

4. Conclusiones y recomendaciones

- El sistema formado por el primer epóxico rico en zinc y el acabado polisiloxano muestra un desempeño excelente cuando está expuesto a los diferentes ambientes que pueden causar deterioro de la película y generación de procesos farádicos. Presenta una barrera dieléctrica muy buena hasta pasado las 4000 horas de ensayos acelerados.
- Se manifiesta, gracias a los altos módulos de impedancia del orden de $10^9 \Omega \cdot \text{cm}^2$, bajas pseudo-capacitancia del orden de $10^{-10} \text{ F} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{n-1}$, el no presentarse registro de daños visuales y la presencia de productos de pasivación del zinc en la interface, la alta sinergia que se da entre los dos sistemas, el primer epóxico rico en zinc con su mecanismo de protección catódica y el polisiloxano con sus partes orgánicas e inorgánicas.
- Las simulaciones por medio de circuitos eléctricos equivalentes en las distintas pruebas de corrosión aceleradas en el que fue expuesto el sistema primer epóxico rico en zinc/acabado polisiloxano estuvieron en concordancia con los fenómenos que sucedieron a largo del tiempo en la interface metal-sistema. Se tiene una primera constante de tiempo asociado a la matriz polimérica y una segunda a la formación de productos de pasivación del zinc. En las pruebas de niebla salina y ciclo de corrosión se puede evidenciar una tercera fase gracias a procesos difusivos en la capa de pasivación del zinc. La presencia de complejos de zinc producto de la acción catódica del primer se pudo corroborar con lo encontrado por medio de la microespectroscopía Raman donde se pudo detectar su presencia.
- Con los resultados encontrados en las distintas pruebas aceleradas para el sistema epoxi-zinc/polisiloxano, este se puede recomendar para uso tanto en ambientes marinos como industriales garantizando su buen desempeño a las condiciones agresivas que estos medios ofrecen.
- El sistema mastic epóxico de aluminio puede ser considerado como un recubrimiento de desempeño bueno de acuerdo a su funcionalidad. Esto se dice ya que durante las primeras 2000 horas el sistema no presento una fuerte caída en su capacidad protectora y solo a partir de este tiempo se da la presencia de procesos farádicos, sufriendo caídas considerables de sus resistencias pasando del orden de 10^8 a $10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2$ y aumento de sus capacitancias llegando a valores del orden de $10^{-8} \text{ F} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{n-1}$.
- Para el mastic epóxico de aluminio en las diferentes pruebas aceleradas de corrosión, los circuitos eléctricos equivalentes utilizados estuvieron en concordancia con los fenómenos que sucedieron a largo del tiempo en la interface metal-sistema. Se tiene una primera constante de tiempo

asociado a la matriz polimérica y una segunda a la presencia de procesos farádicos pasado las 2000 horas. En las pruebas ciclo de corrosión, inmersión en NaCl e inmersión en Na₂SO₄, se puede evidenciar una tercera fase gracias a procesos difusivos en la capa de productos de corrosión del sustrato. Esto se pudo corroborar con lo encontrado por medio de la microespectroscopía Raman donde se pudo detectar la presencia de productos de corrosión (goethita, magnetita) al finalizar el tiempo.

- El mastic epóxico de aluminio sin ningún tipo de recubrimiento de acabado y de acuerdo a lo encontrado en la evaluación en las distintas pruebas y por medio de la impedancia, puede ser usado en ambientes industrial moderado y urbano-industrial, garantizando su buen desempeño bajo estas condiciones.
- Se evidencia el buen comportamiento de protección anticorrosiva que registran los recubrimientos de altos sólidos cuando se encuentra expuestos a ambientes altamente agresivos, convirtiéndolos en una excelente alternativa ambientalmente amigable de protección de estructuras metálicas.
- Los chequeos visuales, normalmente usados en la evaluación del comportamiento anticorrosivo de las pinturas por parte de la industria, acompañado de algunas técnicas de caracterización de materiales y del uso de la espectroscopia de impedancia electroquímica son excelentes herramientas para monitorear el desempeño de recubrimientos orgánicos. Esta ultima herramienta ayuda a tener más claridad de los fenómenos que puedan estar ocurriendo en la interface metal- recubrimiento durante la exposición a los diferentes ambientes agresivos.

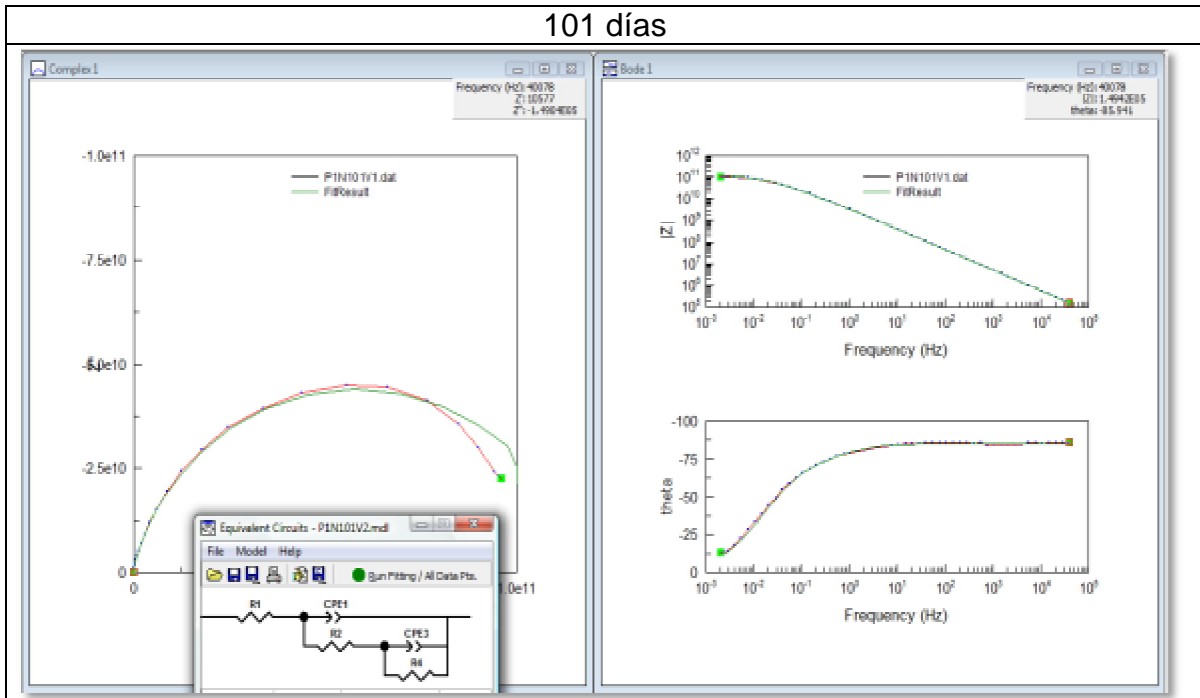
Recomendaciones

- Se debe evaluar el efecto que tiene el tipo y la preparación del sustrato sobre el comportamiento anticorrosivo de los sistemas de recubrimientos evaluados en este trabajo.
- Es aconsejable mirar cual sería la influencia de los espesores de aplicación de los recubrimientos para tener un adecuado efecto de barrera en el caso del mastic epóxico y del polisiloxano.
- El primer epóxico rico en zinc podría ser evaluado por medio de la espectroscopia de impedancia electroquímica sin ningún tipo de recubrimiento de acabado para tener un conocimiento más claro de su protección catódica.

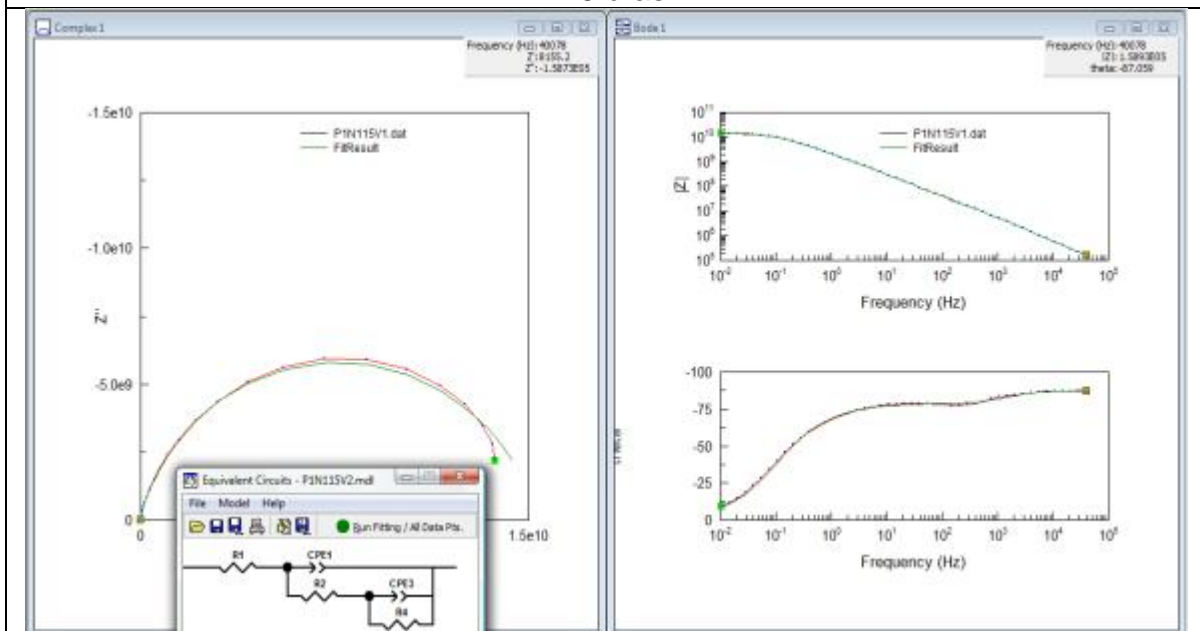
ANEXOS

Anexo A. Simulación por circuito eléctrico equivalente del Primer Epoxi-zinc/Acabado Polisiloxano para la prueba de niebla salina

