

Medición de la Resistencia de Puesta a tierra

Resistencia de Puesta a tierra

La **resistencia de puesta a tierra** es la medida de la **oposición que ofrece el sistema de puesta a tierra al paso de la corriente eléctrica hacia la tierra** (el suelo). Se expresa en **ohmios (Ω)** y es un parámetro fundamental en instalaciones eléctricas, especialmente en sistemas de protección y seguridad.

¿Para qué sirve?

La puesta a tierra tiene como finalidad principal:

- **Proteger a las personas** frente a descargas eléctricas.
- **Evitar daños en equipos eléctricos** por sobretensiones.
- **Facilitar el funcionamiento de dispositivos de protección** (como disyuntores o fusibles) en caso de fallas a tierra.

¿Qué valores son adecuados?

Depende del tipo de instalación:

- En instalaciones **residenciales**, comerciales o industriales comunes, se suele buscar una resistencia menor a **10 ohmios**.
- En **sistemas de telecomunicaciones** o instalaciones especiales, puede requerirse menos de **1 ohm**.
- En instalaciones **de pararrayos**, se recomienda que sea inferior a **10 ohmios**, aunque idealmente **menor a 5 ohmios**.

Nota: en Argentina la Reglamentación para instalaciones eléctricas en inmuebles de la Asociación Electrotécnica Argentina, establece que para una instalación eléctrica domiciliaria donde se instalaren interruptores diferenciales de corriente de disparo menor o igual a 30 mA, el valor de resistencia de puesta a tierra máximo debe ser 40 Ω .

¿Cómo se mide?

Se mide con un **telurómetro** o medidor de resistencia de tierra, generalmente mediante el método de **caída de potencial**, utilizando electrodos auxiliares.

El **método de caída de potencial** (o método del **62%**) es uno de los procedimientos más comunes y confiables para medir la **resistencia de puesta a tierra**. A continuación, te lo explico paso a paso:

Instrumento necesario:

Un **telurómetro** o medidor de resistencia de tierra.

Componentes del ensayo:

Se utilizan **tres electrodos**:

1. **Electrodo bajo prueba (E)**: Es la jabalina o puesta a tierra instalada que se desea medir.
2. **Electrodo auxiliar de corriente (H)**: Se clava a unos 20 a 50 metros del electrodo bajo prueba.
3. **Electrodo auxiliar de potencial (S)**: Se coloca entre los dos anteriores, normalmente al **62% de la distancia** entre E y H (de ahí el nombre del método).

Procedimiento:

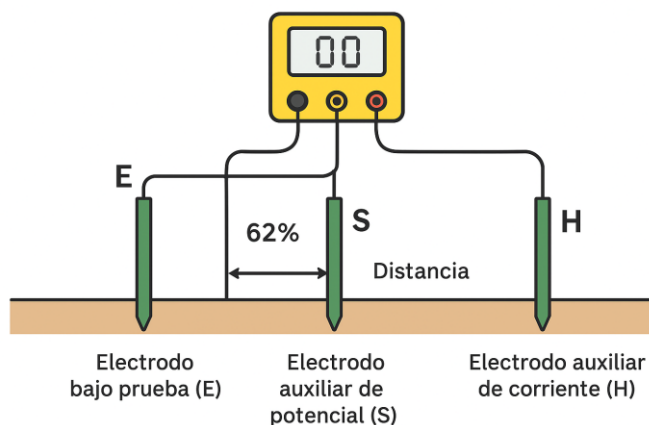
1. Se conecta el telurómetro a los tres puntos: E, S y H.
2. El medidor envía una **corriente alterna** de prueba entre E y H.
3. Mide la **caída de tensión** entre E y S.
4. Luego **calcula automáticamente la resistencia** como:

$$R = \frac{V}{I}$$

Donde V es la tensión medida entre E y S, e I la corriente entre E y H.

Verificación de la medición (opcional pero recomendable):

- Mover el electrodo de potencial (S) unos metros hacia adelante y hacia atrás (por ejemplo, al 52%, 62% y 72% de la distancia entre E y H).
- Si las lecturas no cambian mucho (menos del 5%), significa que la medición es confiable.
- Si varían mucho, puede haber **interferencia del terreno o electrodos muy cerca entre sí**, por lo que deberías aumentar la distancia entre ellos.



Ejemplo práctico:

- Se clava el electrodo H a 30 metros del electrodo E.
- Se coloca el electrodo S a los **18,6 metros** desde E (62% de 30).
- Se conecta el telurómetro y se realiza la medición la medición.

Resistividad del terreno

La **resistividad del terreno** es una propiedad eléctrica que mide la **capacidad del suelo para oponerse al paso de la corriente eléctrica**. Se expresa en **ohm-metro ($\Omega \cdot m$)** y es un factor clave al diseñar sistemas de **puesta a tierra**.

