

# Etapas evolutivas del precio nominal del aluminio y su proyección futura

*Wilmer Romero*

profesorwilmer@gmail.com

Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad católica Andrés Bello, Extensión Guayana, Puerto Ordaz, Venezuela

## Resumen

El aluminio es un metal industrial que antes del año de 1888 se cotizaba por encima de la plata y el oro, como si fuese un verdadero metal precioso. Fue gracias al proceso “Hall-Héroult”, iniciado a partir de 1888, que se pudo reducir vertiginosamente su precio. En este artículo se detallan las diferentes etapas evolutivas del precio promedio del aluminio desde 1946 hasta el año 2020, proyectando su valor nominal hasta el año 2030. Para ello se utilizó un enfoque de inspección gráfica o análisis “chartista”, apoyado en estadísticas básicas. Los resultados del análisis mostraron la existencia de cuatro etapas evolutivas del precio del aluminio que han venido sucediendo en forma escalonadas, cada una de ellas con un precio promedio cada vez mayor. Se pronosticó una quinta etapa desde 2021 hasta 2030, con un precio promedio anual que fluctuaría entre US\$ 1.933/t a US\$ 2.521/t, con una media aritmética de US\$ 2.227/t.

**Palabras clave:** Aluminio, commodity, cotización, LME, pronóstico del precio.

# Evolutionary stages of the aluminum’s average price and its future forecast

## Abstract

Aluminum is an industrial metal that before 1888 was priced above silver and gold, as if it were a true precious metal. It was thanks to the “Hall-Héroult” process, which began in 1888, that its price could be dramatically reduced. This article details the different evolutionary stages of the average price of aluminum from 1946 to 2020, projecting its nominal value until 2030. For this, a graphic inspection approach or “chartist” analysis was used, supported by basic statistics. The results of the analysis showed the existence of four evolutionary stages of the price of aluminum that have been happening in a staggered manner, each of them with an increasing average price. A fifth stage was forecast from 2021 to 2030, with an annual average price that will fluctuate between US\$ 1,933/t to US\$ 2,521/t, with an arithmetic mean of US\$ 2,227/t.

**Keywords:** Aluminum, commodity trade, quoted price, LME, price forecast.

## I. INTRODUCCIÓN

Predecir con certeza la tendencia futura de los mercados financieros o de los precios de los “commodities”, es un anhelo de larga data de muchos economistas y analistas de mercados. Sin embargo, estos son procesos estocásticos muy difíciles de estimar, ya que existen una gran

variedad de factores que pueden influir en la dinámica de los precios de los “commodities”, pudiendo de un momento a otro desplazar el precio bien sea hacia el alza o hacia la baja [1].

El gran desafío de los analistas es poder comprender todos los posibles factores que impulsan el cambio en los precios de los commodities y usarlos efectivamente para construir modelos predictivos de dichos precios.

A lo largo del tiempo se han utilizados una variedad de métodos o sistemas para pronosticar los precios de los commodities, algunos de ellos muy simples y flexibles, como la inspección gráfica de los datos (método cualitativo), mientras que otros usan modelos mucho más complejos y elaborados (métodos cuantitativos). Tradicionalmente, los métodos que más se utilizan se basan en técnicas econométricas, estocásticas-gaussianas y de serie de tiempo [2].

No obstante, ninguno de ellos han arrojados resultados infalibles. Lógicamente, los enfoques con un diseño estructural más robustos ayudan a mejorar los resultados de las predicciones, pero no son abrumadoramente superiores a los otros métodos más simplistas [3].

Las empresas más tecnificadas hacen sus operaciones en los mercados financieros usando robots de “trading algorítmico” y desarrollan programas avanzados utilizando técnicas de “Machine learning” para trading y “Deep learnig”, que les permiten ser mucho más rentables.

Las proyecciones a futuro se caracterizan por el uso de palabras como podría, creer, expectativa, intención, predicción, asumir, estimar y otras palabras similares que involucran riesgo e incertidumbre, propio de cualquier predicción futura que en general involucra una variedad de factores desconocidos o imprevistos que pueden causar que los resultados reales difieran considerablemente de los resultados que se hayan pronosticado. No existe ninguna garantía de que las proyecciones a futuro se lleven a cabo, por lo cual este trabajo no escapa a estas observaciones.

inspección detallada de la gráfica.

En este trabajo se tomó un enfoque cualitativo, basado en un análisis chartista, en donde la gráfica de la evolución de los precios del aluminio fue analizada en busca de tendencias, conexiones ocultas o algún patrón gráfico característico que pudiese ser usado en la predicción futura del precio del aluminio.

## II. OBJETIVOS

### A. General

Analizar la evolución histórica del precio promedio anual del aluminio desde 1946 hasta el año 2020, proyectando también su valor nominal hasta el año 2030.

Muchos modelos de pronósticos basados en regresiones de series temporales, son suplementados con parámetros cualitativos tomados de un “análisis fundamental”, el cual toma en cuenta todas las informaciones provenientes del mundo económico-financiero que afectan el precio de un determinado commodity, tales como las variables macroeconómicas que miden el estado de la economía mundial, la microeconomía, el crecimiento de las grandes economías emergentes (países BRIC), el entorno geopolítico, las restricciones de inventario y ofertas, las políticas monetarias y cambiarias, así como otros tipos de informaciones no financieras [3].