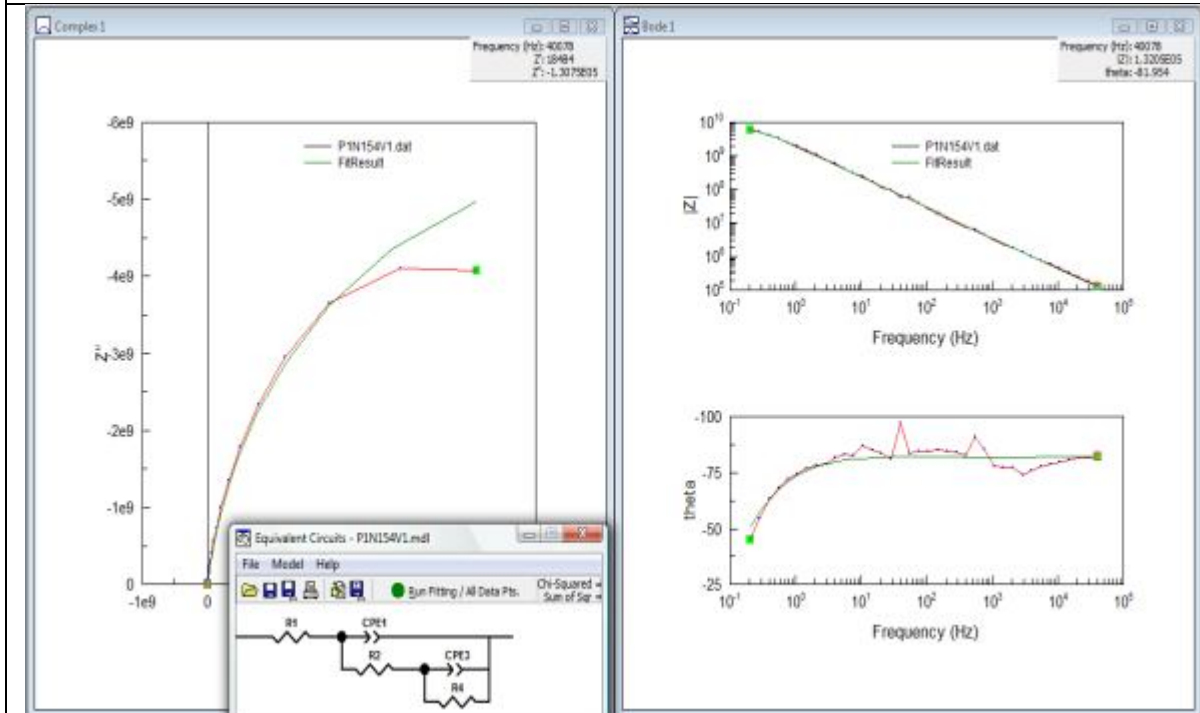
101 días



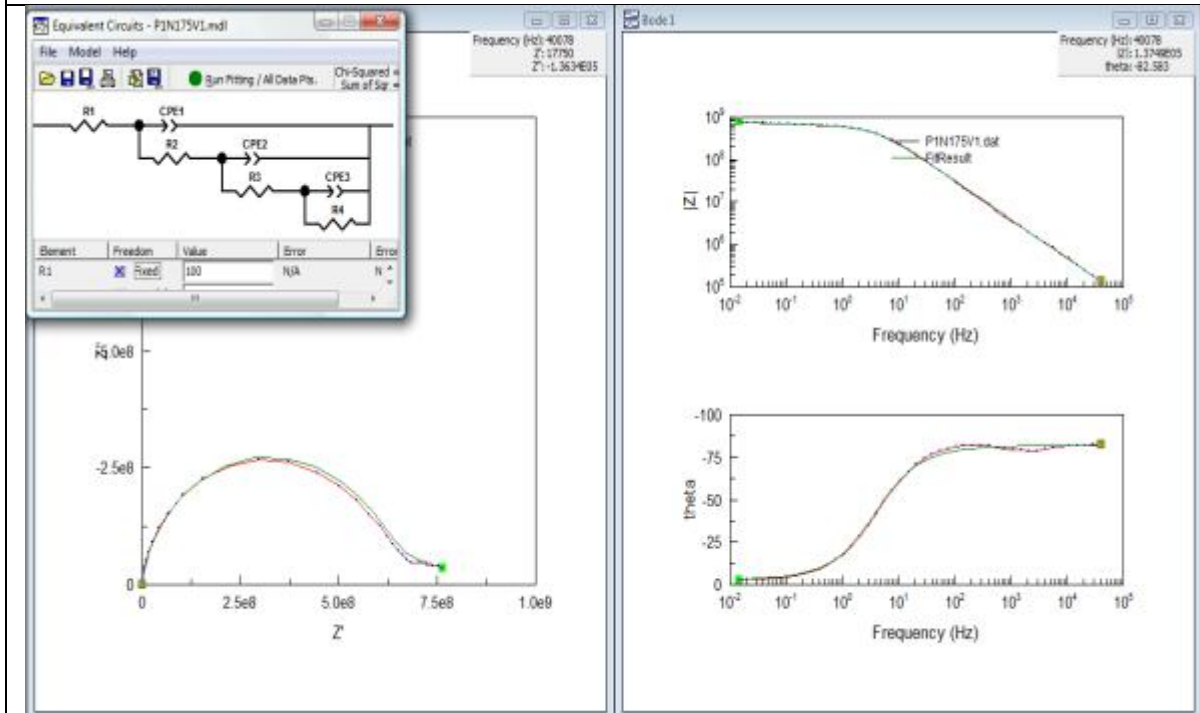
115 días



154 días



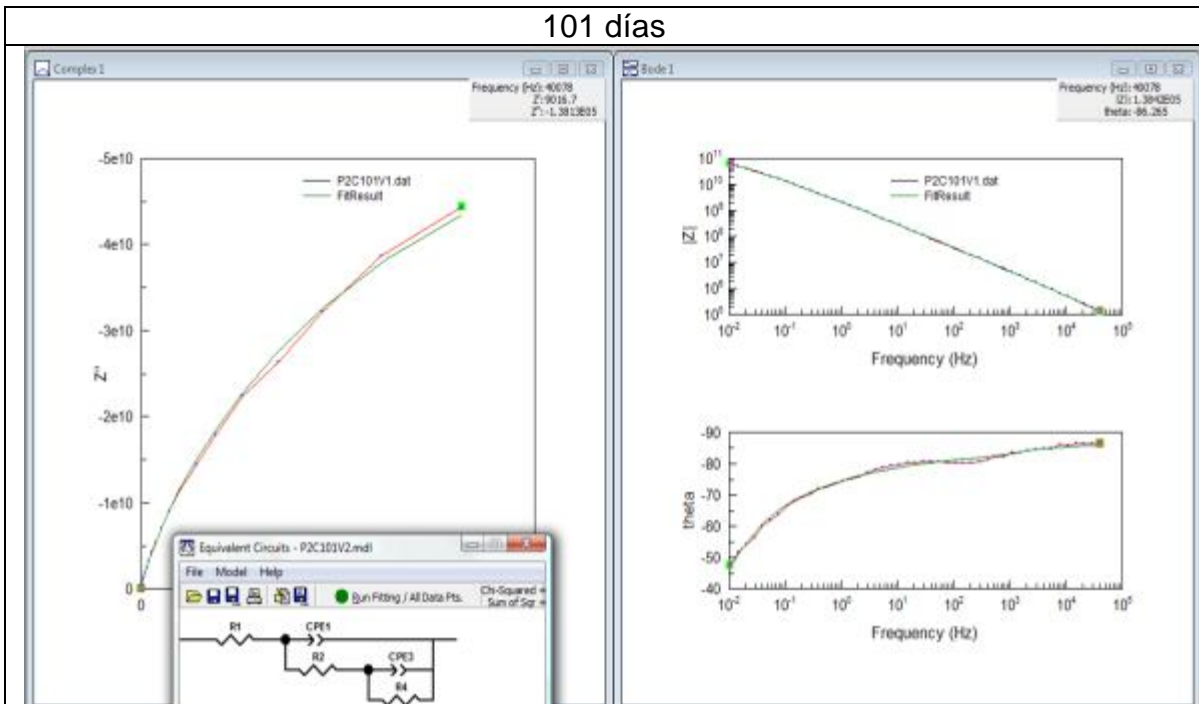
175 días



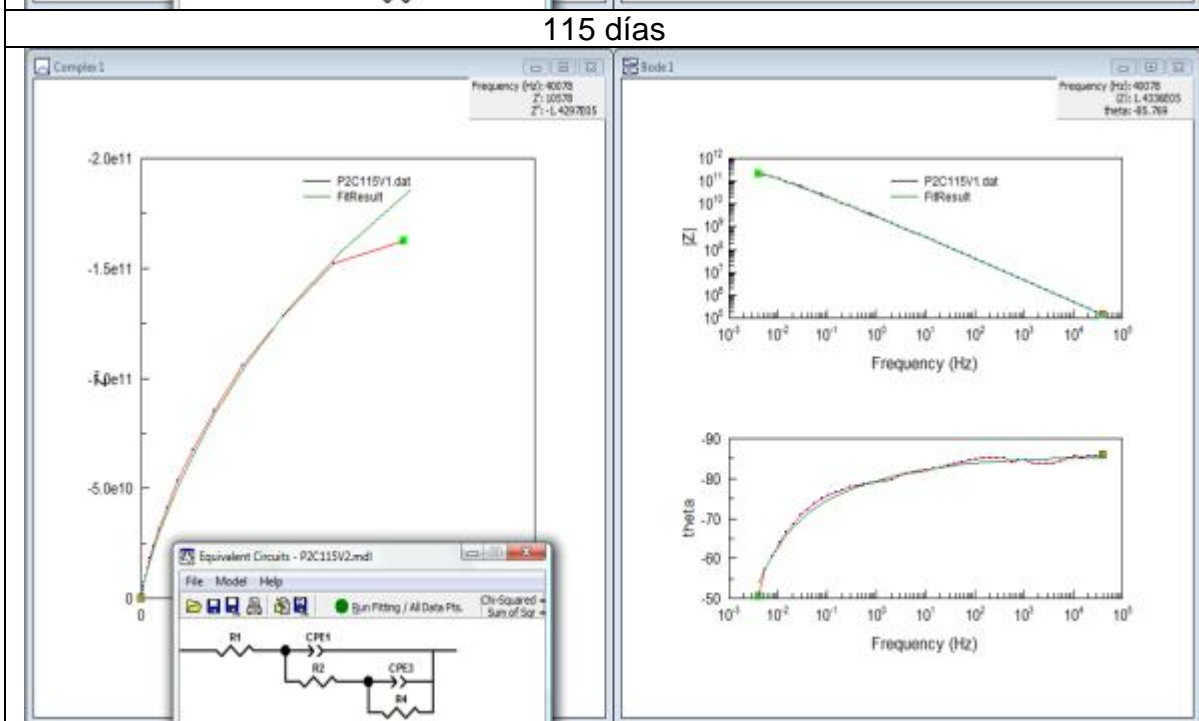
Nota: Línea roja para datos experimentales.
Línea verde para datos simulados.

Anexo B. Simulación por circuito eléctrico equivalente del Primer Epoxi-zinc/Acabado Polisiloxano para la prueba ciclo de corrosión

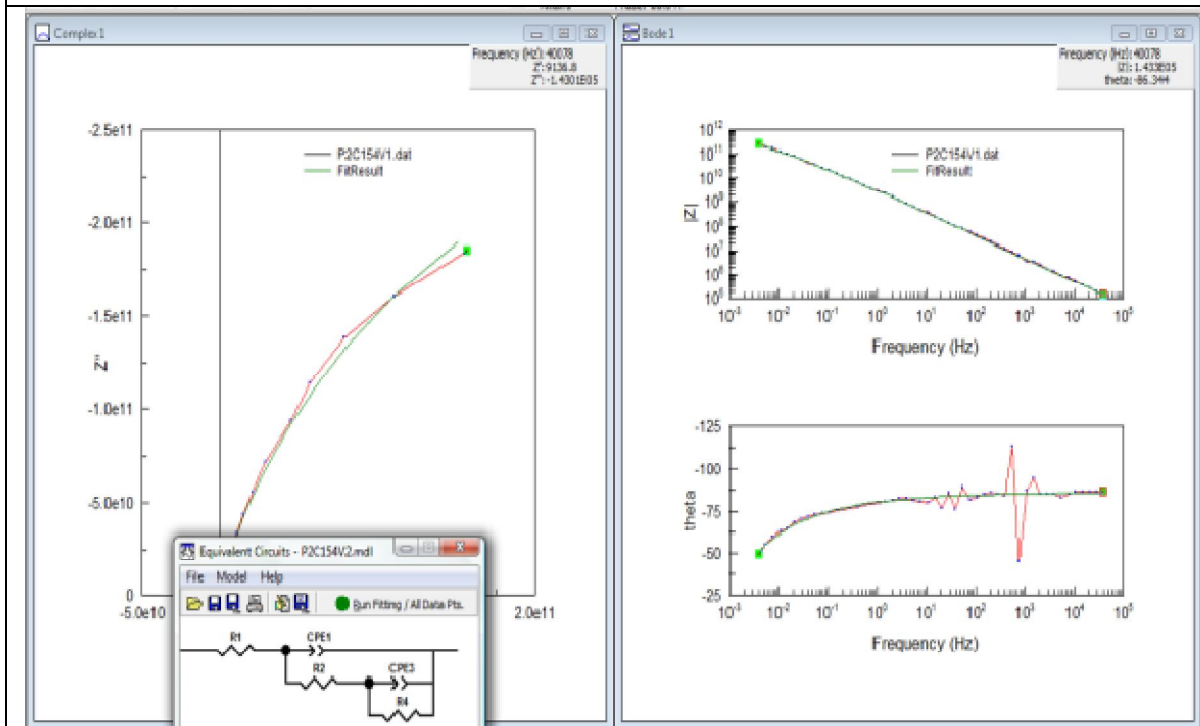
101 días



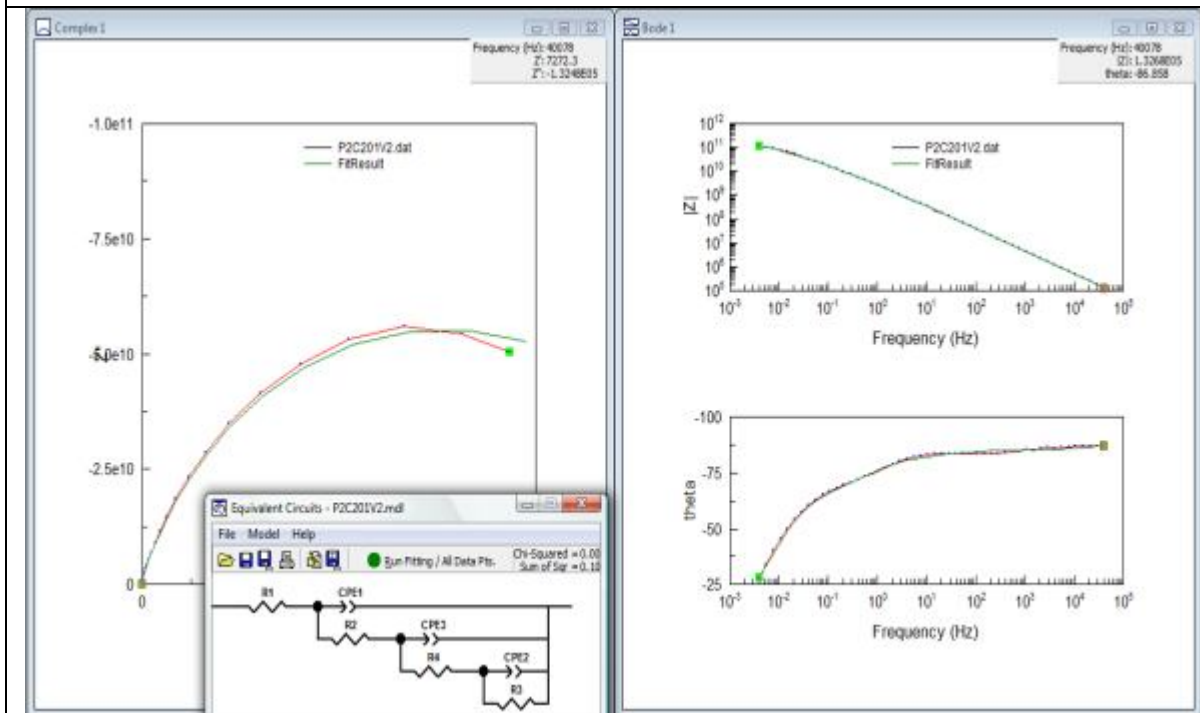
115 días



154 días



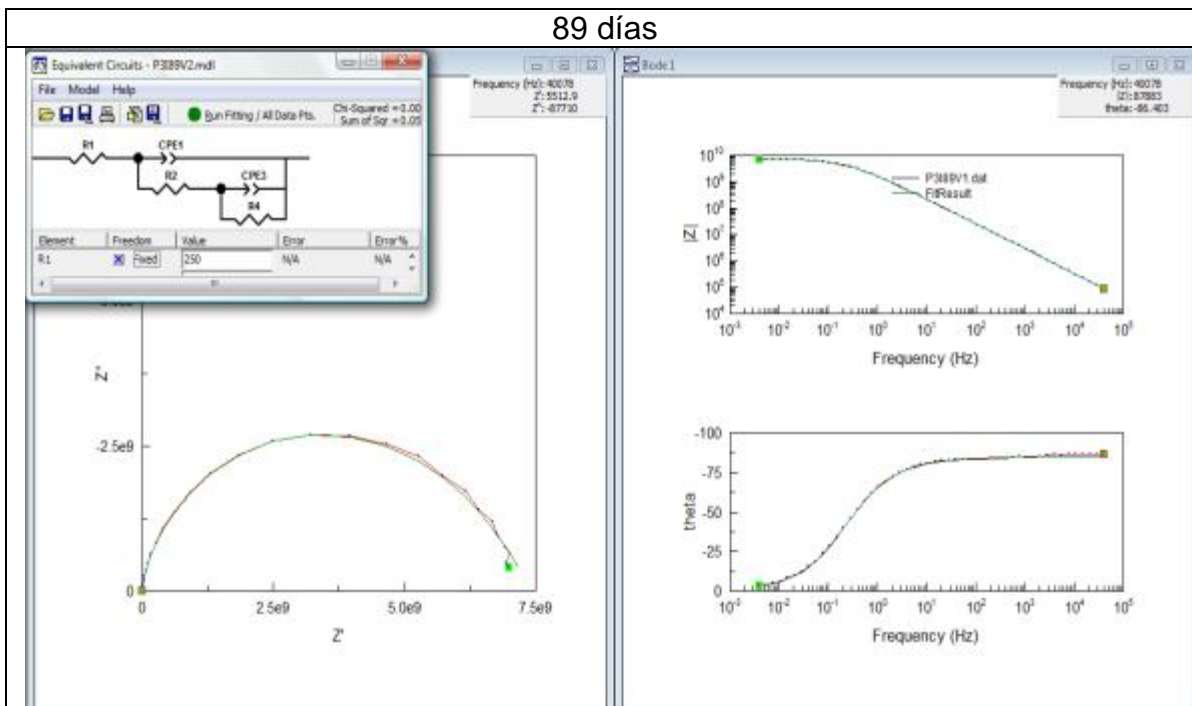
201 días



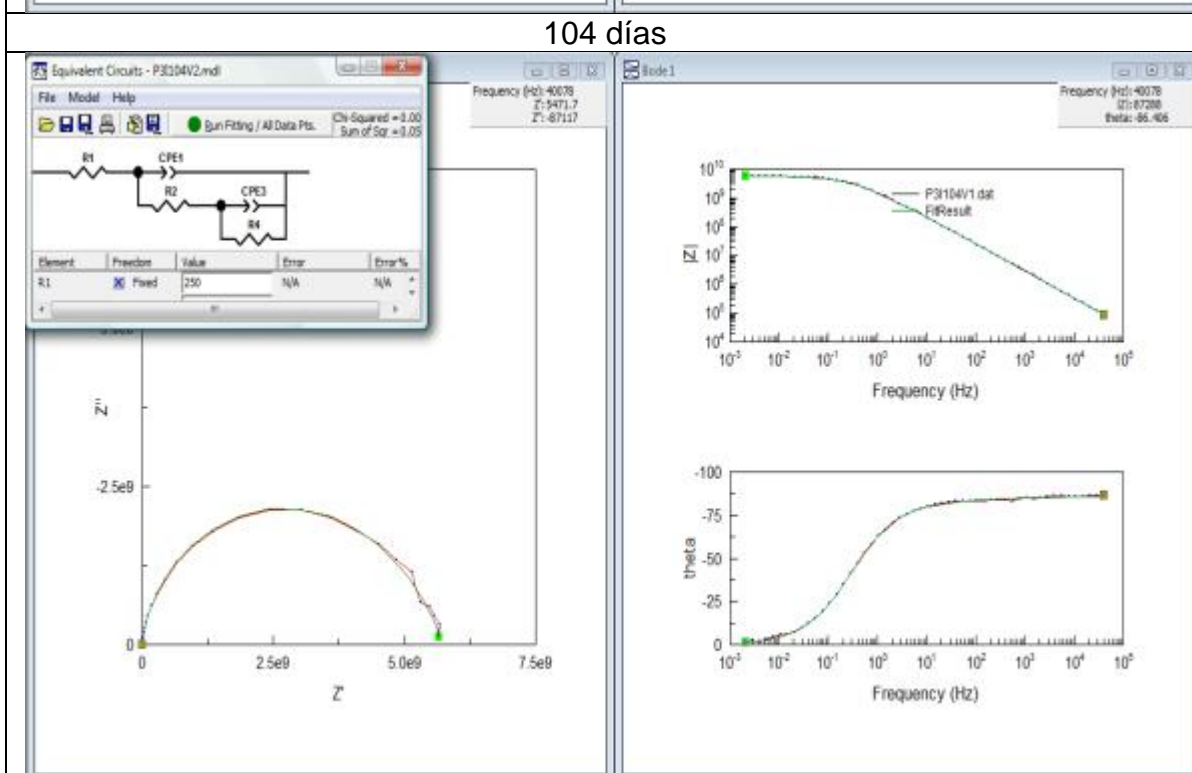
Nota: Línea roja para datos experimentales.
Línea verde para datos simulados.

