar más de 30 días sin repetir el proceso de carga, aunque el instrumento no haya sido utilizado (La batería pierde parte de su carga estando almacenada).

4. Conectando el equipo

Atención: todos los procedimientos abajo deben ser realizados con el equipo **apagado**, para mayor seguridad del operador.

Asegúrese que no existan diferencias de potencial entre los puntos a los cuales se conectará el megóhmetro, ni entre ellos y tierra.

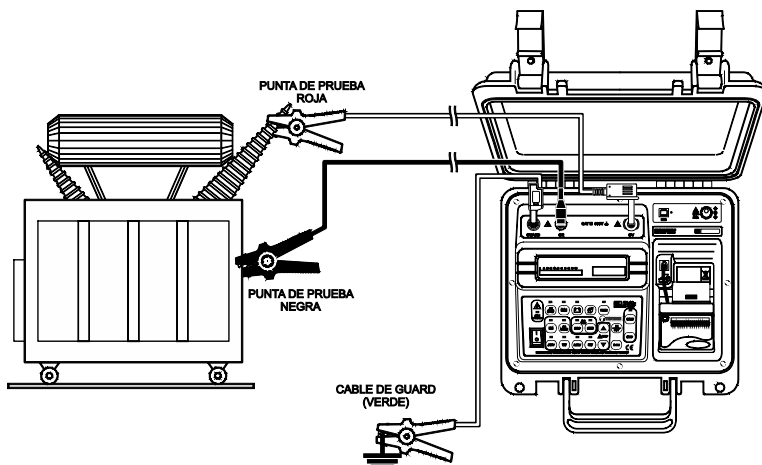
Conecte el terminal de seguridad del cable rojo al borne de salida de tensión **V** del megóhmetro. Conecte el terminal BNC del cable negro al borne de **REFERENCIA CERO (+R)** y los terminales cocodrilo al elemento a medir como indica la figura abajo.



Las puntas de prueba en el dibujo son meramente ilustrativas

4.1. Uso del borne “Guard” (G)

Según la medición que se vaya a realizar, puede emplearse o no el borne **G (Guard)**. Durante las mediciones, el megóhmetro debe estar eléctricamente referido a tierra para evitar que el equipo quede a un potencial elevado lo que provoca lecturas inestables. Cuando se mide aislamiento respecto de tierra, el borne R está conectado a tierra y se cumple la condición de fijar el potencial del equipo. En cambio, cuando la medición se realiza entre dos puntos que no están conectados a tierra (por ej., entre dos conductores de fase en un cable trifásico) el borne GUARD del megóhmetro debe conectarse a tierra. **Esto implica que siempre que se mide, uno de los bornes GUARD o R debe estar conectado a tierra, pero no ambos simultáneamente.**

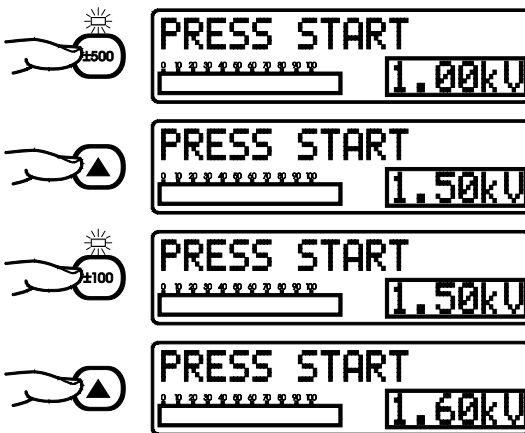


El Boletín Técnico 32 explica el uso del borne GUARD para minimizar el efecto de resistencias parásitas, cuya influencia sobre la medición se desea evitar.

5. Configurando los ensayos

5.1. Tensión de prueba

Para definir el valor de la tensión de prueba, es necesario seleccionar una de las teclas de ajuste de tensión: ± 100 o ± 500 . Estas teclas habilitan tanto la selección de las tensiones pre-programadas (500 V - 1 kV - 2,5 kV - 5 kV) cuanto las teclas \blacktriangle y \blacktriangledown , que disminuyen o aumentan el valor de la tensión de prueba en 100 V o 500 V, dependiendo de la tecla de ajuste de tensión seleccionada. Siempre que el equipo es encendido a tecla de ajuste de tensión ± 500 estará seleccionada. Para salir del modo de selección de tensión de prueba, presione nuevamente la tecla de ajuste que está activada.



