

ACERCAMIENTO AL COMPORTAMIENTO DIELECTRICO DE LA PROCAÍNA Y SUS SOLUCIONES: ANÁLISIS DE PERMITIVIDAD DIELECTRICA CON LA FRECUENCIA.

Francisco Román Campos

Rodrigo Jaimes Abril

Yosette Osorio Díaz

Glosario

Condensador: Es un arreglo geométrico de electrodos o placas metálicas de área **A** [m^2], sobre las cuales puede depositarse un cierto número de cargas eléctricas **Q** cuyas unidades son los **Culombios** [**C**]. Entre las placas se establece una diferencia de potencial llamada voltaje **V**, cuyas unidades son los **Voltios** [**V**]. El voltaje **V** es proporcional a su capacidad **C** cuyas unidades son los **Faradios** [**F**].

Capacidad C: Es la relación que existe entre la carga **Q** [**C**] y el voltaje **V** [**V**] en un condensador, de acuerdo a la fórmula: **Q = C x V**.

Corriente de desplazamiento: Es la corriente en Amperios [**A**] que circula en un condensador ideal, la cual es proporcional a la variación del flujo eléctrico producido por el cambio de la densidad de cargas por unidad de área en la superficie de las placas del condensador.

Corriente de conducción: Es la corriente en Amperios [**A**] debida al transporte de portadores de carga eléctrica en un material. Las corrientes de conducción en un material dieléctrico son consideradas como las corrientes de fuga e indican que tan buen dieléctrico es el material.

Impedancia Z: Es la relación que existe entre el voltaje alterno **V** [**V**] aplicado entre los terminales de un elemento eléctrico y la corriente **I** [**A**] que circula entre sus terminales. La relación es: **Z = I / V** cuyas unidades son Ohmios [Ω]. Esta relación recibe el nombre de resistencia **R** [Ω], cuando el voltaje aplicado es continuo.

Tangente Delta D o Factor de Pérdidas: Es el cociente que se obtiene al dividir la corriente de conducción sobre la corriente de desplazamiento que circulan por un material. Este factor indica que tan buen dieléctrico es el material. La tangente delta de un buen dieléctrico es 10^{-2} .

Factor de Calidad Q: Es el inverso de la Tangente Delta o Factor de Pérdidas. Un factor de calidad alto es 100.

Permitividad dieléctrica: Es una propiedad de los materiales aislantes y está relacionada con la capacidad que tiene el material para polarizarse, es decir, con su capacidad de almacenar energía en los dipolos eléctricos.

La permitividad dieléctrica relativa ϵ_r : Es la relación que existe entre la permitividad dieléctrica del material aislante referida a la permitividad dieléctrica del vacío. Por ejemplo, la permitividad dieléctrica relativa del aceite es 2. La permitividad dieléctrica relativa esta directamente relacionada con su capacidad de almacenar energía por efecto de polarización del material dieléctrico. Un condensador construido con aceite como dieléctrico puede almacenar el doble de la energía que el mismo condensador si su dieléctrico es aire.

Resumen

En este trabajo presenta el comportamiento eléctrico de cuatro soluciones de Procaína. Para una sola muestra de cada una de las cuatro soluciones de

Procaína se obtuvieron los siguientes 4 parámetros eléctricos: Tangente Delta, el Factor de Calidad, capacidad e impedancia. Para obtener los mencionados parámetros eléctricos de las muestras se empleó un condensador patrón de dieléctrico aire, el cual se llenó con cada una de las cuatro soluciones de procaína. Los resultados fueron obtenidos con un puente electrónico de impedancia a tres valores de frecuencia 50 Hz, 60 Hz y 100 Hz. Los resultados obtenidos a 50Hz y a un voltaje aplicado de 50mV muestran que la permitividad dieléctrica relativa de las muestras fue del orden de 10^6 , la tangente delta estaba en el rango de 10^{-1} y 10^{-3} , la capacidad varió entre 380 [μ F] y 950 [μ F] y la impedancia entre 3 y 7 [Ω]. Los parámetros eléctricos medidos fueron dependientes de la frecuencia. La altísima permitividad dieléctrica ha sido observada en materiales en los que se presenta el fenómeno conocido como la "Doble capa difusa".