Algunos analistas prefieren usar el método de “análisis técnico” para pronosticar la tendencia futura de los precios de los commodities, usando el denominado análisis “chartista” o de precio, el cual puede complementarse añadiendo técnicas estadísticas y econométricas.

Los gráficos de los precios históricos de los commodities pueden formar patrones característicos que se repiten a lo largo del horizonte de tiempo. Estos patrones cíclicos o figuras pueden usarse para predecir las tendencias futuras de las cotizaciones.

El análisis chartista asume empíricamente que el mercado posee una memoria gráfica, constituida por patrones que se repiten cíclicamente en el tiempo, por lo que si se logra identificar con precisión la unidad repetitiva o patrón histórico, se podría utilizar para construir el futuro. No se trata de adivinar, sino de detectar la dirección en que se moverán los precios en el futuro, mediante la

### B. Específicos

Determinar las diferentes etapas o periodos evolutivos por la que ha atravesado el precio promedio del aluminio a lo largo de su historia.

Estimar la media aritmética del precio nominal del aluminio de cada una de las etapas en base a los datos históricos.

Predecir el precio futuro del aluminio y su rango de fluctuación en base a su desempeño histórico.

## II. DESARROLLO Y RESULTADOS

### A. Análisis de la Macrotendencias

En la figura 1 se muestra la evolución histórica del precio del aluminio desde 1946 hasta el año 2020. A primera vista, se ven dos regiones diferentes en función a la distribución o dispersión de los datos. La primera de ella cubre un horizonte de tiempo

que va desde 1946 hasta 1973, en donde se nota claramente que los precios se mantuvieron relativamente estables, sin oscilaciones de picos o valles.



**Figura 1:** Evolución de los Precios Nominales del Aluminio desde 1946 hasta el 2020. Se Observan dos Grandes Periodos Evolutivos. Datos tomados de [4] [5].

Luego, a partir de 1974, se inicia la segunda región que para este análisis llega hasta el año 2020. Esta región se caracteriza, a diferencia de la anterior, por grandes dispersiones o fluctuaciones en el precio del aluminio.

En la primera región o sección de la gráfica, los precios eran administrados informalmente por los grandes productores de aluminio, quienes acordaban y elaboraban la “lista de precios internacionales” [6] [7]. Este mecanismo de control de precio fue heredado de los famosos “cárteles del aluminio”, que fueron desmantelados al final de la segunda guerra mundial, pero aún así predominó su “modus operandi”. Las grandes empresas encontraron, de alguna manera, la forma de cooperar informalmente entre ellos, para continuar fijando los precios del aluminio.

El objetivo de estas asociaciones informales entre los productores, era continuar con el legado de los cárteles de garantizar la estabilidad de los precios a largo plazo, evitando las fluctuaciones características de un mercado dominado por la oferta y la demanda. Con esta estrategia, las empresas obtenían una mejor ventaja competitiva para impulsar el consumo del aluminio frente a los demás metales no ferrosos y poder convencer a los

clientes a usar el aluminio en sustitución de los otros materiales [7].

En la segunda región de la gráfica, el precio del aluminio empezó a ser cotizado por la bolsa de metales de Londres (LME), por lo que se observan grandes fluctuaciones en los precios, producto de la dinámica de la oferta y la demanda, como cualquier otro commodity, sin que ninguna empresa pueda interferir directamente en el control de dichos precios [7].

Cada dato dentro de la región de los precios cotizados por la LME, representa el promedio del

precio del aluminio obtenido durante todo un año. A pesar que el promedio anualizado tiende a suavizar un poco la curva, la volatilidad en los precios es evidente, a juzgar por sus picos y valles, aunque estos hubiesen sido más intensos y complejos con datos de precios diarios o mensuales.

El aluminio es un metal que está presente en numerosos mercados, por lo cual, su precio está ligado tanto a los vaivenes de su propio mercado, como a las condiciones de los otros mercados donde participa, así como a las diferentes fuerzas externas provenientes del mundo económico-financiero y otros factores que son tomados en cuenta en el “análisis fundamental”.

Toda esa información que es necesaria para generar una cotización, se conjuga y se transforma en un solo dato, el cual es expresado en unidades de US\$/t; por lo que un dato no es más que información procesada. Se podría decir por lo tanto, que cualquier dato individual que se tome de la gráfica, además de indicar el valor nominal del precio del aluminio para ese instante del tiempo, es también una fuente de información condensada. Si se pudiese aplicar una especie de ingeniería inversa y desglosar la información contenida en ese dato, revelaría de alguna manera el estado de la economía global y el sentimiento del mercado que predominó en ese sólo instante de tiempo.

En el caso de la gráfica de la figura 1, la información contenida en cada dato es aún más condensada o compleja, como una píldora de información, ya que toma en cuenta todos los factores que alteraron las condiciones del mercado durante el lapso de un año.