Anexo C. Simulación por circuito eléctrico equivalente del Primer Epoxi-zinc/Acabado Polisiloxano para la prueba de inmersión en NaCl 10^{-2} M

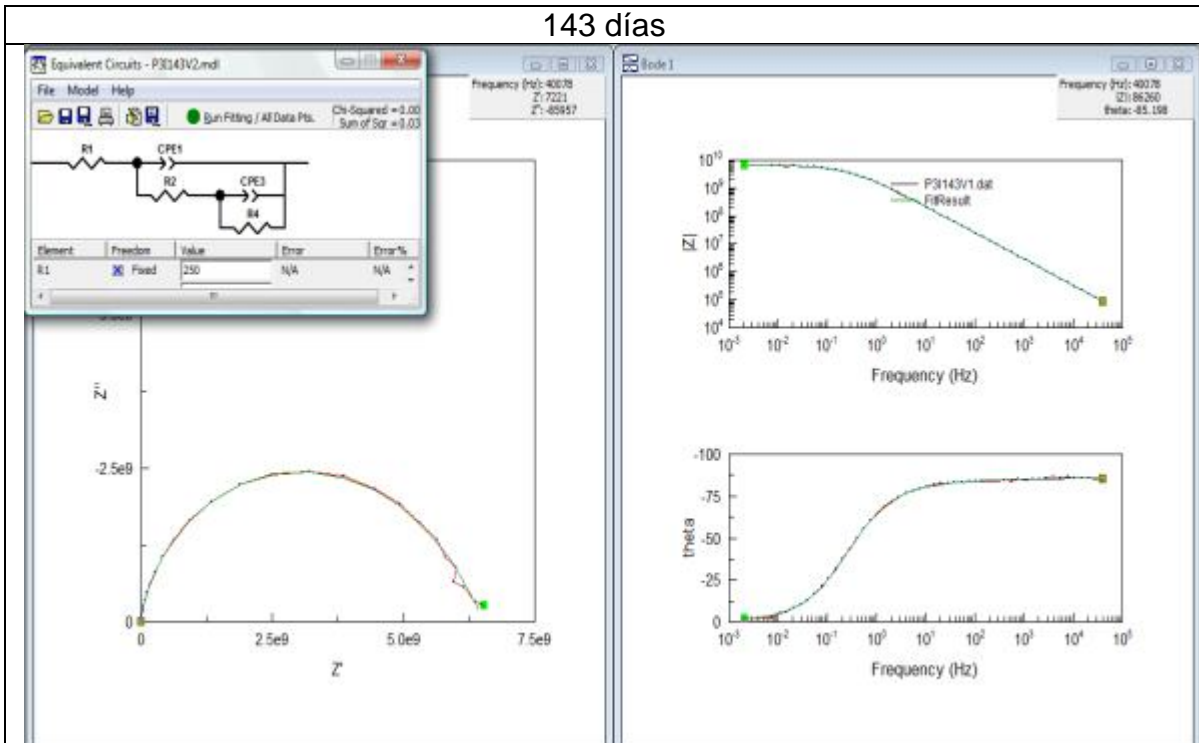
89 días



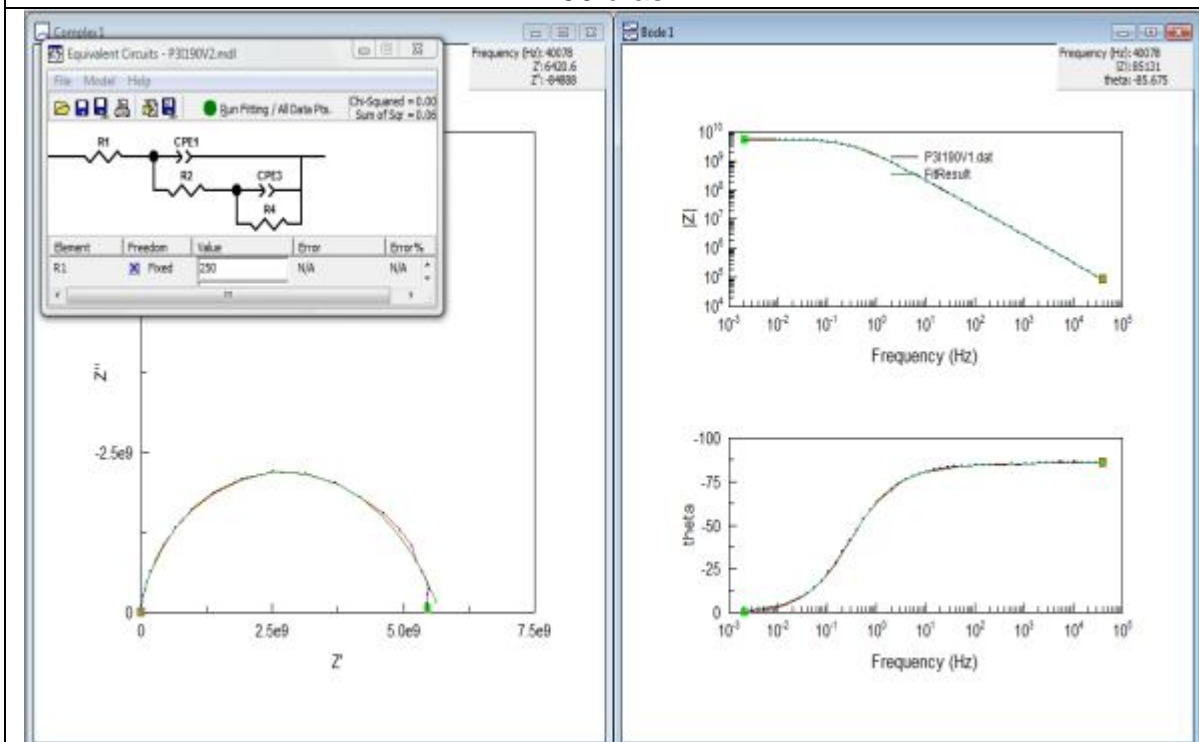
104 días



143 días

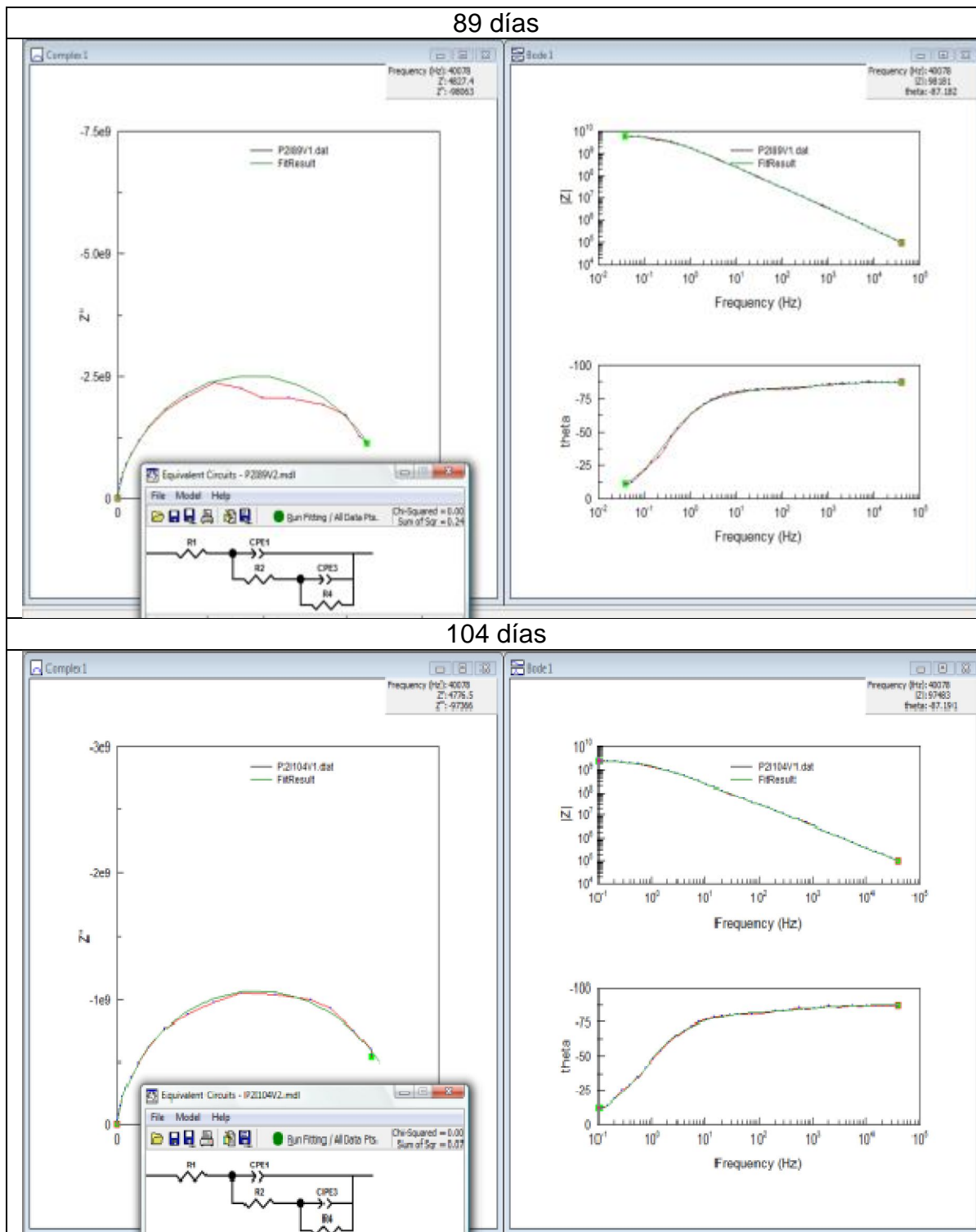


190 días

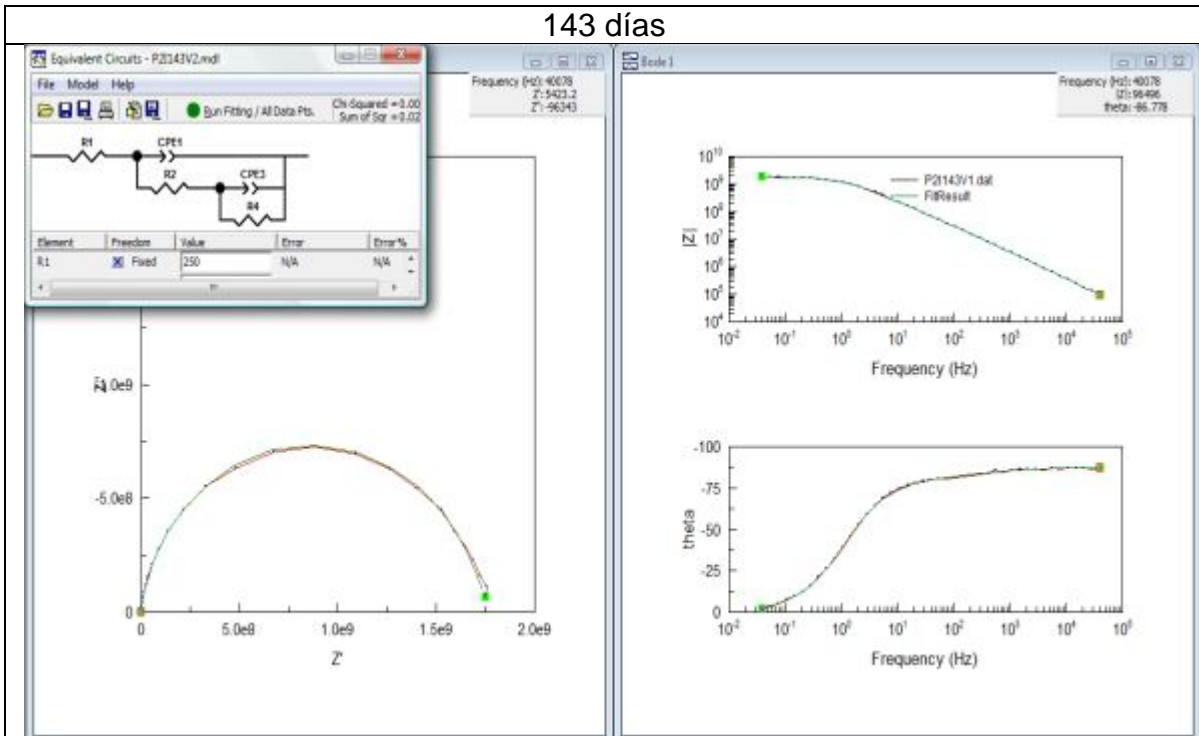


Nota: Línea roja para datos experimentales.
Línea verde para datos simulados.

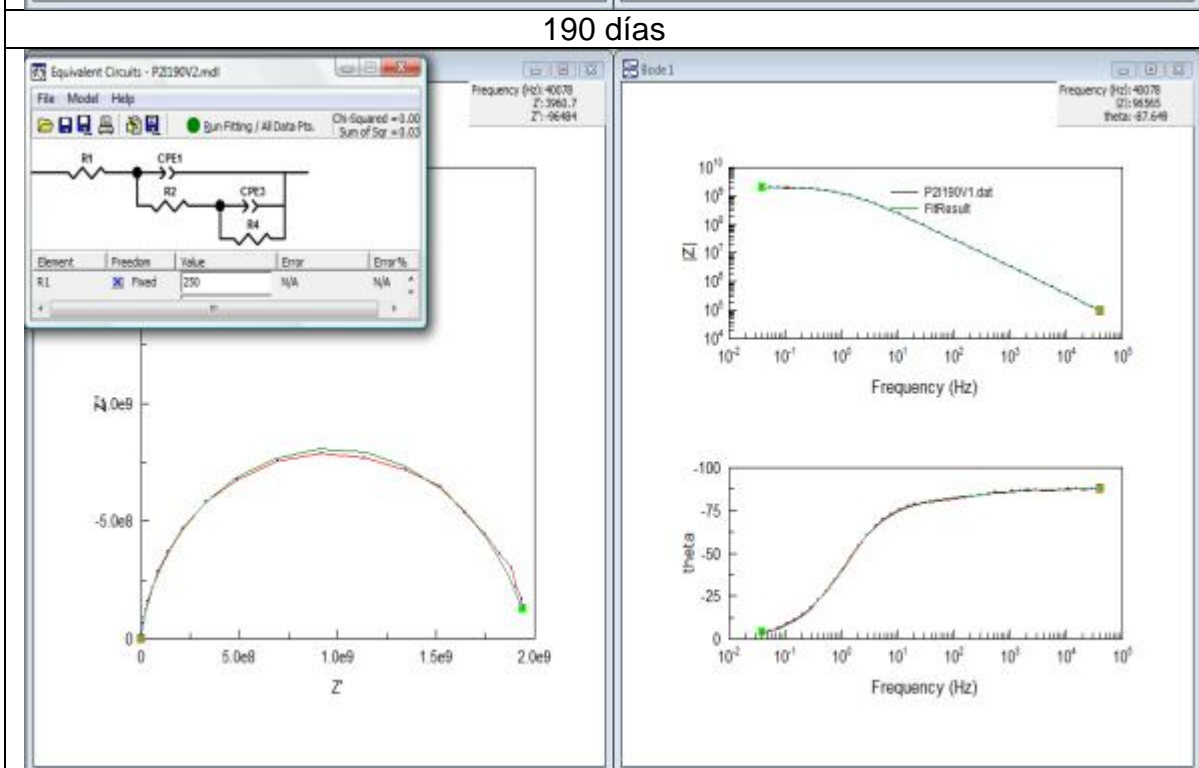
Anexo D. Simulación por circuito eléctrico equivalente del Primer Epoxi-zinc/Acabado Polisiloxano para la prueba de inmersión en Na_2SO_4 10^{-2} M



