

Puesta a tierra efectiva en una instalación eléctrica residencial

Gustavo Enrique Vásquez Novoa¹
Carlos Roberto Barrientos²

Resumen. La puesta a tierra de una instalación eléctrica residencial es un aspecto de las instalaciones eléctricas al que, en El Salvador, no se le da la importancia que merece. En la generalidad de los casos, el "electricista autorizado" se limita a anotar en la solicitud del nuevo servicio, un valor que sea inferior al que se exige en la normativa correspondiente y procede a instalar una sola barra (la más pequeña que se permita) para realizar la conexión de la puesta a tierra de la instalación. En vista de que no se hace por parte de la compañía distribuidora ninguna verificación del valor en ohmios de la puesta a tierra, este procedimiento se ha convertido en una mala costumbre. Para realizar la puesta a tierra de una instalación eléctrica, existe una serie de normativas que se deben respetar y en el caso de una instalación eléctrica residencial, no es ninguna excepción. En este artículo se presenta una alternativa práctica, económica y relativamente sencilla para que el electricista pueda garantizar que la conexión a tierra que ha realizado cumple la normativa referente al valor en ohmios exigido.

Palabras clave. *Conexión a tierra (electricidad), resistencia de la tierra, prospección eléctrica, polarización (electricidad), soldadura y corte oxiacetilénicos, conductos eléctricos.*

Desarrollo

En la actualidad, cuando ocurre una falla del sistema eléctrico en El Salvador, las compañías que proporcionan este servicio están en la obligación de pagar por daños a los aparatos electrodomésticos, e incluso por las pérdidas económicas en el sector comercial e industrial. Pero las compañías pueden apelar, alegando que existe una mala conexión de puesta a tierra en la instalación eléctrica de la residencia. En este caso, si se realizan mediciones y se comprueba el incumplimiento de la normativa de la resistencia eléctrica que posee la puesta a tierra de la instalación, el electricista responsable del trabajo puede verse afectado, con la consiguiente pérdida para el propietario de la instalación.

De acuerdo a la norma ANSI/IEEE 80, (American National Standards Institute / Institute of Electrical and Electronic Engineers) el valor de resistencia de tierra en una acometida de baja tensión debe ser menor de 25 ohmios Ω .

Además, en muchos casos, debido a la popularización del uso de los equipos de cómputo y otros equipos electrónicos, la instalación requiere valores de resistencia de la puesta a tierra menores a 5 ohmios y otros menores a 2 ohmios. En estos casos, resulta muy conveniente interconectar la puesta a tierra con la solera de fundación. La interconexión de la red de tierra con la solera de fundación de la edificación está mencionada como alternativa en el National Electrical Code (NEC) desde hace muchos años, pero lo que no menciona el NEC es la manera de cómo hacerlo.

1. Técnico en Ingeniería Mecánica con Certificado en Educación, Docente Investigador, Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Escuela Especializada en Ingeniería ITCA - FEPADE, Sede Santa Tecla. Email gustavo.vasquez@itca.edu.sv
2. Ingeniero Electricista con diplomado en Educación bajo Metodología Bolton, Docente de Energías Renovables de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Santa Tecla. Docente de intercambio con el Instituto Tecnológico Superior de Macuspana, Tabasco, México. Email carlos.barrientos@itca.edu.sv.

Otra normativa que recientemente se está implementando en El Salvador, es la utilización de la soldadura exotérmica para la unión de cable y la barra de la puesta a tierra en sustitución del cepo. Cabe mencionar que el uso de cepo todavía se permite en las instalaciones eléctricas residenciales, no así en las comerciales e industriales, donde se debe realizar la unión con soldadura exotérmica.

El siguiente cuadro, es un extracto del reglamento técnico de las instalaciones eléctricas RETIE de Colombia, el cual está basado en normas internacionales y que además coincide con el valor que estipula el NEC (National Electrical Code de U.S.A. que fue adoptado por El Salvador) para el valor máximo que debe tener la resistencia de tierra en una instalación eléctrica en baja tensión (como el caso de una residencia).