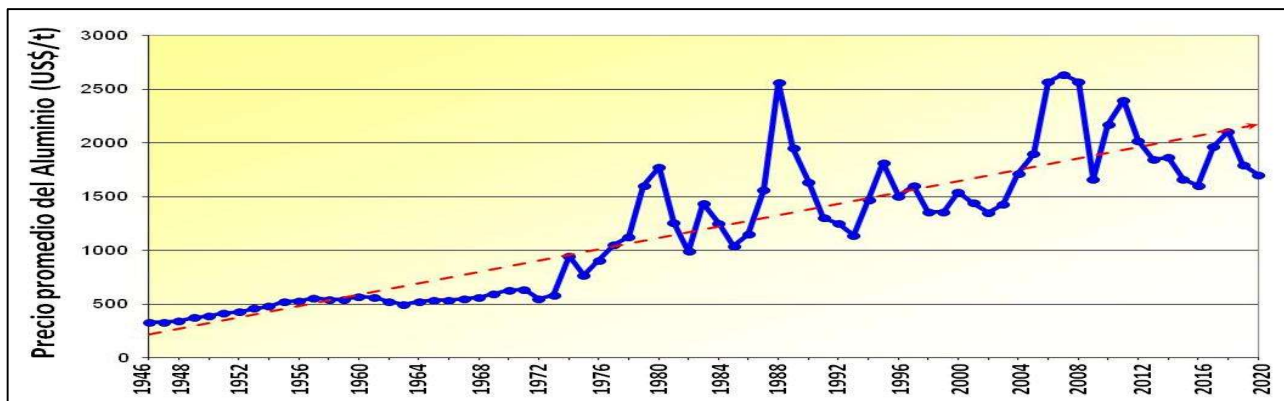
En ocasiones, la información puede contener ruido, sobre todo la información del tipo no financiera, lo que hace más difícil el pronóstico de los precios de los commodities. Este tipo de información puede ser un simple rumor o comentario de un ente o personaje de mucha influencia a nivel global, el cual puede ser capaz de afectar los precios de los commodities o al mercado financiero. En los inicios del año 2018, por ejemplo, se hablaba jocosamente del “índice de Trump”, en referencia a Donald Trump, presidente de USA, que a fuerza de “tuits”

opacaba cualquier análisis técnico o fundamental sobre el mercado [8].

Sus comentarios a través de los tuits, ejercían presión en los mercados, por lo que no era extraño escuchar a algún analista de mercado o importante firma en el área de la banca de inversión o mercado de valores, anunciando sus nuevas predicciones corregidas o versiones modificadas de sus análisis, debido a las nuevas informaciones que surgían intempestivamente. Todo es cuestión de estar atento a las expectativas del futuro, es decir, al sentimiento de los inversores, que es lo que mueve rápidamente a los mercados financieros.

### B. Etapas evolutivas

Otra característica que puede visualizarse fácilmente en la gráfica de la evolución de los precios nominales del aluminio, es su tendencia a incrementarse con el tiempo, como lo demuestra la línea punteada de color rojo trazada sobre dicha gráfica (Figura 2). Esta tendencia al alza ha venido ocurriendo por etapas sucesivas bien delimitadas. De hecho, al inspeccionar bien la figura 2, se puede distinguir cuatros etapas evolutivas en forma escalonadas, cada una de ellas con un precio promedio que se incrementa con el tiempo (Figura 3).



**Figura 2:** Línea de Tendencia Mostrando el Incremento del Precio Nominal del Aluminio

En la figura 3 se ha marcado sobre la gráfica, las cuatro etapas evolutivas del precio promedio anual del aluminio que han ocurrido en el transcurso del tiempo, desde 1946 al 2020. La primera etapa es la

más evidente y cubre la línea de tiempo desde 1946 a 1973. Durante todo ese periodo, la media

aritmética del precio nominal del aluminio fue de US\$ 453/t, con una desviación estándar de 74. La

segunda etapa cubre el periodo desde 1977 a 1993, la tercera desde 1994 a 2003 y la última etapa desde 2004 hasta el 2020.

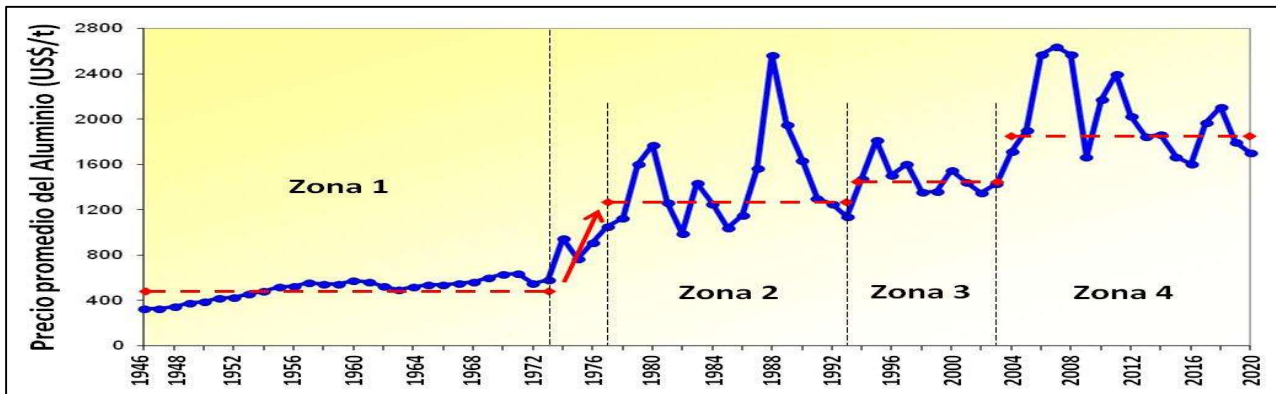


Figura 3: Etapas Evolutivas del Precio Promedio del Aluminio Identificadas en este Trabajo.

