

# Comparison of Interpolation and Regression Methods for Predicting Oil Royalties in Peru

Leonardo Adriano<sup>1</sup>, Antonia Tapia<sup>1</sup>, Clemente Arévalo<sup>1</sup> y Joseph Sinchitullo, MSc.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, ladrianos@fip.uni.edu.pe, ntapiat@fip.uni.edu.pe, carevalof@uni.pe, jsinchitullo@uni.pe

*Abstract– The pandemic has dealt a heavy blow to the hydrocarbon industry, and with it, the collection of oil royalties has also been affected. For this reason, this research aims to predict the collection of oil royalties for the 4 months after the available history, its interpretation, and comparison between models applied in the study. For this, interpolation and polynomial regression methods were used based on the history of royalties, applying a cross-sectional methodology due to the simplicity in the interpretation of data and statistical graphs. It is shown that it is not feasible to consider all the points as interpolating nodes, in addition, small variations of the data in the graph can alter the prediction curve, causing them to have an increasing or decreasing behavior. Finally, a segmentation analysis was performed on the historical curve of royalties to test the existence of patterns or periods with a fixed trend with the help of the prediction curves.*

*Keywords-- Interpolation, Regression, Oil Royalties, Node, Nominal Value.*

**Digital Object Identifier (DOI):**

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.392>

**ISBN:** 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

# Comparación de Métodos de Interpolación y Regresión para la Predicción de Regalías Petroleras en el Perú

Leonardo Adriano<sup>1</sup>, Antonia Tapia<sup>1</sup>, Clemente Arévalo<sup>1</sup> y Joseph Sinchitullo, MSc.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, ladrianos@fip.uni.edu.pe, ntpiat@fip.uni.edu.pe, carevalof@uni.pe, jsinchitullo@uni.pe

*Abstract– The pandemic has dealt a heavy blow to the hydrocarbon industry, and with it, the collection of oil royalties has also been affected. For this reason, this research aims to predict the collection of oil royalties for the 4 months after the available history, its interpretation, and comparison between models applied in the study. For this, interpolation and polynomial regression methods were used based on the history of royalties, applying a cross-sectional methodology due to the simplicity in the interpretation of data and statistical graphs. It is shown that it is not feasible to consider all the points as interpolating nodes, in addition, small variations of the data in the graph can alter the prediction curve, causing them to have an increasing or decreasing behavior. Finally, a segmentation analysis was performed on the historical curve of royalties to test the existence of patterns or periods with a fixed trend with the help of the prediction curves.*

*Keywords-- Interpolation, Regression, Oil Royalties, Node, Nominal Value.*

*Resumen– La pandemia ha dado un duro golpe a la industria de los hidrocarburos, y con ella también se han visto afectadas la recaudación de las regalías petroleras. Por tal motivo, la presente investigación tiene como objetivo la predicción de la recaudación por concepto de las regalías petroleras de los 4 meses posteriores al historial disponible, su interpretación y comparación entre modelos aplicados en el estudio. Para ello se utilizó métodos de interpolación y regresión polinomial en base al historial de regalías aplicando una metodología transversal debido a la simplicidad en la interpretación de datos y los gráficos estadísticos. Se demuestra que no es viable considerar a todos los puntos como nodos interpoladores, además, pequeñas variaciones de los datos en la gráfica pueden alterar la curva de predicción ocasionando que tengan un comportamiento creciente o decreciente. Finalmente, se realizó un análisis de segmentación a la curva histórica de las regalías para probar la existencia de patrones o períodos con una tendencia fija con ayuda de las curvas de predicción.*

*Palabras clave-- Interpolación, Regresión, Regalías petroleras, Nodo, Valor Nominal.*

## I. INTRODUCCIÓN

Los factores repentinos como las crisis mundiales o decisiones políticas pueden alterar la tendencia de ciertas variables macroeconómicas como la inflación o el tipo de cambio. Estas a su vez afectan al valor real que se obtiene al recaudar regalías por la explotación de recursos naturales como el petróleo [1]. Por otro lado, existen algoritmos matemáticos que permiten predecir el comportamiento de una variable en base a ciertos datos iniciales. Algunos de ellos son

los métodos interpoladores y los de regresión polinomial. Un método de interpolación muy conocido es el del spline cúbico, el ajustar una serie de polinomios cúbicos a un conjunto de puntos con el fin de obtener una curva continua y derivable [2]. Por otro lado, el método de regresión implica identificar la relación entre una variable final y una o más variables independientes partir de un conjunto de datos inicial para lograr una ecuación de regresión. Además, se aplica un proceso de validación con mínimos cuadrados para verificar la confiabilidad del modelo [3].

