

## DISEÑO DE UNA PRÁCTICA PARA LA MEDIDA DE LA CONDUCTIVIDAD DE ELECTROLITOS MEDIANTE UN SISTEMA MULTIELECTRODO

J. TORRES, L. GÓMEZ

*Departamento de Ingeniería Electrónica y Automática. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Campus Tafira, 35300. España.*

*En esta publicación se presenta el diseño de una práctica cuya finalidad es la de implementar un sistema electrónico completo para la medida de la conductividad de electrolitos. El interés de la misma viene justificado por el enorme campo de aplicación en el que se debe realizar medidas de parámetros físicos de esta índole en el ámbito industrial. El propósito de la práctica es afianzar al alumno en los conocimientos de técnicas de medida de precisión, modelado de un problema real, realización del diseño del equipo de medidas y su posterior realización física.*

### 1. Introducción

Es común en los actuales planes de estudio de las carreras técnicas disponer de asignaturas de instrumentación electrónica donde se discuten las técnicas de medida y su realización a través de sistemas electrónicos automáticos. Por lo general, estas asignaturas requieren que el alumno atesore conocimientos de electrónica digital y analógica, así como conceptos de teoría de la señal. Es por ello que, por lo general, las asignaturas de instrumentación electrónica se enmarcan en los últimos cursos de las disciplinas técnicas. En concreto, esta práctica que se presenta en esta publicación se ha diseñado para una asignatura de cuarto curso de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, especialidad Electrónica. Sin embargo, al ser de propósito general, encuentra cabida asimismo en estudios de Ingeniería Electrónica (Escuelas Técnicas y Escuelas Superiores). Por consiguiente, y en el marco anteriormente expuesto, en este artículo se presenta el diseño de la práctica, Medida de la conductividad de electrolitos mediante un sistema multielectrodo. La importancia que tiene la medida de este parámetro es doble, por una parte, su interés implícito, en tanto que es de elevada utilidad en el ámbito industrial y/o tecnológico. Por otra parte, la clara orientación pedagógica que conlleva el diseño de un sistema de cierta complejidad, que afianza al alumno en la comprensión de aspectos teóricos desarrollados en las clases de teoría.

### 2. Conductividad

La conductividad eléctrica es una propiedad inherente de muchos materiales [1], y cubre toda una gama que va desde los materiales extremadamente conductores, como los metales, hasta los materiales sumamente no conductores o aislantes (dieléctricos), como los plásticos, el vidrio, mica, baquelita, araldit, resina epoxy, etc. A medio camino entre estos dos extremos se encuentran las soluciones acuosas, como por ejemplo, el agua de mar y los baños galvanoplásticos. Entonces la conductividad de las disoluciones acuosas, o más conocida

como conductividad electrolítica, es la capacidad de un líquido para dejar pasar la corriente eléctrica. Si dos electrodos de un metal tal como el platino, se introducen en un recipiente que contiene agua destilada, si se conecta uno de ellos al borne positivo de un generador de corriente continua, y el otro al negativo, no se observa prácticamente corriente. Sin embargo si se añade una pequeña cantidad de un ácido, por ejemplo ácido sulfúrico ( $SO_4H_2$ ), o una base como el hidróxido sódico ( $NaOH$ ), o una sal como la sal común ( $NaCl$ ), proporciona, cuando se disuelve en agua, una disolución cuya resistencia es suficientemente pequeña para que la corriente pueda ser apreciable. Las soluciones anteriormente mencionadas, al disolverse se separan en iones positivos y negativos en equilibrio con el cuerpo. Los iones son susceptibles de desplazarse bajo la acción de un campo eléctrico y también de combinarse con otros iones para formar nuevos iones o cuerpos distintos que ya no se ionizan. La resistencia de la disolución depende de los parámetros que a continuación se citan:

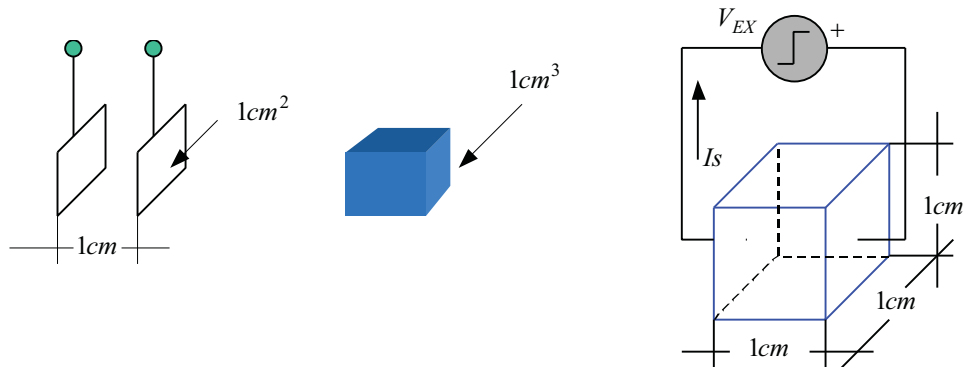
$$\frac{I_s}{V_{ex}} = G = q \cdot Z \cdot \frac{A}{L} \cdot (\mu^+ + \mu^-) \cdot n \quad (1)$$

