

Inflation in Real Estate Development: A Time Series Analysis of Incidental Variables on Construction Costs in Chile

Inflación en desarrollo inmobiliario: un análisis por serie de tiempo sobre variables incidentales sobre los costos edificatorios en Chile

Francisco Vergara-Perucich^{*1} <https://orcid.org/0000-0002-1930-469>; Carlos Aguirre-Nuñez^{**} <https://orcid.org/0000-0001-7556-8352>

* Centro Producción del Espacio, Universidad de Las Américas, Chile

** Escuela de Arquitectura, Universidad San Sebastián, Chile

Fecha de Recepción: 26/07/2023

Fecha de Aceptación: 01/04/2024

Fecha de Publicación: 30/04/2024

PAG:

Abstract

One of the expected consequences of the post-pandemic era has been the global inflationary process with multiscalar characteristics, where construction prices in Chile have experienced unpredictable fluctuations, severely affecting various types of projects, both public and private, from large companies to small public initiatives. On the other hand, the growing demand for housing in the midst of the housing crisis in Chile has been hindered by the increase in material prices. In this scenario, it is relevant to generate an ecosystem of predictive models for construction costs that take into account the external factors that influence construction costs and, therefore, the price of new homes and public infrastructure. This study contributes to the development of this ecosystem by using a vector autoregressive (VAR) model to identify the predictive factors that influence construction costs in Chile, particularly exploring the influence of macroeconomic variables on construction costs by considering a set of incidental variables that are not always considered in this type of analysis and that involve fundamentals from sectors other than construction. The methodological results allow for the testing of predictive models with a good level of statistical significance, as well as clearly identifying those external factors that impact construction material prices.

Keywords: Inflation; construction costs; vector autoregressive (VAR); macroeconomic variables.

Resumen

Una de las consecuencias de la pandemia y su postpandemia fue un proceso inflacionario a nivel mundial, y de características multiescalares, donde la producción de bienes y sus consecuencias en los precios de la construcción en Chile han experimentado fluctuaciones difíciles de predecir, afectando severamente emprendimientos en esta materia de distinta naturaleza, pública y privada, de grandes empresas o pequeñas iniciativas públicas. Por otro lado, la creciente demanda de viviendas en medio de la crisis habitacional en Chile enfrenta también el problema del aumento en los precios de los materiales. Ante este escenario, resulta relevante generar un ecosistema de modelos predictivos de los costos de construcción que tengan en cuenta los factores externos que inciden en el costo de construcción y, por ende, en el precio de las nuevas viviendas y las infraestructuras públicas. Este estudio aporta a desarrollar este ecosistema mediante el de un modelo de vectores autorregresivos (VAR) para identificar los factores predictivos que influyen en el costo de construcción en Chile, particularmente explorando la influencia de variables macroeconómicas sobre los costos de construcción a partir de identificar un set de variables incidentales que no siempre son consideradas para este tipo de análisis y que involucran fundamentales provenientes de sectores distintos al de la construcción. Los resultados metodológicos permiten ensayar modelos predictivos con buen nivel de significancia estadística, además de identificar con claridad esos factores externos que inciden sobre el precio de los materiales de la construcción.

Palabras clave: Inflación; costos edificatorios; vectores autorregresivos (VAR); variables macroeconómicas.

¹ **Corresponding author:**

Centro Producción del Espacio, Universidad de Las Américas, Chile

Corresponding author: jvergara@udla.cl

1. Introducción

La pandemia de COVID-19 ha tenido un impacto significativo en los costos de construcción, tanto por los efectos en la baja de la producción industrial, los problemas de la misma industria de la construcción, como también los cambios en los factores de logística para su distribución. En esa lógica, diversos autores presentan efectos de este periodo. En Malasia, se identificaron como factores relevantes, la necesidad sanitaria de dar cumplimiento a la seguridad y salud en el lugar de trabajo, la suspensión y terminación de las construcciones, y la pérdida de productividad como factores que contribuyen al aumento de los costos de construcción (Abdullah et al., 2021). Como consecuencia de la pandemia, se produjeron problemas financieros para los actores comerciales en la industria de la construcción en Indonesia, dado que implementar protocolos de salud requiere costos adicionales (Larasati et al., 2021). Finalmente, Gamil y Alhagar encontraron que los impactos más prominentes de COVID-19 en la industria de la construcción son la suspensión de proyectos, el impacto en la mano de obra y la pérdida de empleo, el retraso en el tiempo, el aumento de costos y las implicaciones financieras (Gamil and Alhagar, 2020). Además, la pandemia vino acompañada de una crisis inflacionaria mundial, que ha agudizado los problemas que ya tenía el mercado de la vivienda en diversos estados. Demary plantea que los shocks en las tasas de interés impactan los precios reales de las viviendas, lo que ha sido parte de las estrategias monetarias para hacer frente a la inflación postpandemia (Demary, 2010). Li y Zhang encontraron una relación de influencia entre la crisis de la pandemia de COVID-19 con los cambios en los precios de la vivienda en suburbios más asequibles, ciudades más pequeñas y áreas alejadas de los centros urbanos de alta densidad y alto costo (Li and Zhang, 2021). Botequilha (2021) encontró que durante la pandemia de COVID-19, los precios de bienes raíces en Estados Unidos fueron impulsados principalmente por condiciones favorables en el mercado asociadas con tasas de interés bajas, y hubo una creciente demanda de propiedades ubicadas en áreas con menor densidad de población e ingresos más bajos. En el contexto de la pandemia y la crisis mundial de inflación, el desarrollo inmobiliario en Chile ha enfrentado desafíos significativos, los que permanecen abiertos a nuevas interpretaciones de la relación entre el periodo histórico de la pandemia 2019-2023, la crisis inflacionaria y la producción de este sector industrial.