La elección de estos métodos se debe a su precisión al predecir otras variables en casos de estudio que anteceden a este proyecto. Según una investigación destinada a cuantificar las variables cartografiadas, el modelo óptimo fue el de regresión múltiple. En este caso se aplicó el método por pasos siendo este el que arrojó los menores errores. Por tanto, podemos decir que este método interpolador es el más correcto aplicado a este ejemplo [4]. Por otro lado, un estudio en la detección de novedades en un entorno cambiante concluye que, mientras se trabaje con una variable independiente, la aplicación de métodos interpoladores o de regresión resultan efectivos. Sin embargo, al incrementar la cantidad de parámetros, un modelo de regresión logra una generalización de la variable dependiente con mayor facilidad [5]. En cualquier caso, ambos estudios mencionan que el mejor método será aquel que presente el menor error se debe basar en aquel que ofrezca una tasa de error más baja [4][5].

El Perú ha experimentado un progreso en cuanto desarrollo sostenible, reduciendo índices como los de pobreza y desnutrición, y aumentando las exportaciones de productos agrícolas. Sin embargo, siempre ha sido preocupante otros factores como el alto porcentaje de trabajadores informales, el precario sistema de salud público y la deficiente logística para abastecer de servicios básicos a regiones en la sierra y la selva [6]. Durante los primeros meses del año 2020 la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2 ocasionó una parálisis en las actividades económicas a nivel mundial durante los primeros meses, junto a ello, la demanda de los hidrocarburos y sus derivados sufrieron una interrupción rápida que, junto a una oferta inalterada, derivó en una disminución en los precios del petróleo y gas, y con ello se vieron afectados los ingresos de numerosas empresas dedicadas a esta industria [7]. El Perú no fue la excepción; a pesar de que el gobierno tuvo una reacción rápida, el país atravesaba por una grave recesión

económica y se preveía una contracción del 12% en la economía peruana [8].

Los factores macroeconómicos como el Producto Bruto Interno (PBI) o la tasa de desempleo también se han visto muy afectados por esta crisis. Según el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) indica que el PBI per cápita sufrió una disminución de 12.5 punto porcentuales en el 2020 comparados con el año anterior [9]. Por otro lado, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) indica que, durante el segundo trimestre del año 2020, la población con empleo en el país alcanzó los 10 millones 272 mil 400 personas, cifra menor en -39,6% con el trimestre anterior. Además, ante la vigencia de la cuarentena establecida, la población ocupada de la Costa se contrajo en -52,3, en la Sierra -24,3% y en la Selva cayó en un -22,9% [10].

Según Perupetro, empresa estatal encargada de negociar y supervisar los contratos de exploración y explotación de hidrocarburos en el Perú, señala que la producción de petróleo entre febrero y marzo se contrajo en un 20 %, pasando de producir 61,2 mil a 48,5 mil barriles por día. Mientras que las regalías cobradas por los hidrocarburos con la clasificación de petróleo en el 2019 fueron de US\$200,438,457.49, pero en el año 2020 se recaudaron US\$82,231,385.50 lo cual muestra una disminución mayor al 58% [11]. Debido a esta situación, múltiples empresas petroleras en el Perú se vieron obligadas a reducir sus inversiones y aplazar proyectos de exploración y explotación de hidrocarburos en el país [12].

Por tal motivo, el objetivo principal de la presente investigación consiste en estimar el valor real de la recaudación por concepto de regalías petroleras del Perú en un plazo de 4 meses utilizando métodos de interpolación y regresión en código Python con la finalidad de comparar los métodos más precisos e interpretar sus resultados.

## II. METODOLOGÍA

Los datos utilizados para llevar a cabo la investigación fueron recopilados de los Informes Mensuales de Actividades publicados por Perupetro [13] y de la Base de Datos de Estadísticas del BCRP, o BCRPData [9]. Ambos se encuentran detallados en el Anexo 1. Estos datos abarcan un período de 7 años, desde enero del 2014 hasta agosto del 2021. Además, se considera al mes de enero del 2014 como fecha base, con un valor de 0, mientras que las unidades de tiempo son los años.

Sin embargo, los valores registrados de las regalías, en dólares, se encuentran en valores nominales, por lo que se usa otras variables económicas para hallar los valores reales en soles. Esto se detalla en el Anexo 2 y se muestra en la Fig. 1.

