

ESTUDIO DE CAMPOS ELÉCTRICOS DEL SUELO DE LA COMUNIDAD DE MADRID A EFECTOS DE SU ACCIÓN SOBRE LA CORROSIÓN DE LAS TUBERÍAS ENTERRADAS

B. Guillén¹, A. Cámara², M. A. Guillén³

¹ Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Departamento Ingeniería Química y Combustibles. Ríos Rosas, 21. 28003 Madrid. belenguillen@corrosionyproteccion.net

² Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Departamento Ingeniería Química y Combustibles. Ríos Rosas, 21. 28003 Madrid. acamara@qyc.upm.es

³ Instituto Español de Corrosión y Protección. Espalter, 15. 28014 Madrid. maguillen@corrosionyproteccion.net

RESUMEN

En las últimas décadas, la Comunidad de Madrid ha experimentado un importante desarrollo y con el han nacido numerosas e importantes instalaciones de medios de transporte electrificado, antenas de comunicaciones,..., que cuando se instalaron las conducciones de agua, no existían y ni siquiera se pensaba, que pudieran llegar a existir. Estas instalaciones contaminan el suelo eléctricamente, son las conocidas corrientes erráticas que con frecuencia, producen en las estructuras metálicas enterradas importantes problemas de corrosión. Se han elaborado dos planos de la Comunidad Autónoma de Madrid, donde se muestran por zonas los valores de los Campos Eléctricos, siempre en relación con las tuberías que nos ocupan, y además en otro plano, se muestran las fuentes más importantes de la Contaminación eléctrica del suelo.

Palabras clave: conducciones metálicas, enterradas, corrosión, medio ambiente

INTRODUCCIÓN

El agua es un bien escaso e imprescindible para la humanidad. El abastecimiento de agua potable en la C.A.M tiene dos objetivos fundamentales: un objetivo medio ambiental que se puede definir, como la satisfacción de la demanda de agua, en cada punto del territorio, y un objetivo económico consistente en prestar el servicio con la máxima calidad y al mínimo coste.

El Canal de Isabel II, tiene una red de 14.000 Km de distribución de conducciones de agua enterradas por la Comunidad Autónoma de Madrid desde 1851 que se empezó a construir y a través del tiempo se ha ido ampliando y modificando según las necesidades de la población abastecida y la extensión superficial de su casco urbano. Con uno de los problemas más acuciantes con los que se encuentra es con el deterioro de las tuberías metálicas.

Son muchas las estructuras metálicas enterradas y, por tanto, son muchas las toneladas de metal en contacto con el suelo como medio agresivo. La temática del deterioro, según el caso, es una malla compleja de parámetros que participan e inciden individual y colectivamente en el desarrollo de estos procesos físicos-químicos, y como factor externo a ellos es el estudio de las corrientes erráticas.

PARTE EXPERIMENTAL

La existencia o no de corrientes erráticas en un terreno, se determina mediante la medida de campos eléctricos. La existencia de campos eléctricos, nos indica que hay corrientes erráticas, ahora bien, el que haya corrientes circulando por el suelo, no quiere decir que vaya a afectar a las estructuras enterradas, ya que a veces el terreno es mejor conductor y circulan por el.

Medida de Campos Eléctricos

La medida de campos eléctricos, se realiza utilizando dos electrodos de referencia de Cu/CuSO₄ saturado y un milivoltmetro de gran impedancia de entrada. Mientras un electrodo de referencia se mantiene fijo, el otro, a la distancia de un metro, va describiendo una circunferencia a su alrededor. Con este procedimiento se puede conocer la dirección e intensidad de las corrientes vagabundas e incluso detectar su procedencia.

El que en un punto de la circunferencia, el gradiente de potencial fuera nulo, indica que los dos electrodos de referencia se encuentran situados sobre la misma superficie equipotencial.

Podría suceder que la diferencia de referencia se mantuviera constante y no variase con la dirección; en este caso, cabría concluir que en esa zona no habría existencia de campo eléctrico.

El resultado de estas mediciones suele expresarse en mV por unidad de longitud; en el caso de terrenos, es común cifrar los gradientes de potencial en Mv * metro. Nikoska, en el caso de terrenos, clasifica las corrientes erráticas según se indica en la Tabla I.