Los precios de los materiales de construcción han sido volátiles y difíciles de predecir, afectando directamente los costos edificatorios y, en consecuencia, el precio de las nuevas viviendas y las obras de infraestructura pública. La crisis habitacional en el país ha exacerbado la demanda por unidades de vivienda, lo que a su vez ha aumentado la presión sobre los costos de construcción (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2022). Ante este panorama, se requiere un enfoque integral que permita anticipar y entender cómo los factores macroeconómicos inciden en los costos de construcción y, en última instancia, en el desarrollo inmobiliario y la política habitacional. Por sobre la mera contingencia, desarrollar estas exploraciones permite contribuir a avanzar hacia modelos predictivos precisos que ayuden a planificar y gestionar proyectos de construcción a largo plazo. La incertidumbre en los precios de los materiales de construcción, agravada por la crisis mundial, hace indispensable comprender cómo las variables macroeconómicas afectan el costo de construcción en Chile. Al identificar las relaciones entre estas variables y los costos edificatorios, los desarrolladores y las autoridades podrán tomar decisiones informadas sobre las fluctuaciones futuras a esperar y actuar con precaución ante escenarios internacionales o nacionales que impacten en los precios de materiales. Además, el conocimiento obtenido a través de este estudio puede contribuir a la formulación de políticas habitacionales más efectivas, abordando la problemática de la vivienda en el país.

La relación entre variables macroeconómicas y costos de construcción no es nueva en la literatura internacional, pero muy escasa en los estudios recientes en Chile. Los estudios sugieren que varias variables macroeconómicas afectan los costos de construcción. Asuquo y Ogwueleka encontraron que el PIB, la oferta monetaria, el tipo de cambio y la tasa de inflación tienen una relación positiva significativa con los costos de construcción de viviendas en Nigeria; sin embargo, solo la tasa de inflación y el PIB se pueden utilizar para predecir los costos de construcción de viviendas (Asuquo and Ogwueleka, 2019). Puci et al. encontraron que el crecimiento del PIB y la tasa de interés impactan positivamente en la rentabilidad de las empresas que operan en el sector de la construcción, mientras que la tasa de inflación y el tipo de cambio impactan negativamente en el rendimiento de los activos (Puci et al., 2023). Oladipo y Oni encontraron que la inflación, el tipo de cambio, las importaciones, la tasa de interés, la oferta monetaria y la demanda de dinero tienen un efecto significativo en los precios de los materiales de construcción en Nigeria (Oladipo and Oni, 2012). En el caso de Chile, la relación entre desarrollo minero y desarrollo inmobiliario ha sido identificada como significativamente relevante (Idrovo-Aguirre and Contreras-Reyes, 2021); (Medina, 2021). También se ha presentado una relación estadísticamente significativa entre factores financieros internacionales y el precio de la vivienda (Vergara-Perucich, 2022). Sin embargo, la relación entre variables macroeconómicas y costos de construcción sigue abierta a contribuciones.

El objetivo de esta investigación es identificar las variables macroeconómicas más relevantes que afectan los costos de edificación en Chile mediante un modelo VAR para analizar las relaciones dinámicas entre las variables seleccionadas. Esto permitirá realizar pruebas estadísticas para validar el modelo y asegurar la robustez de los resultados. El modelo VAR capturará las relaciones dinámicas y permitirá predecir futuras fluctuaciones en los precios de materiales de construcción. Este artículo se estructurará de la siguiente manera: la primera sección presentará la metodología utilizada, incluyendo el enfoque de series de tiempo y el modelo VAR, junto con las pruebas estadísticas realizadas. La segunda sección revisará la literatura existente sobre desarrollo inmobiliario y costos de construcción en Chile, destacando la falta de investigaciones que exploren las relaciones entre variables macroeconómicas y costos edificatorios utilizando un enfoque de series de tiempo. La tercera sección presentará los resultados obtenidos, destacando las variables macroeconómicas más relevantes y las relaciones identificadas a través del modelo VAR. Se discutirán las implicancias para el desarrollo inmobiliario y la política habitacional en Chile, resaltando la importancia de considerar estos factores en la planificación y toma de decisiones. Por último, se ofrecerán conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones en este campo. Los resultados de este estudio proporcionarán una comprensión más profunda de las dinámicas entre las variables macroeconómicas y los costos de construcción

en Chile, permitiendo una mejor planificación y gestión de proyectos de desarrollo inmobiliario en el futuro.

2. Metodología

Se utiliza un enfoque cuantitativo y técnicas econométricas para evaluar la capacidad predictiva de un conjunto de variables macroeconómicas sobre el índice de costos de edificación en Chile. Este tipo de estudios no se han aplicado previamente sobre costos de edificación en Chile, por esta razón las variables independientes seleccionadas son exploratorias, basadas en una revisión de literatura que dé asidero teórico a su inclusión en la modelación. Todas las variables fueron evaluadas en sus valores originales en un comienzo, para luego ser transformadas en series de variaciones inter-periodos, que es lo recomendable en materia de estudios de series de tiempo buscando relaciones predictivas entre las observaciones. Para ordenar la decisión de qué variables macroeconómicas incluir, se ha optado por la inflación (de Dios Tena et al., 2010); (Demary, 2010), tasa política monetaria (Domeij and Ellingsen, 2018); (Gelain et al., 2013); (McDonald and Stokes, 2013) y rendimiento financiero del mercado de valores (Apostolakis and Papadopoulos, 2019); (Sabaté, 2016); (Vergara-Perucich, 2022). Al usar una modelación econométrica por serie de tiempo se pueden pronosticar cambios en las variaciones del índice de costos de edificación, en base a la relación (eventualmente causal) entre los patrones históricos del índice para conocer tendencias o proyecciones futuras (Cheng et al., 2013). El modelo seleccionado para este propósito es el modelo VAR (Vector Autoregressive).

Antes de construir el modelo VAR, se realiza una prueba de raíz unitaria conocida como ADF (Augmented Dickey-Fuller) test en las variables incluidas en el análisis. En parte, la decisión de hacer transformar las series de variables en variaciones inter-periodos buscaba asegurar que la prueba de raíz unitaria fuera favorable, es decir, que las variables son estacionarias. Como se puede observar en la (Tabla 1), la mayoría de las variables tuvieron que ser ajustadas por una diferencia para lograr la estacionariedad según el test de Dickey-Fuller. El set de datos entonces se trabaja con dicha transformación. Los resultados de la transformación de las variables se pueden ver en la (Figura 1).