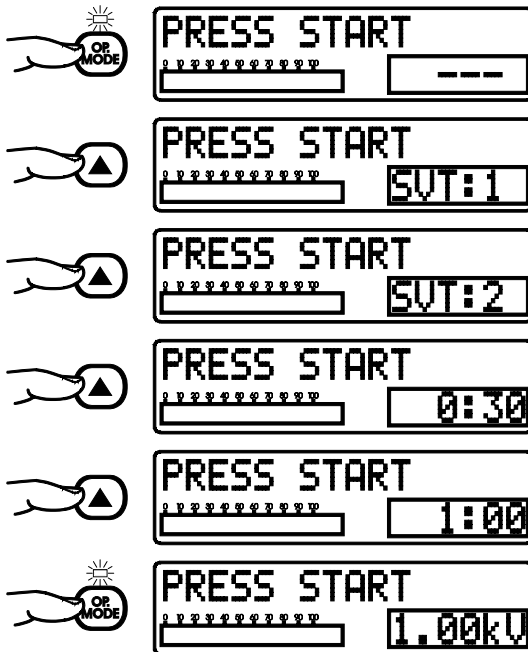
Apunte: la tensión de prueba es lo único parámetro que puede ser modificado durante los ensayos.

5.2. Seleccionando el modo de operación

La tecla permite seleccionar el modo de operación del equipo, el tipo de ensayo y la duración del mismo, en combinación con las teclas y . El modo de ensayo “Pasa / No pasa” es activado a través da tecla .

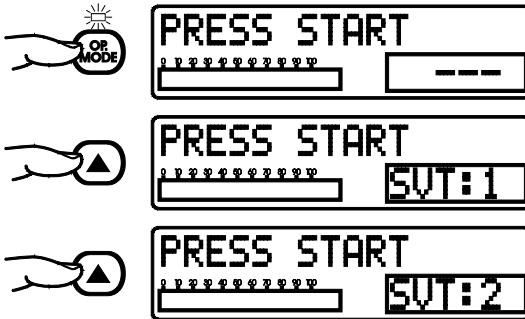
5.2.1. Modo Timer

Presione la tecla y utilice las teclas o para definir a duración del ensayo en 30 seg, 1 min, 3 min, 10 min o 30 min. En el display aparece el tiempo definido. Esta programación debe ser hecha antes de iniciar el ensayo. Oprimir la tecla durante el ensayo permite apenas visualizar o valor seleccionado. Presione a tecla para confirmar el valor seleccionado. El led da tecla quedará parpadeando.



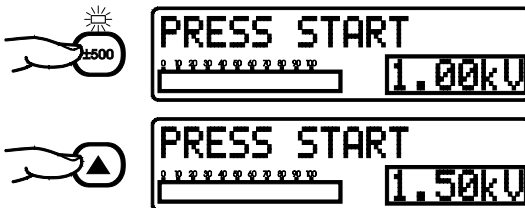
5.2.2. Modo SVT (ensayos por escalones de tensión)

Presione la tecla OP MODE y utilice las teclas ▲ o ▼ para seleccionar el modo SVT1 o SVT2.



Modo SVT:1

En este modo de operación, el usuario no define una tensión de prueba específica, sino un valor máximo de tensión; el aparato iniciará los ensayos aplicando una tensión de 500 V, y aumentará este valor en escalones de 500 V a cada minuto hasta alcanzar la tensión máxima programada. En cada etapa, el MD-5060x mide la resistencia antes de pasar al escalone siguiente. Usando las teclas de ajuste de tensión, determine el valor de la tensión máxima - que será, en todos los casos, un múltiplo de 500 V, hasta un límite de 5000 V. Es recomendable usar la tecla ±500 para seleccionar este valor; la tecla ±100 puede ser usada, pero si el valor seleccionado no fuera un múltiplo de 500, este será redondeado hacia abajo.



