

Franco H. Salcedo López

franco.salcedo@unl.edu.ec

Universidad Nacional de Loja
Facultad de la Energía, las
Industrias y los Recursos Naturales
no Renovables
(Loja - Ecuador)
ORCID: 0000-0002-0091-3251

Galo E. Salcedo López

galo.salcedo@unl.edu.ec

Universidad Nacional de Loja
Unidad de Educación a Distancia
y en Línea
(Loja - Ecuador)
ORCID: 0000-0002-2757-5790

**MODELOS DE SOSTENIBILIDAD
DE LOS FONDOS DEL
INSTITUTO ECUATORIANO
DE SEGURIDAD SOCIAL**

*SUSTAINABILITY MODELS
OF THE FUNDS OF THE
ECUADORIAN SOCIAL
SECURITY INSTITUTE*

DOI:

<https://doi.org/10.37135/kai.03.10.04>

Recibido: 10/11/22

Aceptado: 02/12/22

Resumen

Los sistemas de pensiones en todo el mundo han evolucionado dinámicamente, es necesario alcanzar la sostenibilidad del sistema para proporcionar a sus aportantes y pensionistas confianza en el modelo. Para el sistema de pensiones del IESS, es importante obtener predicciones para prevenir a los interesados lo que podría suceder si no se toman las medidas correctivas. Las predicciones de sostenibilidad de pensiones del IESS se obtuvieron con el método de las Cadenas de Markov Monte Carlo (CMMC) y el de los Mínimos Cuadrados, utilizando datos desde el 1 de enero del 2012 hasta el 30 de junio de 2022 y su procesamiento con el Software GNU Octave. Los resultados de los modelos revelan que el sistema de pensiones sería sostenible hasta diciembre de 2023; por lo que las autoridades deberían aplicar las estrategias adecuadas para sostener el sistema.

Palabras clave: Aportes, Pensiones, Método de Montecarlo, Cadenas de Markov, Mínimos Cuadrados.

Abstract

Pension systems around the world have evolved dynamically, it is necessary to achieve the sustainability of the system to provide its contributors and pensioners with confidence in the model. For the IESS pension system, it is important to obtain predictions to warn stakeholders what could happen if corrective measures are not taken. The IESS pension sustainability predictions were obtained using the Markov Monte Carlo Chains (CMMC) and Least Squares method, using data from January 1, 2012 to June 30, 2022 and their processing with the GNU Octave Software. The results of the models reveal that the pension system would be sustainable until December 2023; therefore, the authorities should implement the appropriate strategies to sustain the system.

Keywords: Contributions, Pensions, Monte Carlo Method, Markov Chains, Least Squares.

MODELOS DE SOSTENIBILIDAD DE LOS FONDOS DEL INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL

SUSTAINABILITY MODELS OF THE FUNDS OF THE ECUADORIAN SOCIAL SECURITY INSTITUTE

DOI:

<https://doi.org/10.37135/kai.03.10.04>

Introducción

La constitución del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), se remonta a las leyes dictadas en los años 1905, 1915 y 1918 destinada para beneficiar a los empleados públicos, educadores, telegrafistas y dependientes del poder judicial; pero su consolidación no se dio hasta septiembre de 1963, cuando se fusionaron la Caja de Pensiones con la Caja del Seguro, formando la Caja Nacional del Seguro Social. Su creación fue promulgada mediante Decreto Ejecutivo Nro. 40 del 2 de julio de 1970 y publicada en el Registro Oficial Nro. 15 del 10 de julio de 1970. Posteriormente en el año de 1981, se promulgó la Ley de Extensión del Seguro Social Campesino, y en 1986 se estableció el Seguro del Trabajador Agrícola, el Seguro Voluntario y el Fondo de Seguridad Social Marginal. El 8 de septiembre de 1988, en el Registro Oficial Nro.21 se publicó la Ley Nro. 41 del Seguro Social Obligatorio (Superintendencia de Bancos, 2018).

En el Ecuador, en el Art. 237 de la Ley de Seguridad Social del año 2015 se eliminaba el aporte del 40% de las pensiones jubilares; pero, para tratar de mitigar los problemas de financiamiento de las pensiones jubilares, mediante resolución de la Corte Constitucional, publicada en el Registro Oficial Nro. 40 del 6 de abril del 2018, se modifica el artículo mencionado, por lo que el Estado continuará financiando obligatoriamente el 40% de las pensiones jubilares (IESS, 2021).

Mediante Resolución Nro. C.D. 518, el IESS a partir del año 2017 aplicó el seguro de desempleo, el cual beneficia a los afiliados que pierdan su empleo bajo relación de dependencia por causas ajenas a su voluntad, aplicándoles un subsidio durante cinco meses mientras no encuentren otro empleo (IESS, 2016). Debido a la crisis sanitaria de la COVID-19, durante los meses de abril, mayo, junio y julio de 2020, el IESS otorgó 12 meses de plazo para todos los empleadores que no pudieron realizar el pago de sus obligaciones y puedan cancelar sus obligaciones; así mismo los afiliados que perdieron sus empleos, pudieron acceder al seguro de desempleo en dichos meses (IESS, 2020b).