Tabla 1. Resultados del Test de Dickey-Fuller para las variables del estudio

Variables	Desviación típica	Media	Valor de p Test de Dickey-Fuller	Observaciones	Interpretación
Índice de Costos de Edificación	0.010891	0.004626	2.49E-14	235	Estacionaria
Costo de Materiales de Construcción	0.013309	0.004291	3.30E-18	235	Estacionaria
Sueldos de trabajadores de la Construcción	0.017613	0.005263	4.20E-12	235	Estacionaria
Tasa Política Monetaria Chile	0.13337	0.014504	1.63E-09	235	Estacionaria
IPC Chile	5.4177	0.34714	2.25E-37	235	Estacionaria
IPSA	0.048693	0.008150	5.74E-38	235	Estacionaria
IMACEC	0.056701	0.004157	0.002248	235	Estacionaria
Valor del Dow Jones	0.046356	0.006725	5.90E-30	235	Estacionaria
Valor de FTSE100	0.041139	0.003498	7.81E-11	235	Estacionaria
Valor de SSE	0.078486	0.006673	6.86E-07	235	Estacionaria
Valor de Euronext	0.049443	0.004586	1.89E-09	235	Estacionaria
Valor de NASDAQ	0.056103	0.010014	2.72E-37	235	Estacionaria
Tasa Política Monetaria China	0.030893	0.000769	3.70E-08	235	Estacionaria
Tasa Política Monetaria Estados Unidos	0.39477	0.068091	0.0005917	235	Estacionaria
Tasa Política Monetaria Reino Unido	0.17072	0.013751	5.74E-06	235	Estacionaria
Tasa Política Monetaria Banco Central Europeo	1.5972	-0.10578	1.66E-39	235	Estacionaria
IPC Reino Unido	0.33297	0.008202	0.0001748	235	Estacionaria
IPC Europa	0.7467	-0.029134	6.71E-25	235	Estacionaria
IPC Estados Unidos	0.73409	-0.005081	5.53E-34	235	Estacionaria
IPC China	0.55841	-0.02568	1.22E-18	235	Estacionaria

El estudio contará con tres etapas secuenciales de modelación. En la primera etapa, se estudian variables del contexto macroeconómico chileno, específicamente los costos de materiales y los sueldos de los trabajadores de la construcción, proporcionados por la Cámara Chilena de la Construcción. Además, se incluyen la tasa política monetaria, el Índice de Precios al Consumidor (IPC) y el Índice Mensual de Actividad Económica (IMACEC), proporcionados por el Banco Central de Chile (Tabla 2).

ENGLISH VERSION.....

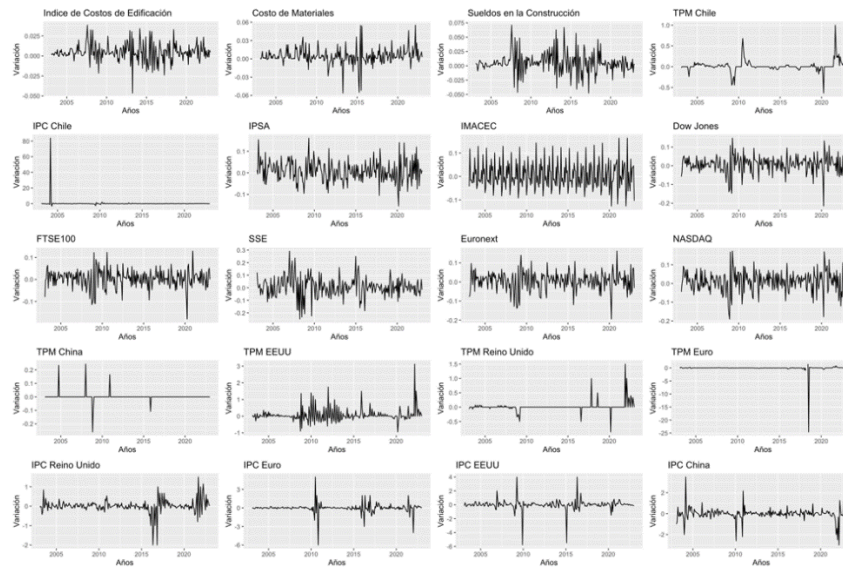


Figura 1. Gráfico de variables usadas para cálculo de VAR asegurando condiciones de estacionariedad

Tabla 2. Resumen de estadísticas de variables a modelar

Variables	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Fuente	
Indice de Costos de Edificación	0.0046	0.0037	-	0.0465	0.0385	Cámara Chilena de la Construcción
Costo de Materiales de Construcción	0.0043	0.0027	-	0.0563	0.0552	Cámara Chilena de la Construcción
Sueldos en la Construcción	0.0053	0.0040	-	0.0479	0.0711	Cámara Chilena de la Construcción
Tasa Política Monetaria Chile	0.0145	-	-	0.6364	1.0000	Banco Central de Chile
IPC Chile	0.3471	0.0001	-	3.1604	\$3.7250	Banco Central de Chile
IPSA	0.0082	0.0049	-	0.1541	0.1609	Banco Central de Chile
IMACEC	0.0042	-0.0100	-	0.1267	0.1635	Banco Central de Chile
Valor del Dow Jones	0.0067	0.0119	-	0.2157	0.1476	Federal Reserve Economic Data
Valor de FTSE100	0.0035	0.0065	-	0.1804	0.1290	Federal Reserve Economic Data
Valor de SSE	0.0067	0.0076	-	0.2499	0.2919	Federal Reserve Economic Data
Valor de Euronext	0.0046	0.0080	-	0.1944	0.1616	Federal Reserve Economic Data
Valor de NASDAQ	0.0100	0.0145	-	0.1901	0.1729	Federal Reserve Economic Data
Tasa Política Monetaria China	0.0008	-	-	0.2609	0.2432	Federal Reserve Economic Data
Tasa Política Monetaria Estados Unidos	0.0681	-	-	0.9494	3.1250	Federal Reserve Economic Data
Tasa PM Reino Unido	0.0138	-	-	0.8667	1.5000	Federal Reserve Economic Data
Tasa PM Banco Central Europeo	-0.1066	-0.0007	-	24.6000	1.5000	Federal Reserve Economic Data
IPC Reino Unido	0.0082	-	-	2.0000	1.5000	Federal Reserve Economic Data
IPC Europa	-0.0291	-	-	6.0000	5.0000	Federal Reserve Economic Data
IPC Estados Unidos	-0.0051	-	-	5.8000	4.0000	Federal Reserve Economic Data
IPC China	-0.0257	-	-	3.0000	3.5000	Federal Reserve Economic Data