Modo SVT:2

En este modo, si se define el valor máximo de tensión hasta 2500 V, la prueba será realizada como en el modo SVT:1.


Si se define el valor máximo de tensión un valor mayor de 2500 V, la prueba será realizada en 5 pasos de un minuto cada. El paso de tensión será el valor máximo de tensión dividido por 5.

Ejemplo: si el valor máximo de tensión definido es 3000 V, el paso de tensión será de 600 V.

Resultado de la prueba de escalones de tensión

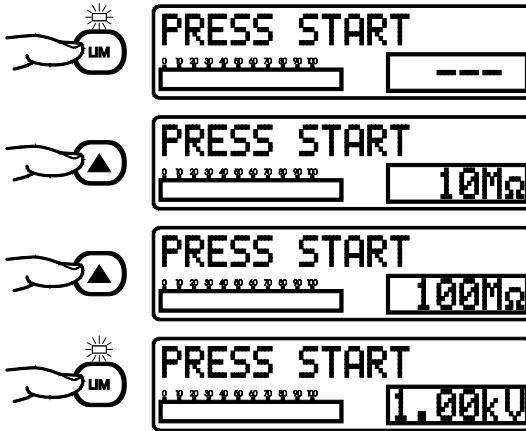
El resultado de los ensayos se calcula con la siguiente fórmula:

$$SVT = \frac{R_{VMAX}}{R_{500}}$$

Después de finalizados los ensayos se puede recuperar el valor presionando la tecla .

5.2.3. Modo ensayo “Pasa / no pasa”

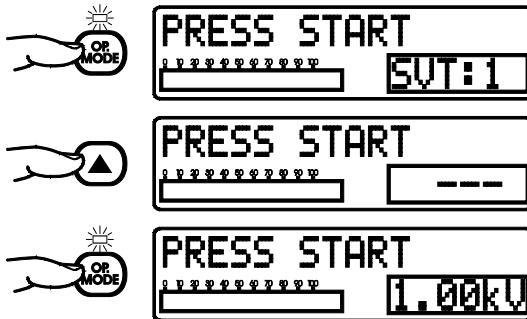
Presione la tecla (LIM) para determinar el límite inferior de aislación para ensayos del tipo “Pasa / No pasa”. Seleccione este valor usando las teclas (▲) y (▼); los valores posibles son 10 MΩ, 100 MΩ, 1 GΩ o 10 GΩ.



Durante un ensayo “Pasa / No pasa”, el MD-5060x indicará con un BIP intermitente y con el led de la tecla (LIM) parpadeando cuando la resistencia de aislación sea inferior al límite programado. El led de la tecla (LIM) permanecerá parpadeando hasta el fin de los ensayos, o hasta que el valor de la resistencia medida sea superior al límite programado.

5.2.4. Modo Normal

Ensayo de medición de resistencia con tensión única, sin límite de tiempo. Para volver al modo normal, presione la tecla y con las teclas o seleccione la opción " - - - ".

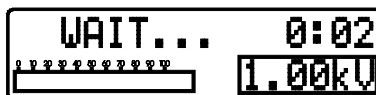


6. Realizando mediciones

Oprima la tecla . Inmediatamente el led de **ALTA TENSIÓN** se enciende indicando que el generador interno del megóhmetro está aplicando la tensión al elemento bajo ensayo. Luego el display mostrará el n° del ensayo, el valor de la tensión y iniciará el conteo del tiempo transcurrido.



Durante algunos segundos el sistema inteligente de auto-rango buscará el rango más conveniente para el valor que está midiendo. En ese tiempo el display mostrará el mensaje:



Si el valor estuviera dentro del alcance del instrumento, la indicación del n° de ensayo dará lugar para la indicación del valor de la resistencia y su unidad correspondiente, y iniciará la indicación analógica por bargraph.