El seguro general obligatorio como parte del sistema nacional de seguridad social en el Ecuador, de acuerdo con su última modificación el 31 de agosto de 2021 se fundamenta en principios de solidaridad, obligatoriedad, universalidad, equidad, eficiencia, subsidiariedad y suficiencia para proteger a todos sus afiliados en casos de enfermedad, maternidad, riesgos del trabajo, vejez, muerte, invalidez, cesantía y seguro de desempleo. Las prestaciones del seguro general obligatorio, se financiarán con la aportación individual, la aportación patronal, la contribución obligatoria del estado, las reservas técnicas del régimen de jubilación, los saldos de las cuentas individuales de los afiliados al régimen de jubilación,

los ingresos del pago de los dividendos de la deuda pública y privada, los ingresos del pago de dividendos de la deuda del Gobierno Nacional, las rentas de cualquier clase que produzcan las propiedades, los ingresos por enajenación de los activos de cada seguro, por prestación de servicios de salud de las unidades médicas, recursos de cualquier clase de cada seguro de acuerdo a las leyes especiales y herencias, legados y donaciones (IESS, 2021).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en el Ecuador para el mes de junio de 2022, se reportó una población de 17.969.222 habitantes, de ésta, la Población Económicamente Activa (PEA) fue de 8,5 millones de personas (INEC, 2022). De acuerdo con las reformas de seguridad social, el Consejo Directivo, mediante Resolución Nro. C.D. 334 del 20 de octubre de 2010, expidió las normas para la extensión de cobertura de las prestaciones de salud, con lo que se incrementó el número de afiliados, es así que actualmente de acuerdo con el informe del Boletín Estadístico Nro. 25 del IESS, para el año 2020 contaba con 6.624.267 asegurados registrados; de éstos, 4.132.359 son afiliados, entre el seguro social campesino y el seguro general obligatorio; 653.844 pensionistas, dando un total de 4.736.878 de afiliados y pensionistas; a esto se adicionan 1.979.557 de afiliados de extensión de cobertura que incluyen cónyuges e hijos de asegurados (IESS, 2020a).

Para financiar los servicios que ofrece el IESS, se aplican tasas de aportaciones diferenciadas de acuerdo a la naturaleza del afiliado; así, los trabajadores del sector privado bajo relación de dependencia se considera un aporte personal del 9,45% de su remuneración mensual y del 11,15% como aporte patronal; para empleados bancarios, gobiernos autónomos descentralizado, entidades públicas descentralizadas, registrados de la propiedad y mercantiles, un aporte personal del 11,45% y 11,15% como aporte patronal; para servidores públicos, magisterio, función judicial, notarios públicos, un aporte personal del 11,45% y 9,15% como aporte patronal; para funcionarios del servicio del exterior residentes en el extranjero, un aporte personal del 9,45% y 9,15% como aporte patronal; para trabajadores temporales de la industria azucarera, un aporte personal del 18,90% y 22,30% como aporte patronal; para trabajadores autónomos, afiliados voluntarios residentes en el Ecuador o en el extranjero, un aporte personal del 20,60% (IESS, 2015).

En la actualidad, es fundamental el incremento de las afiliaciones al IESS, debido a la delicada situación del fondo de pensiones (invalidez, vejez y muerte), ya que, según el presidente del IESS y expertos en el tema, es muy importante en un sistema de reparto que se incremente el número de afiliados para sostener a los beneficiarios de las jubilaciones. En la actualidad, de acuerdo a estudios actuariales, el sistema de pensiones tiene solamente 5,2 afiliados para sostener cada jubilado, cuando en realidad se necesitarían cuando menos 8 afiliados por cada jubilado (El Universo, 2022).

El envejecimiento como factor demográfico, incide en el gasto de pensiones jubilares, es así que para el año 2025 el número de pensionistas será tal, que necesariamente deberá incrementarse el número de aportantes, aplicar políticas gubernamentales para ampliar la cobertura de los afiliados, nuevos modelos del sistema, para encontrar un equilibrio financiero del sistema de pensiones (Contreras, 2018).

En América Latina, cerca de 50 millones de personas tienen 65 años o más; en el 2065 se prevé que alrededor de 200 millones de personas estarán en este grupo etario, lo que será una de las principales fuentes de gasto público en los sistemas de pensiones. Los sistemas de pensiones se circunscriben en el equilibrio de al menos tres dimensiones: cobertura adecuada, suficiencia de prestaciones y sostenibilidad que será fundamental para mantener el modelo; por ello se siguen proponiendo reformas para enfrentar los desafíos en cobertura, suficiencia de prestaciones y sostenibilidad financiera (Arenas de Mesa, 2019).

La sostenibilidad de los sistemas de seguridad social en la actualidad se encuentra en grave crisis, debido a las condiciones socioeconómicas a nivel mundial; en Rumanía no es la excepción, ya que por factores económicos, demográficos, participación de los jóvenes a la educación superior, disminución de la fuerza laboral, reducción del número de aportantes, genera un riesgo social importante en el sistema de seguridad social (Pânzaru, 2015).

Los sistemas de pensiones latinoamericanos también son afectados por el envejecimiento, por lo que, se debe aumentar la edad de jubilación para sostener el equilibrio financiero-actuarial o aumentar las contribuciones para mantener el monto de las pensiones jubilares. Estas reformas son fundamentales para enfrentarse al envejecimiento (Mesa, 2021).

En el sistema de pensiones brasileño, el notable proceso de envejecimiento de los afiliados, incrementa la tasa de dependencia, que implica que a mayor número de pensionistas dependen cada vez de un número menor de trabajadores para sostener el modelo; la baja tendencia de la participación de la fuerza laboral en edades mayores y la jubilación anticipada, tendrá enormes impactos de sostenibilidad en el sistema de pensiones brasileño (Lanza Queiroz & De Souza, 2021).