¿Por qué es importante?

- **Afecta directamente la resistencia de puesta a tierra.**
A mayor resistividad, mayor será la resistencia de tierra para un mismo electrodo.
- **Permite elegir el tipo de sistema de puesta a tierra adecuado**, como jabalinas más largas, mallas, anillos o tratamiento químico del terreno.

Factores que influyen en la resistividad del terreno:

1. **Tipo de suelo:**
 - Tierra negra o húmeda: baja resistividad (10 a 100 $\Omega \cdot m$)
 - Arena seca o roca: alta resistividad (hasta miles de $\Omega \cdot m$)
2. **Contenido de humedad:**
Cuanto más húmedo, menor la resistividad.

3. **Temperatura:**

Suelos congelados o muy secos aumentan la resistividad.

4. **Composición química (sales minerales, materia orgánica):**

Suelos con mayor contenido iónico conducen mejor la electricidad.

¿Cómo se mide?

Se usa un telurómetro con el **método de Wenner**. Este método emplea **cuatro electrodos alineados equidistantes**, y la resistividad se calcula con la fórmula:

$$\rho = 2\pi aR$$

Donde:

- ρ = resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$)
- a = distancia entre electrodos (en metros)
- R = resistencia medida entre los electrodos centrales

Ejemplo:

Si mido una resistencia de 20 ohmios con electrodos separados 5 metros:

$$\rho = 2\pi \cdot 5 \cdot 20 = 628.3 \Omega \cdot m$$

Puesta a tierra funcional y de protección

La diferencia entre **puesta a tierra funcional** y **puesta a tierra de protección** radica en **su finalidad dentro del sistema eléctrico**:

Puesta a tierra funcional (o de servicio)

Objetivo:

Asegurar el funcionamiento correcto del sistema eléctrico.

Se utiliza para:

- Referenciar a tierra el **neutro** de transformadores o generadores.
- Estabilizar tensiones respecto al suelo.
- Permitir el correcto disparo de protecciones (como en sistemas TT o TN).
- Reducir sobretensiones transitorias.

Ejemplo típico:

El neutro del secundario de un transformador conectado a tierra para fijar el potencial del sistema.

Puesta a tierra de protección**Objetivo:**

Proteger a las personas y equipos contra **descargas eléctricas accidentales**.

Se utiliza para:

- Derivar a tierra las **corrientes de falla** (por contacto indirecto).
- Evitar tensiones peligrosas en partes metálicas expuestas de equipos.
- Activar protecciones diferenciales o termomagnéticas.

Ejemplo típico:

La carcasa metálica de un motor trifásico conectada al sistema de tierra para proteger en caso de que un conductor activo toque la carcasa.

Comparación directa:

Característica	Puesta a Tierra Funcional	Puesta a Tierra de Protección
Finalidad principal	Estabilidad y operación del sistema	Seguridad de personas y equipos
Normalmente transporta corriente	Sí (en sistemas con neutro)	No (solo en caso de falla)
Ejemplo común	Neutro del transformador	Carcasa de motor o tablero

Apéndice: Interruptor diferencial y puesta a tierra

La **función de la puesta a tierra y el interruptor diferencial es complementaria y esencial** para proteger a las personas contra **descargas eléctricas por contacto indirecto**, es decir, cuando alguien toca una parte metálica que accidentalmente se energizó.

¿Qué hace la puesta a tierra?

La **puesta a tierra** conecta las **partes metálicas expuestas** de equipos eléctricos (como carcasas de motores, electrodomésticos o tableros) al sistema

de tierra.

Así, si ocurre una **falla de aislamiento** y un conductor activo (fase) toca una carcasa metálica:

- La corriente de falla **fluye hacia tierra**.
- Esto **disminuye el riesgo de choque eléctrico**, desviando la corriente fuera del cuerpo humano.
- Además, permite que **dispositivos de protección (como interruptores automáticos o diferenciales)** detecten y actúen rápidamente.
-

¿Qué hace el interruptor diferencial?

El **interruptor diferencial (ID)** compara la **corriente que entra** por la fase con la **que sale** por el neutro.

- Si todo está bien, la diferencia es **ceró** (la corriente que entra, sale).
- Si hay una fuga (por ejemplo, una persona toca algo energizado y parte de la corriente va a tierra), el ID detecta esa diferencia y **desconecta el circuito instantáneamente**.

Típicamente se dispara si detecta una fuga mayor a 30 mA (valor seguro para el cuerpo humano).

¿Cómo trabajan juntos?