Introducción

La procaína fue sintetizada por Einhorn en el año de 1905. Es un ester del ácido para amino benzoico (PABA), e introducida con el nombre comercial de Novocaína. Se hidroliza en los tejidos rápidamente a ácido paraaminobenzóico y dietil amino etanol por acción de una estearasa plasmática. Se le han comprobado una serie de efectos específicos farmacológicos y es de esencial importancia la influencia que ejerce sobre las funciones vitales de la célula.

La Procaína ha sido utilizada en tratamientos de terapia neural con excelentes resultados en diferentes tipos de pacientes y tratamientos. Por esta razón y la velocidad de respuesta del organismo a su aplicación, se ha planteó la necesidad de establecer el comportamiento eléctrico de sus compuestos.

Una de los objetivos principales de este trabajo fue establecer si los compuestos de Procaína podrían considerarse como materiales eléctricamente aislantes o como materiales eléctricamente conductores. Adicionalmente se deseaba establecer su comportamiento a un voltaje similar al existente en el cuerpo humano, del orden de algunos milivoltios y a una baja frecuencia.

Para responder a las preguntas planteadas se obtuvieron los siguientes parámetros eléctricos de las muestras estudiadas: la permitividad dieléctrica relativa, el factor de calidad, la tangente dieléctrica, la capacidad y la impedancia. Los anteriores parámetros de las muestras fueron obtenidos a tres frecuencias: 50 Hz, 60 Hz y 100 Hz. A frecuencias superiores la muestra se comportó como un material eléctricamente conductor, por lo cual no se incluyen resultados sino hasta 100 Hz. Los resultados de estos experimentos se limitan a una muestra de cada una de las soluciones de procaína estudiadas y a tres valores de frecuencia y a un solo voltaje de medida: 50 mV. En futuros trabajos se analizará un número mayor de muestras de cada una de las soluciones, a un mayor rango de frecuencias y a diferentes voltajes.

Materiales y métodos

Las siguientes son las cuatro muestras únicas de procaína estudiadas:

- I. Procaína al 1% sin epinefrina (5gr) con bicarbonato en suero fisiológico (500ml) identificada en las figuras como **I-P_1%_sE_BS_SF**
- II. Procaína al 1% sin epinefrina, usada en terapia de puntos profundos. La muestra es identificada en las figuras como **II-P_1%_sE_sola**
- III. Procaína al 0.5% más Calcio identificada en las figuras como **III-P_0.5%_Ca**
- IV. Procaína al 0.5% sin epinefrina, con Calcio y Bicarbonato, identificada en las figuras como **V-P_0.5%_Ca_BS**

Los parámetros eléctricos de las muestras fueron obtenidos en el Laboratorio de Alta Tensión de la Universidad Nacional de Colombia. Las pruebas fueron realizadas con una probeta normalizada de prueba para obtener la permitividad dieléctrica de los materiales aislantes. La capacidad C_0 de la muestra con dieléctrico aire se compara con la capacidad C_i de la probeta

llena con 30 ml de la muestra bajo estudio. La permitividad dieléctrica ϵ_r se obtiene con la ecuación (1):

$$\epsilon_r = C_i / C_0 \quad (1)$$

Las mediciones de capacidad, tangente Delta, factor de calidad fueron hechas con el puente PHILLIPS de frecuencia variable, que cuenta con una fuente de voltaje de 50 mV a frecuencia variable de 50. 60 y 100 Hz. Mediciones a mayores frecuencias no fueron realizadas ya que las muestras se comportaban como conductores.