donde:  $G$ , conductancia de la muestra,  $q$  es la carga del electrón,  $n$  es la concentración de iones presentes en la muestra,  $Z$  es el número de cargas por ión,  $A$  es el área de los electrodos,  $L$  es la separación o distancia entre electrodos,  $V_{ex}$  es el voltaje entre electrodos,  $I_{ex}$  es la corriente que atraviesa la muestra,  $\mu^+$  es la movilidad de los iones positivos y  $\mu^-$  es la movilidad de los iones negativos. Luego si en una disolución de un producto químico se mantienen constantes:  $A$ ,  $L$ ,  $V_{ex}$ ,  $Z$ ,  $\mu^+$ ,  $\mu^-$ , y la temperatura, entonces la conductancia - y por tanto- la conductividad de la solución, dependerá únicamente del número de iones en la solución o de la concentración. Si el producto está disociado totalmente, será una medida directa de la concentración del mismo en la disolución. Siguiendo con la ecuación (1), para la mayoría de las soluciones acuosas, mientras más elevada sea la concentración de las sales disueltas, lo que producirá más iones, más elevada será la conductividad. La conductividad electrolítica es la capacidad de un líquido para dejar pasar una corriente eléctrica. El agua destilada pura no conduce en principio la corriente pero, si se disuelven sólidos minerales aumenta su capacidad de conducción. Estos sólidos al disolverse se separan en iones positivos y negativos en equilibrio con el cuerpo. Los iones son susceptibles de desplazarse bajo la acción de un campo eléctrico y también de combinarse con otros iones para formar nuevos iones o cuerpos distintos que ya no se ionizan. Una disolución que conduce la corriente eléctrica es un electrólito.

### 3. Principio de medida de la conductividad

La conductividad de un material es una propiedad inherente, es decir, el agua pura a una temperatura particular tendrá siempre la misma conductividad. La conductividad de una muestra de agua pura depende de cómo se efectúe la medida, esto es, del tamaño de la muestra, la separación entre los electrodos de medida, etc. Por ello, la conductividad se define como la recíproca de la resistencia en ohmios medida entre las caras opuestas de un cubo de 1cm de lado sumergido en una disolución, figura 1. Si los electrodos de la figura 1, se encuentran sumergidos en una disolución, cuando se les aplica una diferencia de potencial, la corriente que circula por el circuito será función de la tensión aplicada y de la resistencia de la disolución. Tal y como se ha dicho anteriormente, esta resistencia a su vez, es función de la naturaleza del disolvente, del número de iones presentes, y de la movilidad iónica. La conductancia  $G$ , es la recíproca de la resistencia  $R_d$ ,