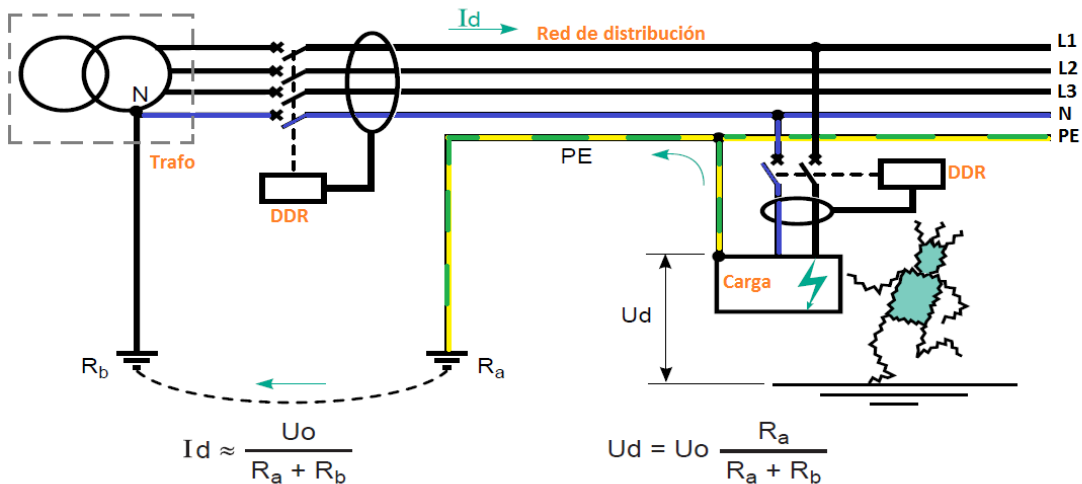
1. Si un conductor activo toca una carcasa metálica:
 - La carcasa, al estar conectada a tierra, permite que la corriente "escape" a través del conductor de protección (PE).
2. Esa corriente no retorna por el neutro.
3. El **interruptor diferencial lo detecta** como una fuga y **abre el circuito** en milisegundos.
4. Resultado: **protección de las personas** contra descargas peligrosas.

En resumen:

Elemento	Función principal
Puesta a tierra	Canalizar corrientes de falla a tierra

Interruptor diferencial

Detectar fugas de corriente y cortar el suministro



Donde:

I_d Corriente de defecto (falla)

U_o Tensión simple (tensión de fase)

U_d Tensión de defecto (falla)

R_a Resistencia a tierra del electrodo lado carga (P.A.T. Protección)

R_b Resistencia a tierra del electrodo en transformador (P.A.T. Servicio)

DDR Dispositivo Diferencial Residual

UL Tensión límite convencional

Actividad 1: Introducción y Conceptualización

- **Objetivo:** Comprender la importancia de la resistencia de puesta a tierra en las instalaciones eléctricas.
- **Instrucciones:**
 1. Explica qué es la resistencia de puesta a tierra y por qué es esencial para la seguridad de las instalaciones eléctricas.
 2. Describe los principales objetivos de la puesta a tierra en las instalaciones eléctricas.
 3. En un informe, presenta los diferentes valores recomendados de resistencia de puesta a tierra según el tipo de instalación

(residencial, comercial, industrial, telecomunicaciones, pararrayos). Incluye también la normativa vigente en Argentina.

Actividad 2: Valoración de la Resistencia de Puesta a Tierra

- **Objetivo:** Estudiar los diferentes valores de resistencia de puesta a tierra para diferentes tipos de instalaciones.
- **Instrucciones:**
 1. Investiga las normativas internacionales y locales sobre los valores recomendados de resistencia de puesta a tierra en sistemas de instalaciones eléctricas.
 2. Crea una tabla comparativa que incluya:
 - El valor recomendado de resistencia de puesta a tierra para instalaciones residenciales, comerciales, industriales y pararrayos.
 - La normativa de la Asociación Electrotécnica Argentina para instalaciones eléctricas domiciliarias.
 3. Reflexiona sobre las consecuencias de no cumplir con los valores recomendados.

Actividad 3: Métodos de Medición de Resistencia de Puesta a Tierra

- **Objetivo:** Analizar y comprender el método de caída de potencial (62%) para medir la resistencia de puesta a tierra.
- **Instrucciones:**
 1. Explica el método de caída de potencial paso a paso, incluyendo los electrodos utilizados y su colocación.
 2. Realiza un diagrama ilustrativo que muestre cómo se conectan los electrodos (E, H, S) y el medidor (telurómetro).
 3. Responde a las siguientes preguntas:
 - ¿Qué ocurre si el electrodo de potencial se coloca fuera del 62% de la distancia entre E y H?
 - ¿Por qué es importante mover el electrodo de potencial y verificar las mediciones?
 - ¿Qué interferencias pueden afectar la medición de la resistencia?