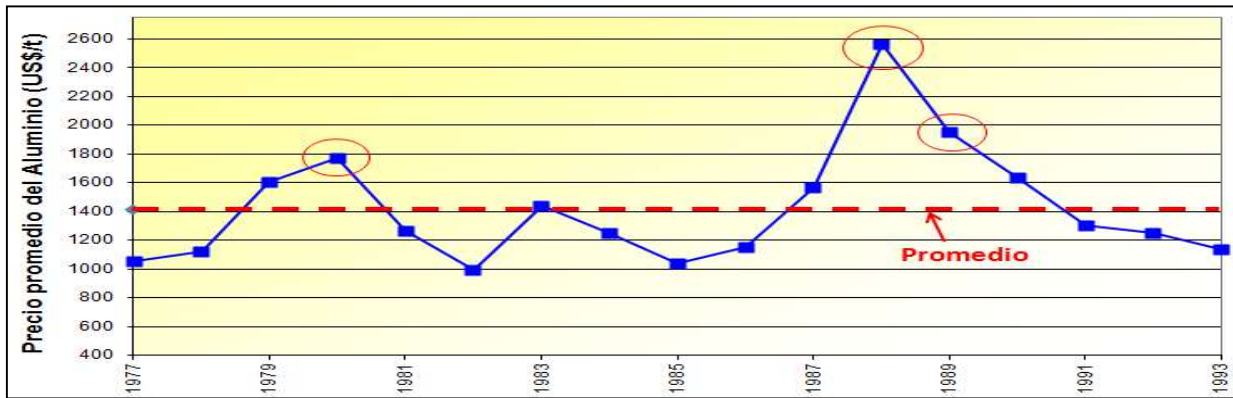
Entre las zonas 1 y 2, se nota un escalón ascendente identificado con una flecha roja apuntando hacia la zona 2. En esos años entre 1973 y 1977 ocurrieron grandes cambios en la industria mundial del aluminio, producto de la fuerte “recesión de la década de 1970”, la cual puso fin al auge económico que siguió a la segunda guerra mundial.

Justo en esos años se inició la transición o metamorfosis del aluminio, para convertirse en un verdadero commodity, ya que pasó de un sistema de precio estable, controlado por los productores, a un precio variable regido por las condiciones dinámicas del mercado [7]. Esa transición dio inicio a una nueva etapa en la evolución de los precios del aluminio, que aquí se ha llamado segunda etapa, en donde el precio promedio nunca más descendió a los niveles cotizados en la etapa 1.

La media aritmética del precio nominal del aluminio de la segunda zona o periodo de 1977 a 1993, se muestra en la figura 4, el cual resultó en US\$ 1.417/t, con una desviación estándar de 404. No obstante, si se aplica el análisis estadístico a la

distribución de los datos de dicha zona, es fácil darse cuenta que existen algunos puntos, mostrado con un círculo rojo, que pueden considerarse valores atípicos o “outliers”. Si se utilizan esos valores en el cálculo de la media, se estaría sobrevalorando el precio promedio del aluminio para el periodo analizado, por lo tanto, los valores extremos se descartaron para evitar distorsionar el significado de la media aritmética.

Los datos más alejados de la media aritmética que aparecen sólo una vez y no se repiten más durante todo el periodo analizado, se consideran atípicos, ya que son productos de acontecimientos extraordinarios. Son fáciles de identificar en las gráficas debido a que corresponden a los valores picos de dichos eventos extraordinarios. Entonces, los criterios para eliminar datos se basan en esas premisas, valores picos alejados de la media aritmética que no se repiten más durante todo el período y que si son tomados en cuenta sobrevalorarían el precio promedio del aluminio e incrementarían significativamente la desviación estándar.



**Figura 4:** Distribución de Datos dentro del Periodo Evolutivo de 1977 a 1993. Los Círculos Rojos Indican Valores Estadísticamente Atípicos.

Es bien conocido que la media es una medida de tendencia central altamente sensible a cualquier cambio en los datos de la distribución, por lo que si existe un dato muy grande o muy pequeño con respecto a los demás, el valor de la media cambia significativamente, sesgando la información a procesar. De ahí la importancia de tener una distribución de datos lo más simétrica posible para poder calcular una media más representativa.

Finalmente, el nuevo promedio aritmético calculado para la zona 2 fue de US\$ 1.272/t, con una desviación estándar de 213 (Figura 5). Para este cálculo, se descartaron los tres valores atípicos mostrados en círculos rojos en la figura 4, los cuales son valores aislados que aparecen una sola vez y no se repiten más durante todo el periodo. La línea horizontal en color rojo que se muestra en la figura 5 representa a la media aritmética y coincide casi exactamente con la línea de tendencia de la gráfica y con la mediana (US\$ 1.253/t).



**Figura 5:** Fluctuaciones del Precio Nominal del Aluminio en Torno a su Media Aritmética para la Zona 2.

Esto muestra que el total de los datos ahora están repartidos de una manera más equitativa en torno a la línea promedio, el cual funge como centro de equilibrio de la distribución. En esta zona 2, el porcentaje de datos que estuvieron por encima de

la línea de tendencia central fue de 41% (considerando todos los datos originales), mientras el porcentaje de datos ubicados por debajo de dicha línea fue de 35%.

Esto quiere decir que dentro del periodo de 16 años que duró la zona 2, el 41% de esos años el mercado mundial estuvo al alza, favoreciendo los precios del aluminio, mientras que el 35% de las veces el mercado estuvo a la baja. En general, los precios del aluminio no pueden caer por debajo de sus costos operativos promedio durante un largo periodo de tiempo.