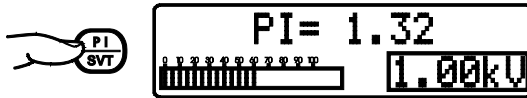
Si el valor medido sobrepasa 5 TΩ @ 5 kV, el mensaje será:



Apunte: se durante el ensayo fuera necesario cambiar la tensión de prueba, repita el procedimiento del ítem 5.1.

6.1. Índice de polarización (PI)

La tecla  permite ver el valor del Índice de Polarización. El megóhmetro debe quedar conectado, aplicando tensión a la muestra, durante 10 minutos. Después de ese tiempo el operador debe oprimir la tecla  para que el megóhmetro indique el valor del índice de polarización.



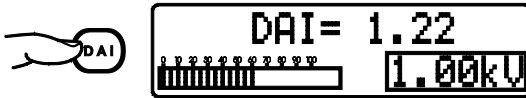
Si se anticipa a oprimir la tecla  antes de transcurrido 10 minutos el display indicará PI = - - - .

El índice de polarización es el cociente entre el valor de la resistencia de aislamiento medido a los 10 minutos y el valor medido a 1 minuto. Este índice es muy útil en el mantenimiento predictivo y preventivo para detectar la deterioración de la resistencia de aislamiento por la presencia excesiva de polvo, suciedad, grasas o la acción de agentes químicos / físicos, etc.

$$PI = \frac{R_{10 \text{ minutos}}}{R_{1 \text{ minuto}}}$$

6.2. Índice de absorción dieléctrica (DAI)

La tecla DAI permite visualizar el valor del Índice de Absorción Dieléctrica. El megóhmetro debe quedar conectado, aplicando tensión a la muestra, durante 1 minuto (60 segundos). Después de ese tiempo, el operador debe oprimir la tecla DAI para leer el valor del índice de absorción.



Si se anticipa a oprimir la tecla DAI antes de transcurrido 1 minuto el display indicará $\text{DAI} = - - -$.


El Índice de Absorción Dieléctrico es el cociente entre el valor de la resistencia de aislamiento medido a los 60 segundos y el valor medido a los 30 segundos y es útil en el mantenimiento preventivo y predictivo de bobinados (de transformadores, motores, generadores, etc.).

$$DAI = \frac{R_{60 \text{ segundos}}}{R_{30 \text{ segundos}}}$$


7. Otras funciones

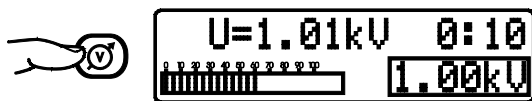
7.1. Filtro

Cuando se realizan mediciones en transformadores o en máquinas de grandes dimensiones, en presencia de campos electromagnéticos fuertes, es posible que la lectura del equipo sea inestable, sobre todo para valores de resistencias mayores que 100 M Ω .




En estos casos es conveniente oprimir la tecla  antes de iniciar a medición. Esta función permite alcanzar el valor de resistencia de aislamiento en una curva ascendente sin oscilaciones molestas.

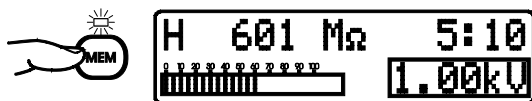
7.2. Voltímetro

Durante una prueba, al presionar la tecla , el equipo exhibirá la tensión efectivamente aplicada al elemento bajo ensayo.



7.3. Hold

La tecla  permite retener en el display la última lectura efectuada en el instante en que se oprimió esta tecla sin interrumpir el ensayo. Al liberarse la tecla , el megóhmetro actualiza los valores de resistencia y tiempo. El led de la tecla  encendido y la letra **H** en el display, indican que fue activada esta función.



7.4. Memoria

Este equipo tiene una memoria interna para hasta 4000 valores de medición. Esta memoria es administrada por el equipo de modo cíclico. Cuando la memoria este completa, a medida que se van realizando nuevos ensayos se van borrando definitivamente los más antiguos. Por razones de precaución, siempre descargue la memoria del equipo para una computadora cuando terminar los ensayos.