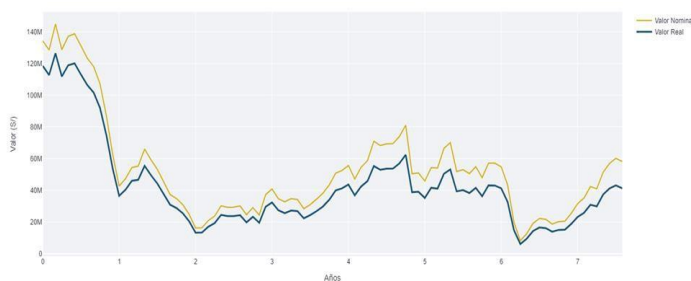


Fig. 1 Valor nominal y real de las regalías petroleras, en soles, del Perú durante el período 2014-2021.

Creado por los autores con la librería Plotly.

Asimismo, los códigos en Python de los métodos de interpolación y de regresión polinomial se encuentran publicados en GitHub [14]. Por otro lado, el código se encuentra desplegado para la visualización de tablas y gráficos como una aplicación en la plataforma web de Heroku [15] y se optó por trabajar con un diseño de investigación transversal, con un enfoque cuantitativo debido a que el resultado proporcionado muestra una tendencia en base a los datos recolectados. Además, la aplicación métodos de interpolación numérica y de regresión polinomial tienen por finalidad predecir la recaudación futura de regalías, en base a ello se modela un flujo de trabajo, mostrado en el Anexo 3.

A partir de los datos recolectados, considerados como iniciales, se procede a convertir las regalías petroleras, en dólares, de valores nominales a valores reales, en soles. Estos últimos datos son considerados como datos de entrada y abarcan un total de 92 elementos. Luego, es ejecutado los tres algoritmos de manera que cada uno proporciona una curva o función de predicción. Cada resultado obtenido se evalúa en el mes de setiembre del 2021 para comparar sus predicciones, con el valor real para dicha fecha, que es de S/ 45,739,396.18, y optar por los 2 algoritmos más precisos. Finalmente, es ejecutado los dos métodos más precisos para los 4 primeros meses, desde octubre del 2021 hasta enero del 2022, para así obtener una predicción final e interpretar los datos respecto a la situación actual y su consecuente análisis por segmentos.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### A. Resultados de los Métodos Interpoladores

Los valores de predicción y errores relativos respecto al mes de setiembre del 2021 obtenidos al aplicar los tres métodos de interpolación son mostrados en la Tabla 1.

TABLA I  
PREDICCIÓN DE REGALÍAS SEGÚN MÉTODOS INTERPOLADORES PARA EL MES DE SETIEMBRE DEL AÑO 2021

Método Interpolador	Valor Real (S/)	Error Relativo (%)
Polinomio Interpolador de Newton	$-9.35 \times 10^{35}$	$2.48 \times 10^{35}$
Polinomio Interpolador de Lagrange	$3.45 \times 10^{65}$	$7.55 \times 10^{65}$
Spline Cúbico	$40.32 \times 10^6$	11.86

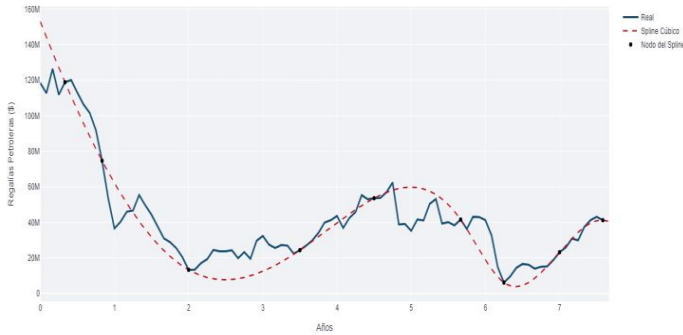


Fig. 2 Gráfico de la interpolación por Spline Cúbico.

La gráfica del Spline Cúbico sigue la tendencia general cuando los nodos elegidos son cruciales, en este caso 9 nodos. Creado en Plotly.

Se obtuvieron unos resultados con errores relativos muy elevados para los polinomios interpoladores de Newton y de Lagrange debido a que se tomaron los 92 puntos como nodos de su función, causando un problema de sobreajuste. Sin embargo, el método del spline cúbico consideró nodos específicos de la curva real en donde se presentan cambios en las tendencias.

### B. Resultados de los Polinomios de Regresión

Los polinomios de regresión, cuyos grados van del 1 al 6, tienen resultados relativamente mejores a los métodos de interpolación de Newton y de Lagrange. A continuación, se presentan dichos resultados al predecir el valor real de las regalías en el mes de setiembre del 2021.