Para enfrentar los vaivenes de las cotizaciones del precio del aluminio, la industria primaria de aluminio tiene que ser altamente costo-efectiva, ya que esa es la manera de poder mantenerse rentable y sustentable en el tiempo.

Por otro lado, sólo el 24% de los datos se mantuvieron en torno a la media aritmética. Para calcular el porcentaje de los datos alrededor de la línea de tendencia central, se consideraron todos los datos dentro del rango de la media aritmética  $\pm 5\%$ , donde 5% se consideró el error en el cálculo del promedio para cada zona.

La desviación estándar de la media aritmética de la zona 2 fue la más alta de las cuatro zonas, con un

valor de 213, lo que es un indicativo de una alta volatilidad en las cotizaciones. En general, la volatilidad de los precios aumenta a medida que los inventarios disminuyen [9] y cuanto menor sea la información que se tenga disponible sobre el mercado.

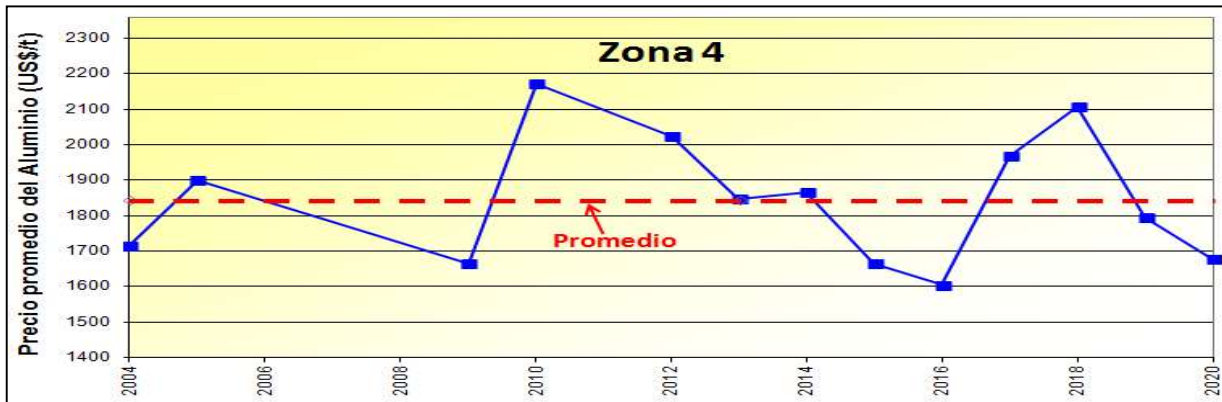
El mismo procedimiento y las mismas consideraciones fueron utilizados para calcular la media aritmética de la zona 3 y 4. En la figura 6 se muestra el promedio del precio del aluminio representativo para el periodo entre 1994 a 2003 (zona 3), en donde el valor resultante fue de US\$ 1.452/t, con una desviación estándar de 89 y una mediana de US\$ 1.441/t. Durante ese periodo de nueve años, el mercado global del aluminio estuvo en alza el 40% del tiempo, mientras el 30% de las veces el precio anual se cotizó por debajo del promedio. El otro 30% de la cotización del precio del aluminio se mantuvo en torno a la media aritmética  $\pm 5\%$ .



Figura 6: Representación del Valor de la Media Aritmética para la Zona 3.

La figura 7 muestra la media aritmética para la línea temporal desde el 2004 al año 2020 (zona 4). El valor promedio del precio del aluminio resultante fue de US\$ 1.846/t, con una desviación estándar de 182 y una mediana de US\$ 1.847/t. Dentro ese periodo de 16 años, el precio anualizado del aluminio estuvo en alza el 47% del tiempo, el 29%

en baja y el 24% restante se mantuvo en torno a la media aritmética  $\pm 5\%$ .



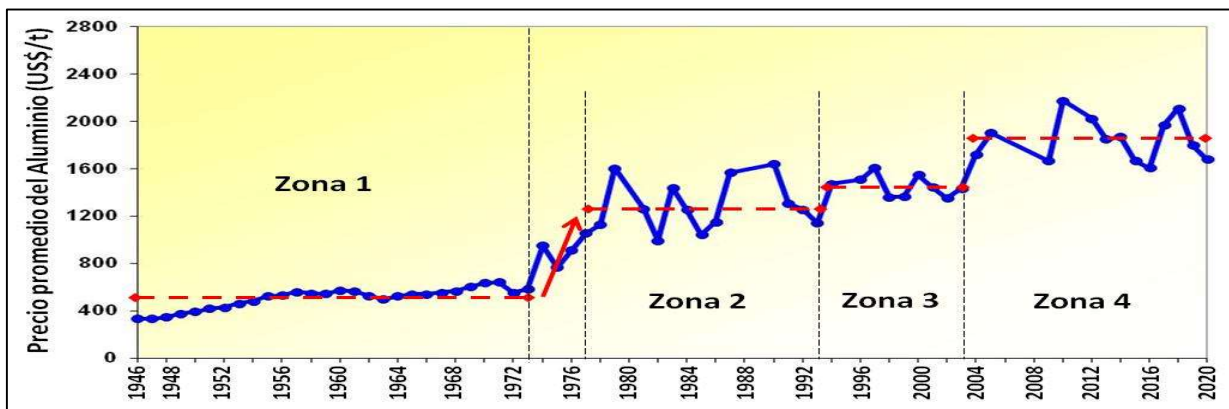
**Figura 7:** Representación del Valor de la Media Aritmética para la Zona 4.