El sistema de pensión chileno que se consideraba exitoso en los últimos años y fue tomado como modelo para otros países de la región, en la actualidad las reducciones de las contribuciones de los aportantes, los cambios demográficos, la reducción de las tasas de interés mundial sin reformas al sistema, la incapacidad para sostenerse seguirá en crecimiento; además de acuerdo con las últimas reformas legislativas, que permite los retiros de ahorros de las pensiones para contrarrestar los efectos de la pandemia de la COVID-19, se redujo aún más el porcentaje de contribuciones y un aumento en los costos fiscales, por lo que es

urgente reformas para que se incremente la tasa de contribuciones de los trabajadores y la edad de las jubilaciones (Pienknagura & Evans, 2021).

En los países de economías emergentes con grandes dimensiones geográficas y demográficas denominados BRICS (Brasil, Rusia, India, China, Sudáfrica), las políticas para aumentar la edad de jubilación deben ser tratadas de manera cuidadosa, esforzarse para garantizar la adecuación y previsibilidad de las pensiones a través de una transición laboral activa a una jubilación gradual (SOCPRO and DDG/P Office, 2019).

En las economías avanzadas alrededor del mundo, donde los sistemas de pensiones han sido reformados, para los nacidos entre los años 1990 y 2009, las simulaciones sugieren aumentar la edad de jubilación en cinco años, del promedio actual de 63 a 68 años en el año 2050, esto, cerraría la mitad de la brecha proyectada de los beneficios en relación con los jubilados actuales; la otra mitad de la brecha se cerraría si las personas de la simulación aportaran un 6% adicional cada año (Amaglobeli *et al.*, 2019).

El sistema de seguridad social en el Ecuador preocupa y más aún con la pandemia, ya que muchas empresas desvincularon empleados, reduciendo la tasa de aportaciones. A partir del año 2014 ya se evidencia un déficit de caja, el gobierno presenta dificultades para cubrir el 40% de las pensiones jubilares; por ello el IESS ha tenido que utilizar sus reservas para cubrir sus obligaciones de las pensiones jubilares y al ritmo en el que el déficit va creciendo y las reservas se van agotando, sería muy complejo que el gobierno pueda transferir la totalidad de la contribución que le correspondería de acuerdo a las últimas reformas; por tanto, el sistema de seguridad social requiere reformas urgentes antes que colapse, aunque ello implique un costo político y social muy alto (Lucero, 2021).

Para que los fondos de la seguridad social tengan un equilibrio, debe estar de acuerdo con la relación entre aportantes y jubilados; sin embargo, cuando este equilibrio se ve afectado por factores como la disminución de activos, el factor demográfico como el aumento de la esperanza de vida, se produce un desequilibrio en el sistema. En el Ecuador la esperanza de vida pasó de 58 años a 78 años, este cambio de comportamiento de esta variable requiere que los estudios actuariales financieros deben actualizarse en función del tiempo (Ibarra *et al.*, 2014).

En el sistema de seguridad social ecuatoriano se aplica la metodología de solidaridad intergeneracional, en donde los nuevos aportantes al sistema de seguridad son los que financian las pensiones a los afiliados, el cual será afectado por los ciclos económicos, cambios demográficos y políticos. Contablemente el fondo de pensiones con el aporte del estado ha generado superávit, pero cada año se reduce; sin embargo, el fondo de salud tiene déficits desde el año 2014, que, al incorporarlo al fondo de pensiones, genera déficit con o sin el aporte del

estado (Giler *et al.*, 2020).

El modelo de seguridad social ecuatoriano ha demostrado debilidades, a pesar de haberse realizado esfuerzos para mejorarse y fortalecerse no han sido suficientes, por lo que es necesario implementar políticas gubernamentales para alcanzar su fortalecimiento y su sustentabilidad para cubrir las necesidades futuras (Guevara & Medina, 2019).

De acuerdo con el presidente del Directorio del IESS, es necesario reestructurar la institución. Para ello, se debe iniciar diálogos entre afiliados, jubilados y empleadores para llegar a acuerdos sobre cambios normativos en el sistema, como: subir a edad de jubilación, ajustar el modelo del cálculo de pensiones jubilares, crear una cuenta personal para afiliados para que aporten más y accedan a una mayor pensión jubilar, el cálculo del aporte del estado al fondo de pensiones este acorde al Producto Interno Bruto (PIB) e incrementar la tasa de aporte de los afiliados (Torres, 2022).

El trabajo investigativo tiene como objetivo analizar la sostenibilidad del sistema de aportes y pensiones del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, considerando modelos matemáticos que se han aplicado en distintos escenarios con resultados satisfactorios. Así, como los modelos matemáticos basados en los Mínimos Cuadrados Monte Carlo, utilizado para determinar el momento de la inversión en plantas fotovoltaicas en Corea, el cual simula el período total de ingresos de generación fotovoltaica con todos los factores de precios fotovoltaicos desconocidos en nueve escenarios diferentes antes de determinar el tiempo de inversión óptimo (An *et al.*, 2021).

Para establecer la previsión estadística de ocurrencia del ciclón tropical en las costas de Bengala, se han utilizado datos de los ciclones tropicales de los últimos 100 años y la influencia de oscilación del fenómeno del niño y la niña de sur américa, aplicando la simulación de las Cadenas de Markov Monte Carlo; las simulaciones generadas de llegada a tierra del ciclón tropical coinciden muy bien con la observación (Wahiduzzaman *et al.*, 2021).

Métodos

La investigación tiene un enfoque estocástico no determinístico, predictivo, descriptivo e interpretativo, con información de tipo cuantitativo, que busca predecir la sostenibilidad del sistema de aportes y pensiones del IESS, aplicando y comparando el modelo probabilístico simulado por el método de Cadenas de Markov Monte Carlo (CMMC) y el método de regresión de los mínimos cuadrados con datos proporcionados por el departamento de comité de transparencia del IESS, desde el 1 de enero del 2012, hasta el 30 de junio de 2022, con un total de 126 observaciones a través del sitio web de acceso a trámites en línea <https://app.iess>.

gob.ec/iess-gestion-fomularios-portal-web/public/tramite.jsf.