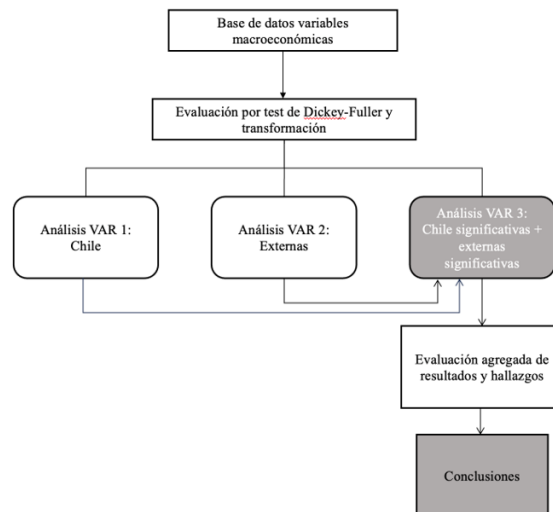


Figura 2. Esquema de síntesis de la metodología de análisis

La (Figura 2) presenta una síntesis metodológica del estudio. En una primera instancia, se estima un modelo VAR con las variables mencionadas anteriormente para determinar qué variables tienen influencia significativa sobre el índice de costos de edificación dentro del contexto económico en Chile. En una segunda instancia, se construye un segundo modelo VAR que incluye variables relacionadas con la tasa política monetaria de los bancos centrales, la inflación y el rendimiento de los índices agregados de las bolsas de valores de Estados Unidos, Reino Unido, Eurozona y China. El objetivo es identificar las variables internas relevantes (del primer modelo) y las variables externas relevantes para el análisis cruzado. En un tercer modelo VAR, se agregan tanto las variables internas como las externas en un mismo análisis para determinar si las variables internas o externas tienen una influencia más preponderante sobre el índice de costos de edificación. El método usado para calcular el modelo VAR es el siguiente (Ecuación 1):

$$y_t = A_1 y_{t-1} + A_2 y_{t-2} + [\dots] + A_p y_{t-p} + \epsilon_t \quad (1)$$

Donde y_t representa el vector de variables endógenas en el tiempo t . En este modelo VAR, se plantea como supuesto que las variables a usar están interrelacionadas. El ejercicio exploratorio busca revisar si existe validez estadística en este supuesto. Luego $A_1, A_2, [\dots], A_p$ son matrices de coeficientes que capturan la relación de retroceso entre las variables endógenas. Cada matriz A_i corresponde a un retardo específico de las variables. Las variables $y_{t-1}, y_{t-2}, [\dots], y_{t-p}$ son los valores rezagados de las variables endógenas. Estos términos representan los valores pasados de las variables utilizados en la predicción actual. Finalmente ϵ_t es el vector de errores o residuos en el tiempo t , que representa la parte no explicada por el modelo y captura la información no incluida en las variables endógenas. Al estimar un modelo VAR, el objetivo es encontrar los coeficientes (matrices A_1, A_2, \dots, A_p) que minimicen la suma de los cuadrados de los residuos y que expliquen de manera adecuada la dinámica de las variables endógenas. Los rezagos a incorporar en la modelación se basan en un test de selección de orden del VAR según el criterio de Akaike. El Criterio de Información de Akaike (CIA) es una medida que se usa para comparar la bondad de ajuste de los modelos estadísticos. El valor de CIA se interpreta donde el modelo con el valor más bajo se considera el mejor, en términos de equilibrio entre el ajuste y la complejidad del modelo. Así, para un modelo VAR, permite identificar el número de períodos pasados que se utilizan para predecir los valores actuales de las series temporales manteniendo idoneidad del modelo. El test que se hizo para determinar el valor del rezago en este caso se ve en la (Tabla 3), indicando 12 rezagos

Tabla 3. Criterio de información de Akaike para el modelo VAR

Rezago	Criterio de Información de Akaike
1	-47.95374
2	-48.30827
3	-48.43362
4	-48.11154
5	-47.98775
6	-47.91299
7	-47.80617
8	-47.60808
9	-47.45186
10	-47.64844
11	-48.18399
12	-48.70958***
13	-48.68325
14	-48.61356
15	-48.59783

La fórmula general para el test de Akaike tiene la siguiente notación (Ecuación 2):

$$CIA(p) = -2 \log(L) + 2kp \quad (2)$$

Dónde:

$\log(L)$ es el logaritmo de la función de verosimilitud máxima para el modelo.

k es el número total de parámetros estimados en el modelo.

p es el número de rezagos.

3. Resultados

En primer orden, se realiza una modelación VAR para la relación causal entre el índice de costos de edificación y variables internas en Chile, cuyos resultados se pueden ver en la (Tabla 3). Las observaciones son un total de 228, que van desde febrero de 2004 hasta enero de 2023 en variaciones mensuales, configuradas por una diferencia. Se aplicaron 12 rezagos de evaluación para estudiar cómo las variables de precio de materiales, sueldos y salarios, tasa política monetaria del Banco Central, IPC, IPSA e IMACEC influyen sobre el logaritmo del índice de costos de edificación.

Tabla 3. Resultado modelo VAR con variable internas al mercado en Chile. Observaciones = 228. Log-verosimilitud = 2941.885. R-cuadrado = 0.316769 (R-cuadrado corregido = 0.133556). Valor p = 0.005547

Variables estadísticamente relevantes (rezago)	coeficiente	Desviación Típica	Estadístico t	valor-p
constante	0.00507881	0.00141247	3.596	0.0004
Índice de costos de construcción (8)	-2.29935	0.656092	-3.505	0.0006
Sueldos de trabajadores de la Construcción (8)	1.0937	0.312271	3.502	0.0006
Materiales de Construcción (8)	1.03029	0.323861	3.181	0.0017
Materiales de Construcción (6)	0.665633	0.313338	2.124	0.035
IPSA (10)	0.0289452	0.0154495	1.874	0.0626
Índice de costos de construcción (6)	-1.14974	0.644693	-1.783	0.0762
Sueldos de trabajadores de la Construcción (6)	0.537333	0.304932	1.762	0.0798
Índice de costos de construcción (11)	-1.14796	0.663723	-1.73	0.0854
IPSA (6)	0.0266347	0.0155944	1.708	0.0894
Sueldos de trabajadores de la Construcción (11)	0.523554	0.316233	1.656	0.0996

Sobre los resultados de esta primera etapa del estudio, se desprenden algunos hallazgos importantes de considerar. El modelo mostró una capacidad explicativa moderada, con un R-cuadrado de 0.316769 y un R-cuadrado corregido de 0.133556, y fue estadísticamente significativo con un valor p de 0.005547. Los retardos de 8 meses en el Índice de Costos de Construcción presentaron un efecto negativo significativo sobre el índice actual, indicando posibles mecanismos de autocorrección o ajustes en el mercado. Simultáneamente, los sueldos y materiales de construcción de 8 meses atrás tuvieron un impacto positivo y significativo, reflejando su contribución directa al aumento en los costos de construcción. En segundo orden de relevancia estadística aparece también el IPSA, indicador de rendimiento del mercado accionario, lo que podría ser indicativo de potenciales efectos de financierización sobre el costo de edificar en Chile. Un hallazgo relevante de este primer estudio es que ni el IPC ni la Tasa Política Monetaria terminan siendo buenos predictores de los costos de edificación.