TABLA II  
PREDICCIÓN DE REGALÍAS SEGÚN MÉTODOS DE REGRESIÓN PARA EL MES DE SETIEMBRE DEL AÑO 2021

Método de Regresión	Valor Real (S/)	Error Relativo (%)
Lineal o de grado 1	$16.49 \times 10^6$	63.9
Polinomio de grado 2	$45.71 \times 10^6$	0.01
Polinomio de grado 3	$6.29 \times 10^6$	86.3
Polinomio de grado 4	$34.84 \times 10^6$	23.8
Polinomio de grado 5	$64.41 \times 10^6$	40.8
Polinomio de grado 6	$57.36 \times 10^6$	25.4

La Tabla 2 muestra cómo el error relativo presenta oscilaciones a medida que se aumenta el grado del polinomio de regresión. Además, los valores también tienden a oscilar cerca del valor real. Cabe señalar que, al aumentar el grado del polinomio, la gráfica de este se ajusta mucho más a la curva real. Sin embargo, también se presenta un problema de sobreajuste debido a que se consideran a las pequeñas variaciones como puntos de inflexión, ocasionando una pérdida de generalidad en la extrapolación. Por ello, y en vista de que las gráficas de los dos últimos polinomios son muy similares, conservamos y graficamos el polinomio de regresión de grado 6 debido a su menor error relativo comparado al de grado 5, ver Fig. 4.

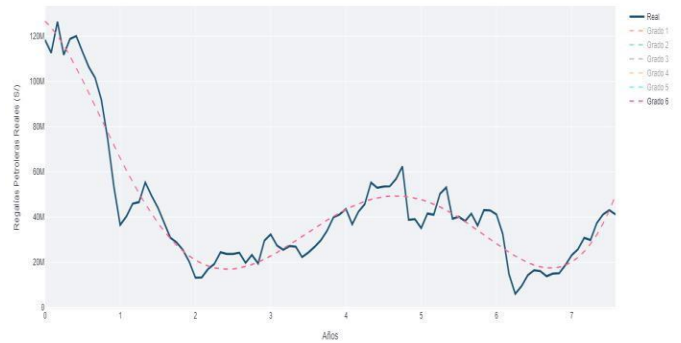


Fig. 3 Gráfica de la regresión polinomial de grado 6.

En vista de que el error relativo es ligeramente mayor al obtenido en el spline cúbico, resulta favorable al ser comparado con los dos primeros métodos interpoladores. Por ello este método será aplicado también a la predicción de los siguientes 4 meses.

### C. Predicción a corto plazo

Se proceden a evaluar para los 4 primeros meses, desde octubre del 2021 hasta enero del 2022, con los métodos de spline cúbico y regresión polinomial de grado 6. Estos resultados se muestran en la Tabla 3 y la Fig. 5 que representa la gráfica comparativa de ambos métodos.

TABLA III  
PREDICIONES A CORTO PLAZO

Fecha	Predicción por Spline (S/)	Predicción por Regresión (S/)
Octubre, 2021	$38.06 \times 10^6$	$66.09 \times 10^6$
Noviembre, 2021	$34.26 \times 10^6$	$75.93 \times 10^6$
Diciembre, 2021	$28.75 \times 10^6$	$86.92 \times 10^6$
Enero, 2022	$21.37 \times 10^6$	$99.13 \times 10^6$

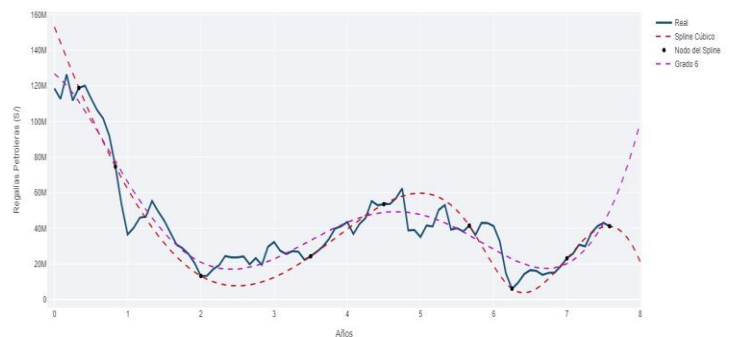


Fig. 4 Predicción de las regalías petroleras por spline cúbico y regresión polinomial de grado 6.

Se observa que en la Fig. 5, la última parte de la curva real presenta un pequeño descenso en las regalías que afecta a la curva del spline cúbico debido a que es un nodo de su función interpoladora. Sin embargo, el polinomio de regresión de grado 6 no se ve influenciado por este cambio.

#### D. Discusiones

Los métodos de interpolación de Newton y Lagrange tienden a un sobreajuste debido a que se tomaron todos los datos de entrada como nodos, por ello sus resultados distan demasiado del valor real esperado y quedan descartados. Por otro lado, los métodos de spline cúbico y regresión polinomial de grado 6 se ajustan mejor a la curva real, razón por la cual fueron usadas para la predicción futura de las regalías. Sin embargo, pequeños cambios en la gráfica del historial de regalías pueden representar o bien puntos de inflexión, que son decisivos para el análisis a futuro, o bien pequeñas discontinuidades que alteran los resultados de los métodos aplicados.