7.5. Auto-apagado

La función de auto-apagado, desactiva el consumo del equipo (independientemente da función timer) en dos situaciones:

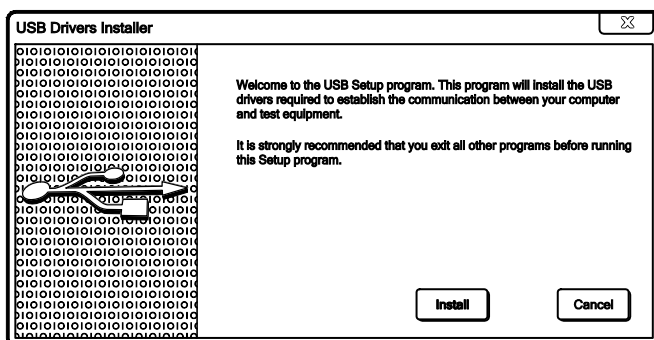
- Durante una medición - Después de 35 minutos de funcionamiento sin que, durante este período, sea ejecutada la función de verificación del estado de la batería.
- Equipo ocioso - Después de 10 minutos de inactividad.

8. Software

8.1. Instalando los drivers USB

Para instalar los drivers necesarios para la comunicación entre la computadora y el equipo, siga el procedimiento abajo:


1. Conecte el equipo a la computadora a través del cable USB.
2. Si se detecta una conexión a internet, el Windows irá buscar los drivers en el sitio Windows Update y los instalará automáticamente. Si no se encuentra ningún driver automáticamente, insiera el CD-ROM, fornecido con el equipo, en su computadora y ejecute el archivo “usb-install.exe” y haga clic en “Install”.



8.2. Software T-Logger

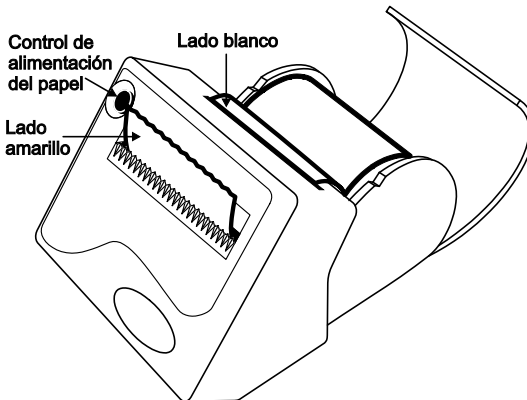
Este software facilita la comunicación entre el equipo y una computadora con sistema operativo Windows. Permite sincronizar la fecha y hora del reloj interno del equipo con la fecha y hora de la computadora, transferir los datos almacenados, limpiar la memoria, transferir en tiempo real los valores medidos, generar gráficos y protocolos de ensayos, etc. Las instrucciones de instalación y uso están incluidas en el propio software.

9. Impresora (opcional)

Para habilitar la impresora, oprima la tecla . Los valores medidos serán impresos cada 15 segundos. El Índice de Absorción Dieléctrica y el Índice de Polarización serán impresos después de 1 minuto y 10 minutos respectivamente. La impresión puede ser iniciada o terminada en cualquier momento durante el ensayo, no obstante es conveniente habilitar la impresora antes de iniciar el ensayo para sea impreso completo, incluido el encabezamiento.

ATENCIÓN: No tire del papel, siempre use la tecla de Control de alimentación de papel. Nunca intente introducir el papel de vuelta para la impresora. En cualquier de estos casos la impresora puede dañarse fácilmente.

Esta impresora utiliza papel térmico, 37 mm de ancho, en una bobina de hasta 33 mm de diámetro. La figura abajo muestra cómo colocar el papel.



Oprima la tecla **Control de alimentación** hasta el papel aparecer. Para retirar la bobina de papel antigua, corte el papel cerca de la bobina y oprima la tecla **Control de alimentación**. Las operaciones de retirada de la bobina usada deben ser efectuadas de esta manera por que el movimiento del papel es unidireccional, o sea, el papel se mueve solamente en una dirección.