De acuerdo al Boletín Estadístico Nro. 25 del IESS para el año 2020, el IESS contaba con 6.624.267 asegurados registrados, de éstos, 4.132.359 son afiliados, entre el seguro social campesino, seguro general obligatorio; 653.844 son pensionistas; 1.979.557 son afiliados de extensión de cobertura que incluyen cónyuges e hijos de asegurados (IESS, 2020a).

Para procesar la información, analizar, simular, predecir y graficar la solución de los modelos y métodos propuestos, se utilizó el software GNU Octave Versión: 5.1.0, de licencia pública y ejecutado en un sistema operativo Windows de 64 bits.

Las Tablas 1 y 2 presentan los modelos y métodos empleados en la presente investigación que se consideran dinámicos por su carácter predictivo.

Tabla 1. Método de los mínimos cuadrados.

| N. | Modelo | Descripción | Detalle |
|-----|---|---|---|
| [1] | $S_r = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_{i,medida} - y_{i,aproximada})^2$ | Suma de los cuadrados de los residuos entre la y medida y la y aproximada | Procedimiento para genera un polinomio de grado n , para realizar la predicción en el tiempo t |
| [2] | $S_{y/x} = \sqrt{\frac{S_r}{n - (m + 1)}}$ | Error estándar del estimado | n = número de puntos m = grado del polinomio a encontrar. S_r = suma de los cuadrados de los residuos entre la y medida y la y aproximada |
| [3] | $S_t = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$ | Suma total de los cuadrados alrededor de la media | Suma entre la y medida y la y aproximada |
| [4] | $r^2 = \frac{S_t - S_r}{S_t}$ | Coefficiente de determinación | Coefficiente de determinación r^2 y el coeficiente de correlación r |

Fuente: Chapra & Canale (2021).

Tabla 2. Modelo Cadena de Markov Monte Carlo (CMMC).

| N. | Modelo | Descripción | Detalle |
|-----|--|--------------------------------------|---|
| [5] | $Prob\{X_{n+1} = X_{n+1} X_n = x_n, X_{n-1} = x_{n-1}, \dots, X_0 = x_0\}$ | Cadenas de Markov Monte Carlo (CMMC) | Valor de la variable aleatoria en el futuro, depende del valor presente en función de alguna distribución de probabilidad |

Fuente: Joseph (2019).

Una cadena de Markov, consiste de una secuencia de variables aleatorias x_0, x_1, x_2, \dots , de algún conjunto; la cadena tiene la propiedad que la distribución condicional de x_t , dado $x_0, x_1, x_2, \dots, x_{t-1}$, dependen solamente de x_{t-1} . El conjunto en el cuál x_0, x_1, x_2, \dots toma sus valores se denomina espacio de estado S de la Cadena de Markov, el estado puede ser finito o infinito (Joseph, 2019).

Aplicando las Cadenas de Markov Monte Carlo (CMMC), como método de muestreo aleatorio y su capacidad para adaptarse a cualquier número de observaciones, permite generar una secuencia de valores aleatorios, en la que el valor de la variable aleatoria en el futuro depende únicamente del valor en el presente de acuerdo a alguna distribución de probabilidad; en la presente investigación se genera una distribución normal de las diferencias entre el valor siguiente y el valor anterior de los datos, obteniéndose la media y la desviación estándar; iniciándose la simulación con la observación del mes de enero de 2012; se toma la media de 500 simulaciones obteniéndose 172 simulaciones mediante el método que corresponde al mes de abril de 2026. Se compara la simulación obtenida con los datos reales, observándose muy buenas aproximaciones. El modelo de las Cadenas de Markov Monte Carlo (CMMC), para generar la simulación siguiente tiene la forma:

valor siguiente = valor anterior + media (número aleatorio (distribución normal (media de las diferencias, desviación estándar de las diferencias)))

El enfoque de Mínimos Cuadrados Monte Carlo (LSMC), resultó muy eficiente al aproximar adecuadamente los productos de seguro de vida o los ingresos de jubilación en un momento futuro de la población italiana entre los años 1965 al 2016; se simula la distribución del valor de un contrato de renta vitalicia en el futuro. El método empleado puede adaptarse a cualquier entorno computacional sin inferir en la complejidad computacional (Bacinello *et al.*, 2021).

En la investigación propuesta, se aplica el método de los mínimos cuadrados que minimiza la suma de los residuos, genera polinomios únicos de orden 3 que mejor se ajusta ante cualquier método y que representa a los aportes y pensiones, utilizando las 126 observaciones proporcionadas por el departamento de comité de transparencia del IESS, con los polinomios obtenidos se realiza la predicción hasta la observación 172 que corresponde al mes de abril de 2026. Se complementa la investigación, encontrando el porcentaje de incertidumbre que explica cada polinomio, el error y la desviación estándar para las predicciones.

Resultados

Las 126 observaciones obtenidas del departamento de comité de transparencia del IESS tienen información consolidada de los aportes y pensiones desde enero del 2012, hasta junio de 2022; para aplicar las Cadenas de Markov Monte Carlo (CMMC), se parte desde la observación 1. El

resultado se presenta en la Tabla 3.