TABLA I

Clasificación de las corrientes erráticas según Nikoska

TIPO DE CORRIENTE	GRADIENTE DE POTENCIAL (mV/m)
Débiles	< 0,5
Moderadas	0,5-5
Fuertes	> 0,5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El muestreo hecho, cubre de forma general la mayor parte de la Comunidad de Madrid, por lo que hemos realizado las mediciones de Campos Eléctricos en 223 puntos, adicionalmente hemos considerado útil realizar mediciones en elementos que representan un gran interés desde el punto de vista eléctrico o lo que es lo mismo, objetos que representan fuentes potenciales de corrientes erráticas y contaminación eléctrica. Definitivamente hemos realizado mediciones de Campos Eléctricos en 239 puntos.

Los resultados se muestran en la tabla III . Se han elaborado la tabla con tres columnas fundamentales, la primera que identifica el punto de medición , la segunda con los valores de los Campos Eléctricos expresados en $mV \cdot m$ y la tercera columna nos muestra todos los posibles elementos que en un radio medio de 5 Km rodean a cada punto y que de alguna manera son fuentes importantes de corrientes erráticas. Esta columna nos permitirá explicar y justificar la existencia de Campos Eléctricos en la totalidad de los puntos y extrapolar estos al resto del territorio de la Comunidad.

Los resultados obtenidos nos muestran que se detectan valores de Campos Eléctricos fuertes e intensos ($> 5 mV \cdot m$), según la clasificación de Nikoska mencionada en la Tabla I, excepto en 7 puntos que son moderados ($0.5 - 5 mV \cdot m$)

Con objeto de facilitar la explicación de los resultados y hacerlos más prácticos a la hora de ver las posibles afecciones por causa de las corrientes erráticas que sufren las tuberías enterradas de agua, que es definitiva el tema que nos ocupa, hemos considerado necesario ampliar el tercer, hemos considerado necesario ampliar el tercer grupo de la clasificación de Nikoska como se muestra en la TABLA II.

Esta clasificación sólo pretende facilitar la interpretación visual de los resultados sobre los planos y nos ayudará a subdividir por zonas toda la Comunidad de Madrid considerando las intensidades de gradientes de Campos Eléctricos. Como se ha mencionado, un posterior estudio de los registros de potenciales en función del tiempo, sobre las estructuras o en este caso las tuberías, permitirá confirmar en que medida se encuentran o no afectadas por la acción de las corrientes erráticas que hemos detectado con la medición in situ de los Campos Eléctricos.

TABLA II

**Clasificación de los Campos Eléctricos según
el Instituto Español de Corrosión y Protección, S. L**

Rangos de C.E ($mV \cdot m$)	Colores para identificarlos	Denominación
0 – 0.5		Débiles
0.5 – 5		Moderados
5 – 15		Fuertes
15 – 45		Muy Fuertes
45 – 135		Fortísimos
135 y más		Hiperfuertes

TABLA III
Campos Eléctricos en la Comunidad de Madrid

Puntos	Campos Eléctricos (mV*m)	Objetos de interés con relación a los puntos. Conducciones
1	18	SbE.Elect.(- 1 Km)
2	100	SbE.Elect.(- 4 Km)
3	15	SbE.Elect.(4 Km)
4	46	T.A.T.(3 Km), SbE.Elect.(5 Km)
5	11	Nada significativo en un radio de 5 Km.
6	34	T.A.T.(1 Km)(4 Km), Cond.CYII(- 2 Km)
7	11	T.A.T.(1 Km)(- 3 Km)(- 5 Km), Cond.CYII(- 2 Km)(2 U), C.S.Espac. Telefónica(4 Km)
8	63	Antena(3 Km)(2 U), T.A.T.(- 1 Km), Cond.CYII(2 Km)(- 4 Km)
9	15	Antena(- 2 Km)(- 3 Km), Cond.CYII(2 Km)
10	50	Antena(3 Km)(- 4 Km), T.A.T.(- 1 Km), SbE.Elect.(5 Km), Cond.CYII(- 2 Km)
11	18	Nada significativo en un radio de 5 Km.
12	15	Antena(- 1 Km), FF.CC.(- 2 Km),
13	37	Antena(2 Km)(2 U), FF.CC.(- 1 Km), T.A.T.(- 1 Km)(2 U), SbE.Elect.(- 1 Km), Gasoducto(1 Km)
14	10	Antena(- 2 Km)(- 4 Km)(4 Km), FF.CC.(- 1 Km), T.A.T.(- 1 Km)(- 2 Km), SbE.Elect.(4 Km), Gasoducto(- 1 Km)
15	62	Antena(- 4 Km)(5 Km), FF.CC.(- 1 Km), T.A.T.(- 2 Km)(3 Km), Gasoducto(2 Km)
16	12	FF.CC.(1 Km), T.A.T.(1 Km)(- 4 Km), Gasoducto(- 1 Km)