Discusión

A continuación se analiza el comportamiento de los siguientes parámetros eléctricos de las cuatro muestras de Procaína analizadas:

- 1- Permitividad dieléctrica relativa
- 2- Capacidad de la probeta
- 3- Tangente delta y Factor de calidad
- 4- Impedancia

1- Permitividad dieléctrica relativa

Como se explica en el glosario este parámetro indica cuanta energía podría almacenar un condensador construido con este material como dieléctrico si se le compara con uno cuyo dieléctrico es el aire. En la práctica de la ingeniería se cuenta con materiales que tienen permitividades dieléctricas relativas entre 1 y 10. El agua, por su naturaleza bipolar presenta una permitividad dieléctrica de 80. En algunos materiales se presenta un comportamiento especial que permite la formación de dipolos a distancia microscópicas, lo cual se traduce en permitividades dieléctricas relativas del orden de varios millones de veces. Este

es un comportamiento común en las arcillas y algunos coloides en los que se presenta la llamada “doble capa difusa”.

La Fig. 1 muestra los resultados obtenidos con las cuatro muestras de procaína analizadas.

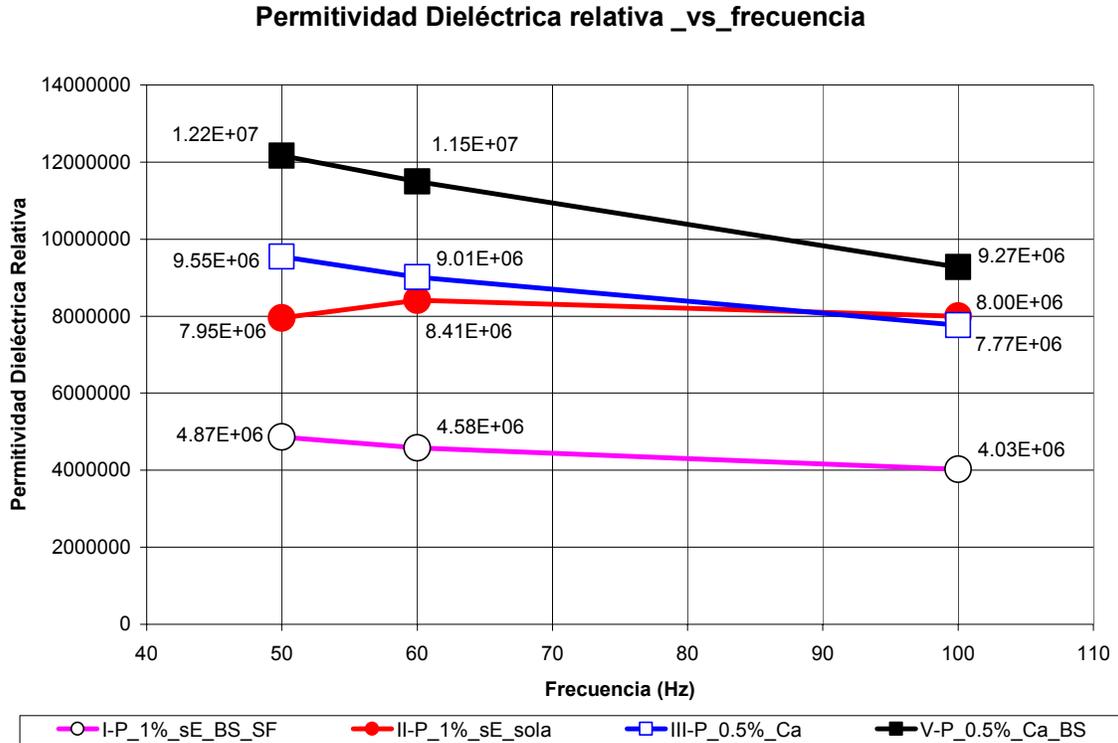


Fig. 1 Comportamiento de la permitividad dieléctrica relativa de las 4 muestras de procaína en función de la frecuencia cuando se aplicó un voltaje de 50 mV. Nótese que el valor de la permitividad dieléctrica relativa de las muestras está entre 4.9 y 12 millones, un valor extremadamente alto.

Los resultados mostrados en la Fig. 1 muestran que en todos los casos la permitividad dieléctrica relativa de la procaína es superior a 4 millones. Estos valores extremadamente altos posiblemente indiquen que en la muestra se presenta el fenómeno llamado “doble capa difusa”.