Actividad 4: Estudio de Caso y Aplicación Práctica

- **Objetivo:** Aplicar el conocimiento sobre la medición de resistencia de puesta a tierra a un escenario práctico.
- **Instrucciones:**

1. Se presenta el siguiente escenario: Se desea medir la resistencia de puesta a tierra en una instalación industrial que utiliza un sistema de puesta a tierra con una jabalina de 30 metros de largo.
 - El electrodo H se coloca a 30 metros del electrodo E.
 - El electrodo S se coloca a 18,6 metros de E (62% de la distancia entre E y H).
2. Explica cómo realizarías la medición en este caso utilizando un telurómetro.
3. ¿Qué factores adicionales deberías tener en cuenta al realizar esta medición en un entorno industrial?
4. Si los valores obtenidos son inadecuados, ¿qué posibles soluciones propondrías para mejorar la resistencia de puesta a tierra?

Actividad 5: Simulación de Medición y Análisis de Resultados

- **Objetivo:** Entender cómo varía la resistencia de puesta a tierra en diferentes condiciones del terreno y electrodos.
- **Instrucciones:**
 1. Utiliza una simulación de medición de resistencia de puesta a tierra (si está disponible en tu institución) o imagina diferentes escenarios de medición. Describe cómo podrían influir las siguientes condiciones:
 - Tipos de suelo (humedad, composición, densidad).
 - Distancia entre electrodos.
 - Configuración de los electrodos.
 2. Expón las dificultades que podrían surgir al medir en terrenos rocosos, mojados o con alta salinidad.
 3. Presenta cómo el mal estado de los electrodos puede afectar los resultados y qué medidas preventivas se deben tomar.

Actividad 6: Análisis de Fallas en Sistemas de Puesta a Tierra

- **Objetivo:** Identificar problemas comunes en la resistencia de puesta a tierra y sus implicancias en la seguridad.
- **Instrucciones:**
 1. Investiga y describe posibles fallas en un sistema de puesta a tierra, tales como:
 - Conexiones defectuosas.
 - Corrosión de los electrodos.

- Desviaciones en la medición por interferencias externas.
2. Proporciona un informe con las posibles consecuencias de estas fallas, tales como:
 - Riesgo de descargas eléctricas.
 - Fallo en los dispositivos de protección.
 - Daños en equipos electrónicos sensibles.
 3. Sugiere procedimientos para mantener en buen estado el sistema de puesta a tierra y mejorar la seguridad.

Actividad 7: Investigación sobre Instrumentos de Medición

- **Objetivo:** Conocer los diferentes tipos de instrumentos utilizados para medir la resistencia de puesta a tierra.
- **Instrucciones:**
 1. Investiga sobre los diferentes tipos de telurómetros y medidores de resistencia de tierra disponibles en el mercado.
 2. Compara sus características, ventajas y desventajas.
 3. Elabora una tabla comparativa que incluya al menos tres modelos de medidores con sus especificaciones técnicas (rango de medición, precisión, tipo de corriente, facilidad de uso, etc.).

Actividad 8: Verdadero o Falso con Justificación

Indicar si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas. Justificar en cada caso:

1. La puesta a tierra y el interruptor diferencial cumplen exactamente la misma función.
2. Un interruptor diferencial puede proteger eficazmente sin la necesidad de una puesta a tierra.
3. La tensión de defecto (U_d) es aquella que aparece en una parte metálica accidentalmente energizada.
4. Si el valor de R_a es muy alto, el DDR puede no dispararse ante una falla.
5. La corriente diferencial mínima que dispara un DDR de uso residencial es de 300 mA.

Actividad 9: Relacionar conceptos

Unir con flechas las columnas correspondientes:

Concepto	Función
Interruptor diferencial	a) Disminuye la tensión de contacto en caso de falla
Puesta a tierra	b) Detecta desequilibrio entre corriente de fase y neutro
Corriente de defecto (I_d)	c) Flujo que se desvía del circuito en una falla
Tensión límite convencional (UL)	d) Máxima tensión admisible para el cuerpo humano
Tensión de defecto (U_d)	e) Tensión que aparece sobre la carcasa metálica energizada

Actividad 10: Análisis de caso

Analizar el siguiente caso y responder:

Un operario recibe una descarga al tocar la carcasa metálica de una máquina. La instalación tiene puesta a tierra, pero no hay DDR instalado. El análisis muestra que la resistencia de puesta a tierra del equipo es de 80 ohmios.

Preguntas:

1. ¿Por qué se produjo la descarga?
2. ¿Qué rol habría cumplido un interruptor diferencial en esta situación?
3. ¿Qué modificaciones recomendarías en la instalación?

Actividad 11: Preguntas de desarrollo corto

1. Explica con tus palabras cómo trabajan conjuntamente el DDR y la puesta a tierra.
2. ¿Qué beneficios tiene una buena resistencia de puesta a tierra en relación al disparo del interruptor diferencial?
3. ¿Por qué es importante considerar el valor de R_a en instalaciones con DDR de 30 mA?