Como se puede apreciar en la Fig. 5, el último punto de la curva real indica una pequeña discontinuidad decreciente que afecta a la curva del spline cúbico, pero no a la de regresión polinomial. Esto ocasiona que la primera curva predictiva sea decreciente a futuro mientras que la segunda es creciente. Además, la elección de la cantidad o posición de los nodos en la curva real ocasiona un cambio significativo en la curva del spline cúbico, lo cual afectará a sus predicciones.

En la Fig. 6 se muestra la existencia de 5 períodos con un crecimiento o decrecimiento constante que son mostrados también por la curva de regresión y la de spline cúbico. El primero período ocurre desde enero del 2014 hasta diciembre del 2015, donde observamos una clara tendencia a la baja y cuyo valor final representa el 11.2% del valor inicial. El segundo período abarca 24 meses, desde enero del 2016 hasta diciembre del 2017; aquí la curva presenta un comportamiento levemente creciente a una tasa promedio de 9.5% mensual. El tercer período comprende desde enero del 2018 hasta setiembre del 2019; aquí la tendencia general es casi constante, con algunos intervalos de crecimiento y decrecimiento efímeros. El cuarto intervalo está conformado por los siguientes 7 meses, hasta el punto más crítico de la pandemia; aquí se presenta una caída dramática en la recaudación de las regalías petroleras a una tasa promedio de -12.2% mensual, llegando a su punto más bajo en el mes de abril con una recaudación de 6.1 millones de soles, cuyo valor es real respecto al año 2009. Finalmente, el quinto período abarca los últimos 16 meses restantes, hasta agosto del 2021; aquí se aprecia una recuperación significativa en la curva a una tasa promedio de 35.9% mensual, es decir, el último registro representa el 57.4% respecto al valor real recaudado en abril del 2021.

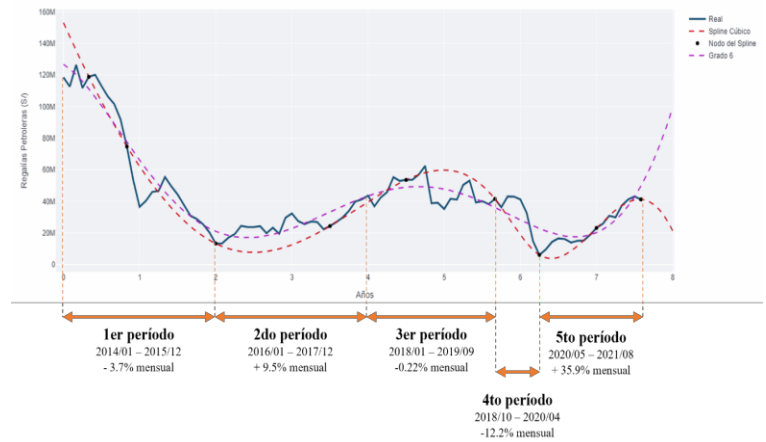


Fig. 5 Análisis por segmentos del valor real de las regalías petroleras.

#### IV. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos por los métodos de spline cúbico y de regresión polinomial tienen una mejor precisión a comparación de los polinomios interpoladores de Newton o de Lagrange debido a que estos últimos se sobreajustan la predicción de regalías al considerar como nodos a todos los puntos iniciales. Además, los gráficos de los métodos de spline y regresión se interpretan como cotas superior e inferior respectivamente para la recaudación en los siguientes cuatro meses. Siendo, para el mes de enero del año 2022, 21.4 millones de soles el valor mínimo mientras que el valor máximo es de 99.1 millones de soles, ambos en valores reales respecto al año 2009. Por último, se destacan 5 períodos en el gráfico general en donde las regalías petroleras tienen un comportamiento monótono a través del tiempo, ya sea creciente, decreciente o constante. Asimismo, es necesario que el gobierno peruano tome medidas para incrementar la recaudación de regalías debido a que los resultados indican que seguirán siendo menores a los recaudados en los últimos 5 años.

#### V. RECOMENDACIONES

La gráfica del historial de regalías, mostrada en la Fig. 1, presenta ciertos puntos o períodos cortos en donde la recaudación decae y vuelve a su estado inicial. A pesar de que se produce en intervalos pequeños, tienden a afectar en el proceso de cálculo y, por ende, la ecuación junto a su gráfico. Este problema puede resolverse mediante una limpieza de datos aplicando procesos estadísticos para descartar aquellos puntos que se desvían demasiado del comportamiento general de la curva, llamados datos atípicos. Además, la localización de los nodos clave puede llevarse a cabo con procesos de Machine Learning, otorgando la cantidad y posición de los nodos que optimizan nuestra función predictiva.