2- Capacidad de la probeta

La variación de la capacidad de la probeta en función de la frecuencia para cada uno de los líquidos analizados se muestra en la Fig. 2. Como se indica en el glosario, la capacidad de la probeta es una función directa de la permitividad dieléctrica relativa del líquido. Por esta razón las curvas que se muestran en la Fig. 2 muestran la misma tendencia observada en las curvas en la Fig. 1.

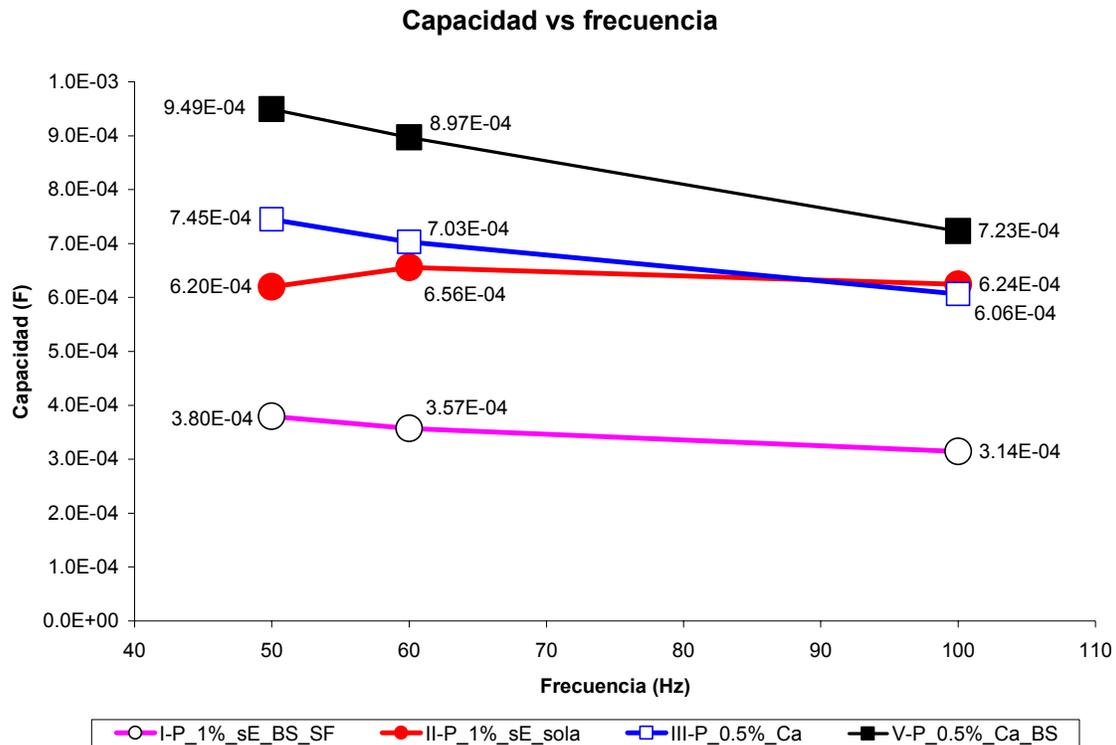


Fig. 2 Comportamiento de la Capacidad en Faradios de la probeta de ensayo con las 4 muestras de procaína, en función de la frecuencia cuando se aplicó un voltaje de 50 mV. Nótese que las capacidades de las diferentes muestras son del orden de los micro-Faradios, mientras que la capacidad de la probeta en el aire fue de 78 pico-Faradios.