Tabla 4. Resultado modelo VAR con variable externas al mercado en Chile para variable dependiente = Índice de Costos de Construcción 2003-2022. Observaciones T = 228. Log-verosimilitud = 4831.8503. R-cuadrado = 0.781664 (R-cuadrado corregido=0.159963). Valor p = 0.155563

Variables	coeficiente	Desviación típica	Estadístico t	valor-p
IPC Europa(9)	0.00729861	0.00197559	3.694	0.0005
Índice de Costos de Edificación(4)	-0.394110	0.110873	-3.555	0.0008
TPM Reino Unido(4)	-0.0362577	0.0114587	-3.164	0.0025
IPC Europa(12)	0.00570909	0.00201404	2.835	0.0063
NASDAQ(10)	0.171001	0.0631249	2.709	0.0088
SSE(6)	0.0518667	0.0192627	2.693	0.0092
IPC Europa(8)	0.00592918	0.00233775	2.536	0.0139
IPC Europa(2)	0.00619474	0.00247795	2.5	0.0152
TPM EEUU(5)	0.0117399	0.00470381	2.496	0.0154
NASDAQ(9)	0.143532	0.0577264	2.486	0.0158
Dow Jones(6)	-0.198562	0.0805191	-2.466	0.0166
TPM EEUU(4)	0.0109885	0.0046235	2.377	0.0207
TPM EEUU(8)	0.0118299	0.00513989	2.302	0.0249
IPC Europa(10)	0.00463822	0.00211373	2.194	0.0322
IPC Reino Unido(6)	0.0117822	0.00547433	2.152	0.0355
NASDAQ(5)	0.131473	0.0618828	2.125	0.0378
TPM Reino Unido(7)	0.0243397	0.0125729	1.936	0.0577
IPC Europa(1)	0.00418126	0.00218469	1.914	0.0605
TPM EEUU(9)	0.00965688	0.00505754	1.909	0.0611
IPC Europa(5)	0.00484743	0.00255292	1.899	0.0625
Euronext(6)	0.154546	0.0872936	1.77	0.0818
Euronext(7)	-0.135519	0.0768514	-1.763	0.083
Dow Jones(5)	-0.152244	0.0879121	-1.732	0.0885
Euronext(1)	-0.112167	0.065381	-1.716	0.0915

En el modelo VAR considerando factores externos al mercado de construcción chileno entre 2003 y 2022, inicialmente se aprecia una fuerte relación explicativa, evidenciada por un R-cuadrado de 0.781664, aunque el ajuste del modelo se reduce significativamente después de la corrección (R-cuadrado corregido = 0.159963). Los coeficientes indican la influencia de las variables externas rezagadas en el Índice de Costos de Construcción. La Inflación de Europa (IPC Europa) con un retardo de 9 meses, los Costos de Edificación con un retardo de 4 meses, y la Tasa Política Monetaria del Reino Unido (TPM Reino Unido) con un retardo de 4 meses, presentan los efectos más

ENGLISH VERSION.....

fuertes y significativos sobre el índice en estudio. Además, la presencia significativa del NASDAQ al décimo, y la Tasa de Política Monetaria de EE.UU. (TPM EEUU) y el índice SSE con sus rezagos, sugiere que estos factores son predictores relevantes y de corto plazo del Índice de Costos de Edificación. Los coeficientes negativos para el Dow Jones (retardo de 6 meses) y Euronext (retardo de 7 meses) indican que el aumento en sus valores estaba asociado con una disminución en el índice de costos en el período analizado. En diálogo con los resultados del estudio interno, se evidencia una relevancia de las variables financieras internacionales en los costos de edificar en Chile, reflejando la interdependencia económica global y cómo factores como la política monetaria y los mercados de valores pueden impactar en la industria de la construcción a nivel nacional. Sin embargo, el valor p del modelo sugiere que las relaciones detectadas podrían deberse a la variabilidad aleatoria en la muestra (valor $p = 0.155563$). Es decir, el modelo no permite sacar conclusiones categóricas y por eso se lleva a cabo una tercera modelación con todas las variables estadísticamente significativas, internas y externas, para buscar complejizar el análisis. (Tabla 4)

Tabla 5. Resultado modelo VAR con variable externas e internas estadísticamente relevantes para variable dependiente = Índice de Costos de Construcción 2003-2022. Observaciones = 228. Log-verosimilitud = 4774.45. R-cuadrado = 0.618176 (R-cuadrado corregido = 0.189963). Valor $p = 0.026648$

Variables	coeficiente	Desviación típica	Estadístico t	valor-p
constante	0.00708767	0.00225911	3.137	0.0022
TPM EEUU (6)	-0.0108553	0.00371895	-2.919	0.0043
IPC EURO (12)	0.00396993	0.0013984	2.839	0.0054
Índice de costos de edificación (8)	-2.56014	0.920095	-2.782	0.0064
TPM USA (9)	0.00982733	0.00360223	2.728	0.0074
Materiales de Construcción (8)	1.17293	0.437276	2.682	0.0085
Sueldos de trabajadores de la Construcción (8)	1.17242	0.443269	2.645	0.0094
IPC EURO (9)	0.00366717	0.00143438	2.557	0.012
IPC EURO (10)	0.0036644	0.00144246	2.54	0.0125
IPSA (5)	0.0530734	0.0226139	2.347	0.0208
IPSA (6)	0.05316	0.0229516	2.316	0.0225
NASDAQ (10)	0.0983122	0.0428727	2.293	0.0238
Dow Jones (12)	0.112612	0.0499508	2.254	0.0262
Materiales de Construcción (6)	0.857961	0.411106	2.087	0.0393
NASDAQ (9)	0.0793559	0.0394963	2.009	0.047
TPM Reino Unido (4)	-0.0141117	0.00718249	-1.965	0.052
NASDAQ (12)	-0.0815536	0.0423073	-1.928	0.0565
TPM EEUU (2)	-0.00647041	0.00350354	-1.847	0.0675
Sueldos de trabajadores de la Construcción (5)	0.731706	0.399577	1.831	0.0699
Índice de costos de edificación (5)	-1.49208	0.819042	-1.822	0.0713
Sueldos de trabajadores de la Construcción (6)	0.76272	0.419648	1.818	0.0719
Dow Jones (9)	-0.0881370	0.0493378	-1.786	0.0769
Índice de costos de edificación (6)	-1.52551	0.86544	-1.763	0.0808
IPC EURO (8)	0.00261969	0.00149854	1.748	0.0833