Puntos	Campos Eléctricos (mV*m)	Objetos de interés con relación a los puntos. Conducciones
17	34	FF.CC.(- 1 Km), T.A.T.(- 5 Km), SbE.Elect.(- 5 Km), Gasoducto(- 3 Km), Depósito Gas(4 Km), C.S.Espac. Telefónica(5 Km)
18	24	Antena(- 3 Km)(3 Km)(5 Km), FF.CC.(2 Km), Gasoducto(1 Km), Depósito Gas(2 Km), C.S.Espac. Telefónica(3 Km)
19	20	FF.CC.(2 Km), T.A.T.(4 Km)
20	5	Cond.CYII(- 1 Km)
21	16	Cond.CYII(- 1 Km)
22	30	Cond.CYII(- 2 Km)
23	10	Cond.CYII(- 4 Km)
24	10	Antena(), FF.CC.(), T.A.T.(), SbE.Elect.(), Gasoducto(), Depósito Gas(), Cond.CYII()
25	42	FF.CC.(- 2 Km), Gasoducto(5 Km), Cond.CYII(- 1 Km)(- 4 Km)
26	28	FF.CC.(- 1 Km), T.A.T.(- 2 Km)
27	18	FF.CC.(- 4 Km), T.A.T.(1 Km), SbE.Elect.(- 1 Km), Gasoducto(- 1 Km), Depósito Gas(- 1 Km), C.S.Espac. Telefónica(- 2 Km)
28	6	Antena(3 Km)(5 Km), T.A.T.(- 3 Km)(3 Km)(2 U), Gasoducto(- 4 Km), Cond.CYII(- 1 Km)(5 Km)
29	18	Antena(3 Km), T.A.T.(4 Km), SbE.Elect.(2 Km), Cond.CYII(- 2 Km)(2 U)
30	16	Antena(- 2 Km), T.A.T.(5 Km), SbE.Elect.(4 km), Cond.CYII(- 1 Km)(4 U)