Continuación Anexo General Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE

15.4 Valores de resistencia de puesta a tierra.

Un buen diseño de puesta a tierra debe garantizar el control de las tensiones de paso, de contacto y transferidas. En razón a que la resistencia de puesta a tierra es un indicador que limita directamente la máxima elevación de potencial y controla las tensiones transferidas, pueden tomarse como referencia los valores máximos de resistencia de puesta a tierra de la Tabla 25, adoptados de las normas técnicas IEC 60364-4-442, ANSI/IEEE 80, NTC 2050 y NTC 4552.

El cumplimiento de estos valores de resistencia de puesta a tierra no libera al diseñador y constructor de garantizar que las tensiones de paso, contacto y transferidas aplicadas al ser humano en caso de una falla a tierra no superen las máximas permitidas.

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras de líneas de transmisión o torrecillas metálicas de distribución con cable de guarda	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión.	1 Ω
Subestaciones de media tensión.	10 Ω
Protección contra rayos.	10 Ω
Neutro de acometida en baja tensión.	25 Ω

Tabla 25. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra.

Cálculo teórico de la resistencia de tierra

Si se provoca una falla intencional y controlada colocando una resistencia de valor conocido en serie con la tierra (figura 1), puede determinarse la resistencia de la tierra (RT) por medio de las mediciones en la resistencia de prueba (RP), así:

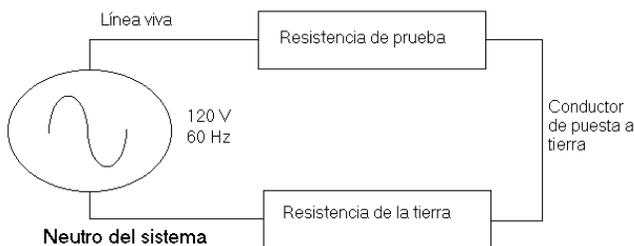


Figura 1. Como la corriente es la misma:
 $RT = VRT / IRP$

La corriente en el circuito es: $IRP = VRP / RP$
La caída de tensión en la resistencia de tierra (VRT) será: $VRT = VS - VRP$
Donde: VS es la tensión de la fuente (El voltaje aplicado).

Por lo tanto, para determinar el valor de la resistencia de la tierra, sólo se requiere conectar una resistencia de prueba conocida en serie con la tierra, medir la caída de tensión en la resistencia de prueba, medir la tensión entre línea viva - neutro y hacer el cálculo anterior.

Procedimiento sugerido para realizar la puesta a tierra de una instalación eléctrica en baja tensión

1. Se corta un trozo de 10 a 20 centímetros de la barra de 10 pies que se utilizará para la puesta a tierra y se conecta la bajante del cable de la puesta a tierra a la barra con soldadura exotérmica (fotografía 1), o cepo, en su defecto.



Fotografía 1. Unión por soldadura exotérmica.

2. Al trozo de barra de puesta a tierra (10 a 20 cms.), se le quita el recubrimiento de cobre a unos 2 cms., según se muestra en la figura 2, para facilitar la soldadura eléctrica a la solera.



Figura 2. Forma de preparar el trozo cortado de la barra, para soldar a la solera de fundación

3. Se pica la solera de fundación hasta descubrir el hierro de refuerzo, de manera que sea accesible para soldar.

4. Se une el cable que viene de la barra de puesta a tierra al trozo cortado utilizando el extremo con baño de cobre; se puede usar cepto o soldadura exotérmica, según el caso.

5. Utilizando soldadura por arco eléctrico, se une el trozo de la barra sin recubrimiento de cobre, a la solera de fundación y luego se recubre de nuevo la solera con concreto, asegurándose de que todos los elementos (cable y barras) queden enterrados. Ver fotografía 2.