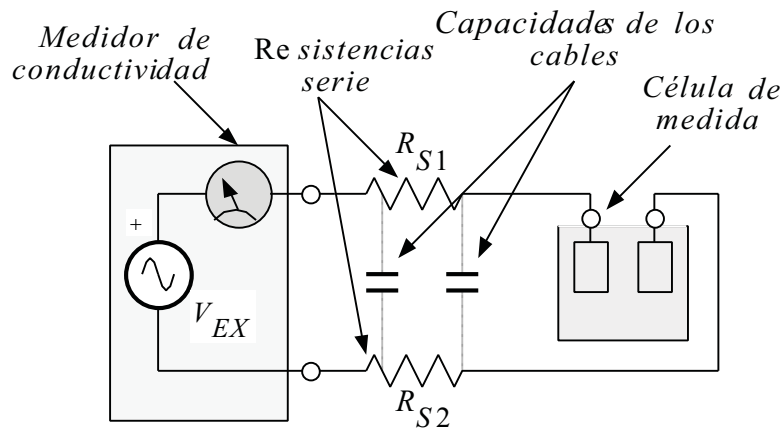
$$G = \frac{l}{Rd} \quad (2)$$



**Figura 1:** Medida de la conductividad (modelo teórico)

### 3.1. Forma de selección de la constante de la celda

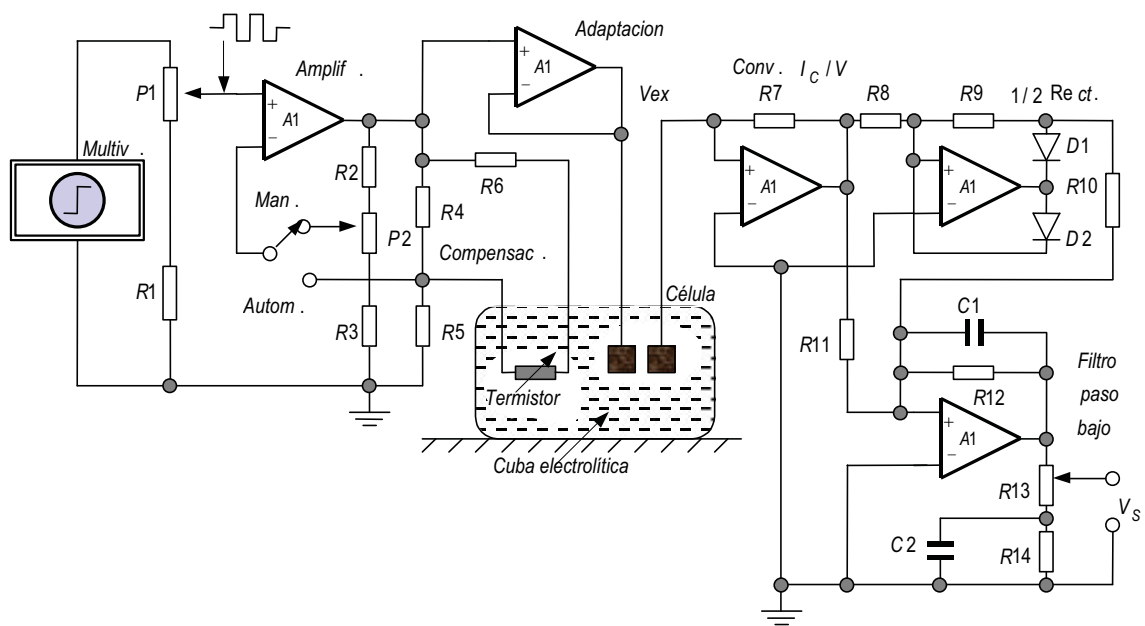
La constante de la célula es la relación, entre la longitud de la columna de líquido que existe entre los dos electrodos, y el área de éstos [2]. Debido al cable que une al medidor con la célula, la medida de la conductividad electrolítica se encuentra afectada por dos factores que son: la resistencia del cable, y la capacidad distribuida del mismo. El grado de afección de estos dos factores podrá ser atenuado sin más que jugar con la “constante de célula” (ver figura 2).



**Figura 2:** Medida con célula y modelo incluyendo capacidad y resistencia de los cables

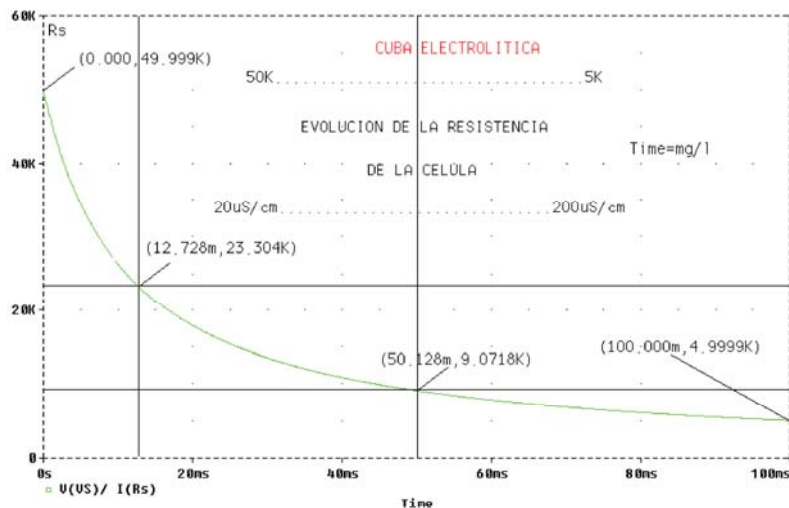
### 4 Realización práctica: medida con sistema electrónico multiconductor

Toda vez modelada la celda electrolítica de manera que se minimicen los efectos asociados a la resistencia y capacidad del cableado, se elige realizar las medidas en alterna para minimizar la influencia de la polarización del electrolito [2]. Este efecto, se demuestra que puede minimizarse sobremanera sin más que seleccionando una tensión y frecuencia para el generador de señal adecuadas. El circuito electrónico diseñado para la realización de medidas se muestra en la figura 3.



**Figura 3:** Sistema electrónico completo de medida de la conductividad.

Se observa que se trata de un circuito formado por diversas etapas acondicionadoras de señal, un filtro paso bajo, una etapa rectificadora y un convertidor de corriente/tensión, todo implementado a base de amplificadores operacionales de bajo coste. El hecho de emplear sistema multielectrodo en la célula se justifica dado que de esta forma se eliminan corrientes de fuga (caminos a tierra) que falsean la medida. En la siguiente figura se recogen resultados obtenidos mediante simulación SPICE. Los datos reales están disponibles pero no para el momento de preparar esta publicación.



**Figura 4:** Resultados de la simulación SPICE del circuito propuesto

### Referencias

- [1] M. Alonso, E. Finn, *FÍSICA: Fundtos. Cuánticos y Estadísticos*, Addison-Wesley (1985)
- [2] J. Torres, *Notas docentes de la asignatura "Medidas Electrónicas"*, ULPGC, (2001)