143 días



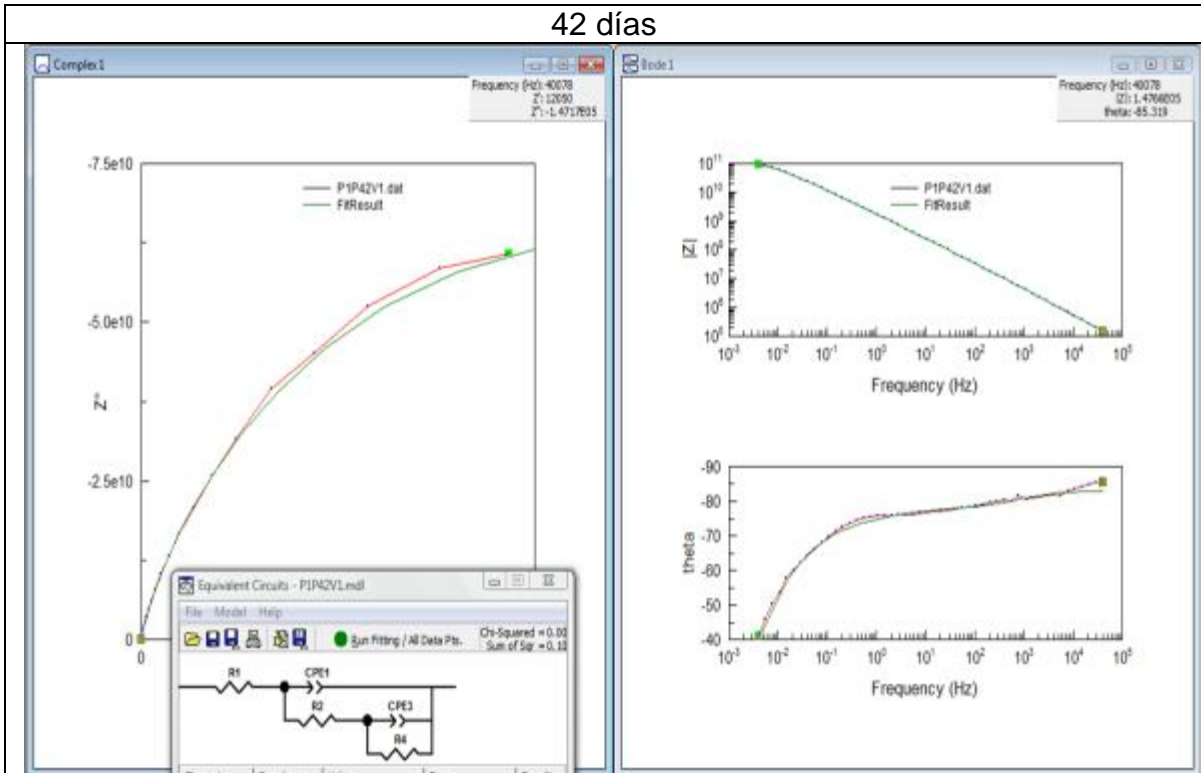
190 días



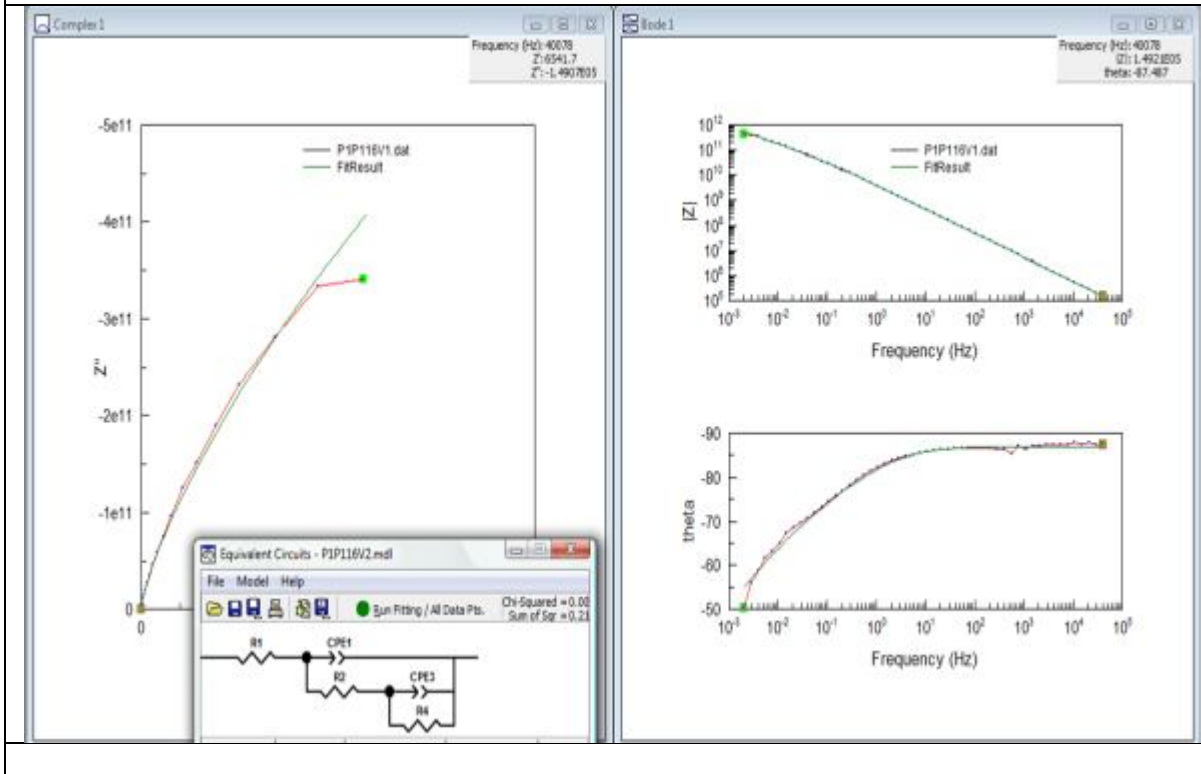
Nota: Línea roja para datos experimentales.
Línea verde para datos simulados.

Anexo E. Simulación por circuito eléctrico equivalente del Primer Epoxi-zinc/Acabado Polisiloxano para la prueba prohesión

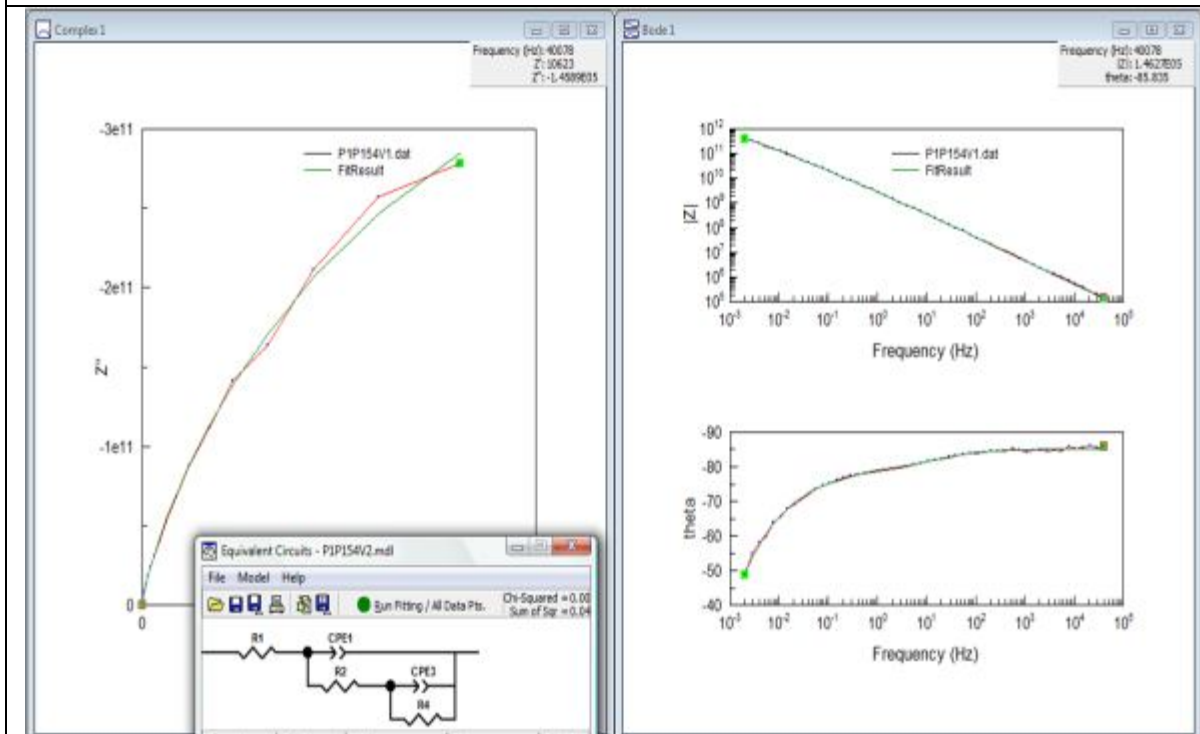
42 días



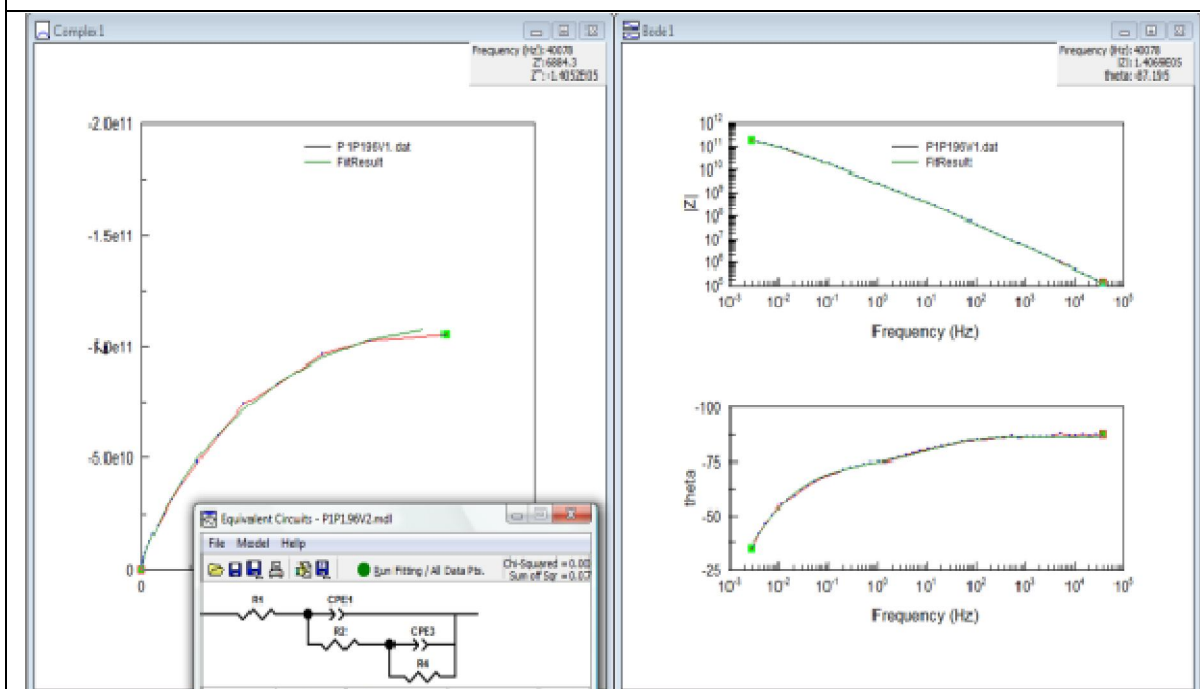
116 días



154 días



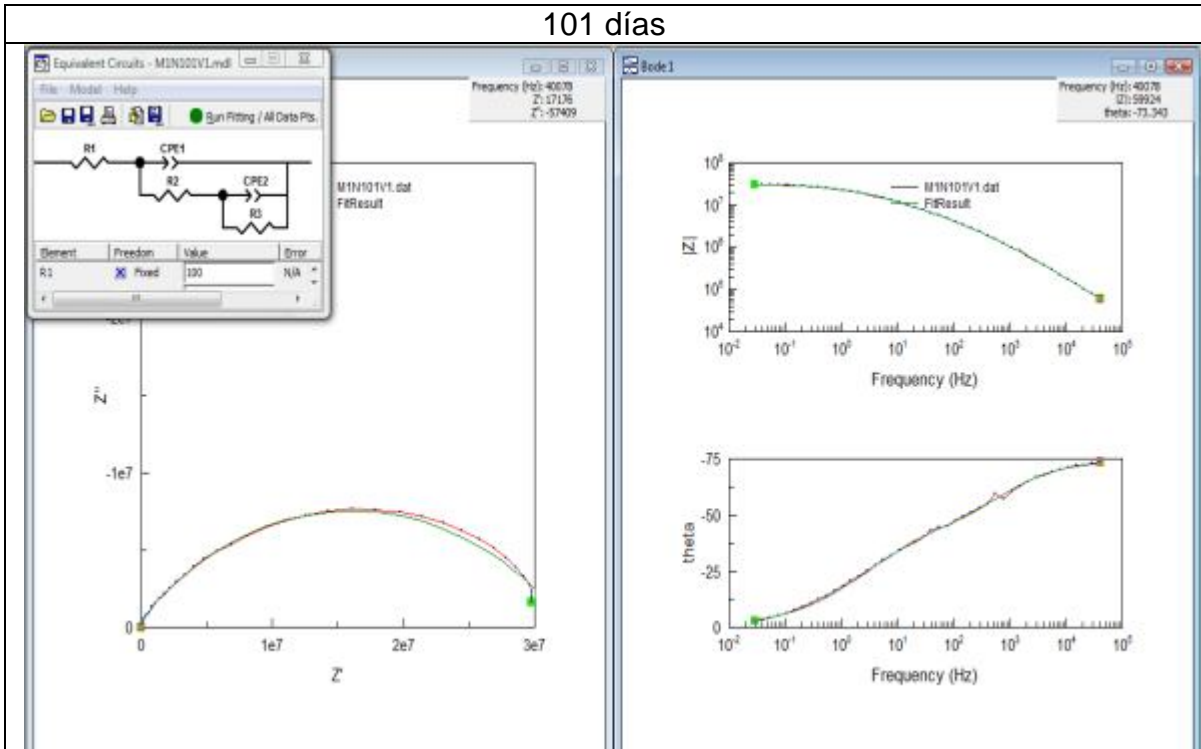
196 días



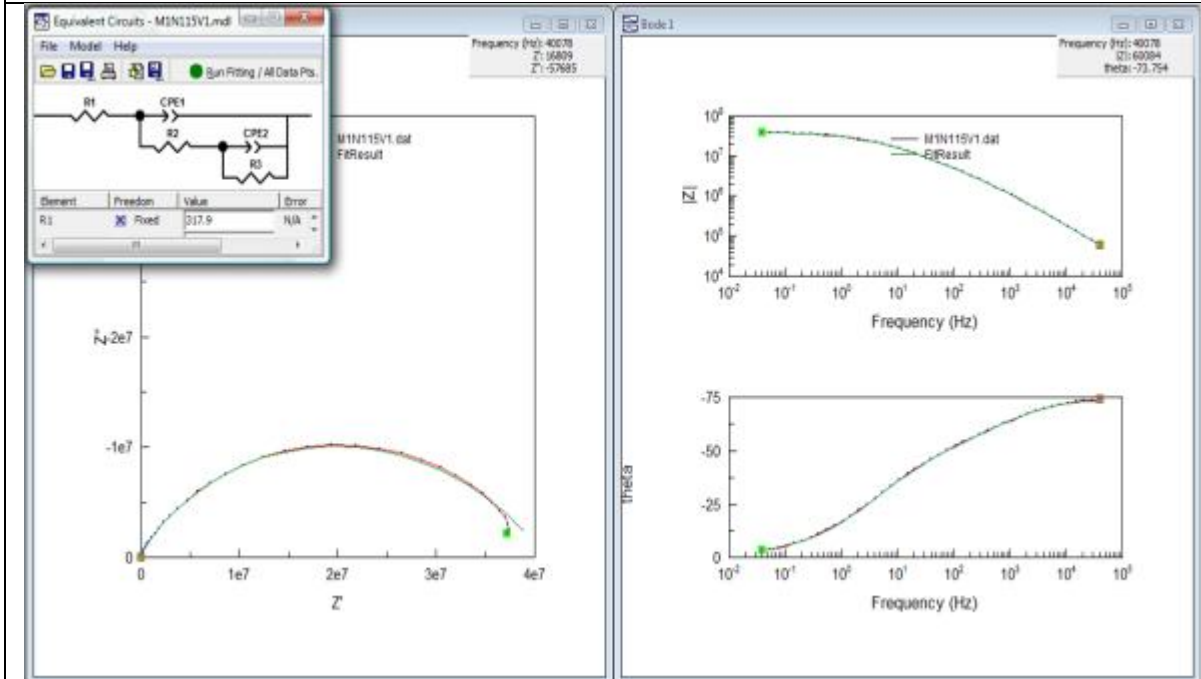
Nota: Línea roja para datos experimentales.
Línea verde para datos simulados.

