

# Electrodos dinámicos, la solución para las puestas a tierra

Hace 18 años LANDTEC instaló los primeros electrodos dinámicos de acero inoxidable, más conocidos como jabalinas químicas, que satisfacen cualquier artificio para mejorar las puestas a tierra y para solucionar cualquier necesidad.

El 17 de septiembre de 1996 se inició la instalación de dos electrodos dinámicos experimentales denominados ED-A200 y ED-A300, en convenio con la Universidad Nacional de Córdoba y el CIMM (UNC-INITI), con seguimiento de su eficacia a cargo de estos últimos.

El 24 de octubre de 2012 se dieron por concluidas las mediciones periódicas del sistema de puesta a tierra con electrodos dinámicos. Las pruebas se realizaron en un terreno de relleno con arcilla de una resistividad de 250 a 300 ohms/m, en períodos de sequía (invierno), y de 100 a 150 ohms/m, en períodos de humedad (verano). Estos electrodos fueron conectados a equipos de laboratorios que requieren un sistema de PAT de baja resistencia e impedancia.

De esta experiencia de 16 años de mediciones con dos períodos, uno de 5 años y otro de 10 años, sin mantenimiento y con variables de 0,4 a 2 ohms, se puede concluir la confiabilidad del sistema a lo largo del tiempo.

## Sistema LANDTEC®

Utilizar el sistema de electrodos dinámicos ofrece múltiples beneficios. En primer lugar se podrá mejorar la referencia al S.E.N. (suelo eléctricamente neutro), porque la combinación de la química contenida en el tubo central y la composición del C.E.M. que lo recubre permite llevar la resistencia de tierra a valores muy bajos lográndose las mejores referencias. A esto debemos agregar la estabilidad garantizada, debido a la serie de mediciones efectuadas que indican que los electrodos

dinámicos mantienen su valor de resistencia sin control alguno hasta un período de más de dos años pero, de todas formas, aconsejamos respetar las verificaciones que las normas establecen para cada caso. Estas dos condiciones: notable valor bajo de resistencia de P.A.T. y estabilidad, hacen óptimos a los electrodos dinámicos para cualquier aplicación.

Las minuciosas tareas realizadas por el departamento técnico fueron verificadas oficialmente por diversas instituciones, tales como la Universidad Nacional de Córdoba, la Facultad de Matemática Astronomía y Física (FaMAF), el Laboratorio de Alta Tensión de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, el Laboratorio de Investigación Aplicada y Desarrollo en Electrónica (L.I.A.D.E.), el INTI-CEFIS (Laboratorio de Alta Tensión) y el CEPROCOR perteneciente al laboratorio de espectroquímica de la Agencia Córdoba de Ciencia. Estas investigaciones han aportado una serie de propiedades que nos





permitirán resolver gran cantidad de problemas puntuales que no resuelven los materiales de puesta a tierra tradicionales. Como característica fundamental logramos reducir la impedancia a valores mínimos, que es de primordial importancia en los fenómenos impulsivos como del rayo, las corrientes de fallas de cualquier red y sistema eléctrico en alta o baja tensión, las corrientes de RF y otros.

### La impedancia en una toma de tierra

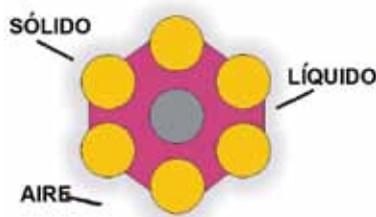
El ideal de un electrodo de puesta a tierra es que presente a los pulsos una resistencia óhmica pura. Cualquier componente inductiva o capacitiva presenta una reactancia adicional al pulso que se opone a su disipación ( $Ldi/dt$ ) que, según sea el escarpamiento  $di/dt$ , limita la longitud útil del electrodo.

Una jabalina convencional, cualquiera sea el metal que la componga, comienza a presentar señales de inductancia y de capacitancia alrededor de los 30 kHz, mientras que los electrodos dinámicos tienen un comportamiento puramente resistivo por su área de contacto con el suelo (interfase secundaria), lo que da excelentes condiciones para la protección contra descargas atmosféricas y tomas de tierra sin ruido para sis-

temas de comunicaciones y centros de cómputos.