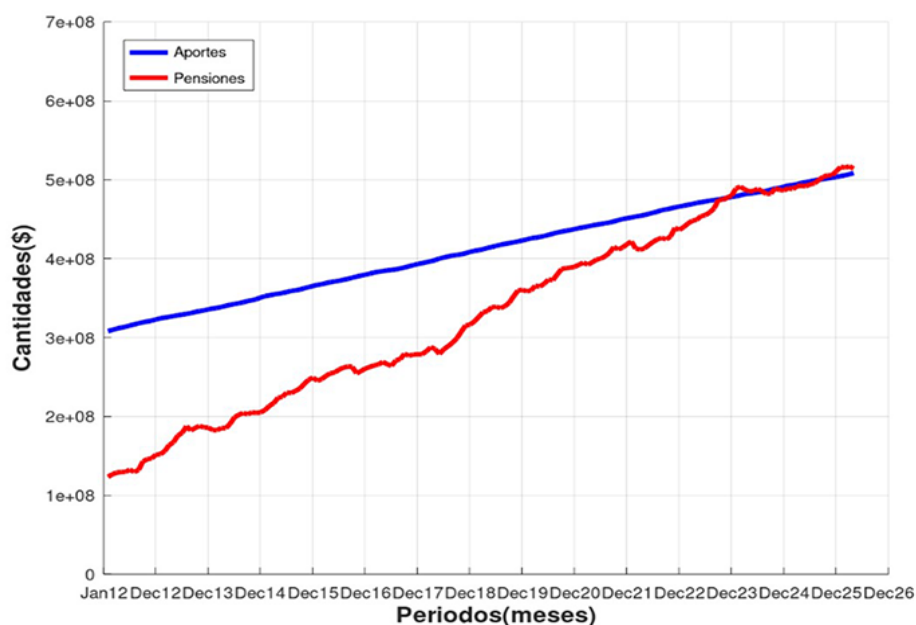
Tabla 3. Predicción de aportes y pensiones IESS.

| Día | Fecha | Aportes | Pensiones |
|------|--------|----------------|----------------|
| | | | |
| 136 | Apr-23 | 470.788.985,96 | 449.235.176,18 |
| 137 | May-23 | 471.476.260,26 | 454.064.063,90 |
| 138 | Jun-23 | 472.635.707,56 | 455.184.204,65 |
| 139 | Jul-23 | 473.436.914,05 | 458.679.579,48 |
| 140 | Aug-23 | 474.257.268,97 | 463.882.643,51 |
| 141 | Sep-23 | 474.995.993,69 | 474.930.657,02 |
| 142 | Oct-23 | 475.923.853,38 | 474.370.085,22 |
| 143* | Nov-23 | 477.065.088,11 | 477.657.596,71 |
| 144* | Dec-23 | 478.176.299,98 | 479.694.817,77 |
| 145 | Jan-24 | 479.080.814,39 | 489.033.098,49 |
| 146 | Feb-24 | 480.422.826,92 | 491.182.527,61 |
| 147 | Mar-24 | 481.687.325,86 | 487.680.400,41 |
| | | | |

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 3 expone la simulación con la CMMC ecuación [5], los datos muestran que en la observación 143-144, que corresponde el mes de noviembre y diciembre de 2023 se produce el cruce de los aportes con las pensiones, por lo que la sostenibilidad del modelo de aportes y pensiones entra en conflicto.

Figura 1. Simulación con las Cadenas de Markov Monte Carlo (CMMC) hasta abril de 2026.

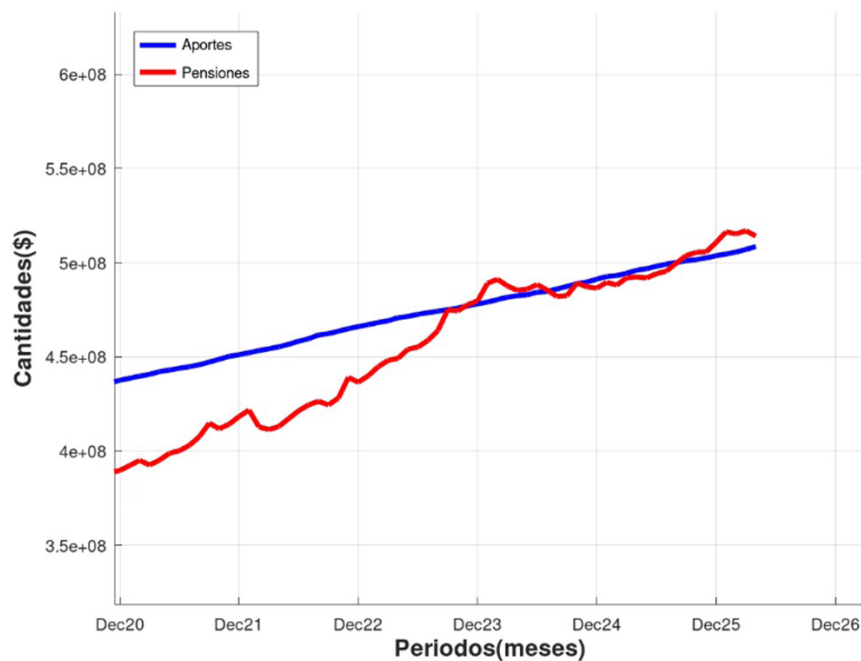


Fuente: elaboración propia.

La figura 1 describe la representación de la simulación de las 172 observaciones simuladas por el modelo CMMC [5], la gráfica muestra la trayectoria de la simulación en la que las dos curvas que representan a los aportes y pensiones se interceptan en la observación 143-144, que corresponde al mes de noviembre y diciembre de 2023. Si el modelo de sistema de pensiones del IESS se mantiene en las mismas condiciones, entonces el sistema de pensiones sería sostenible solamente hasta esa fecha.