Anexo F. Simulación por circuito eléctrico equivalente del Mastic Epóxico de Aluminio para la prueba de niebla salina

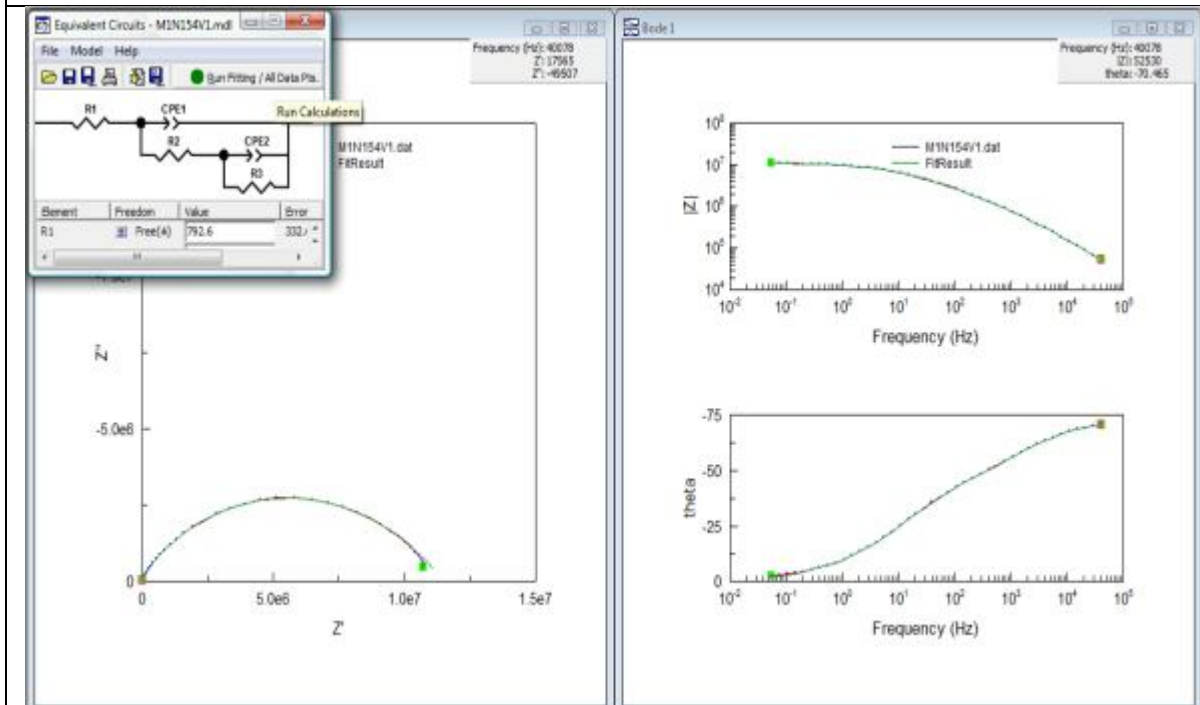
101 días



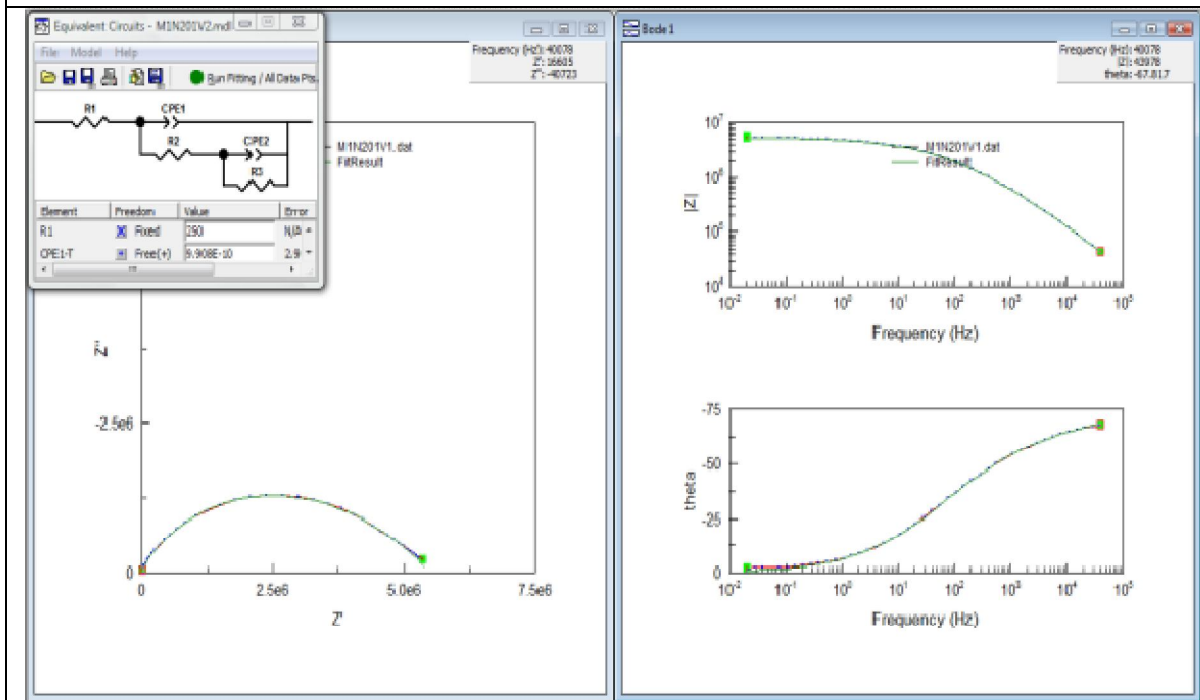
115 días



154 días

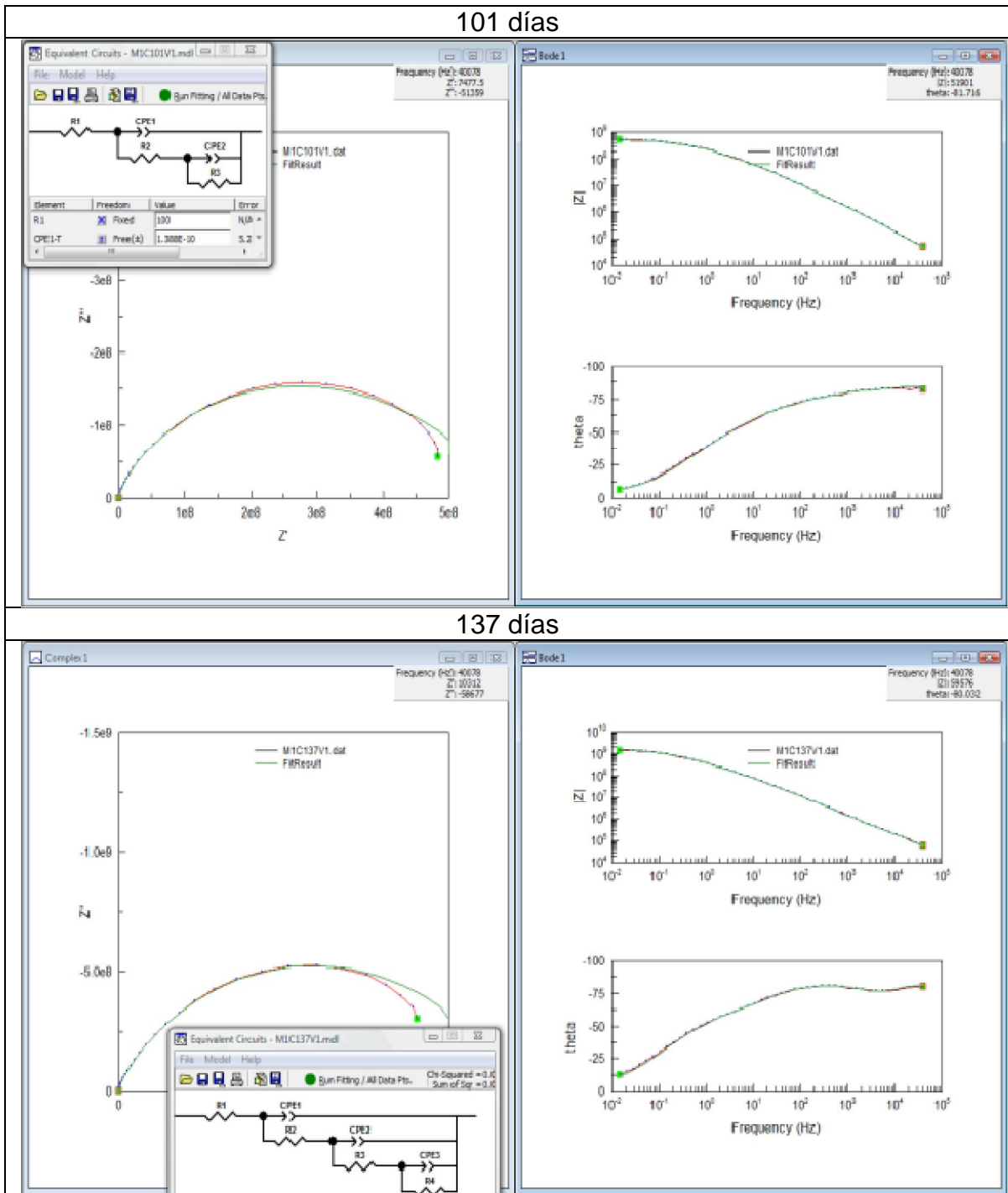


201 días

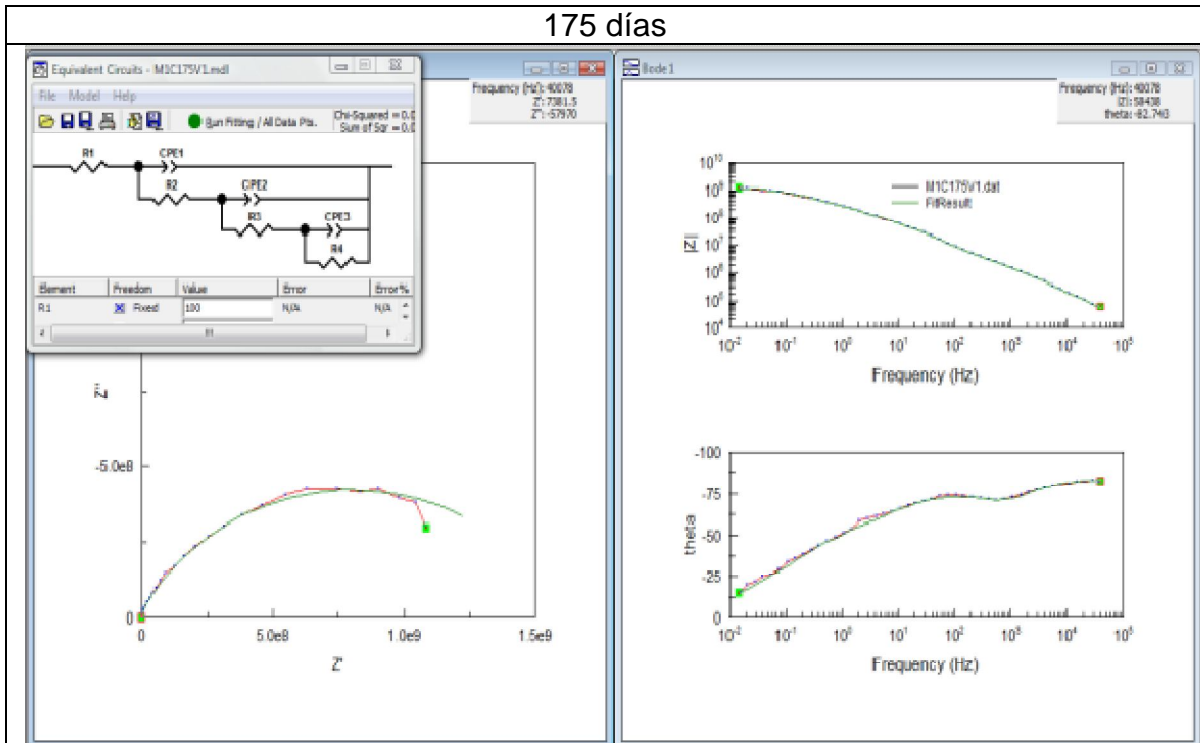


Nota: Línea roja para datos experimentales.
Línea verde para datos simulados.

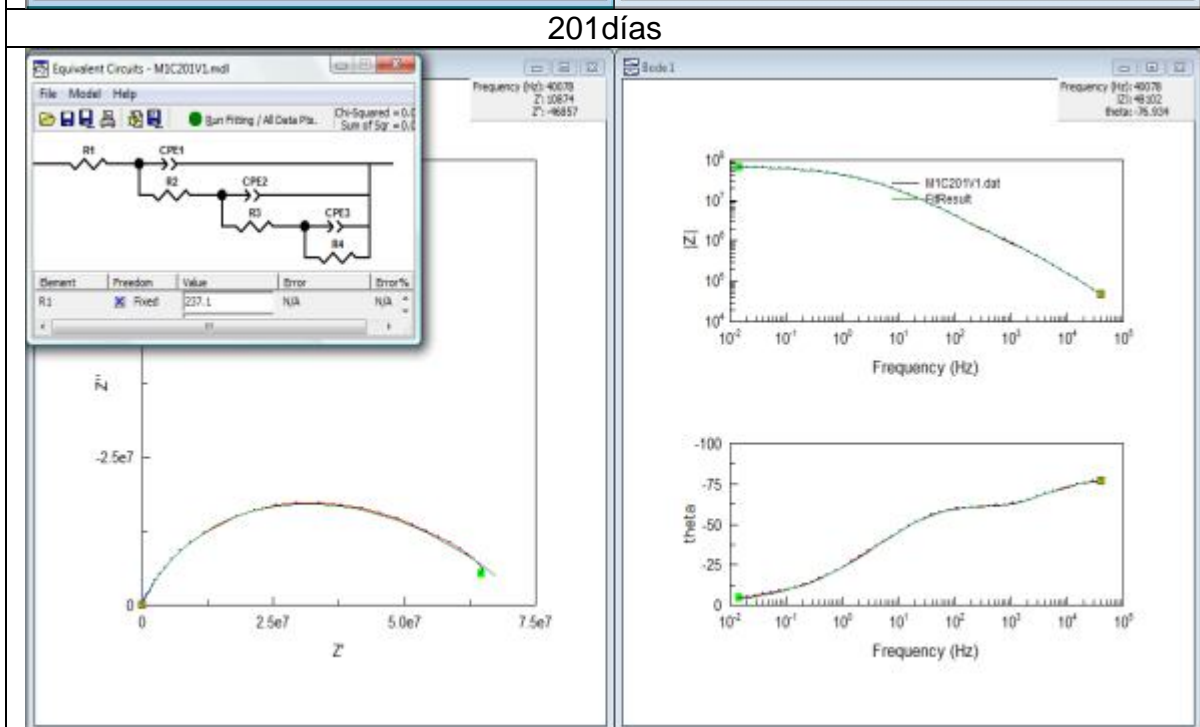
Anexo G. Simulación por circuito eléctrico equivalente del Mastic Epóxico de Aluminio para ciclo de corrosión