Al contar con los modelos VAR para variables únicamente internas y otro para variables únicamente externas en cuanto a factores macroeconómicos, se hace una nueva modelación que incorpora las variables internas y externas que fueron estadísticamente significativas en las dos etapas anteriores. Los resultados estadísticamente relevantes se pueden ver en la (Tabla 5). A partir de los resultados de la (Tabla 5), se pueden presentar algunos hallazgos relevantes para este análisis. El modelo arrojó un R-cuadrado de 0.618176, lo que indica una fuerte relación entre las variables incluidas en el modelo y la variable dependiente. El R-cuadrado ajustado es de 0.189963, sugiriendo que, después de ajustar por el número de predictores, el modelo aún explica una proporción significativa de la variabilidad del índice de costos de construcción. La significancia del modelo se confirma con un valor p de 0.026648, indicando que las relaciones encontradas son estadísticamente significativas. El análisis revela influencias tanto internas como externas. Los coeficientes negativos significativos para la Tasa de Política Monetaria de EE. UU. con seis meses de rezago ($p = 0.0043$) y los costos de construcción con ocho meses de rezago ($p = 0.0064$) indican una relación inversa con el índice de costos de construcción actual. La Inflación de Europa con doce meses de rezago ($p = 0.0054$) y la Tasa de Política Monetaria de EE. UU. con nueve meses de rezago ($p = 0.0074$) tienen una influencia positiva significativa, lo que implica que los aumentos en estas variables se asocian con aumentos en el índice de costos de construcción.

Los coeficientes positivos y significativos para los sueldos y materiales de construcción sugieren que estos factores son predictores clave del índice de costos de construcción. En particular, los materiales de construcción con ocho meses de rezago ($p = 0.0085$) y los sueldos de trabajadores de la construcción con el mismo rezago ($p = 0.0094$) muestran una fuerte relación predictiva. Esto destaca la importancia de los costos de los insumos en la industria de la construcción.

Los mercados de valores, representados por NASDAQ y Dow Jones con retardos específicos, también muestran una relación predictiva, indicando la relevancia de las condiciones económicas generales en los costos de construcción. El modelo sugiere una interacción dinámica entre factores económicos tanto locales como globales que influyen en el índice de costos de construcción en Chile, donde los factores con mayor peso estadístico son externos. Finalmente, se procede a revisar la sensibilidad del Índice de Costos de Edificación ante un shock del tamaño de una desviación estándar en las variables del último modelo. La síntesis de estos resultados se pueden ver en la

ENGLISH VERSION.....

(Figura 3) y en la (Tabla 6).



Figura 3. Resultado de shock del tamaño de una desviación estándar sobre la variable log Índice de Costos de Edificación

Tabla 6. Síntesis de variaciones por mes del impacto de un shock de una desviación estándar sobre log Índice de Costos de Edificación

Periodos proyectados	Índice de Costos de Edificación	Costo de Materiales de Construcción	Sueldos de trabajadores de la Construcción	IPSA	Dow Jones	SSE	NASDAQ	TMP EEUU	TMP Reino Unido	IPC Euro
1	0.0068775	0.0057966	0.0085837	7.38E-05	-0.0058334	0.0020095	-0.0059677	0.024606	-0.0023156	-0.0003156
2	-0.0014417	-0.0009738	-0.002211	-0.0008559	0.0021903	0.0011777	-0.0007659	-0.016182	0.012523	-0.013802
3	0.00042295	0.00050303	0.00056106	0.0010208	0.00060828	0.0013599	1.90E-05	-0.0067554	0.007199	-0.0020451
4	0.00063128	3.15E-05	0.0012426	0.0024843	-0.0017468	0.0010463	-0.0017675	0.031886	-0.0027609	0.028131
5	-0.0014766	-0.0008949	-0.0022319	0.0023102	0.002165	0.010479	0.00070449	0.0058457	-0.0035052	0.021052
6	-0.0005501	-0.0006745	-0.0003535	-0.0020554	0.0017946	0.0017589	0.002627	-0.007557	0.011496	0.035018
7	0.00045396	0.00082657	3.64E-06	-0.0002778	-0.0022395	-0.0029423	-0.0049708	0.0034214	-0.018611	-0.025472
8	-0.0001348	-0.0013706	0.0012813	-0.0001701	-0.0025364	0.0022935	-0.0026416	-0.025241	0.0033957	-0.042488
9	0.00033479	0.0010955	-0.0003896	-0.000799	0.0021129	0.00086494	0.0021441	0.0066386	0.0072164	-0.020807
10	0.00048213	0.00078329	0.00012203	2.26E-05	0.00057671	0.0026713	0.0014917	-0.055621	-0.0028505	0.011308
11	0.00048782	0.00083221	0.00023583	-0.0002214	-0.0007048	-0.0010037	-0.0031015	0.024075	0.0077573	-0.034039
12	-0.0014258	-0.0006383	-0.0023799	-0.0024539	-0.0018089	0.0014018	-0.0017447	-0.025187	-0.00977	0.063967
13	0.0009775	0.000369	0.001707	-0.0005406	0.0025597	-0.0001818	0.0029898	0.015385	0.0045476	0.0014256
14	0.00018345	0.00037122	-0.0001281	0.0013711	-0.0019574	-0.0026107	-0.001448	0.011454	-0.0007823	0.020115
15	-0.0007582	-0.0009085	-0.0005937	-0.0025753	-0.0009466	0.0004289	-0.0019292	-0.0030314	0.0018282	0.020402
16	0.0010331	0.0005412	0.0016884	-0.0007066	6.88E-05	2.73E-05	8.80E-05	0.0086342	-0.0016398	-0.056806
17	-0.0004448	-0.0006665	-0.0003399	-0.0009632	-0.0009477	-0.0026759	-0.001376	-0.0040057	0.0039529	-0.0047468
18	-0.0004236	-0.0001159	-0.0006238	0.00054842	-0.0028298	-0.0038086	-0.0016391	0.011008	0.006541	0.030039
19	0.00032196	0.00040083	0.00018949	0.001343	-0.0013393	-0.0023974	-0.0013582	-0.0054468	0.00061836	-0.013278
20	0.00023856	0.00061263	-0.0001334	0.0012249	0.0014942	0.0047145	0.0012217	0.0092692	-0.0029739	0.0070216
21	-0.0004612	-2.37E-05	-0.0010309	0.0012036	-0.000731	-0.002866	-0.0003231	0.0055327	0.0026054	-0.020897
22	0.00031264	0.00052144	3.56E-05	-4.24E-05	0.00067596	-0.0001494	0.0010392	0.0011212	-0.0060034	-0.010997
23	0.00043161	3.21E-05	0.00097361	-0.0002834	-0.0005303	-6.44E-05	-0.0006136	0.015685	0.006318	0.012866
24	-4.22E-05	0.0003185	-0.0004718	-0.0005992	-1.41E-05	0.00020502	-0.0011039	-0.0082836	-0.0040933	-0.00257