### Compuesto externo mejorador – C.E.M

Hay otra propiedad bien estudiada en la ingeniería de LANDTEC, que es la adsorción. Ella depende del tamaño de las partículas sólidas que componen el C.E.M., por cuanto es bien conocido que el agua adsorbida baja sensiblemente su punto de congelación, también eleva el de ebullición. La granulometría de los minerales que componen el C.E.M. fue optimizada para maximizar este efecto, haciendo que el agua contenida se integre íntimamente en los intersticios entre partículas sólidas, desplazando al aire (que se comporta como un aislante térmico y eléctrico). Esto permite instalar los electrodos dinámicos en climas rigurosos con temperaturas bien por debajo de 0 °C.



Medición inicial	135 Ohms	TEMPERATURA	HUMEDAD
Medición a los 60 minutos	129 Ohms	-7 °C	92 %
Medición a las 48 horas	54 Ohms	-4 °C	90 %
Medición en Septiembre de 1998	66 Ohms	- 8 °C	98 %
Medición en Marzo de 1999	64 Ohms	S/D	S/D
Medición en Abril de 1999	88 Ohms	- 2 °C	98 %
Medición en Noviembre de 1999	35 Ohms	+2 °C	70 %

### Instalaciones en climas rigurosos

Un ejemplo de este tipo de instalaciones fue en la Antártida Argentina, en la base científica Jubany, el 12 de enero de 1998. En ese entonces se realizó una instalación experimental de un electrodo ED-A300 para el laboratorio Co2 para un tipo de suelo compuesto por roca basáltica consolidada, una temperatura del suelo a un metro de profundidad de -8 °C y una resistividad eléctrica del suelo de 1.359 Ohms . metro.

Se realizó un seguimiento del electrodo ED-A300 instalado desde enero de 1998 a noviembre de 1999 (datos del Instituto Antártico Argentino). (Ver tabla 1)

### La dinámica de funcionamiento del electrodo dinámico

El electrodo contiene en su interior un compuesto de minerales comprimidos (FIX) que reactivan electrolíticamente al C.E.M. De allí el nombre de electrodo dinámico, ya que es un proceso constante de equilibrio electroquímico entre el

Tabla 1

tubo central, el C.E.M. y el suelo o roca de instalación.

Todos los minerales utilizados por LANDTEC son absolutamente inocuos y atóxicos para los seres vivos y no contaminantes para el medio ambiente, ya que no producen lixiviación a las napas freáticas de agua.

Los electrodos dinámicos poseen la particularidad de conformar una red ("raíces") de conductores electrolíticos de muy baja resistividad y resistencia eléctrica en el suelo o roca circundante al pozo de implante, lo que mejora notablemente la resistencia de puesta a tierra y mantiene su estabilidad en el valor óhmico en períodos de sequía o de inundación.

## La conducción electrolítica

Una de las características más sorprendentes de los electrodos dinámicos es su capacidad de disminuir la resistencia con respecto al S.E.N. ante la circulación de la corriente eléctrica permanente o transitoria. Esto se debe a que, al ser un medio electrolítico, el aporte

de energía externa produce una ionización inmediata del C.E.M. lo que determina un término llamado resistencia dinámica (que en los ensayos, alcanza valores de alrededor de un 50% del valor de resistencia inicial o estática).

## Ensayos de comportamiento eléctrico de electrodos dinámicos

### 1) Dispersión de corriente permanente

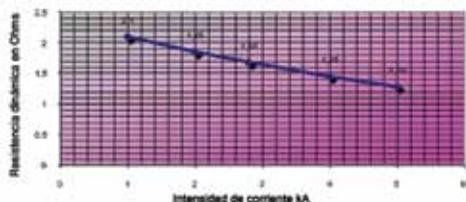


Exhaustivos análisis en laboratorios permitieron analizar parámetros que determinan las características y límites de funcionamiento de los electrodos dinámicos. Uno de los más interesantes es el que se efectuó en el Laboratorio de Alta Tensión de la U.N.C. en noviembre de 2000, en donde se sometieron a dos electrodos dinámicos conectados en serie a una circulación de corriente de frecuencia industrial (50 Hz) que llegó a la disipación de energía de 48 MJ, sin que se observaran o midieran