175 días



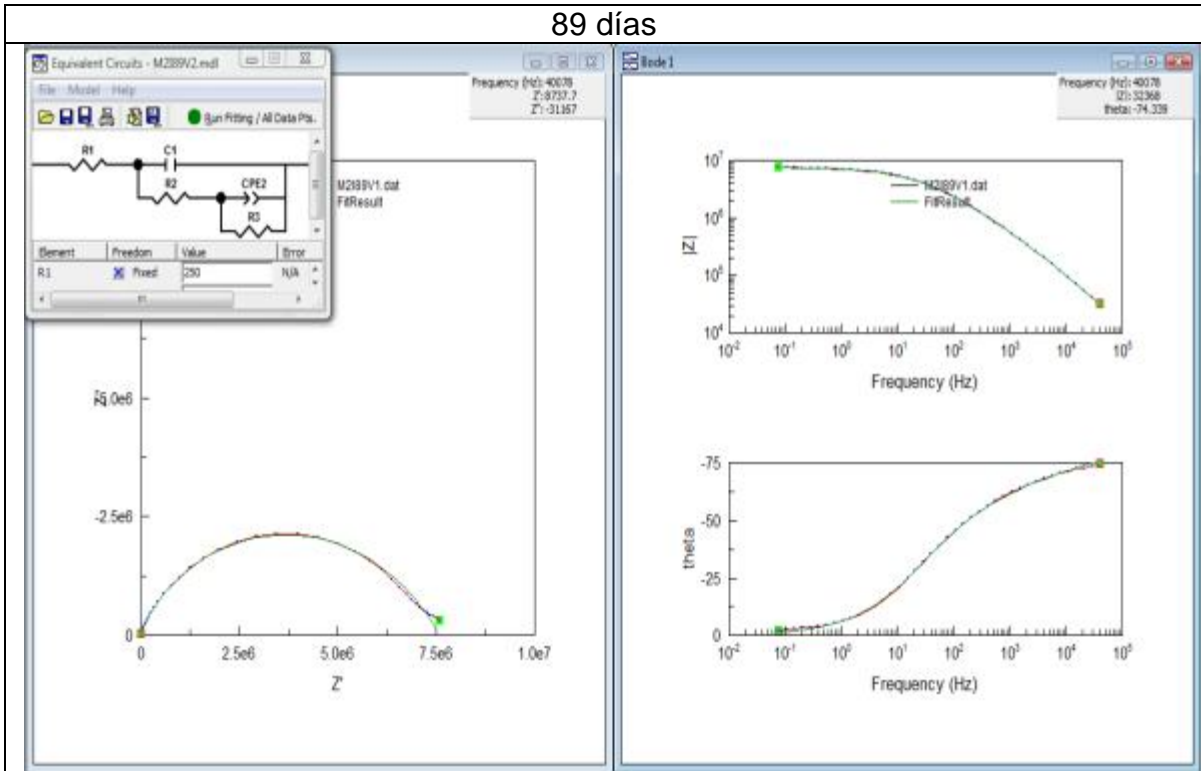
201 días



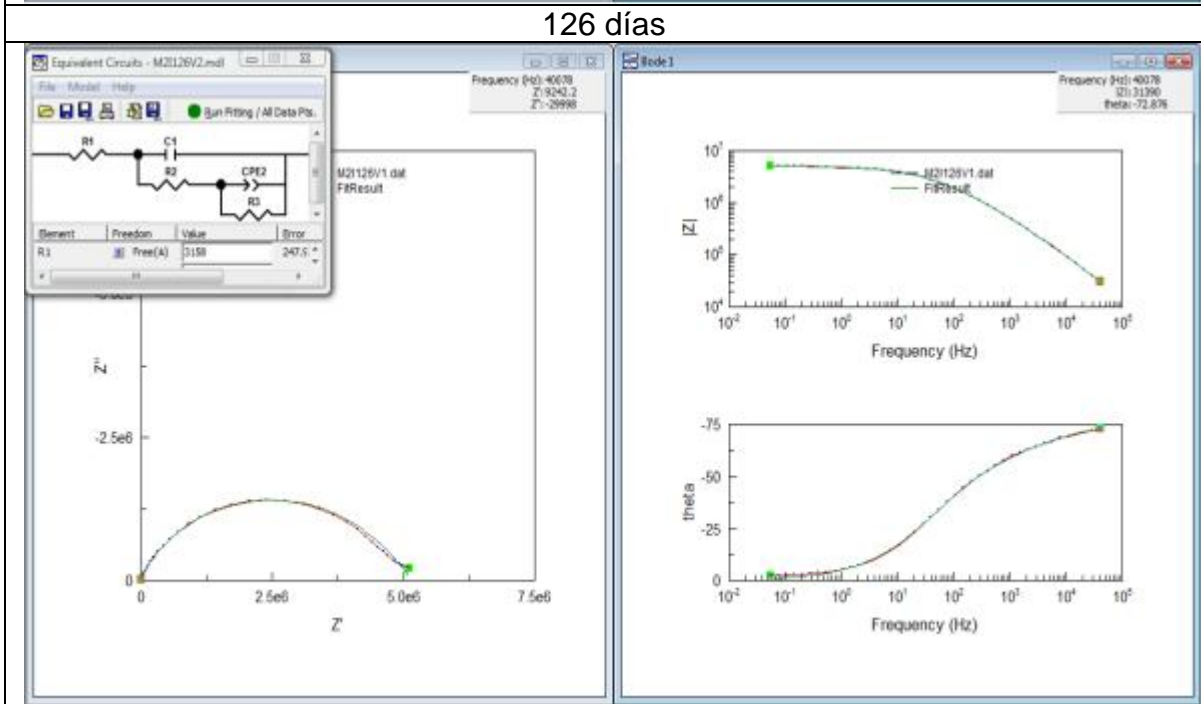
Nota: Línea roja para datos experimentales.
Línea verde para datos simulados.

Anexo H. Simulación por circuito eléctrico equivalente del Mastic Epóxico de Aluminio para la prueba de inmersión en NaCl 10⁻² M

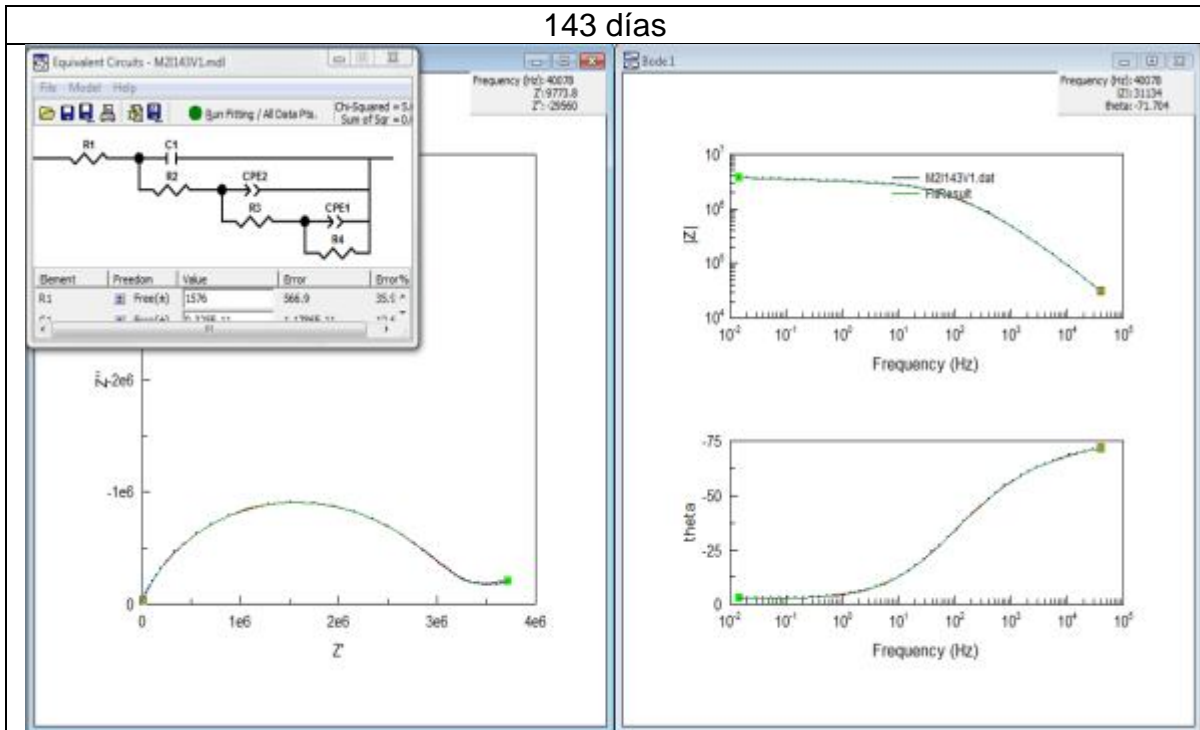
89 días



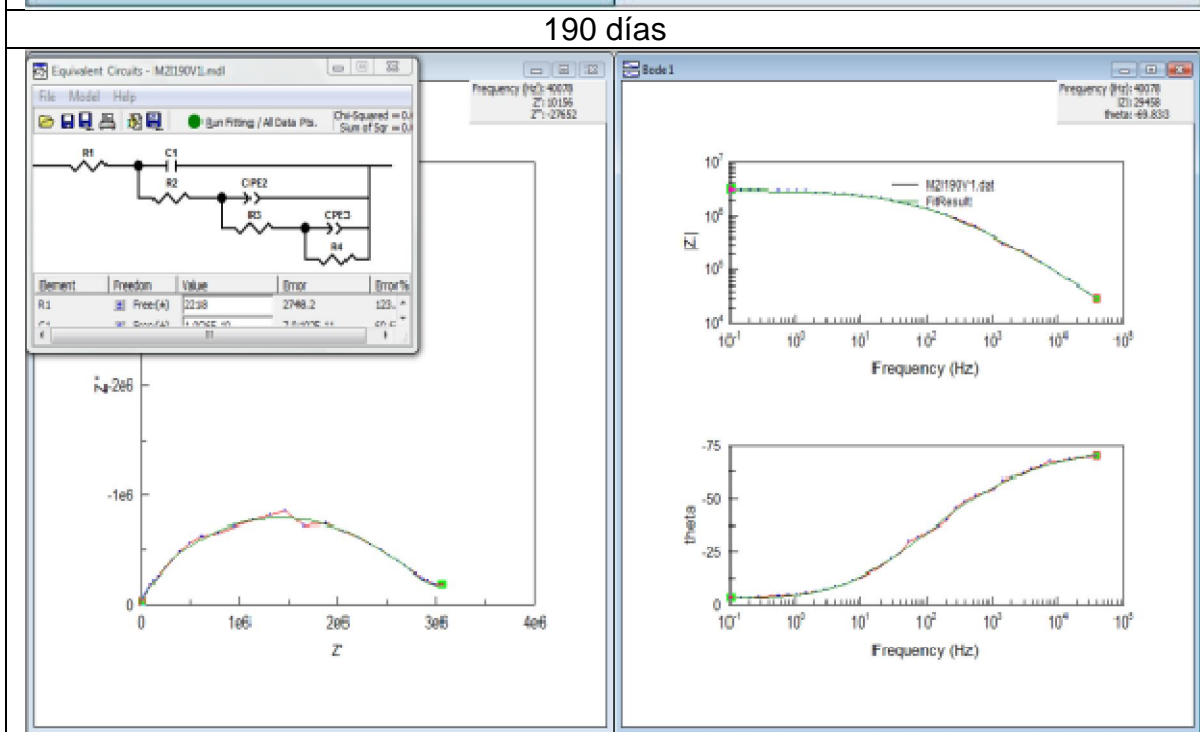
126 días



143 días



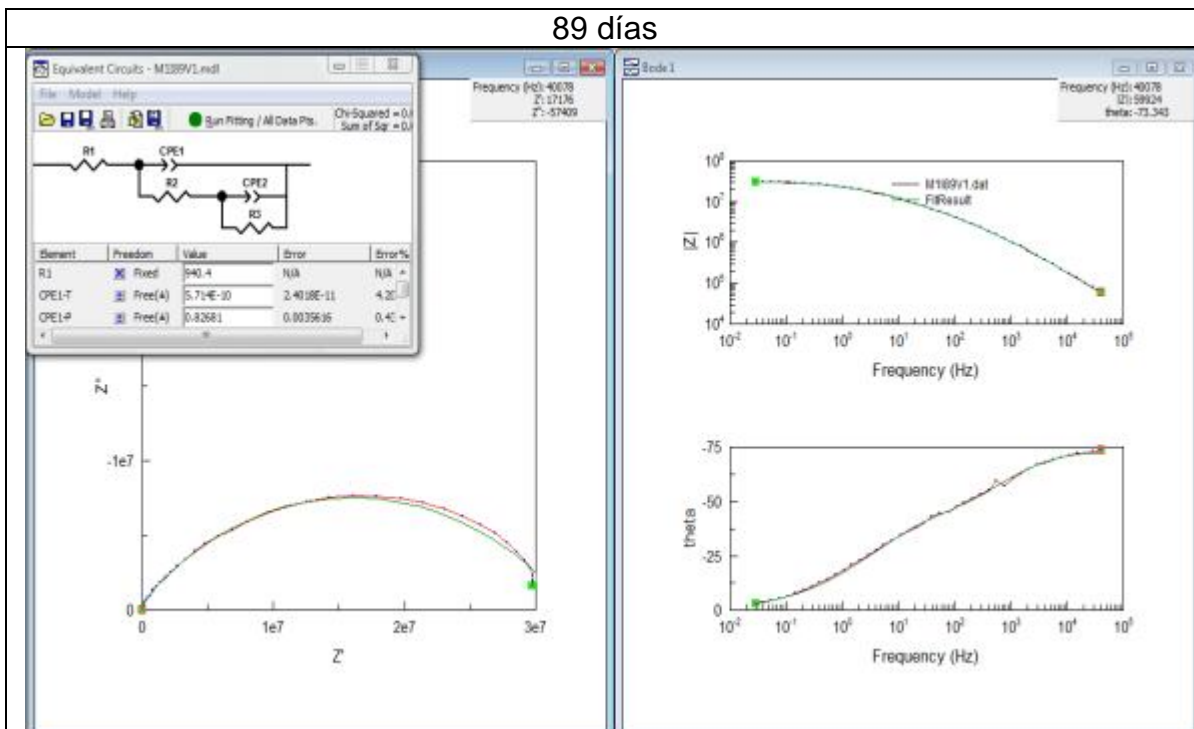
190 días



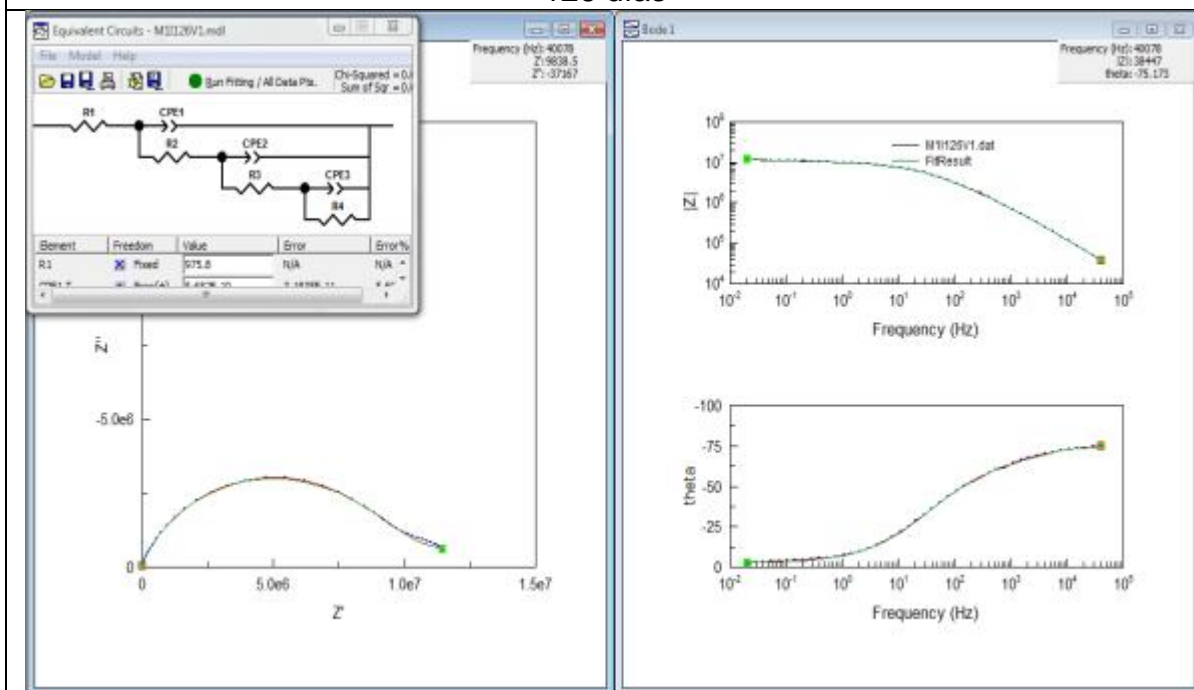
Nota: Línea roja para datos experimentales.
Línea verde para datos simulados.