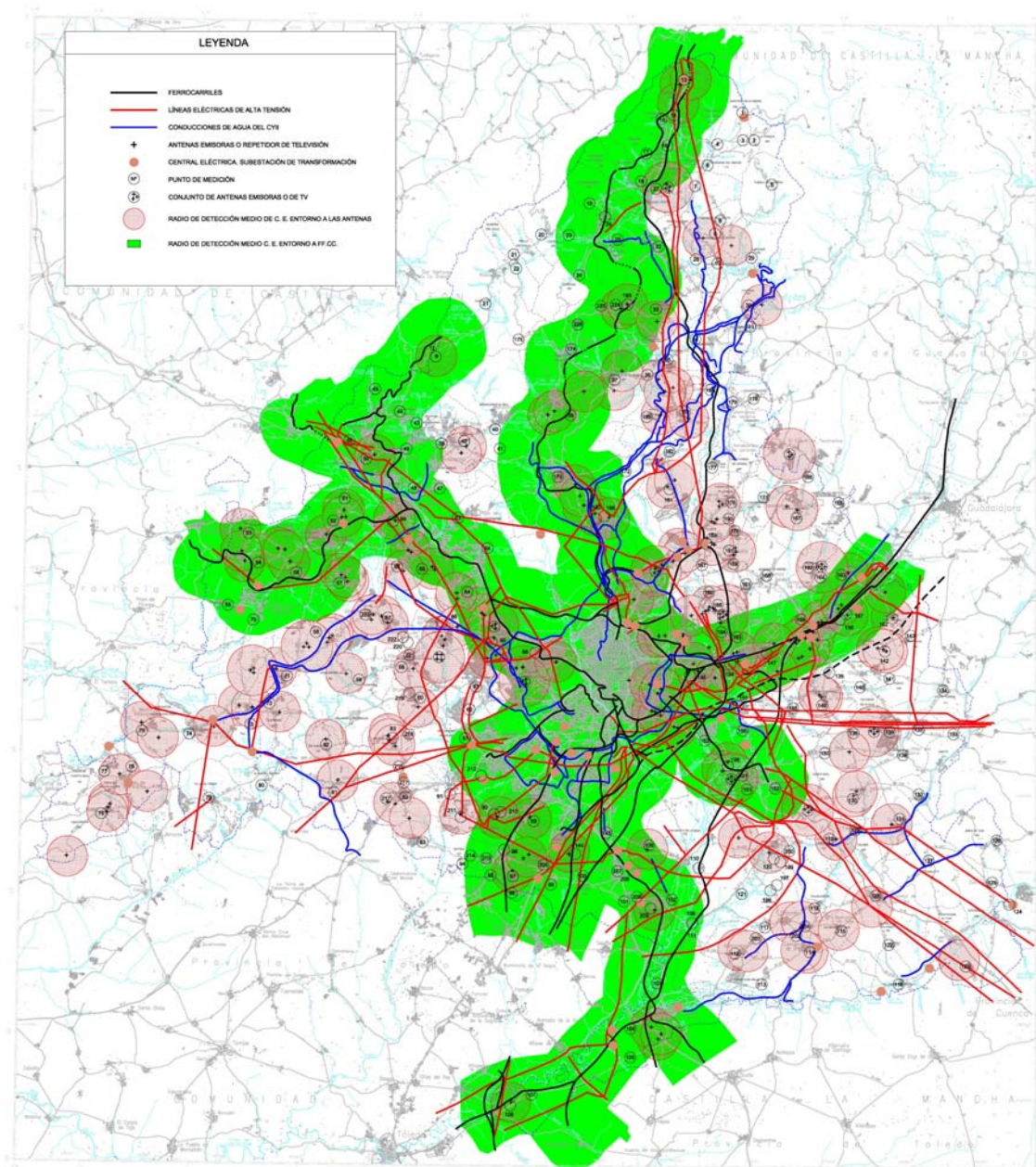
Puntos	Campos Eléctricos (mV*m)	Objetos de interés con relación a los puntos. Conducciones
31	28	Antena(3 Km), Cond.CYII(- 1 Km)(- 2 Km)(2 Km)(- 3 Km)
32	32	FF.CC.(4 Km), T.A.T.(2 Km)(- 3 Km), Gasoducto(1 Km), Cond.CYII(- 1 Km)(5 Km)
33	5	Antena(- 4 Km)(2 U), FF.CC.(- 3 Km), T.A.T.(2 Km), SbE.Elect.(5 Km), Gasoducto(3 Km), Cond.CYII(- 2 Km)(3Km)(5Km)
34	6	T.A.T.(- 1 Km)(2 Km)(- 5 Km), Gasoducto(1 Km), Cond.CYII(- 1 Km)(4 U)(4 Km)
35	12	Antena(- 3 Km)(4 Km)(- 5 Km), T.A.T.(- 1 Km)(- 2 Km)(- 5 Km), SbE.Elect.(- 3 Km), Gasoducto(- 4 Km), Cond.CYII(- 1 Km)(4 U)(4 Km)
36	13	Antena(- 2 Km)(3 Km)(- 4 Km)(2 U), T.A.T.(2 Km), SbE.Elect.(4 Km), Cond.CYII(- 1 Km)(1 Km)(2 U)
37	39	Antena(- 2 Km)(2 Km)(- 5 Km) Cond.CYII(- 2 Km)(2 U)(- 5 Km)
38	6	Antena(2 Km)(3 Km)(- 4 Km)(2 U), FF.CC.(- 1 Km), Cond.CYII(- 3 Km)(4 Km)
39	33	Antena(3 Km)(- 4 Km), Cond.CYII(1 Km)(- 2 Km)(- 4 Km)
40	18	Antena(- 5 Km)(5 Km), Cond.CYII(- 3 Km)(- 5 Km)
41	9	Antena(- 5 Km)(5 Km), Cond.CYII(- 1 Km)(- 5 Km)
42	21	Antena(1 Km)(- 2 Km) Cond.CYII(- 2 Km)(3 U)(5 Km)
43	57	Antena(- 5 Km), FF.CC.(1 Km), Cond.CYII(- 2 Km)(4 Km)
44	17	Antena(), FF.CC.(2 Km)(2 U), Cond.CYII(- 3 Km)
45	34	Antena(4 Km), FF.CC.(- 2 Km)
46	13	Antena(4 Km), FF.CC.(- 2 Km), T.A.T.(2 Km)(- 1 Km)(3 U), SbE.Elect.(- 2 Km)
47	16	Antena(- 1 m), FF.CC.(- 3 Km), T.A.T.(- 1 Km);(- 2 Km)(2 U),