La Figura 2 muestra un acercamiento de la misma simulación por el modelo CMMC, representada en la Figura 1, en la que se puede observar que la sostenibilidad del modelo de pensiones entra en conflicto entre el mes de noviembre y diciembre de 2023.

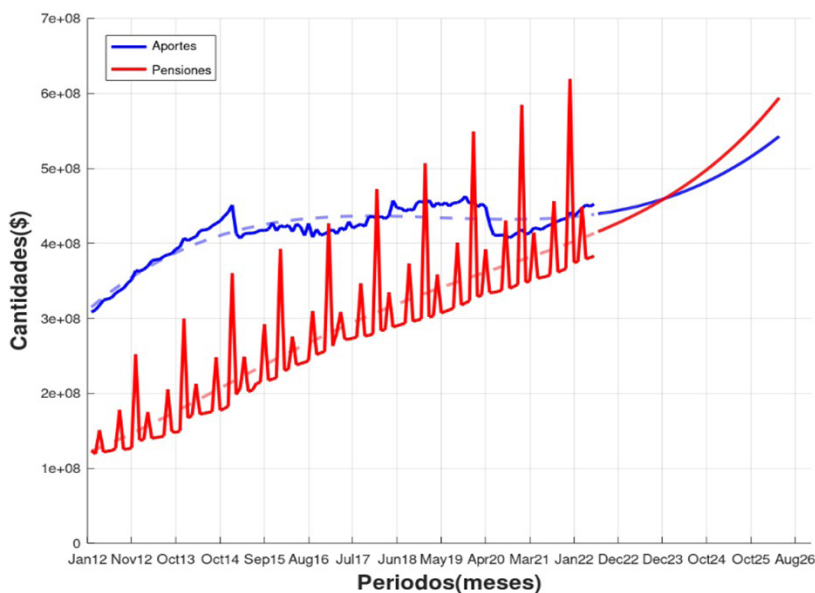
Figura 2. Acercamiento de la simulación con las Cadenas de Markov Monte Carlo (CMMC) hasta abril de 2026.



Fuente: elaboración propia.

La Figura 3 muestra la predicción obtenida mediante el método de los mínimos cuadrados, con datos desde la observación 1 a la 126 que corresponde desde enero de 2012 hasta junio de 2022; con esos datos se generaron polinomios de grado 3 correspondientes a los aportes y pensiones, polinomios que son los que mejor se ajustan al comportamiento natural de los datos. A partir de la observación 127 se realiza la extrapolación hasta la observación 172 que corresponde al mes de abril de 2026.

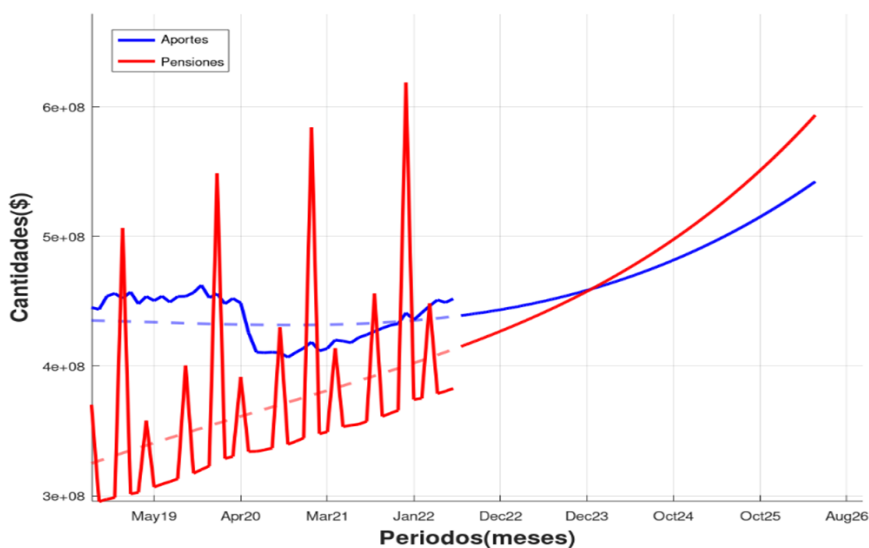
Figura 3. Predicción con el método de los mínimos cuadrados con datos desde enero de 2012 a abril 2026.



Fuente: elaboración propia.

La Figura 4 muestra un acercamiento del modelo generado mediante el método de los mínimos cuadrados, representada en la Figura 3. En ella se observa que la curva de las pensiones supera a la de los aportes entre el mes de noviembre y diciembre de 2023, por lo que el modelo de pensiones se desequilibra en ese periodo.

Figura 4. Acercamiento de la predicción con el método de los mínimos cuadrados con datos desde enero de 2012 a abril 2026.



Fuente: elaboración propia.

El comportamiento de las curvas de aportes y pensiones generado con el método de los mínimos cuadrados muestra una tendencia al cruce de las curvas. La predicción manifiesta que si el sistema de pensiones del IESS se mantiene tal como está, la sostenibilidad de este colapsará antes de diciembre de 2023. Se ha realizado un acercamiento para verificar el acontecimiento, tal como se muestra en la Figura 4.

Los resultados de las predicciones por el método de los mínimos cuadrados se muestran en la Tabla 4. Los datos de los aportes muestran menos variabilidad que las pensiones, por esa razón, la incertidumbre de los aportes es mejor explicada con un 83,00% frente al 71,65% de las pensiones

Tabla 4. Resultado de la predicción con los mínimos cuadrados del sistema de pensiones IESS.

| | Predicción al mes abril 2026 | Error estándar | Desviación estándar | Incertidumbre explicada (%) |
|-----------|---|---------------------------|--------------------------------|--|
| Aportes | 542.519.184,69970 | 14.398.053,97 | 34.501.261,54121 | 83,00 |
| Pensiones | 593.782.539,16970 | 55.168.250,14 | 101.945.967,5434 | 71,65 |

Fuente: elaboración propia.