Anexo I. Simulación por circuito eléctrico equivalente del Mastic Epóxico de Aluminio para la prueba de inmersión en Na_2SO_4 10^{-2} M

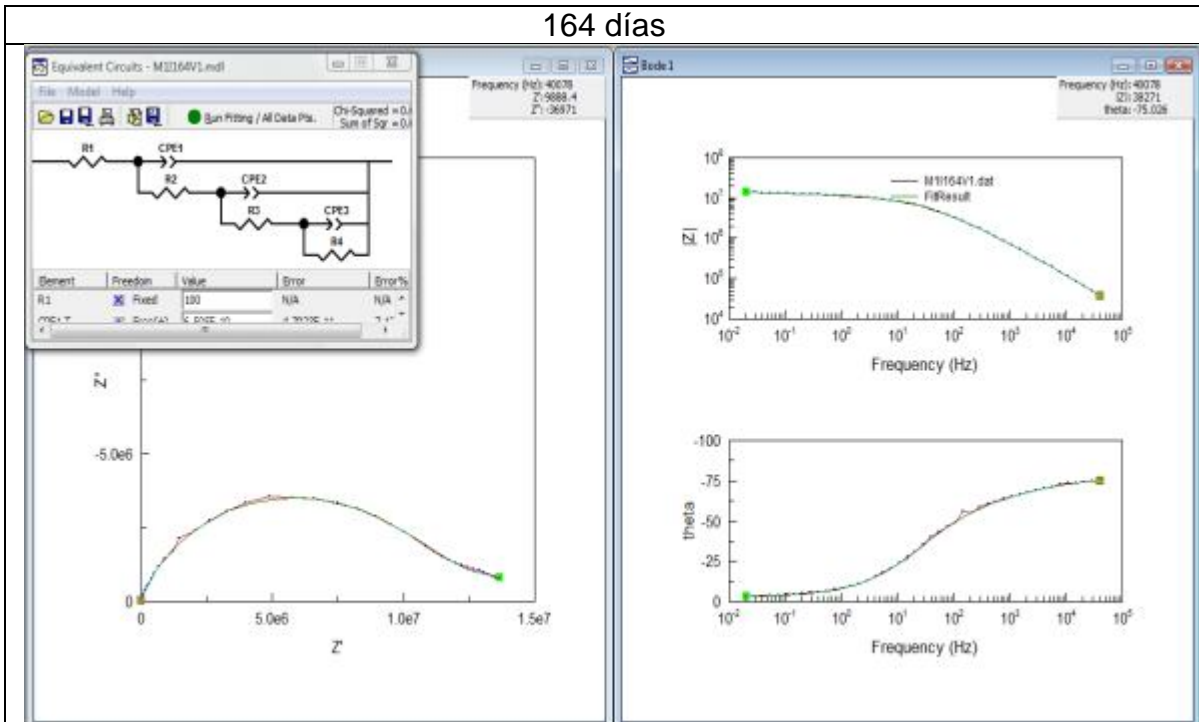
89 días



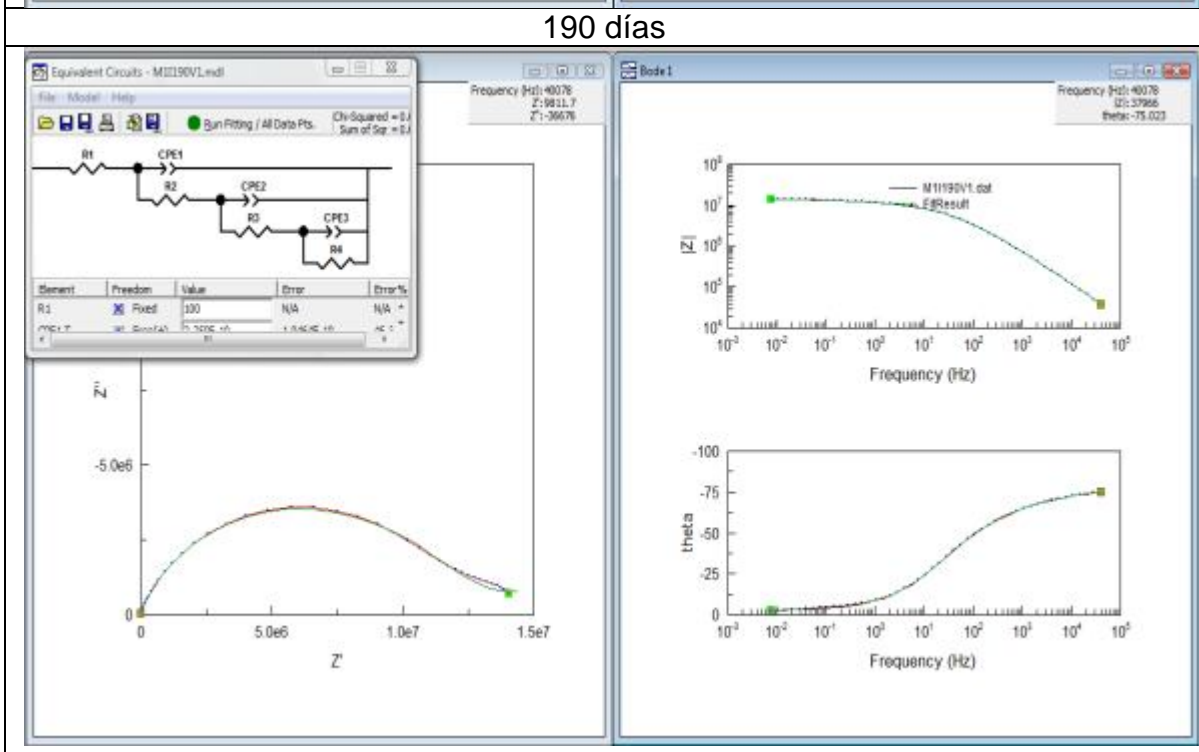
126 días



164 días



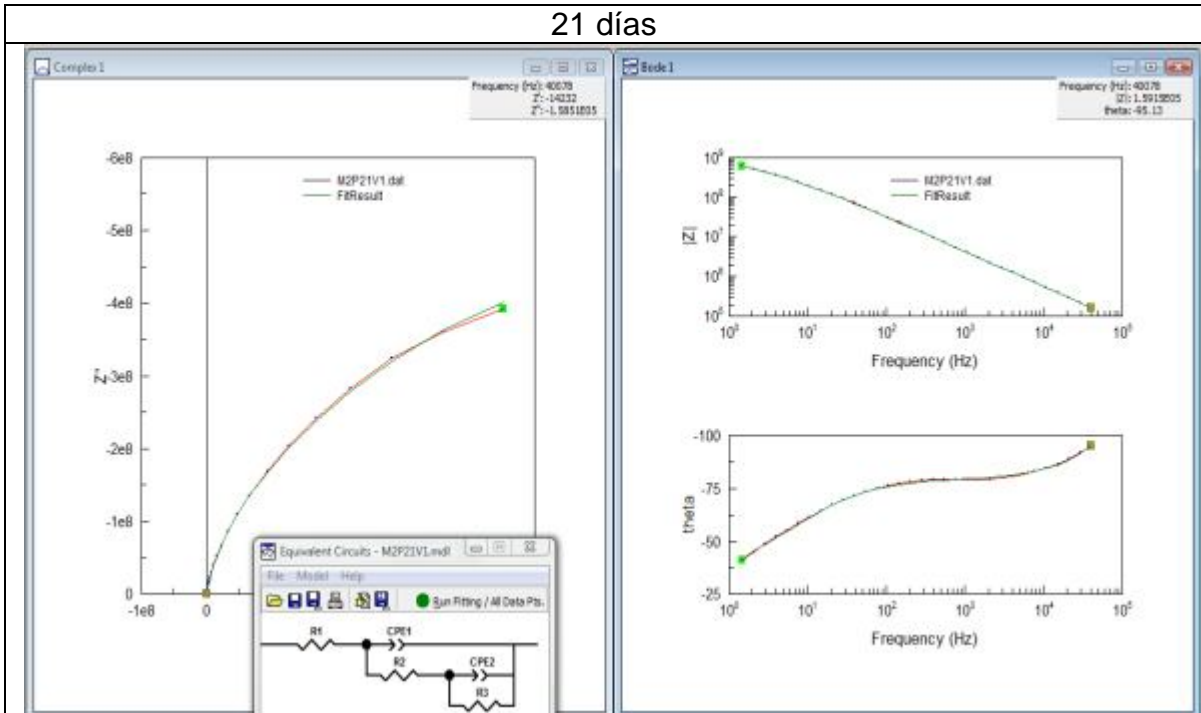
190 días



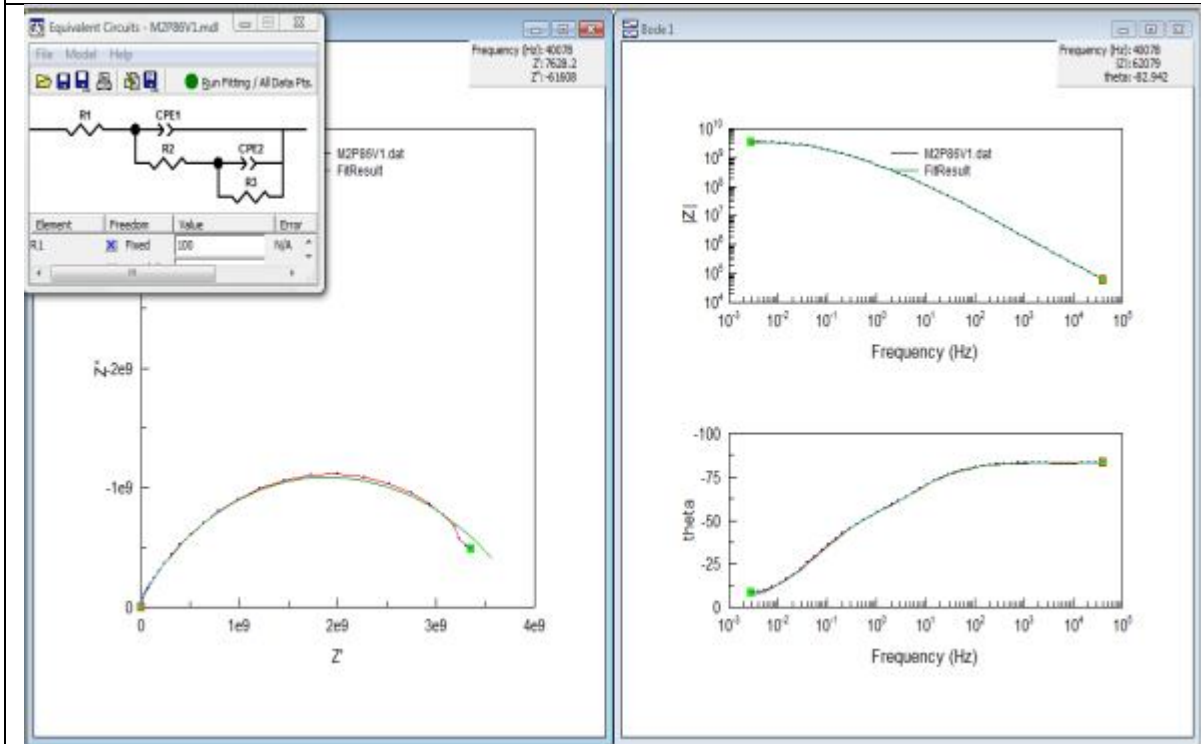
Nota: Línea roja para datos experimentales.
 Línea verde para datos simulados.

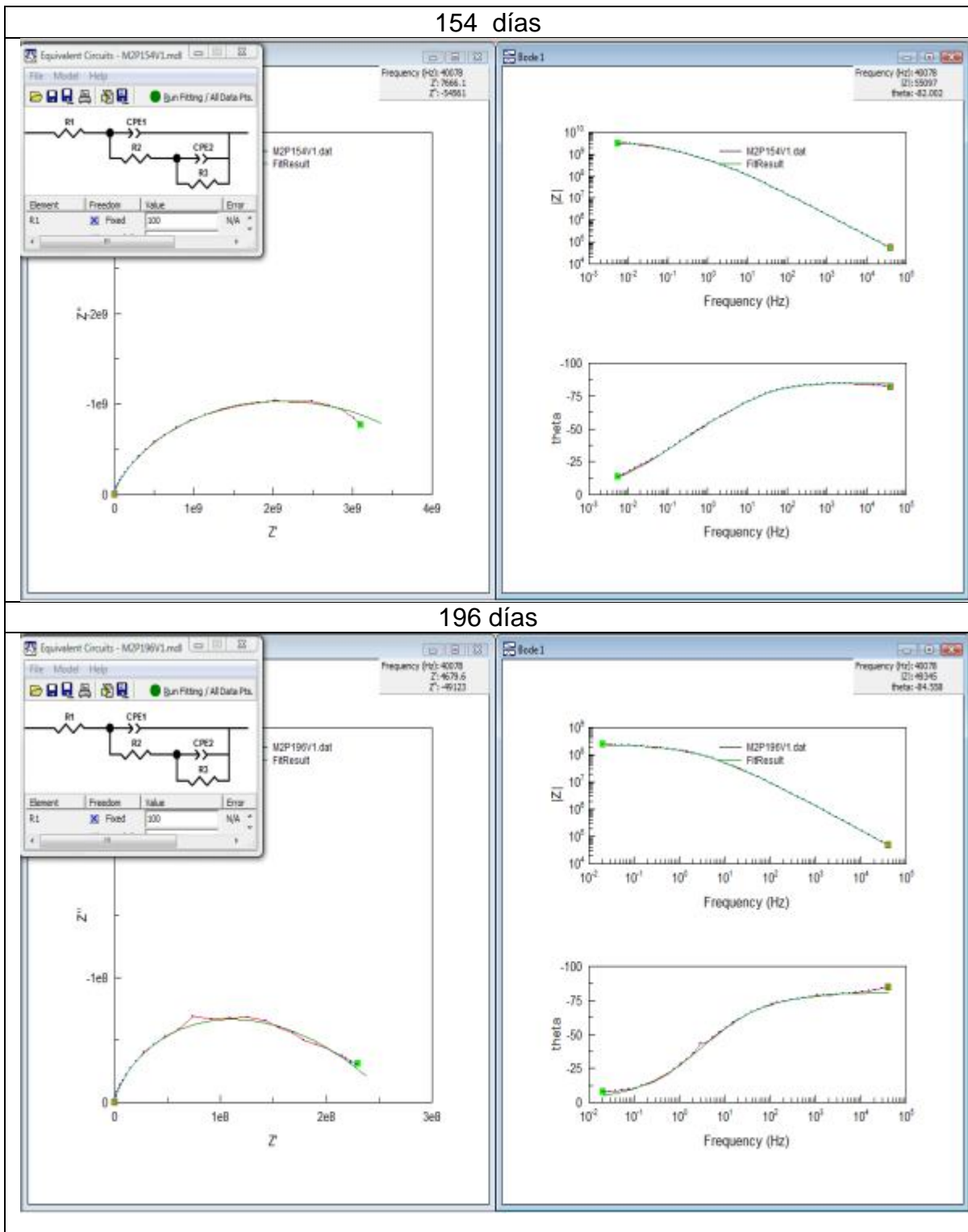
Anexo J. Simulación por circuito eléctrico equivalente del Mastic Epóxico de Aluminio para la prueba prohesión

21 días



86 días





Nota: Línea roja para datos experimentales.
Línea verde para datos simulados.

Bibliografía

1. QIAN, M.; SOUTAR, A.; TAN, X.; ZENG, X. and WIJESINGHE, S. Two-part epoxy-siloxane hybrid corrosion protection coatings for carbon steel. En: Thin Solid Films. 2009, no. 57, p. 5237- 5242.
2. ZHANG, J.; HU, J.; ZHANG, J. and CAO, C. Studies of water transport behavior and impedance models of epoxy-coated metals in NaCl solution by EIS. En: Progress in Organic Coatings. 2004, no. 51, p. 145-151.
3. AMIRUDIN, A. and THIERRY, D. Application of electrochemical impedance spectroscopy to study the degradation of polymer-coated metals. En: Progress in Organic Coatings. 1995, no. 26, p. 1-28.
4. HARE, C; FITZGERALD, J and PAPA VINASAM, S. Corrosion Protection. En: REVIE, W. Uhlig's Corrosion Handbook. 2 ed. New York: Jhon Wiley, 2000. p. 949-1105.
5. RODRIGUEZ, M^a Teresa. Formulación y evaluación de imprimaciones epoxis anticorrosivas, curables a temperatura ambiente. Tesis doctoral en Ciencias Químicas. Castellón: Universitat Jaume I. 2004. 268 p.
6. SEKINE, I.; YUASA, M.; HIROSE, N. and TANAKI, T. Degradation evaluation of corrosion protective coatings by electrochemical, physicochemical and physical measurements. En: Progress in Organic Coatings. 2002, no. 45, p. 1-13.
7. DEFLORIAN, F.; ROSSI, S.; BONORA, P. and FEDRIZZI, L. Advanced Testing Procedures for High Performance Coatings. En: Journal of Coatings Technology. 2000, vol. 72, no. 908, p. 81-87.
8. DAVIS, G.; KREBS, L. and DACRES, C. Coating Evaluation and Validation of Accelerated Test Conditions Using an In-Situ Corrosion Sensor. En: Journal of Coatings Technology. 2002, vol. 74, no. 935, p. 69-74.