3- Tangente delta y factor de calidad

El comportamiento de la tangente delta y su inverso, el factor de calidad muestran la razón de las corrientes de desplazamiento a las de conducción. Estos factores indican el comportamiento de la procaína como dieléctrico. Las Figs. 3 y 4 muestran el respectivo comportamiento de la tangente delta y el factor de calidad con la frecuencia. De la Fig. 3 puede concluirse que la tangente delta decrece con la frecuencia, mientras que para la muestra de Procaína al 0.5% sin epinefrina, con Calcio y Bicarbonato, el comportamiento es inverso. Las tangentes delta de las tres primeras muestras están en el orden de 10^{-1} (0.31, 0.18, 0.15 respectivamente), la muestra de Procaína al 0.5% sin epinefrina, con Calcio y Bicarbonato muestra la tangente delta más baja (0.004). Lo anterior indica que la muestra de Procaína al 0.5% sin epinefrina, con Calcio y Bicarbonato se comporta mejor como dieléctrico, que las otras muestras. Estos resultados son corroborados por la Fig. 4 en la que la muestra de Procaína al 0.5% sin epinefrina, con Calcio y Bicarbonato muestra el mayor factor de calidad.

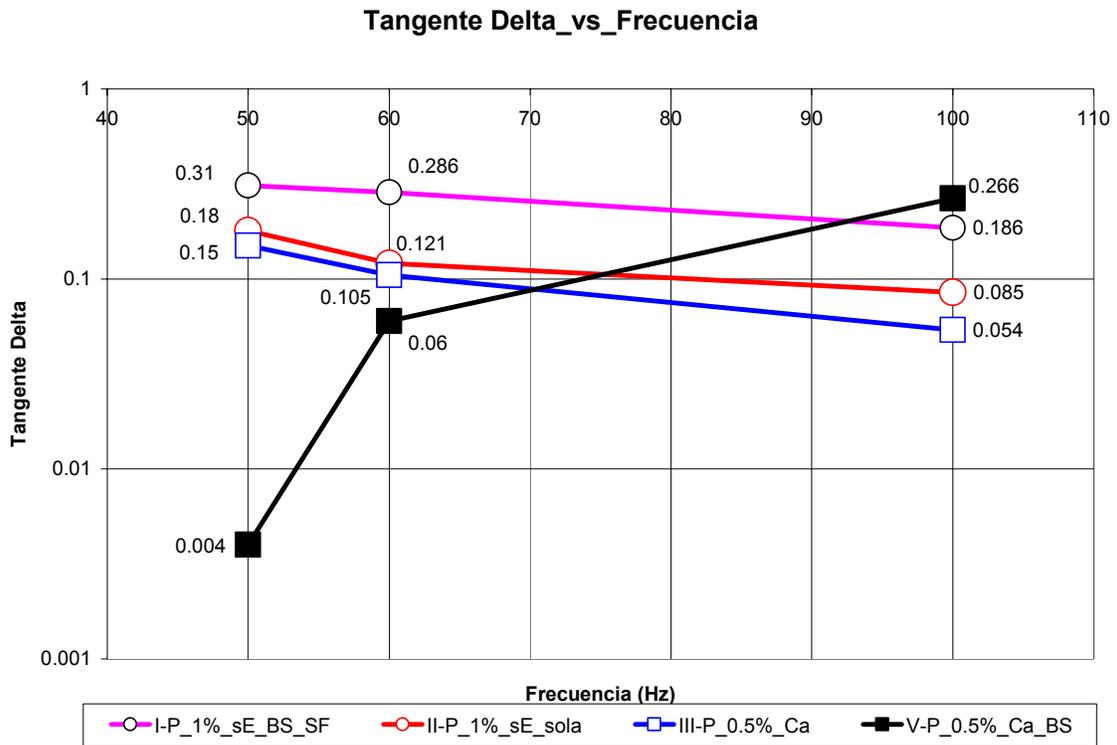


Fig. 3 Comportamiento de la tangente delta de la probeta de ensayo con las 4 muestras de procaína, en función de la frecuencia cuando se aplicó un voltaje de 50 mV. Nótese que la tangente delta de las tres primeras muestras decrece con la frecuencia, mientras que para la muestra de Procaína al 0.5% sin epinefrina, con Calcio y Bicarbonato crece con incrementos de la frecuencia.