El análisis de sensibilidad para el Índice de Costos de Edificación frente a shocks de una desviación estándar en las variables externas e internas revela variaciones significativas en respuesta a los distintos factores económicos y financieros. Las tres variables que presentan el mayor impacto son el IPC de Europa, la Tasa Política Monetaria de Estados Unidos y de Reino Unido, el indicador de la bolsa de valores de Shanghai (SSE) y el NASDAQ de Estados Unidos, cerca del Dow Jones. Las variables internas, por su parte, tienen un impacto agregado algo menor, siendo el sueldo de los trabajadores y el IPSA los que presentan mayores efectos sobre el Índice de Costos de Edificación.

Para verificar la validez de este modelo, se hace una evaluación por raíz del error cuadrático medio (RMSE) de las predicciones del modelo VAR. El resultado es $RMSE = 0.00687754$, donde un RMSE bajo indica un mejor ajuste del modelo a los datos. En este caso, el RMSE es óptimo por lo que el resultado ofrece buena capacidad predictiva y se pueden sacar conclusiones de sus hallazgos.

4. Discusión y conclusiones

Gamil y Alhagar planteaba que los eventos asociados al COVID-19 tuvieron un impacto importante la industria de la construcción, especialmente por la suspensión de proyectos, el impacto en la mano de obra y la pérdida de empleo, lo que devino en el aumento de costos (Gamil and Alhagar, 2020). Uno de los aprendizajes de la pandemia para la industria de la construcción fue que es imperioso generar mecanismo preventivos ante eventos que inicialmente poco se relacionan con la industria pero que le terminan afectando. En este caso, se ha revisado la implicancia de factores externos constantes como IPC, tasa política monetaria y rendimiento financiero de las bolsas de valores en diversos lugares del mundo. La evidencia aquí presentada indica que es necesario que la industria de la construcción reconozca sin complejos como propias de sus vaivenes las influencias de factores externos sobre el proceso de producción local. Esto permitirá planificar mejor y, eventualmente, ampliar las variables a considerar antes de iniciar una obra. En este ámbito, se ha revisado el índice de costos de edificación con evidencia que permite complejizar el desarrollo de un plan de negocios inmobiliario, al complementar con factores internacionales la modelación de costos. Por ejemplo, la inflación en la Eurozona y la tasa política monetaria de Estados Unidos tienen impactos considerables sobre el costo de la edificación en Chile y esto, también, podría estar repercutiendo sobre el precio de la vivienda, dificultando su acceso en una nación que enfrenta una crisis habitacional. Por otro lado, dentro de los aspectos inflacionarios, se ha estudiado cómo la guerra entre Rusia y Ucrania ha tenido impactos sobre el proceso inflacionario en la Eurozona (Maurya et al., 2023); (Mayr, 2022), lo que, a partir de la evidencia entregada por este estudio, bien podría estar impactando también en la producción edificatoria local. Los ciclos del costo de edificación en Chile, entonces, no solo dependen de la capacidad productiva local y de la salud de la economía nacional, sino también de lo que ocurre con algunos de los principales socios comerciales internacionales de esta nación. En esta materia, especial cuidado merece la inflación en Estados Unidos, que según este modelo tiene un mayor impacto al alza sobre el costo de edificación en Chile entre las variables estudiadas. Por otro lado, el peso de factores financieros externos como políticas monetarias o rendimientos de bolsas de valores, está muy presente en los resultados. La financierización también afecta al proceso de producción edificatoria, algo que debiera abordarse de manera integral e interdisciplinaria por las complejidades que implica para el desarrollo de un mercado inmobiliario sano.

Debido a la importancia de revisar las variables de mayor significancia sobre los costos de edificación, la evidencia indica que los shocks de precio del petróleo en las naciones G7 tiene un peso estadístico considerable sobre las crisis financieras e inflacionarias (Wen et al., 2021). Luego, están también los efectos de rebote. En un inicio, la pandemia produjo un declive en la inflación mundial pero que luego de un periodo de adaptación decantó en una crisis inflacionaria de la que se viene hablando en los últimos años (Ha et al., 2021). También es considerable el problema de la avaricia instalado por la economista Isabella Weber, indicando que parte la inflación en Europa se debe a la escasa regulación sobre rentabilidades y acaparamiento de oferta por parte de algunos grupos empresariales, lo que también tendría efecto en los costos edificatorios en Chile (Weber and Wasner, 2023). Debido a que el IPC de Europa es una de las variables con mayor impacto en este modelo, esa avaricia explicada por Weber y Wasner podría estar influyendo directamente en el costo de producción chileno.

Al aplicar un modelo de series de tiempo con buenos resultados para la proyección de escenarios, este artículo contribuye en desarrollar un enfoque integral por encima de la contingencia, encontrando patrones estructurales que ayudan a explicar la formación de los costos de construcción. Otros factores podrían usarse para complementar este estudio, como el PIB por sectores, las expectativas económicas o el endeudamiento, por mencionar algunas. Metodológicamente, el enfoque presentado en este artículo facilita la incorporación de otras variables para robustecer el análisis y lograr un modelo predictivo óptimo. Aun así, los resultados aquí presentados ofrecen significancias estadísticas óptimas y relaciones de interdependencia entre las variables sin multicolinealidad que permiten plantear que la evidencia da cuenta de relaciones con características causales y con cierta capacidad predictiva, enfoques que ya habían sido dados por (Idrovo-Aguirre y Contreras-Reyes, 2021) para el caso de la relación entre minería y desarrollo inmobiliario. El artículo cumple su objetivo de identificar variables macroeconómicas estadísticamente relevantes sobre los costos de edificación en Chile. Al respecto, las pruebas econométricas han resultado robustas.