10. Especificaciones técnicas

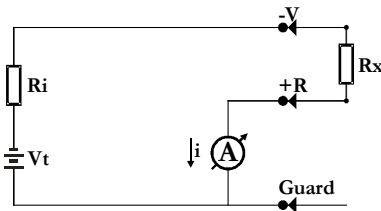
Tensiones de ensayo	: 500, 1000, 2500, 5000 V con selección rápida. 500 V a 5 kV en pasos de 100 V o de 500 V. Tensión continua, negativa respecto de tierra.
Alcance	: 5 T Ω @ 5 kV.
Corriente de cortocircuito	: 1,5 \pm 0,5 mA.
Exactitud de las tensiones de prueba	: \pm 3% do valor nominal sobre una resistencia de 10 G Ω .
Exactitud básica del megóhmetro	: \pm 5% de la lectura \pm 3 dígitos (1 M Ω a 500 G Ω en cualquier tensión de prueba)
Características avanzadas	: <ul style="list-style-type: none">• Cálculo automático del Índice de Polarización.• Cálculo automático del Índice de Absorción Dieléctrica.• Ensayo de Escalones de Tensión.• Timer programable.• Ensayos "Pasa / No pasa" con límites programables.
Impresora (opcional)	: Imprime el tiempo transcurrido, la tensión realmente aplicada a la carga y la resistencia medida.
Interface	: USB.
Software T-Logger	: Permite descargar los datos almacenados en la memoria y sincronizar el reloj interno del megóhmetro con la fecha y hora real.
Memoria hasta 4000 lecturas	: Permite almacenar 4000 lecturas de ensayos en su memoria interna, no volátil, que pueden ser descargadas en una computadora.
Cronómetro incorporado	: Muestra el tiempo transcurrido desde el inicio de la medición en formato mm:ss .

Reloj en tiempo real	: Indica la fecha, hora y minutos.
Índice de protección ambiental	: IP54 (con la tapa cerrada).
Seguridad	: De acuerdo con IEC 61010-1.
Compatibilidad electromagnética (E.M.C.)	: De acuerdo con IEC 61326-1.
Inmunidad a las radiaciones electromagnéticas	: De acuerdo con IEC 61000-4-3.
Inmunidad electrostática	: De acuerdo con IEC 61000-4-2.
Alimentación	: Batería recargable interna (LiFePO ₄ 12 V - 3000 mAh) o a través de la fuente de alimentación.
Cargador de batería	: Fuente de alimentación de 12 V - 2,0 A
Temperatura de operación	: -5°C a 50°C.
Temperatura de almacenamiento	: -25°C a 65°C
Humedad	: 95% HR (sin condensación).
Peso del equipo	: Aprox. 2,7 kg.
Dimensiones	: 274 x 250 x 124 mm.
Accesorios incluidos	: 2 cables de medición de 1,80 m. Cable para Guard de 1,80m. Fuente de alimentación. Cable USB. Software T-Logger. Bolsa para transporte. Manual de uso.

11. Boletín técnico 32

Utilidad del borne "Guard" de los megóhmetros

Cuando se realizan mediciones de resistencias de aislamiento con megóhmetros, especialmente con instrumentos de alta sensibilidad, que miden resistencias de valor muy alto, resulta conveniente el empleo del borne "Guard", que permite independizar la medida realizada de las resistencias parásitas. Para comprender mejor la función de este borne conviene comenzar analizando el esquema básico del megóhmetro.

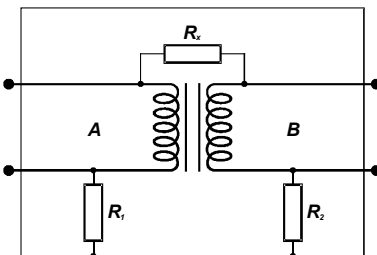


- Vt** : Generador de tensión de c.c.
- Ri** : Resistencia interna del generador
- A** : Nano-amperímetro del microprocesador