Factor de Calidad_vs_Frecuencia

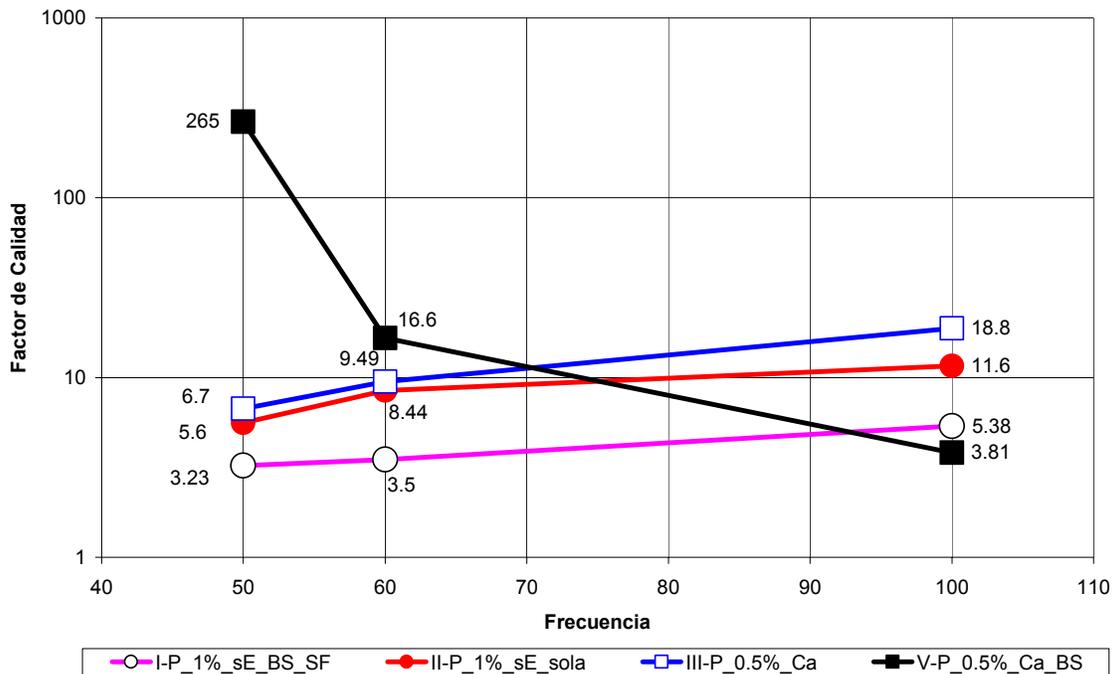


Fig. 4 Comportamiento del factor de calidad de la probeta de ensayo con las 4 muestras de procaína, en función de la frecuencia cuando se aplicó un voltaje de 50 mV. Nótese el comportamiento de la probeta con Procaína al 0.5% sin epinefrina, con Calcio y Bicarbonato: El factor de calidad decrece con la frecuencia.

Impedancia

La impedancia encontrada para todas las muestras fue relativamente baja: Entre 3.4 y 7.9 [Ω] a la frecuencia de 50 Hz. La impedancia de todas las muestras decrecieron con la frecuencia. Adicionalmente la impedancia menor fue encontrada en la muestra de mayor permitividad eléctrica. Este comportamiento será cuidadosamente analizado en trabajos posteriores.