Puntos	Campos Eléctricos (mV*m)	Objetos de interés con relación a los puntos. Conducciones
		SbE.Elect.(4 Km), Cond.CYII(2 Km)
48	7	FF.CC.(2 Km)(5 Km), T.A.T.(- 1 Km)(- 2 Km)(4 Km), Cond.CYII(- 2 Km)(2 U)
49	32	FF.CC.(- 1 Km), T.A.T.(- 1 Km)(- 3 Km), Cond.CYII(- 2 Km)(- 5 Km)
50	23	Antena(- 2 Km), FF.CC.(- 3 Km)(- 5 Km), T.A.T.(- 1 Km)(2 U)(1 Km), SbE.Elect.(- 5 Km),
51	10	Antena(- 2 Km), FF.CC.(- 4 Km), SbE.Elect.(- 4 Km) Cond.CYII(3 Km)(- 4 Km)(2 U)
52	17	Antena(2 Km)(2 U), FF.CC.(1 Km), T.A.T.(- 5 Km), SbE.Elect.(1 Km),
53	17	Antena(- 1 Km)(- 3 Km)(- 5 Km)(5 Km), FF.CC.(- 3 Km), T.A.T.(- 5 Km)
54	20	Antena(2 Km)(- 4 Km)(4 Km)(- 5 Km)(5 Km), FF.CC.(- 1 Km), T.A.T.(2 Km), SbE.Elect.(- 4 Km),
55	10	FF.CC.(- 4 Km), T.A.T.(4 Km), SbE.Elect.(4 Km)
56	52	Antena(- 2 Km)(- 4 Km)(4 Km), FF.CC.(- 1 Km), T.A.T.(- 2 Km)
57	20	Antena(- 2 Km)(2 U), FF.CC.(- 3 Km), T.A.T.(- 3 Km), Cond.CYII(4 Km)
58	63	Antena(- 2 Km)(2 U)(2 Km), Estación Espacial Colmenar (3 Km) Cond.CYII(1 Km)(- 4 Km)
59	19	Antena(2 Km), Cond.CYII(- 5 Km)(2 U)
60	7	Antena(- 2 Km)(2 U)(4 Km), T.A.T.(- 2 Km)(2 U), Cond.CYII(5 Km)(2 U)
61	9	FF.CC.(- 4 km), T.A.T.(-1 Km)(1 Km)(- 2 Km)(2 U)(2 Km)(- 3 Km)(), SbE.Elect.(1 Km), Cond.CYII(3 Km)(5 Km)(2 U)

Hemos elaborado dos planos donde se reflejan todos los resultados y que nos permite observar como se comporta la contaminación eléctrica en toda la Comunidad de Madrid y la acción de las principales fuentes de corrientes erráticas causante de la misma.