La resistencia incógnita (**Rx**) se conecta entre los bornes **-V** y **+R**. Su valor determina la corriente que circula en el circuito, que es leída por el circuito de corriente del microprocesador representado en la figura como un nano-amperímetro **A**. El valor de **Rx** puede ser determinado mediante la siguiente ecuación:

$$R_x = \frac{V}{i} - R_i$$

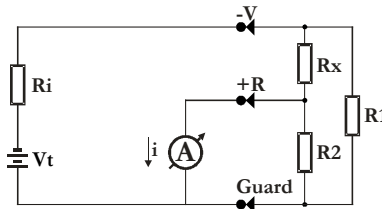
En muchos casos, la resistencia que se pretende medir aparece en paralelo con otras resistencias parásitas cuya influencia en el valor medido debe minimizarse. Un ejemplo típico de esta condición es el caso en que se debe medir la resistencia de aislamiento entre primario y secundario de un transformador montado dentro de una carcasa metálica:



- Rx** : Resistencia de aislamiento entre primario y secundario.
- R1** : Resistencia de aislamiento entre primario y carcasa.
- R2** : Resistencia de aislamiento entre secundario y carcasa.

Si conectamos el megóhmetro (a través de los bornes **-V** y **+R**) a los terminales **A** y **B** del transformador y ya que las resistencias de las espiras de cada lado del transformador son despreciables frente a la de aislamiento entre primario y secundario, aparecerá para el megóhmetro una resistencia **R_x** en paralelo con **R₁ + R₂**, por lo que el megóhmetro indicará una resistencia menor que la esperada.

La situación se modifica si conectamos la carcasa del transformador al borne **Guard**. Resulta el siguiente circuito:



En el circuito de la figura se observa que **R₂** está en paralelo con una resistencia de bajo valor (la del nano-amperímetro) y por lo tanto, tiene una influencia despreciable en la lectura.

Por la resistencia **R₁** circula una corriente que no pasa por el circuito de corriente del microprocesador (nano-amperímetro) y por lo tanto no afecta la lectura. Haciendo un análisis más detallado se observa que la corriente a través de **R₁** genera un pequeño error, ya que produce una caída de tensión adicional en **R₂**, pero que se puede considerar totalmente despreciable.

Para todos los efectos prácticos de utilización del megóhmetro se debe considerar que, si **R₁** y **R₂** son mayores que 100 MΩ, cualquier valor de **R_x** será medido con un error despreciable utilizando el borne **Guard** del que resultaría de realizar la lectura sin la utilización del mismo.

Un ejemplo numérico permite cuantificar lo anteriormente expuesto. Supongamos los siguientes valores:

- R_x** = 3.000 MΩ
- R₁** = 100 MΩ
- R₂** = 100 MΩ

El valor medido sin utilizar el borne **Guard** sería de 187,5 MΩ y por lo tanto totalmente inútil. En cambio, utilizando el borne **Guard** conectado a la carcasa, se mide el valor de 3.000 MΩ.

12. Garantía limitada

Tentech Corporation otorga a sus productos una garantía de UN AÑO, plazo contado a partir de la fecha de envío. En caso de falla provocada por defectos de los materiales o de la mano de obra el equipo será reparado sin cargo. Para obtener más informaciones sobre las condiciones de la garantía visite el website www.tentech.com. Esta garantía no es aplicable a los accesorios, a las baterías, o a los daños causados por cualquier reparación o tentativa de reparación realizada por personas no autorizadas por el fabricante. El período de garantía para los accesorios y baterías es 6 meses excepto para las baterías LFP, que tienen el mismo período de garantía que el propio equipo.

La obligación de TENTECH está limitada a alguna de las siguientes acciones, a criterio exclusivo del fabricante: la reparación sin cargo del producto o su sustitución gratuita, o a la devolución del importe pago.

El costo del transporte de los equipos hasta las instalaciones indicadas por el fabricante es de responsabilidad del cliente, al igual que los riesgos inherentes de daño en tránsito.

Si TENTECH determina que la falla fue causada por mal uso, alteraciones, accidentes o trato inapropiado el cliente deberá hacerse cargo del costo la reparación y del transporte en ambos sentidos.

El fabricante declina toda responsabilidad por cualquier daño eventual causado por el uso o por la imposibilidad de uso del equipo, incluyendo pérdidas de datos de la memoria, accidentes en el campo, lucro cesante, etc.