Discusión y conclusiones

Aplicar un modelo probabilístico y de simulación como las Cadenas de Markov Monte Carlo (CMMC), permiten generar predicciones muy satisfactorias que, al compararlos con los datos proporcionados por la fuente, ofrece una gran aproximación; la aproximación mejora mientras mayor sea el tamaño de la simulación. La simulación se extrapola hasta alcanzar la observación 172 que corresponde al mes de abril de 2026; pudiéndose observar que en la observación 143 y 144, entre noviembre y diciembre de 2023, se pone en riesgo la sostenibilidad del sistema de pensiones del IESS, ya que la tendencia de la curva de las pensiones es superior a la tendencia de la curva de los aportes. Resultados similares lo manifiesta González Jaramillo *et al.*, (2018), en la que en base al análisis de las variables detectadas y su comportamiento del modelo de simulación dinámico de Monte Carlo, los fondos del IESS podrían sostenerse hasta el año 2023 y tendrán esa tendencia hasta el año 2050, por lo que los fondos del IESS no son sostenibles a largo plazo, siendo el fondo de pensiones y el fondo de salud los más afectados. Otro estudio muy similar propuesto por González (2017), en la que aplicando el modelo de simulación dinámico de Monte Carlo, con variables demográficas y macroeconómicas cuyos parámetros se simulan, es muy probable que los fondos del IESS, se agoten de acuerdo a un intervalo de confianza, entre el año 2028 al 2039.

El método de los mínimos cuadrados como el mejor modelo para ajustar curvas de funciones que se encuentran de forma tabular ofrece predicciones satisfactorias, toda vez que el modelo genera polinomios de orden 3 muy aproximados a la realidad, que hacen al método muy efectivo en la extrapolación de aportes y pensiones. El método de los mínimos cuadrados ofrece predicciones con ecuaciones polinómicas muy satisfactorias de acuerdo con el indicador de incertidumbre que en el caso de los aportes está por encima del 80%; y, de un 72% para el caso de las pensiones. De acuerdo con los polinomios obtenidos, haciendo una extrapolación hasta el día 172, se observa que en el día 144 correspondiente al mes de diciembre de 2023, las curvas de aportes y pensiones se intersecan, por lo que el sistema de pensiones del IESS entra en estado crítico, debido a que las pensiones superan a los aportes. Estos resultados generan preocupación a todos los pensionistas, dado que seguramente si no se implementan estrategias administrativas y políticas por parte del gobierno central y autoridades del IESS, el sistema seguramente colapsará hasta el mes de diciembre de 2023.

En la actualidad debido a los cambios sociales, demográficos, políticos y económicos, los sistemas de pensiones de la seguridad social en todo el mundo han entrado en estado crítico de sostenibilidad. Por ello, líderes a nivel mundial se encuentran ya en reuniones con expertos en la temática a fin de encontrar soluciones a mediano y largo plazo para lograr la sostenibilidad de este.

Al comparar la predicción generado por las CMMC con el método de los mínimos cuadrados, se llega a obtener los mismos resultados, por lo que se puede confirmar la validez de las predicciones obtenidas mediante extrapolación hasta el mes de abril de 2026. Es decir, se puede inferir que el sistema de pensiones del IESS se puede sostener hasta el mes de diciembre de 2023.

Para trabajos futuros, se deberían implementar modelos probabilísticos y no probabilísticos, redes neuronales introduciendo variables adicionales para comparar con los resultados de la investigación; luego de contrastar los resultados, se deberían formular estrategias que permitan sostener al sistema de pensiones del IESS, con ello aplicar estrategias para sostener el modelo, aunque el costo político sea elevado.

Como recomendación, se deberían incorporar estrategias de carácter económicas, políticas y sociales para sostener el sistema de pensiones, como incrementar la tasa de aportes, aumentar la edad de jubilación, aumentar la tasa de aportantes entre otros.

Referencias

1. Amaglobeli, D., Chai, H., Dabla-norris, E., Dybczak, K., Soto, M., & Tieman, A. F. (2019). The Future of Saving: The Role of Pension System Design in an Aging World. *IMF Staff Discussion*

Note, 19/01, 47. <https://www.imf.org/~media/Files/Publications/SDN/2019/SDN1901.ashx>