Luego de determinar la media aritmética para cada uno de los periodos o zonas analizadas, se trazó de nuevo la gráfica original (Figura 3), pero esta vez descartando los valores extremos de cada zona, tal como se muestra en la figura 8. De esta manera se ve más claro los promedios escalonados a través del horizonte del tiempo.

Luego, para simplificar aún más dicha gráfica, se ocultó el trazado de los datos, dejando sólo las

líneas de tendencia central de cada una de las zonas, como se muestra en la figura 9. Ahora la gráfica sólo muestra la media aritmética de los precios de cada periodo analizado, sin las dispersiones de los datos, por lo que es mucho más simple y fácil de interpretar.

La evolución de los precios del aluminio a través de la representación de su línea de tendencia central, muestra una tendencia a incrementarse en forma escalonada, a medida que se avanza a través del horizonte de tiempo.

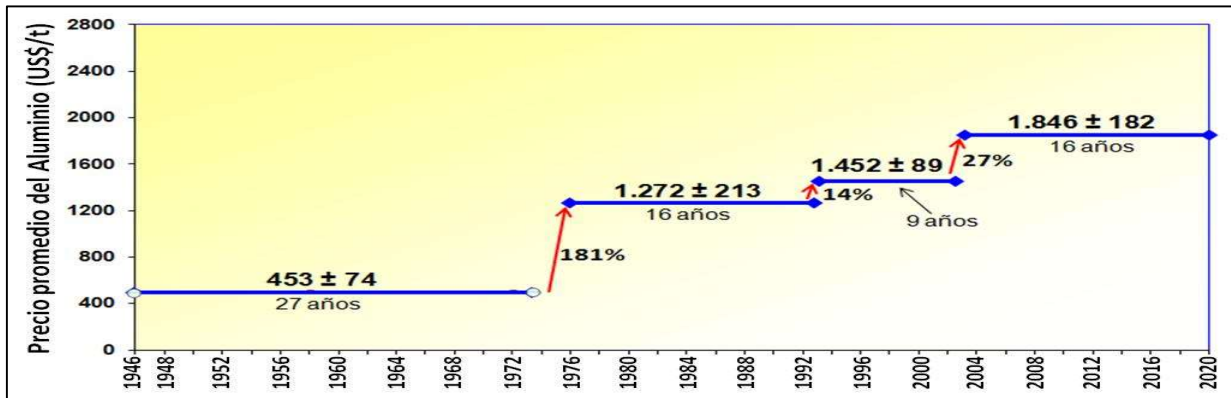


**Figura 8:** Representación de la Media Aritmética del Precio Promedio del Aluminio, Calculada para Cada Zona, sin Considerar los Valores Extremos de Cada Periodo Evolutivo.

En el periodo entre 1977 a 1993 (zona 2), el precio promedio del aluminio se cotizó un 181% por encima del promedio del periodo anterior (zona 1), casi 3 veces dicho valor, como se muestra con una flecha roja ascendente en la figura 9. Luego

aumentó un 14% en el siguiente periodo de tiempo (1994-2003), correspondiente al final del siglo XX y principio del XXI. Finalmente, el promedio del precio del aluminio que rigió desde el 2004 al año 2020 fue de US\$ 1.846/t, un incremento del 27% con respecto al periodo anterior (Figura 9).





**Figura 9:** Esquema de la Evolución del Precio Promedio Anual del Aluminio en Función a su Línea de Tendencia Central. Las Flechas Rojas Indican el Incremento Porcentual del Precio del Aluminio

En la figura 3, si se inspecciona las tres últimas zonas o periodos de tiempo en busca de patrones característicos, es fácil encontrar que cada una de ellas contiene dentro de sus límites tres picos característicos, aunque de diferentes magnitudes. Se podría afirmar que estos tres picos conforman el patrón o figura que se repite cíclicamente a lo largo del horizonte de tiempo. Si esto es así, es posible esperar que la próxima etapa en la evolución del precio futuro del aluminio contenga también dicha unidad repetitiva (los tres picos).

Otra característica, esta vez estadística, es que en cada zona, la mayoría de los datos están siempre por arriba de la media aritmética, en un porcentaje entre 40 a 47%. En otras palabras, los precios promedios anuales del aluminio están más años al alza, que a la baja.

Las zonas 2 y 4 tienen el mismo lapso de tiempo, 16 años, mientras que la forma o el trazado de los tres picos (patrón) en cada una de esas zonas, son también muy similares, aunque invertidos. Es decir, una zona es imagen tipo espejo de la otra. Sólo hay que voltear horizontalmente la zona 4 y compararla con la zona 2 para darse cuenta de ello.

Estas semejanzas hacen pensar que probablemente la zona 4 ha culminado su ciclo de vida, por lo que este año 2021 se iniciaría un nuevo periodo (zona 5), con su respectivo incremento en el precio promedio del aluminio. Si esto es así, ¿cuál sería el porcentaje

en que se incrementaría el precio promedio anual del aluminio para ese nuevo periodo?

### C. Proyección Futura del Precio del Aluminio

En la sección anterior se mostró que el promedio anual del precio del aluminio ha venido incrementándose escalonadamente desde 1977, donde el último incremento porcentual ocurrió hace 16 años. También se mostró que existen algunas analogías entre la zona 2 y la zona 4, lo que inducen a pensar que se está en la fase inicial de un nuevo escalón para el alza del precio promedio anual del aluminio.