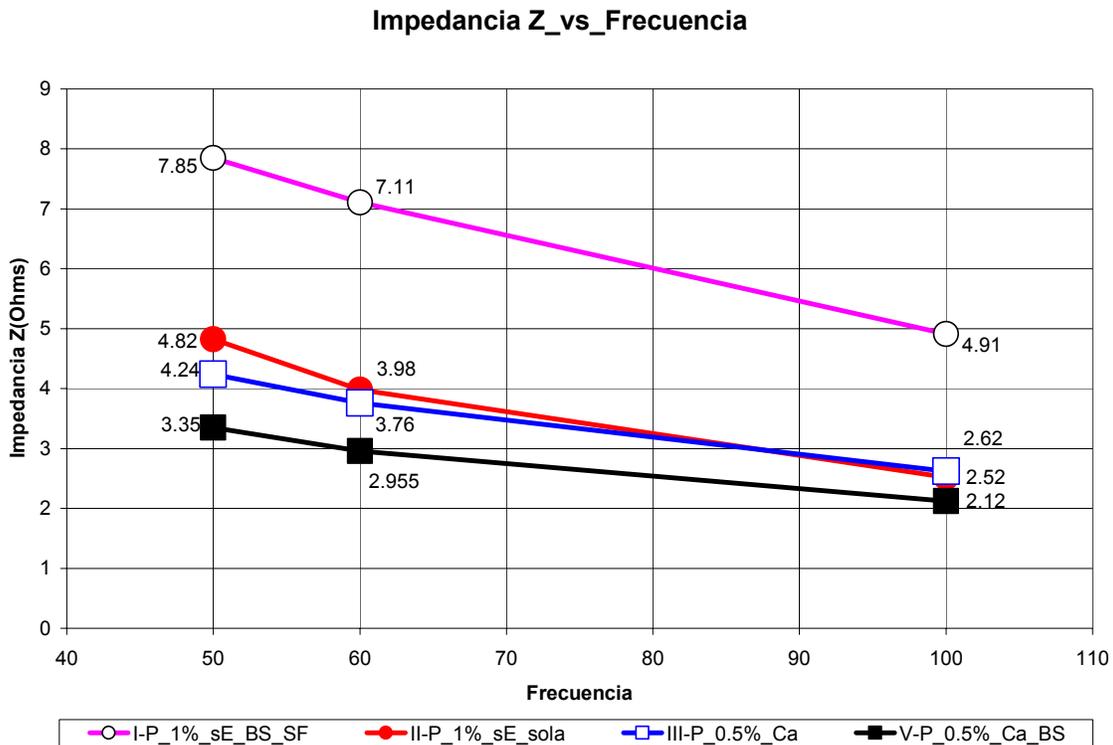


Fig. 5 Comportamiento de la impedancia de la probeta de ensayo con las 4 muestras de procaína, en función de la frecuencia cuando se aplicó un voltaje de 50 mV. Nótese el decrecimiento de la impedancia con la frecuencia para todas las muestras.

Conclusiones

De los resultados presentados en las Figs. 1 – 4 puede concluirse que las muestras de procaína ensayadas muestran valores de permitividad dieléctrica relativa entre 4×10^6 y 12×10^6 , los cuales son extremadamente altos. Valores similares se encuentran en líquidos coloidales en los cuales se presenta el fenómeno de la doble capa difusa. Estos resultados son corroborados por las curvas de capacidad del condensador patrón lleno con las soluciones de Procaína. Con respecto al comportamiento de las pérdidas dieléctricas de las muestras se observa que en la mayoría de los casos este factor tiene un valor del orden de 10^{-1} , mientras una sola muestra presenta un valor de 4×10^{-3} a 50 Hz. Esto indica que la muestra que presenta una menor componente de corriente activa con respecto a la componente de corriente de desplazamiento es la muestra de Procaína al 0.5% sin epinefrina, con Calcio y Bicarbonato. La baja impedancia que presentaron las muestras, menos de 10 Ohmios se examinará en posteriores trabajos.

Por las anteriores razones se considera necesario ampliar los estudios de este material a frecuencias y voltajes más altos con el fin de establecer claramente su comportamiento eléctrico en condiciones similares a las que se presentan en el cuerpo humano.

Referencias bibliográficas

Guerrero, M "Estudio de las propiedades físicas, químicas y eléctricas de las arcillas y su influencia en los sistemas de puesta a tierra" Proyecto de grado para obtener el título de ingeniero electricista, Director Dr. A. Mejía, Universidad Nacional de Colombia, 2001

Schwarz Gerhard "A theory of the low Frequency Dielectric Dispersion of colloidal particles in electrolyte solution". Journal of Physical and chemistry, vol 66 pp. 2632-2642, 1962

Shwann H., Schwarz G., Maczuk, J. "On the low frequency dielectric dispersion of colloidal particles in electrolyte solution", Journal of physical and chemistry, vol. 66 pp. 2626-2635, 1962