Por último, los datos recolectados, si bien fueron recopilados de fuentes oficiales, no son los suficientes para para distinguir patrones en la curva, por lo que se sugiere conseguir más información de la recaudación de regalías petroleras de otras fuentes oficiales.

### REFERENCIAS

- [1] J. Sinchitullo, S. Armacanqui, Y. Tañir, G. Prudencio y A. Sinchitullo, «Integrated Royalties Model to Promote the Exploration and Exploitation of Tight Oil Reservoirs in the North West of Peru,» OnePetro, 2015.
- [2] S. McKinley y M. Levine, «Cubic Spline Interpolation,» College of the Redwoods, 1998.
- [3] E. Ostertagová, «Modelling using Polynomial Regression,» ELSEVIER, 2012.
- [4] M. Saz-Sánchez, R. Serrano-Notivol, M. de Luis-Arillaga y L. Longares-Aladrén, «Comparación de Métodos de Interpolación y de Regresión para la Cartografía de Temperaturas Máximas y Mínimas Absolutas: El Caso de Navarra (Norte de España) en 2009,» VII Congreso AEC: *Clima, ciudad y ecosistemas*, 2010.
- [5] K. Worden, H. Sohn y C. R. Farrar, «Novelty Detection in a Changing Environment: Regression and Interpolation Approaches,» *Journal of sound and vibration*, 2002.
- [6] R. Vargas, C. Fonseca, G. Hareau, M. Ordinola, W. Pradel, V. Robiglio y V. Suarez, «Health crisis and quarantine measures in Peru: Effects on livelihoods of,» ELSEVIER, 2021.
- [7] B. N. Iyke, «COVID-19: The reaction of US oil and gas producers to the pandemic,» Energy RESEARCH LETTERS, 2020.
- [8] A. Vergara, «La crisis del COVID-19 como Aleph peruano,» Crítica, 2020.
- [9] BCRP, «Base de Datos de Estadísticas,» 20 Diciembre 2021.
- [10] INEI, «Informe Estadístico,» 15 Agosto 2020.
- [11] PERUPETRO, «Estadísticas de la Producción de Petróleo,» 2021.
- [12] J. Sinchitullo, A. Sinchitullo y G. Prudencio, «Modelo de Regalías para Incrementar el Factor de Recobro Mediante la Inyección de Agua Salina de Baja Concentración en la Selva Peruana,» Proceedings of the 19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 19 Julio 2021.
- [13] PERUPETRO, «Informe Mensual Detallado de Actividades,» 2021.
- [14] L. Adriano, «regalías2021,» 20 Diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://github.com/LeonardoA88/regalías2021>.
- [15] L. Adriano, «Impacto del COVID-19 en las Regalías Petroleras del Perú,» 24 Diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://p1-regalías.herokuapp.com/>.

### ANEXOS

#### Anexo 1. Datos iniciales del proyecto.

TABLA IV

REGISTRO DE LAS REGALÍAS PETROLERAS, EL IPC Y EL TIPO DE CAMBIO DURANTE EL PERÍODO 2014-2021

Fecha	Año Relativo	Regalías Petroleras (\$)	IPC (2009 = 100)	Tipo de Cambio (\$/)
Ene-14	0.0000	47800000.00	113.360708	2.8092773
Feb-14	0.0833	45680657.03	114.041823	2.8125500
Mar-14	0.1667	51614183.56	114.633197	2.8065714
Abr-14	0.2500	46035855.65	115.083960	2.7944400
May-14	0.3333	49174168.06	115.342934	2.7869524
Jun-14	0.4167	49641024.43	115.526534	2.7945238
Jul-14	0.5000	47053841.47	116.027125	2.7863952
Ago-14	0.5833	43800679.30	115.927783	2.8147667