9. AMIRUDIN, A.; BARREAU, C.; HELLOUIN, R. and THIERRY, D. Evaluation of anti-corrosive pigments by pigment extract studies, atmospheric exposure and electrochemical impedance spectroscopy. En: *Progress in Organic Coatings*. 1995, no. 25, p. 339-355.

10. LIU, X.; XIONG, J.; LV, Y. and ZUO, Y. Study on corrosion electrochemical behavior of several different coating systems by EIS. En: *Progress in Organic Coatings*. 2009, no. 64, p. 497-503.

11. KENDIG, M.; JEANJAQUET, S.; BROWN, R. and THOMAS, F. Rapid Electrochemical Assessment of Paint. En: *Journal of Coatings Technology*. 1996, vol. 68, no. 863, p. 38-47.

12. KERN, P.; BANER, A. and LANGE, J. Electrochemical Impedance Spectroscopy as a Tool for Investigating the Quality and Performance of Coated Food Cans. En: *Journal of Coatings Technology*. 1999, vol. 71, no. 899, p. 67-75.

13. INONE, P.; GARCIA, C. and RUVOLO-FILHO, A. Evaluating Barrier Properties Of Organic Coatings by Water Permeation And Electrochemical Methods. En: *Journal of Coatings Technology*. 2003, vol. 75, no. 939, p. 29-37.

14. CARBONINI, P.; MONETTA, T.; NICODEMO, L.; MASTRONARDI, P.; SCATTEIA, B. and BELLUCCI, F. Electrochemical characterization of multilayer organic coatings. En: *Progress in Organic Coatings*. 1996, no. 29, p. 13-20.

15. LOVEDAY, D.; PETERSON, P. and RODGERS, B. Evaluation of Organic Coatings with Electrochemical Impedance Spectroscopy *Part 1: Fundamentals of Electrochemical Impedance Spectroscopy*. En: *JCT Coatings Tech*. 2004, p. 46-55.

16. BIERWAGEN, G.; TALLMAN, D.; LI, J.; HE, L. and JEFFCOATE, C. EIS studies of coated metals in accelerated exposure. En: *Progress in Organic Coatings*. 2003, no. 46, p. 148-157.

17. LOVEDAY, D.; PETERSON, P. and RODGERS, B. Evaluation of Organic Coatings with Electrochemical Impedance Spectroscopy *Part 2: Application of EIS to Coatings*. En: JCT Coatings Tech. 2004, p. 88-94.
18. SKALE, S.; DOLECEK, V. and SLEMNİK, M. Electrochemical impedance studies of corrosion protected surfaces covered by epoxy polyamide coating systems. En: Progress in Organic Coatings. 2008, no. 62, p. 387-392.
19. GRUNDMEIER, G.; SCHMIDT, W. and STRATMANN, M. Corrosion protection by organic coatings: electrochemical mechanism and novel methods of investigation. En: Electrochimica Acta. 2000, no. 45, p. 2515-2533.
20. BAUTISTA, A.; GONZALEZ, J.; OTERO, E. and MORCILLO, M. Discrimination by EIS of Degradation Mechanisms in Lap Joints of Coated Metal Sheet. En: Journal of Coatings Technology. 1999, vol. 71, no. 893, p. 61-69.
21. HINDERLITER, B.; CROLL, S.; TALLMAN, D.; SU, Q. and BIERWAGEN, G. Interpretation of EIS data from accelerated exposure of coated metals based on modeling of coating physical properties. En: Electrochimica Acta. 2006, no. 51, p. 4505-4515.
22. SOUZA SILVA, Michelle Cardinale. Correlação entre impedância electroquímica e propiedades de revestimientos orgánicos. Tesis de Maestría en Ciencias e Ingeniería Metalúrgica y de Materiales. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2006.
23. BONORA, P.; DEFLORIAN, F. and FEDRIZZI, L. Electrochemical impedance spectroscopy as a tool for investigating underpaint corrosion. En: Electrochimica Acta. 1996, vol. 41, no. 7/8, p. 1073-1082.
24. GONZALEZ-GARCIA, Y.; GONZALEZ, S. and SOUTO, R. Electrochemical and structural properties of a polyurethane coating on steel substrates for corrosion protection. En: Corrosion Science. 2007, no. 49, p. 3514-3526.

25. AHN, S.; CHOI, Y.; KIM, J. and HAN, J. A study on corrosion resistance characteristics of PVD Cr-N coated steels by electrochemical method. En: Surface & Coatings Technology. 2002, no. 150, p. 319-326.
26. JAYARAJ, B.; VISHWESWARAIAH, S.; DESAI, V. and SOHN, Y. Electrochemical impedance spectroscopy of thermal barrier coatings as a function of isothermal and cyclic thermal exposure. En: Surface & Coatings Technology. 2004, no. 177/178, p. 140-151.
27. ALI, M.; SONG, S. and XIAO, P. Evaluation of degradation of thermal barrier coatings using impedance spectroscopy. En: Journal of the European Ceramic Society. 2002, no. 22, p. 101-107.
28. OGAWA, K.; MINKOV, D.; SHOJI, T.; SATO, M. and HASHIMOTO, H. NDE of degradation of thermal barrier coating by means of impedance spectroscopy. En: NDT&E international. 1999, no. 32, p. 177-185.
29. VALENTINELLI, L.; VOGELSANG, J.; OCHS, H. and FEDRIZZI, L. Evaluation of barrier coatings by cycling testing. En: Progress in Organic Coatings. 2002, no. 45, p. 405-413.
30. ITAGAKI, M.; ONO, A.; WATANABE, K.; KATAYAMA, H. and NODA, K. Analysis on organic film degradation by dynamic impedance measurements. En: Corrosion Science. 2006, no. 48, p. 3802-3811.
31. BEJARANO VELASQUEZ, William. Mecanismos de Protección Anticorrosiva. En: Formulación Mantenimiento. Compañía Global de Pinturas S.A. Medellín, Colombia. 2000.
32. KITTEL, J.; CELATI, N.; KEDDAM, M. and TAKENOATI, H. Influence of the coating-substrate interactions on the corrosion protection: characterization by impedance spectroscopy of the inner and outer parts of a coating. En: Progress in Organic Coatings. 2003, no. 46, p. 135-147.
33. GREISIGER, H. and SCHAUER, T. On the interpretation of the electrochemical noise data for coatings. En: Progress in Organic Coatings. 2000, no. 39, p. 31-36.

34. VESGA, L.; VERA, E. and PANQUEVA, J. Use of the electrochemical impedance spectroscopy to evaluate the performance of a primer applied under different surface preparation methods. En: Progress in Organic Coatings. 2000, no. 39, p. 61-65.
35. CASTELA, A. and SIMOES, A. An impedance model for the estimation of water absorption in organic coatings. Part I: A linear dielectric mixture equation. En: Corrosion Science. 2003, no. 45, p. 1631-1646.
36. HU, J.; ZHANG, J.; ZHANG, J. and CAO, C. Corrosion electrochemical characteristics of red iron oxide pigmented epoxy coatings on aluminum alloys. En: Corrosion Science. 2005, no. 47, p. 2607-2618.
37. YIN, K. and LU-YUAN-ZE. Parametric Study on the Electrochemical Impedance Spectroscopy of Coatings-Coated Steels in Hydrochloric Acid Solutions. En: Journal of Coatings Technology. 2003, vol. 75, no. 941, p.65-73.
38. MCINTYRE, J. and PHAM, H. Electrochemical impedance spectroscopy; a tool for organic coatings optimizations. En: Progress in Organic Coatings. 1996, no. 27, p. 201-207.
39. LEE, C. and MANSFELD, F. Automatic classification of polymer coating quality using artificial neural networks. En: Corrosion Science. 1999, no. 41, p. 439-461.
40. CORFIAS, C.; PEBERE, N. and LACABANNE, C. Characterization of protective coatings by electrochemical impedance spectroscopy and a thermostimulated current method: influence of the polymer binder. En: Corrosion Science. 2000, no. 42, p. 1337-1350.
41. NADERI, R. and ATTAR, M. Electrochemical study of protective behavior of organic coating pigmented with zinc aluminum polyphosphate as a modified zinc phosphate at different pigment volume concentrations. En: Progress in Organic Coatings. 2009, no. 66, p. 314-320.

42. CASTELA, A. and SIMOES, A. An impedance model for the estimation of water absorption in organic coatings. Part II: A complex equation of mixture. En: Corrosion Science. 2003, no. 45, p. 1647-1660.
43. AGLAN, A.; ALLIE, A.; LUDWICK, A. and KOONS, L. Formulation and evaluation of nano-structured polymeric coatings for corrosion protection. En: Surface & Coatings Technology. 2007.
44. ADHIKARI, A.; CLAEISSON, P.; PAN, J.; LEYGRAF, C.; DEIDINAITEI, A. and BLOMBERG, E. Electrochemical behavior and anticorrosion properties of modified polyaniline dispersed in polyvinylacetate coating on carbon steel. En: Electrochimica Acta. 2008, no. 53, p. 4239-4247.
45. HAMDY, A.; BECCARIA, A. and TEMTCHENKO, T. Corrosion protection of AA6061 T6 by fluoropolymer coatings in NaCl solution. En: Surface & Coatings Technology. 2002, no. 155, p. 176-183.
46. POZNYAK, S.; ZHELUDKEVICH, M.; RAPS, D.; GAMMEL, F.; YASAKAU, K. and FERREIRA, M. Preparation and corrosion protective properties of nanostructured titania-containing hybrid sol-gel coatings on AA2024. En: Progress in Organic Coatings. 2008, no. 62, p. 226-235.
47. ZHELUDKEVICH, M.; YASAKAU, K.; BASTOS, A.; KARAVAI, O. and FERREIRA, M. On the application of electrochemical impedance spectroscopy to study the self-healing properties of protective coatings. En: Electrochemistry communications. 2007, no. 9, p. 2622-2628.
48. SPENGLER, E.; FRAGATA, F.; MARGARIT, I. and MATTOS, O. Corrosion protection of low toxicity paints. En: Progress in Organic Coatings. 1997, no. 30, p. 51-57.
49. POTVIN, E.; BROSSARD, L. and LAROCHELLE, G. Corrosion protective performance of commercial low-VOC epoxy/urethane coatings on hot-rolled 1010 mild steel. En: Progress in Organic Coatings. 1997, no. 31, p. 363-373.

50. BONNEL, K.; PEN, L. and PEBERE, N. E.I.S. characterization of protective coatings on aluminium alloys. En: *Electrochimica Acta*. 1999, no. 44, p. 4259-4267.
51. SANCHEZ, J.; OSUNA, R.; BETHENCOURT, M. and BOTANA, F. Monitoring the degradation of a high solids epoxy coating by means of EIS and EN. En: *Progress in Organic Coatings*. 2007.
52. DEL GROSSO DESTRETI, M.; VOGELSANG, J.; FEDRIZZI, L. and DEFLORIAN, F. Water up-take evaluation of new waterborne and high solid epoxy coatings. Part II: electrochemical impedance spectroscopy. En: *Progress in Organic Coatings*. 1999, no. 37, p. 69-81.
53. SKALE, S.; DOLECEK, V. and SLEMNIK, M. Electrochemical impedance studies of corrosion protected surfaces covered by epoxy polyamide coating systems. En: *Progress in Organic Coatings*. 2008.
54. GONZALEZ, S.; CACERES, F.; FOX, V. and SOUTO, R. Resistance of metallic substrates protected by an organic coating containing aluminum powder. En: *Progress in Organic Coatings*. 2003, no. 46, p. 317-323.
55. SCHIMDT, D.; SHAW, B.; SIKORA, E.; SHAW, W. and LALIBERTE, L. Corrosion protection assessment of sacrificial coating systems as a function of exposure time in a marine environment. En: *Progress in Organic Coatings*. 2006, no. 57, p. 352-364.
56. MEROUFEL, A. and TOUZAIN, S. EIS characterisation of new zinc-rich powder coatings. En: *Progress in Organic Coatings*. 2007, no. 59, p. 197-205.
57. MARCHEBOIS, H.; SAVALL, C.; BERNARD, J. and TOUZAIN, S. Electrochemical behavior of zinc-rich powder coatings in artificial sea water. En: *Electrochimica Acta*. 2004, no. 49, p. 2945-2954.
58. KNUDSEN, O.; STEINSMO, U. and BJORDAL, M. Zinc-rich primers—Test performance and electrochemical properties. En: *Progress in Organic Coatings*. 2005, no. 54, p. 224-229.

59. CHICO, B.; GALVAN, J.; DE LA FUENTE, D. and MORCILLO, M. Electrochemical impedance spectroscopy study of the effect of curing time on the early barrier properties of silane systems applied on steel substrates. En: Progress in Coatings Organic. 2007, no. 60, p.45-53.
60. SHON, M. and KWON, H. Comparison of surface modification with amino terminated polydimethylsiloxane and amino branched polydimethylsiloxane on the corrosion protection of epoxy coating. En: Corrosion Science. 2009, no. 51, p. 650-657.
61. JI, W.; HU, J.; LIU, L.; ZHANG, J. and CAO, C. Improving the corrosion performance of epoxy coatings by chemical modification with silane monomers. En: Surface & Coatings Technology. 2007, no. 201, p. 4789-4795.
62. SHON, M. and KWON, H. Effects of surface modification with amino branched polydimethylsiloxane (ABP) on the corrosion protection of epoxy coating. En: Corrosion Science. 2007, no. 49, p. 4259-4275.
63. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Operating Salt Spray (Fog) Apparatus. ASTM B117-07. West Conshohocken, United States: ASTM International, 2007.
64. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Operating Fluorescent Light Apparatus for UV Exposure of Nonmetallic Materials. ASTM G154-06. West Conshohocken, United States: ASTM International, 2006.
65. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Modified Salt Spray (Fog) Testing. ASTM G85-02. West Conshohocken, United States: ASTM International, 2002. 6 p.
66. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Evaluating Degree of Blistering of Paints. ASTM D714-02. West Conshohocken, United States: ASTM International, 2002.

67. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Evaluating Degree of Checking of Exterior Paints. ASTM D660-00. West Conshohocken, United States: ASTM International, 2000.
68. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces. ASTM D610-01. West Conshohocken, United States: ASTM International, 2001.
69. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments. ASTM D1654-05. West Conshohocken, United States: ASTM International, 2005.
70. MARCHEBOIS, H.; JOIRET, S.; SAVALL, C.; BERNARD, J. and TOUZAIN, S. Characterization of zinc-rich powder coatings by EIS and Raman spectroscopy. En: Surface and Coatings Technology. 2002, no. 157, p. 151–161.
71. MARCHEBOIS, H.; JOIRET, S.; SAVALL, C.; BERNARD, J. and TOUZAIN, S. Zinc-rich powder coatings corrosion in sea water: influence of conductive pigments. En: Progress in Organic Coatings. 2002, no. 45, p. 415–421.
72. YADAV, A.; NISHIKATA, A. and TSURU, T. Electrochemical impedance study on galvanized steel corrosion under cyclic wet–dry conditions—influence of time of wetness. En: Corrosion Science. 2004, no. 46, p. 169-181.
73. DÜNNWALD, J. and OTTO, A. An investigation of phase in rust layers using Raman Spectroscopy. En: Corrosion Science. 1989, vol. 29, p. 1167-1176.
74. DE FARIA, D.; SILVA, V. and OLIVEIRA. Raman Microspectroscopy of some iron and oxyhydroxides. En: Journal of Raman Spectroscopy. 1997, vol. 28, p. 873-878.
75. OH, S.; COOK, D. and TOWNSEND, H. Characterization of iron oxides commonly formed as corrosion products on steel. En: Hyperfine interactions. 1998, p. 59-65.

76. FORSGREN, Amy. Composition of Anticorrosion Coatings. En: Corrosion Control Through Organic Coating. Broken Sound Parkway NW. CRC Press Taylor & Frances Group. 2006. p. 11-51.

77. BOS, Tom. Performance testing of protective coatings. En: Prediction of coating durability. Enschede- Holanda. Gildeprint drukkerijen B.V. 2008. p. 13-30.