6. Se comprueba el valor de la resistencia de la puesta a tierra utilizando un Telurómetro o el método indirecto.



Fotografía 2. Instalación en Edificio E

Nota: Cuando se utiliza cepto debe dejarse la unión dentro de un pozo de registro para facilitar el mantenimiento. Si por alguna razón, la unión con cepto quedara enterrada, se aísla la unión lo mejor que se pueda para evitar la oxidación. Estos inconvenientes son eliminados utilizando la soldadura exotérmica.

Resultados de las pruebas realizadas

Medición de la red interconectada a la solera de fundación del "Edificio E" en las instalaciones de ITCA – FEPADE.



Fotografía 3. Lectura del Telurómetro Digital $R = 0.419 \Omega$



Figura 4. Comprobación de la lectura utilizando un Telurómetro Analógico $R = 0.4 \Omega$

En el caso de no contar con un Telurómetro para verificar el valor de resistencia de la puesta a tierra, se puede utilizar el método indirecto que se describe a continuación.

Método indirecto para la medición del valor de resistencia eléctrica de una puesta a tierra

Procedimiento:

1. Apagar todos los circuitos en el tablero principal.
2. Asegurar que en el circuito a utilizar no haya otras cargas conectadas.
3. Desconectar el **conductor de la puesta a tierra** en el tablero principal.
4. Utilizando una resistencia de prueba de 25Ω , 600 W ó mas, armar el circuito de prueba que se muestra en la Fig. 3.
5. Energizar el circuito a utilizar (dado térmico en ON); se mide la caída de tensión en la resistencia de prueba y la tensión (voltaje) entre la línea viva y el neutro.



6. Apagar el circuito (dado térmico en OFF).
7. Desconectar la resistencia de prueba y conectar de nuevo el cable de la puesta a tierra.

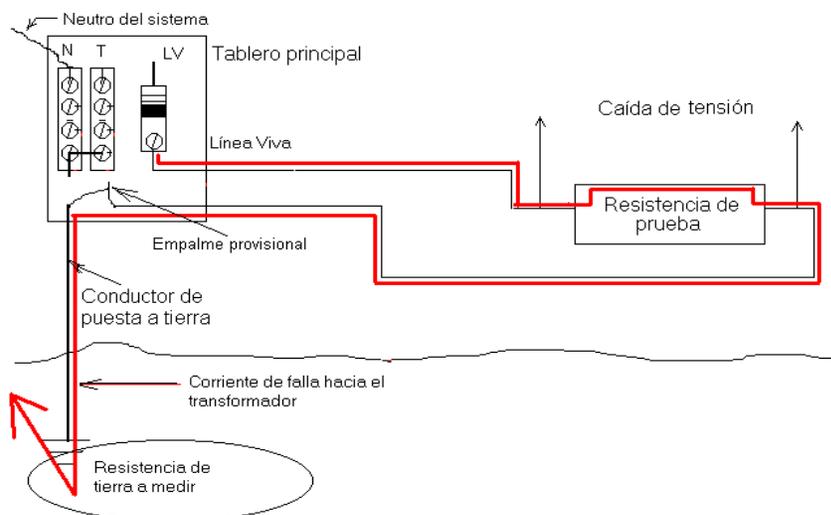


Figura 3. Circuito de prueba

Si la tensión (voltaje) medida en la resistencia de prueba es mayor que la mitad de la tensión (voltaje) medida entre la línea viva y el neutro, la resistencia de la tierra es menor de 25Ω .

Si se desea obtener un valor de la medición de resistencia de tierra inferior a 25Ω , por ejemplo 10Ω , de debe utilizar una resistencia de prueba de 10Ω , 1500 W .

Nota: Hay que asegurarse de que la corriente de falla provocada no sobrepasará la capacidad del interruptor automático del circuito utilizado.

Ejemplos de resultados de pruebas realizadas utilizando el Método Indirecto

1-Campus de la Universidad Don Bosco.