2. An, J., Kim, D. K., Lee, J., & Joo, S. K. (2021). Least squares monte carlo simulation-based decision-making method for photovoltaic investment in korea. *Sustainability (Switzerland)*, 13(19): 10613. <https://doi.org/10.3390/su131910613>
3. Arenas de Mesa, A. (2019). *Los sistemas de pensiones en la encrucijada: Desafíos para la sostenibilidad en América Latina*. CEPAL <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44851-sistemas-pensiones-la-encrucijada-desafios-la-sostenibilidad-america-latina>
4. Bacinello, A. R., Millosovich, P., & Viviano, F. (2021). *An efficient Monte Carlo based approach for the simulation of future annuity values*. EUT Edizioni Università di Trieste. <https://hdl.handle.net/11368/2992357>
5. Chapra, C. S., & Canale, P. R. (2021). Numerical Methods for Engineers. In *Numerical Methods for Engineers* (Eighth Edi).
6. Contreras, M. A. (2018). Análisis de la sostenibilidad del sistema de pensiones ecuatoriano, periodo 2013-2025. *Papeles de Población No. 96, 24(96)*, 29–62. <https://doi.org/10.22185/24487147.2018.96.14>
7. El Universo. (2022). 105.686 nuevos afiliados se sumaron a las filas del IESS entre enero de 2021 y enero de 2022 | Economía | Noticias | El Universo. *El Universo*. <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/105686-nuevos-afiliados-se-sumaron-a-las-filas-del-iess-entre-enero-de-2021-y-enero-de-2022-nota/>
8. Giler, S., Regalado, G., Federico, W., & Plaza, M. (2020). Análisis de los componentes sostenibilidad económica del Sistema de Seguridad Social del Ecuador, para el ciclo 200-2030. *Revista Espacios 41(17)*. <http://es.revistaespacios.com/a20v41n17/a20v41n17p10.pdf>
9. Gonzalez Jaramillo, V. H., Sabando Vera, D., Amaya Peso, C., & Noboa Panchana, J. (2018). Propuesta de sustentabilidad para el fondo del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS). *Revista Espacios, 39(7)*. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n07/a18v39n07p08.pdf>
10. González, V. (2017). Simulation of the Ecuadorian Social Security Institute funds sustainability addressing government contribution to retirement pension in 2015. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2017-July(July)*, 19–21. <https://doi.org/10.18687/laccei2017.1.1.265>
11. Guevara, C. del R., & Medina, D. J. (2019). Políticas Públicas y Seguridad Social del Trabajador en Ecuador: Aproximación a un análisis. *Mapa, 17*, 84–102. <https://www.revistamapa.org/index.php/es/article/view/169/199>
12. Ibarra, J. R., Pozo, D., & Oleas, S. (2014). *Sostenibilidad del sistema de seguridad social*

- ecuatoriano e incidencia del aumento de la expectativa de vida. Tesis de Grado. Universidad San Francisco de Quito.
13. IESS. (2015). *Resolución núm. C.D. 501 del Consejo Directivo del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social*. https://www.ilo.org/dyn/natlex/natlex4.detail?p_lang=en&p_isn=106071
 14. IESS. (2016). *Resolución núm. C.D. 518 del Consejo Directivo del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social*. <https://www.iess.gob.ec/documents/10162/33703/C.D.+518>
 15. IESS. (2020a). Boletín estadístico número 25 año 2020. *Iess*. https://www.iess.gob.ec/es/estadisticas/-/document_library_display/zIm8/view/8421754/107003?_110_INSTANCE_zIm8_redirect=https%3A%2F%2Fwww.iess.gob.ec%2Fes%2Festadisticas%3Fp_p_id%3D110_INSTANCE_zIm8%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dvi
 16. IESS. (2020b). *Resolución núm. C.D. 604 del Consejo Directivo del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social*. <https://www.iess.gob.ec/documents/10162/33703/C.D.+604>
 17. IESS. (2021). *Ley de Seguridad Social*. www.iess.com.ec
 18. INEC. (2022). Encuesta Nacional De Empleo, Desempleo Y Subempleo. *Encuesta Nacional De Empleo, Desempleo Y Subempleo*, 29. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2021/Trimestre-enero-marzo-2021/Trimestral_enero-marzo_2021_Mercado_Laboral.pdf
 19. Joseph, Anosh. *Markov chain monte carlo methods in quantum field theories: A modern primer*. (2019) Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-46044-0>
 20. Lanza Queiroz, B., & De Souza, L. (2021). SOCIAL SECURITY AND RETIREMENT IN LATIN AMERICA: RELATION TO YOUTH UNEMPLOYMENT. *IUSSP International Population Conference*. <https://ipc2021.popconf.org/uploads/211064>
 21. Lucero, K. (2021). La sostenibilidad de la seguridad social en Ecuador pende de un hilo. *Gestion Digital*. <https://www.revistagestion.ec/economia-y-finanzas-analisis/la-sostenibilidad-de-la-seguridad-social-en-ecuador-pende-de-un-hilo>
 22. Mesa, C. (2021). El envejecimiento en América Latina : efectos en las pensiones públicas y privadas y lecciones para los países desarrollados. *Revista de La Facultad de Derecho*, 52, 1–17. <https://doi.org/10.22187/rfde2021n52espa2>
 23. Pânzaru, C. (2015). Some Considerations of Population Dynamics and the Sustainability of Social Security System. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 183, 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.847>

24. Pienknagura, S., & Evans, C. (2021). Assessing Chile's Pension System: Challenges and Reform Options. *IMF Working Papers*, 2021(232), 1. <https://doi.org/10.5089/9781513596112.001>
25. SOCPRO and DDG/P Office. (2019). Promoting Decent Employment for a Sustainable Social Security System. *International Labour Organization (ILO)*, August. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---cabinet/documents/publication/wcms_732893.pdf
26. Superintendencia de Bancos. (2018). *Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) – Superintendencia de Bancos*. Superbancos.
27. Torres, W. (2022). Reforma al IESS incluiría aumento de edad de jubilación y ajuste al aporte estatal. *Primicias*. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/reforma-iess-jubilacion-afiliados-ecuador/>
28. Wahiduzzaman, M., Yeasmin, A., Luo, J. J., Quadir, D. A., Van Amstel, A., Cheung, K., & Yuan, C. (2021). Markov Chain Monte Carlo simulation and regression approach guided by El Niño–Southern Oscillation to model the tropical cyclone occurrence over the Bay of Bengal. *Climate Dynamics*, 56(9–10), 2693–2713. <https://doi.org/10.1007/S00382-020-05610-X/TABLES/11>