Casualmente, este nuevo periodo se iniciaría con un cambio de gobierno en USA, en donde el partido gobernante pasó de republicano a demócrata. Exactamente ocurrió lo mismo durante el inicio de la zona 2 en 1977, donde el demócrata Jymmy Carter sustituyó al republicano Gerald Ford. Probablemente ninguna de estas analogías que se ha estado señalando tengan alguna conexión lógica (correlación espuria), pero son las únicas señales subjetivas que se tienen para la toma de decisiones probabilísticas.

¿Cuál sería la nueva media aritmética que regiría para esta nueva zona 5? No hay manera de determinar matemáticamente dicho valor futuro, pero se puede continuar usando los datos históricos como basamento de cálculo. En 1994, el precio promedio anual del aluminio se incrementó un 14%, mientras que en el 2004, fue del 27% (Figura 9), por lo que el nuevo incremento porcentual de la media aritmética para el periodo 5 podría estar entre estos dos extremos. Antes esta incertidumbre, lo mejor es arriesgarse por el promedio, es decir el 21%.

No se consideró el incremento de 181% ocurrida en el periodo de 1977-1993 (zona 2), debido a que precede a una etapa en donde los precios eran acordados por los principales productores de aluminio de esa época (zona 1). La industria del aluminio primaria de ese entonces, cambió radicalmente al entrar a una nueva era de control de precios [6].

Asumiendo un incremento en el precio promedio del aluminio de 21%, la nueva media aritmética a regir para el periodo 5 sería de US\$ 2.227/t, tal como lo muestra la línea punteada en la figura 10. La siguiente pregunta es, ¿qué tan largo sería este periodo? Aunque por ahora no es tan importante conocer la duración de este nuevo régimen de precio, se puede continuar con el ejercicio de pronóstico utilizando como base de cálculo la inspección gráfica de los datos.

En la figura 9 se aprecia, obviando la zona 1 por razones anteriormente explicadas, que la evolución escalonada de los precios parece seguir un lapso de tiempo alternado, es decir, un periodo largo (16 años), seguido de uno corto (9 años) y luego otro largo (16 años). Si se sigue ese ritmo histórico y se

asume que el mercado tiene memoria gráfica, el próximo periodo debe ser corto, así que se apuesta por un periodo corto de unos 9 años (Figura 10).

Una tarea más difícil es proyectar el rango en que se moverá la media aritmética que se asumió para el periodo 5. No existe manera de poder predecir la volatilidad futura de un commodity, por lo que se tomó los datos del desempeño histórico para finalizar este ejercicio. El rango se tomó como la media aritmética  $\pm$  la desviación estándar, en donde la desviación estándar que se asumió fue el promedio anual de la desviación estándar calculada para cada zona.

En la zona 2, la desviación estándar que se calculó fue de 213, mientras que para la zona 3 fue de 89 y para la zona 4 de 182. Por lo que históricamente, la desviación estándar del precio promedio anual del aluminio ha fluctuado entre 89 a 213 US\$/t. Para efecto de este ejercicio, se tomó la media cuadrática resultante de esos tres valores. El resultado fue de 294, por lo cual, el pronóstico futuro es que el precio promedio anual del aluminio fluctuará entre US\$ 1.933/t a US\$ 2.521/t (Figura 10).

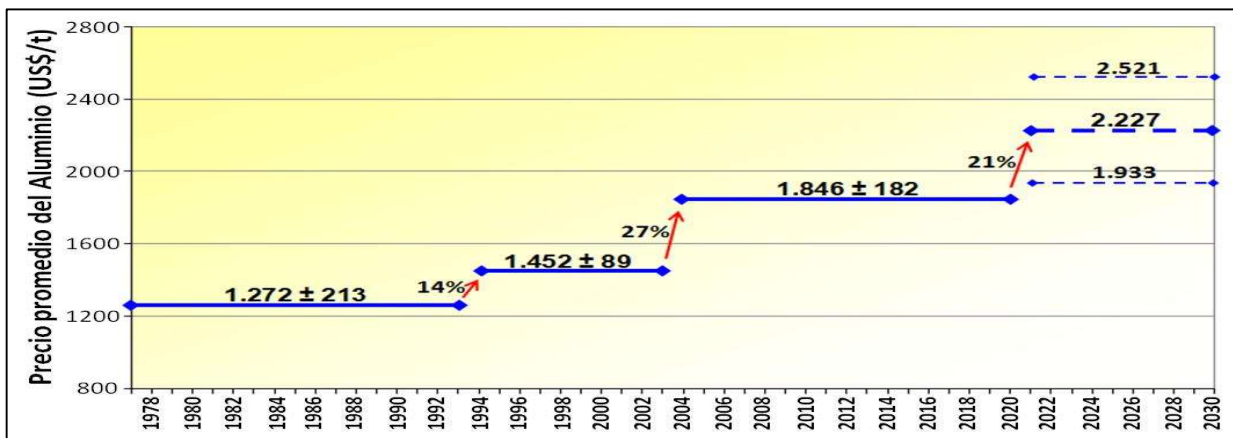


Figura 10: Evolución del Precio Promedio Anual del Aluminio y su Pronóstico hasta el 2030.