CUADRO COMPARATIVO DE RESULTADOS OBTENIDOS

PARAMETROS	DATOS	CALCULOS	RESULTADO
Tensión de la fuente	$V_S = 123.6 \text{ v}$		
Resistencia de prueba	$R_P = 39.5 \Omega$		
Caída de tensión en la resistencia de prueba	$V_{RP} = 31.2 \text{ v}$		
Corriente en la resistencia de prueba		$I_P = \frac{31.2}{39.5}$	$I_P = 0.79 \text{ A}$
Caída de tensión en la red de tierra		$V_T = 123.6 - 31.2$	$V_T = 92.4 \text{ v}$
Resistencia de la red de tierra		$R_T = 92.4 / 0.79$	$R_T = 117 \Omega$
Lectura con un Telurómetro			$R_T = 118.3 \Omega$

2- Centro Escolar Cantón Lourdes

CUADRO COMPARATIVO DE RESULTADOS OBTENIDOS

PARAMETROS	DATOS	CALCULOS	RESULTADO
Tensión de la fuente	$V_s = 119.6 \text{ V}$		
Resistencia de prueba	$R_p = 23 \ \Omega$		
Caída de tensión en la resistencia de prueba	$V_{RP} = 15.6 \text{ V}$		
Corriente en la resistencia de prueba		$I_p = \frac{15.6 \text{ V}}{23 \ \Omega}$	$I_p = 0.678 \text{ A}$
Caída de tensión en la red de tierra		$V_T = 119.6 - 15.6$	$V_T = 104 \text{ V}$
Resistencia de la red de tierra		$R_T = 104 / 0.678$	$R_T = 153 \ \Omega$
Lectura con un Telurómetro (Tipo tenaza)			$R_T = 151.3 \ \Omega$

3- En el campus de ITCA - FEPADE

CUADRO COMPARATIVO DE RESULTADOS OBTENIDOS

TELURÓMETRO		
DE PICAS	DE GANCHO	
$R_T = 4.4 \ \Omega$	$R_T = 6.10 \ \Omega$	
MÉTODO INDIRECTO		
RESISTENCIA	TENSIÓN L - N (V_{LN})	TENSIÓN EN R (V_R)
23.0 Ω	121.8 V	101.5 V
$V_{RT} = V_{LN} - V_R$	$I = V_R / R$	$R_T = V_{RT} / I$
20.3 V	4.41 A	$R_T = 4.6 \ \Omega$

RECOMENDACIONES

Todo lo que se haga para proteger a las personas o equipos de una falla en una instalación eléctrica, tal como colocar varistores, tomas de corriente con puesta a tierra, etc., será en vano si la conexión de la puesta a tierra no es efectiva, es decir, que tiene un falso contacto o no tiene un valor bajo de resistencia eléctrica (no está de acuerdo a la norma).

Se debe resaltar, tanto en los cursos preparatorios para electricistas como en las asignaturas de las carreras formales, la importancia que tiene en una instalación eléctrica el sistema de puesta a tierra.

Es recomendable promover el uso de la interconexión con la solera de fundación en la conexión de la puesta a tierra de toda instalación eléctrica.

Bibliografía consultada

1. AMPROBE DGC- 1000 Clamp – on ground resistance tester: user manual. New York: Test Equipment Depot [199-?]. 17 p.
2. LARRY, Virgilio A. Ac power outlet ground integrity and wire test circuit device. U.S. 5,625,285 Apr. 29, 1997
3. O'Riley, Ronald P. Electrical grounding. 4º. ed. San Francisco: Delmar Publisher, 1996. 294 p. ISBN 0-8273-6657-4
4. Seguridad Eléctrica. Reglamento técnico de instalaciones eléctricas, RETIE. Bogotá, Colombia: SEGELECTRICA, 2008. 204 p.
5. Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, SIGET. Normas técnicas de diseño, seguridad y operación de las instalaciones de distribución eléctrica. San Salvador, El Salvador: SIGET, 2000. 94 p.