Set-14	0.6667	41190836.00	116.113850	2.8646955
Oct-14	0.7500	36835599.42	116.553757	2.9067091
Nov-14	0.8333	29702089.48	116.379555	2.9255100
Dic-14	0.9167	21041758.77	116.645938	2.9625381
Ene-15	1.0000	14202742.99	116.844581	3.0067850
Feb-15	1.0833	15373293.74	117.199168	3.0794350
Mar-15	1.1667	17561874.11	118.095348	3.0922364
Abr-15	1.2500	17716471.52	118.556518	3.1206400
May-15	1.3333	20956752.70	119.225610	3.1513450
Jun-15	1.4167	18732231.87	119.621846	3.1617810
Jul-15	1.5000	16719347.13	120.161085	3.1819650
Ago-15	1.5833	14038974.51	120.614364	3.2394429
Set-15	1.6667	11595609.22	120.647579	3.2186455
Oct-15	1.7500	10718626.47	120.819863	3.2495200
Nov-15	1.8333	9259778.34	121.235570	3.3382000
Dic-15	1.9167	7321209.43	121.775943	3.3837762
Ene-16	2.0000	4716796.83	122.229583	3.4386500
Feb-16	2.0833	4663126.40	122.442374	3.5069571
Mar-16	2.1667	6148174.28	123.174724	3.4069286
Abr-16	2.2500	7193858.00	123.188774	3.3011000
May-16	2.3333	9058386.57	123.446933	3.3346818
Jun-16	2.4167	8847384.49	123.619152	3.3161000
Jul-16	2.5000	8901501.63	123.720207	3.2994737
Ago-16	2.5833	9037362.57	124.163479	3.3338273
Set-16	2.6667	7280927.04	124.419832	3.3824591
Oct-16	2.7500	8594233.01	124.934127	3.3860190
Nov-16	2.8333	7185346.77	125.296516	3.4034895
Dic-16	2.9167	10966335.68	125.715251	3.3954238
Ene-17	3.0000	12215095.21	126.014256	3.3398727
Feb-17	3.0833	10647723.58	126.421498	3.2595750
Mar-17	3.1667	10026727.11	128.070740	3.2639826
Abr-17	3.2500	10710810.43	127.740249	3.2477556
May-17	3.3333	10453949.93	127.199476	3.2734636
Jun-17	3.4167	8681822.47	126.996976	3.2679750
Jul-17	3.5000	9531975.90	127.248793	3.2493737
Ago-17	3.5833	10621617.31	128.104192	3.2415591
Set-17	3.6667	11755788.13	128.083990	3.2465238
Oct-17	3.7500	13350898.68	127.482962	3.2512955
Nov-17	3.8333	15663925.32	127.231518	3.2407905
Dic-17	3.9167	16174379.98	127.431083	3.2465000
Ene-18	4.0000	17310919.23	127.593452	3.2149095
Feb-18	4.0833	14502808.77	127.912717	3.2488100
Mar-18	4.1667	16769103.80	128.535811	3.2522550
Abr-18	4.2500	18184774.26	128.359623	3.2306850
May-18	4.3333	21684343.90	128.383312	3.2741091
Jun-18	4.4167	20850902.40	128.812187	3.2713450
Jul-18	4.5000	21139623.40	129.305262	3.2772238
Ago-18	4.5833	21128436.06	129.475644	3.2887190
Set-18	4.6667	22304862.81	129.723825	3.3118100
Oct-18	4.7500	24298087.60	129.829788	3.3347682
Nov-18	4.8333	14941802.81	129.988749	3.3756500
Dic-18	4.9167	15138566.04	130.225039	3.3643842
Ene-19	5.0000	13708545.10	130.310118	3.3438136
Feb-19	5.0833	16339759.71	130.475301	3.3216000
Mar-19	5.1667	16339759.71	131.424577	3.3043190
Abr-19	5.2500	20086962.79	131.687532	3.3034050
May-19	5.3333	21022026.49	131.881921	3.3335045
Jun-19	5.4167	15584797.67	131.768144	3.3254750
Jul-19	5.5000	16110381.89	132.036077	3.2904048
Ago-19	5.5833	14959504.15	132.116589	3.3787100
Set-19	5.6667	16362664.56	132.125022	3.3571905
Oct-19	5.7500	14272409.36	132.271318	3.3600762
Nov-19	5.8333	16924300.06	132.415375	3.3727150
Dic-19	5.9167	17009987.03	132.699434	3.3547381
Ene-20	6.0000	16455603.74	132.770837	3.3277636
Feb-20	6.0833	12806432.99	132.959600	3.3913800

Mar-20	6.1667	5681552.81	133.818519	3.4925545
Abr-20	6.2500	2407761.29	133.958470	3.3984200
May-20	6.3333	3718328.31	134.231951	3.4218500
Jun-20	6.4167	5529128.92	133.874764	3.4710952
Jul-20	6.5000	6326405.52	134.494187	3.5173409
Ago-20	6.5833	6088629.38	134.345922	3.5645476
Set-20	6.6667	5257140.57	134.529108	3.5557591
Oct-20	6.7500	5622471.74	134.551676	3.5961364
Nov-20	6.8333	5694707.13	135.251990	3.6087190
Dic-20	6.9167	7073328.72	135.317902	3.6032429
Ene-21	7.0000	8714281.41	136.323181	3.6249500
Feb-21	7.0833	9631431.60	136.152415	3.6456900
Mar-21	7.1667	11422757.00	137.295372	3.7091783
Abr-21	7.2500	11067633.24	137.151635	3.6995250
May-21	7.3333	13610720.30	137.517223	3.7747571
Jun-21	7.4167	14551084.11	138.231861	3.9116048
Jul-21	7.5000	15255383.40	139.624601	3.9424550
Ago-21	7.5833	14215209.96	140.999813	4.0872524