Hasta la fecha de escribir este artículo, abril 2021, el precio promedio mensual del aluminio ha estado dentro del rango de la zona 5, ubicándose por debajo de la media aritmética de US\$ 2.227/t. Sin embargo, el ejercicio de pronóstico implementado en este trabajo es para promedio anual, no mensual. A juzgar por los promedios mensuales que se han reportado hasta marzo, el promedio anual para este año 2021 probablemente esté

entorno a la línea de tendencia central de la zona 5 (Figura 10). De hecho, el precio diario del LME para el día 30 de marzo 2021, cerró en US\$ 2.227,50/t, justo sobre dicha línea central.

Un incremento en el precio base del aluminio sería beneficio para muchas empresas que están siendo afectadas por el creciente aumento de sus curvas de costos operativos, incluso las empresas líderes

más eficientes (costo-efectiva), sienten también la presión de dichos costos.

El precio promedio anual actual, dado por la línea de tendencia central de la zona 4 (Figura 10), ha estado resistiendo durante 16 años a todas las fuerzas o factores que presionan por un incremento del precio base del aluminio. Sin embargo, esta resistencia debe ceder en cualquier momento, ya que no puede seguir soportando tanta presión, considerando también que en términos del “precio real del aluminio”, éste ha venido disminuyendo continuamente durante más de 30 años [6].

### III. CONCLUSIONES

Se realizó un análisis cualitativo de la evolución de los precios del aluminio desde 1946 hasta el año 2020. El precio del aluminio evolucionó bajo dos modalidades totalmente diferentes, en la primera de ella, que abarcó el periodo de 1946 a 1973 (27 años), el precio era administrado por los productores, los cuales se caracterizaron por su estabilidad a largo plazo. Luego, a partir de 1974, se inicia una transición hacia un nuevo mecanismo de fijación de precio basado en la dinámica de la oferta y la demanda, cotizándose a través de la LME, el cual se convirtió en el sistema aceptado por todos.

Se encontró que el precio promedio del aluminio ha evolucionado en cuatro periodos bien diferenciados. El primero de ellos, llamado zona 1, tuvo una duración de 27 años, desde 1946 hasta 1973. El precio promedio del aluminio que predominó en esa zona fue de US\$ 453/t, con una desviación estándar de 74. La segunda zona correspondió al periodo de 1977 a 1993, con una duración de 16 años, en donde el precio promedio del aluminio fue de US\$ 1.272/t, con una desviación estándar de 213. La tercera zona abarcó una línea de tiempo de 9 años, desde 1994 a 2003, caracterizada por un precio promedio de US\$ 1.452/t y una desviación estándar de 89. Finalmente, la última zona que inició en el año 2004 y se estima que culminó en el 2020, el precio promedio ha estado en US\$ 1.846/t, con una desviación estándar de 182.

Se pronostica que a partir del año 2021 se iniciará un nuevo periodo evolutivo para el precio promedio del aluminio, el cual duraría hasta aproximadamente el 2030. Durante ese periodo, el precio promedio del aluminio que regiría es estimado en US\$ 2.227/t, el cual podría variar en un rango de US\$ 1.933/t a US\$ 2.521/t.

### REFERENCIAS

- [1] García de la Vega, V y Porras, R, *Modelos Estocásticos para el Precio Spot y del Futuro de Commodities con Alta Volatilidad y Reversión a la Media*. Revista de Administración, Finanzas y Economía (Journal of Management, Finance and Economics), vol. 3, No. 2, 2009. [https://0201.nccdn.net/1\\_2/000/000/118/172/Modelos-Estocasticos-para-el-precio-Spot.pdf](https://0201.nccdn.net/1_2/000/000/118/172/Modelos-Estocasticos-para-el-precio-Spot.pdf)
- [2] Cortez, C. A, Saydam S. and Coulton, J, and Sammut, C, *Alternative Techniques for Forecasting Mineral Commodity Prices*. International Journal of Mining Science and Technology. Vol. 28, Issue 2, March 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2017.09.001>
- [3] Jan J. J. Groen, J and Pesenti, P, (August 16-17, 2012). *Commodity Prices, Commodity Currencies, and Global Economic Developments*. Presentado en: The Economics and Econometrics of Commodity Prices [Conferencia en línea], Rio de Janeiro, Brasil. Disponible: <https://epge.fgv.br/conferencias/commodity-prices/>
- [4] *Aluminum – (Historical Global Statistics)*. Plunkert, P. U.S. Geological Survey. [Consulta 2019, Enero 10]. Disponible: <https://www.formsbirds.com/free-annual-average-primary-aluminum-price>
- [5] International Monetary Fund, Global price of Aluminum [PALUMUSD], retrieved from FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis; [Consulta 2020, Abril 06]. Disponible: <https://fred.stlouisfed.org/series/PALUMUSD>
- [6] *The Global Aluminium Industry 40 Years from 1972*. Nappi, C. World Aluminium. 07 Abril 2020, disponible: <https://bit.ly/2Q74Oap>
- [7] Bertilorenzi, M, *The International Aluminium Cartel, 1886–1978. The Business and Politics of a Cooperative Industrial Institution*. New York, Routledge, 1<sup>st</sup> Edition, 2016, pp.21-348.
- [8] *JP Morgan Crea un Índice sobre Trump* [Información en línea]. Expansión. [Consulta 2020, Agosto 02]. Disponible: <https://www.expansion.com/ahorro/2019/09/09/5d765ed1468aeb76308b45c0.html>
- [9] Hélyette, G and Smith, W, *Theory of Storage, Inventory and Volatility in the LME Base Metals*. Resources Policy, Vol. 38, Issue 1, March 2013. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2012.06>