alteraciones físico-químicas en los electrodos dinámicos ensayados. Esta cualidad de capacidad de dispersión de corriente constante supera a los dispositivos de puesta a tierra convencionales, debido a que, en dispersores metálicos enterrados la circulación de la corriente eléctrica provoca un resecamiento de la capa inmediata de suelo, aumentando así la resistencia eléctrica. Con el tiempo, se origina una degradación en el dispersor que puede, incluso, llegar a inutilizarlo, resultando altamente perjudicial para el circuito asociado. El medio conductor de los electrodos dinámicos, al ser electrolítico, permanentemente disipa energía eléctrica y energía térmica, no llegando nunca a reseca el suelo circundante ya que la curva de límite eléctrico tiene distinto recorrido que la curva de límite térmico.

### 2) Dispersión de corrientes impulsivas

En el mes de febrero de 2001, en el Laboratorio de Alta Tensión del I.N.T.I., se sometió a un electrodo dinámico modelo ED-C20 a impulsos de corriente de onda normalizada para comprobar su respuesta transitoria y determinar los parámetros de comportamiento analizando los registros oscilográfi-





cos obtenidos. Se está desarrollando en estos momentos el modelo matemático de electrodos dinámicos con corrientes impulsivas.

### 3) Estabilidad en el valor de resistencia de P.A.T en períodos extensos

Desde mediados del año 2000 se encuentra instalado en los predios del Laboratorio de Investigación Aplicada de Electrónica (L.I.A.D.E., Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – U.N.C.) un electrodo dinámico modelo ED-C20, el cual es medido semanalmente, permitiendo un seguimiento constante de su valor de resistencia de puesta a tierra.

Este mismo electrodo fue sometido a un método experimental de comprobación de impedancia con la configuración electrogeométrica de Tagg.

### Certificación de no toxicidad

Con el compromiso primordial de cumplir con todas las normas de cuidado del medio ambiente que identifica a LANDTEC S.R.L como participante de esta política, se realizaron, por segunda vez, los ensayos de una muestra del Compuesto Externo Mejorador (C.E.M.), que fue sometida a un proceso extractivo en medio ácido, según el método

EPA 1310 A (ensayo de toxicidad e integridad estructural) de la normativa EPA SW 846 que es la recomendada por la Ley Nacional de Residuos Peligrosos N°24.051 (Decreto Reglamentario 831/93).

La extracción se realizó en agitador-incubador "lab-line", garantizando agitación suficiente (175 rpm) para prevenir estratificación del sustrato y contacto conveniente con el líquido de extracción. El tiempo de extracción fue de 24 horas y el extracto obtenido fue filtrado con filtros de fibra de vidrio Whatman de 1,2 m y se lo denomina "EP" (Producto de Extracción).

**Método de cuantificación:** curva de calibración de patrones.

**Resultados:** concentraciones encontradas en el extracto EP (Ver tabla 2)

- No detectable: la señal observada no se distingue significativamente de la señal del blanco.

- C: concentración en miligramos

del elemento por litro de muestra.

- Ld: Límite de detección instrumental del método, en miligramos del elemento por litro; considerado como tres veces la desviación estándar de la señal del blanco.

- EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América.

En la planilla de valores medidos se puede observar la ausencia de elementos (sales, metales y metaloides) contaminantes para el suelo. Para una mayor definición se agregaron los valores de límites máximos para el "agua bebida" (Ley 24.051) como aporte comparativo.



Por LANDTEC

Elemento	C (mg/L)	Ld (mg/L)	Atomización	LEY 24.051 – Límites Máximo P/agua bebida
As	No detectable	0,0014	ETAAS	1 mg/L
Ba	No detectable	36	FAAS	100 mg/L
Cd	No detectable	0,002	FAAS	0,05 mg/L
Zn	0,71	0,011	FAAS	500 mg/L
Cu	No detectable	0,016	FAAS	100 mg/L
Cr	No detectable	0,097	FAAS	5 mg/L
Hg	No detectable	0,0002	CVAAS	0,1 mg/L
Ni	No detectable	0,057	FAAS	1,34 mg/L
Ag	No detectable	0,048	FAAS	5 mg/L
Pb	No detectable	0,14	FAAS	1 mg/L
Se	No detectable	0,31	FAAS	1 mg/L

Tabla 2