### Anexo 2. Valores nominales y reales de Regalías Petroleras

En primer lugar, se convierten los dólares recaudados de las regalías a soles con el tipo de cambio en esa fecha, ello se obtiene multiplicando ambas cantidades. Luego, se calcula el deflactor con el IPC del año correspondiente dividido sobre el año base, que se considera 2009, donde  $IPC = 100$ . Finalmente, hallamos el valor real de las regalías, en soles, dividiendo el valor nominal con el deflactor.

TABLA V

DEFLACTOR, VALORES NOMINALES Y REALES, EN SOLES, PARA EL PRIMER AÑO DEL HISTORIAL

Fecha	Año Relativo	Deflactor	Valor Nominal (S/)	Valor Real (S/)
Ene-14	0.0000	1.1336	134283453.64	118456788.08
Feb-14	0.0833	1.1404	128479131.93	112659661.65
Mar-14	0.1667	1.1463	144858892.89	126367314.77
Abr-14	0.2500	1.1508	128644436.46	111783115.96
May-14	0.3333	1.1534	137046064.76	118816177.12
Jun-14	0.4167	1.1553	138723024.70	120078928.97
Jul-14	0.5000	1.1603	131110599.81	112999955.66
Ago-14	0.5833	1.1593	123288692.07	106349564.26
Set-14	0.6667	1.1611	117999200.66	101623708.68
Oct-14	0.7500	1.1655	107070371.70	91863509.56
Nov-14	0.8333	1.1638	86893759.79	74664110.71
Dic-14	0.9167	1.1665	62337011.95	53441219.66

Anexo 3. Flujo de trabajo metodológico

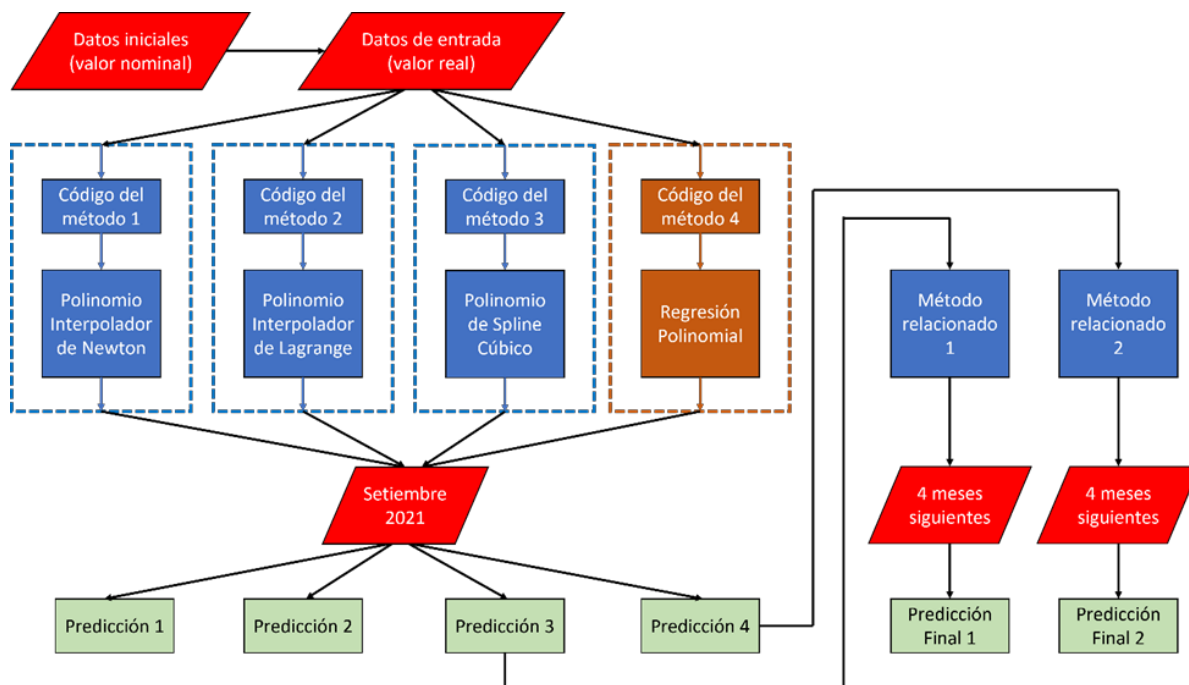


Fig. 6 Flujo de trabajo metodológico.