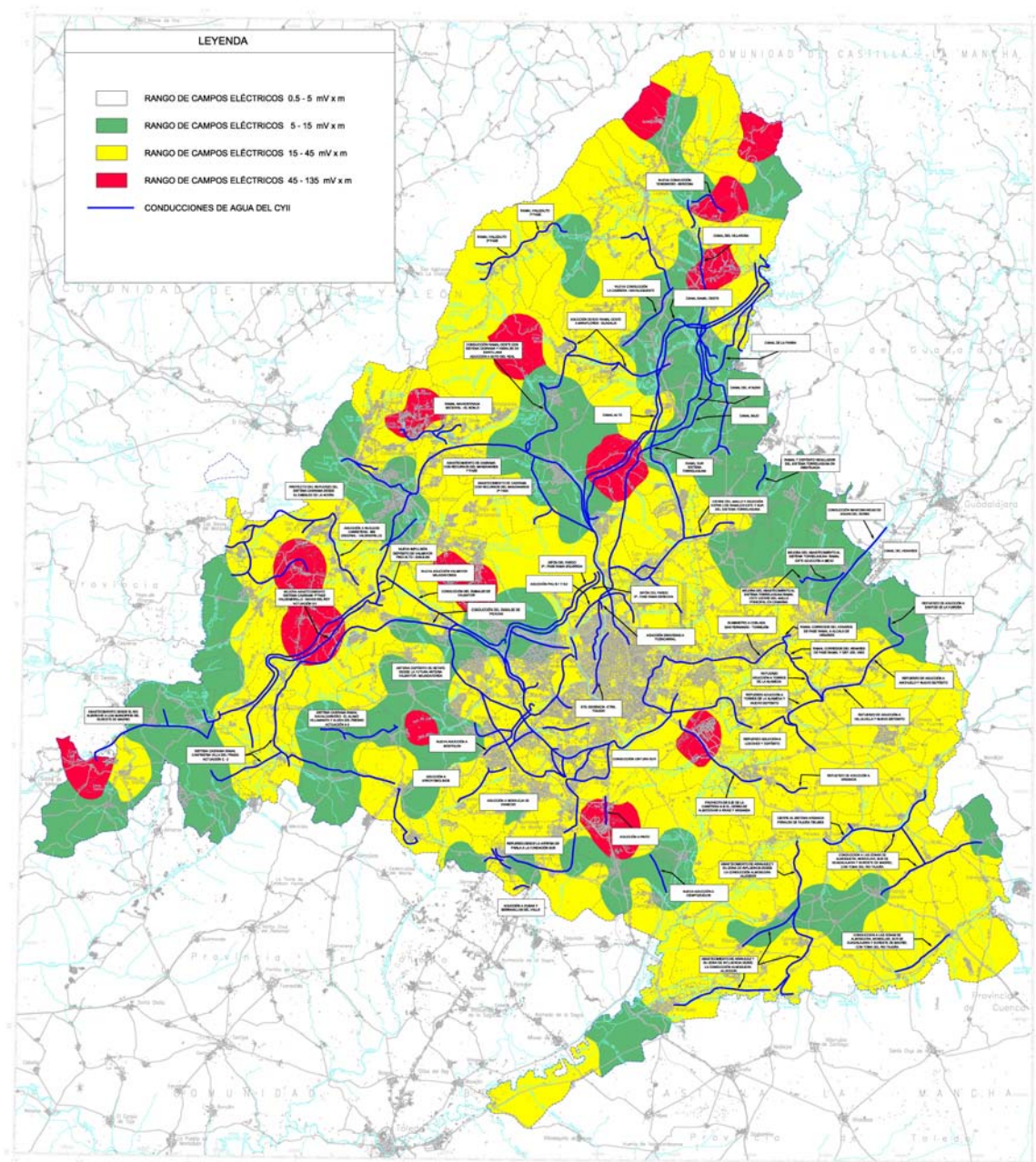
Plano nº 1: Principales fuentes de corrientes erráticas en la Comunidad de Madrid

Se localizan las vías férreas electrificadas, las antenas, las torres de alta tensión, las subestaciones eléctricas, las conducciones de combustibles o gas, principales depósitos o fábricas de distribución de combustibles y las conducciones del CYII. Este plano permitirá observar las variadas fuentes de contaminación eléctrica a que están sometidos los suelos de la Comunidad de Madrid.



Plano nº 2: Distribución de los Campos Eléctricos en la Comunidad de Madrid

Se muestran con varios colores según la intensidad de gradientes de Campos Eléctricos los valores de los Campos Eléctricos obtenidos en nuestras mediciones, además se trazan en el mismo las conducciones de CYII más importantes para establecer su relación con ellos.



BIBLIOGRAFÍA

Guillén, M.A. 1989, Causas de Corrosión y Protección Catódica en tuberías enterradas, *Nº 14 Revista Gas Actual*.

Otero Huertas, Enrique. *Corrosión y degradación de materiales*, Editorial Síntesis, Pág 210-215

Guillén, M.A., *Curso Básico de Corrosión y Protección Catódica*, Instituto Español de Corrosión y Protección.