5. Referencias

- Abdullah, N. A.; Mohd Kamar, I. F.; Mustapa, N. A.; Che Ahmad, A.; Abdullah, M. N.; Syed Mustafa, S. A. H. (2021). Economic challenges: Conceptual framework on factors affecting construction cost during COVID-19 pandemic in malaysia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 881(1), 012020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/881/1/012020>
- Apostolakis, G.; Papadopoulos, A. P. (2019). Financial Stability, Monetary Stability and Growth: A PVAR Analysis. En OPEN ECONOMIES REVIEW (Vol. 30, Número 1, pp. 157-178). SPRINGER. <https://doi.org/10.1007/s11079-018-9507-y>
- Asuquo, C. F.; Ogwueleka, A. C. (2019). Identification of key macroeconomic variables for forecasting housing construction costs in Nigeria. International Journal of Sustainable Real Estate and Construction Economics, 1(3), 261. <https://doi.org/10.1504/IJSRECE.2019.097679>
- Cheng, M.-Y.; Hoang, N.-D.; Wu, Y.-W. (2013). Hybrid intelligence approach based on LS-SVM and Differential Evolution for construction cost index estimation: A Taiwan case study. Automation in Construction, 35, 306-313. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.018>
- de Dios Tena, J.; Espasa, A.; Pino, G. (2010). Forecasting Spanish Inflation Using the Maximum Disaggregation Level by Sectors and Geographical Areas. International Regional Science Review, 33(2), 181-204. <https://doi.org/10.1177/0160017609336629>
- Demary, M. (2010). The interplay between output, inflation, interest rates and house prices: International evidence. Journal of Property Research, 27(1), 1-17. <https://doi.org/10.1080/09599916.2010.499015>

ENGLISH VERSION.....

- Domeij, D.; Ellingsen, T. (2018).** Rational bubbles and public debt policy: A quantitative analysis. *Journal of Monetary Economics*, 96, 109-123. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2018.04.005>
- Gamil, Y.; Alhagar, A. (2020).** The Impact of Pandemic Crisis on the Survival of Construction Industry: A Case of COVID-19. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 11(4), 122. <https://doi.org/10.36941/mjss-2020-0047>
- Gelain, P.; Lansing, K. J.; Mendicino, C. (2013).** House prices, credit growth, and excess volatility: Implications for monetary and macroprudential policy. *International Journal of Central Banking*, 9(2), 219-276. <http://www.frbsf.org/publications/economics/papers/2012/wp12-11bk.pdf>
- Ha, J.; Kose, M. A.; Ohnsorge, F. (2021).** Inflation During the Pandemic: What Happened? What is Next? *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3881502>
- Idrovo-Aguirre, B. J.; Contreras-Reyes, J. E. (2021).** The Response of Housing Construction to a Copper Price Shock in Chile (2009–2020). *Economies*, 9(3), 98. <https://doi.org/10.3390/economies9030098>
- Larasati, D.; Ekawati, N.; Triyadi, S.; Muchlis, A. F.; Wardhani, A. (2021).** Impact of the Pandemic COVID-19 on the Implementation of Construction Contracts. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 738(1), 012075. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/738/1/012075>
- Li, X.; Zhang, C. (2021).** Did the COVID-19 Pandemic Crisis Affect Housing Prices Evenly in the U.S.? *Sustainability*, 13(21), 12277. <https://doi.org/10.3390/su132112277>
- Maurya, P. K.; Bansal, R.; Mishra, A. K. (2023).** Russia–Ukraine conflict and its impact on global inflation: An event study-based approach. *Journal of Economic Studies*. <https://doi.org/10.1108/JES-01-2023-0003>
- Mayr, J. (2022).** Inflationsausblick—Kosten des Krieges treiben Inflation in neue Höhen. *Wirtschaftsdienst*, 102(3), 236-238. <https://doi.org/10.1007/s10273-022-3140-5>
- McDonald, J. F.; Stokes, H. H. (2013).** Monetary Policy and the Housing Bubble. En *JOURNAL OF REAL ESTATE FINANCE AND ECONOMICS* (Vol. 46, Número 3, pp. 437-451). SPRINGER. <https://doi.org/10.1007/s11146-011-9329-9>
- Medina, J. P. (2021).** Mining development and macroeconomic spillovers in Chile. *Resources Policy*, 70, 101217. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.06.008>
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2022).** Plan de Emergencia Habitacional. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. <https://www.minvu.gob.cl/plan-de-emergencia-habitacional/>
- Oladipo, F.; Oni, O. (2012).** Review of Selected Macroeconomic Factors Impacting Building Material Prices in Developing Countries – A Case Of Nigeria. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, 5(2), 131-137. <https://doi.org/10.4314/ejesm.v5i2.3>
- Puci, J.; Demi, A.; Kadiu, A. (2023).** Impact of macroeconomic variables on the construction sector. *Corporate and Business Strategy Review*, 4(1), 22-30. <https://doi.org/10.22495/cbsrv4i1art2>
- Sabaté, I. (2016).** Mortgage indebtedness and home repossessions as symptoms of the financialisation of housing provisioning in Spain. *Critique of Anthropology*, 36(2), 197-211. <https://doi.org/10.1177/0308275X15614636>
- Vergara-Perucich, J.-F. (2022).** Is There Financialization of Housing Prices? Empirical Evidence from Santiago de Chile. En *ECONOMIES* (Vol. 10, Número 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/economies10060125>
- Weber, I.; Wasner, E. (2023).** Sellers' Inflation, Profits and Conflict: Why can Large Firms Hike Prices in an Emergency? *Economics Department Working Paper Series*, 2023(2), 1-52. https://scholarworks.umass.edu/econ_workingpaper/343/
- Wen, F.; Zhang, K.; Gong, X. (2021).** The effects of oil price shocks on inflation in the G7 countries. *The North American Journal of Economics and Finance*, 57, 101391. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2021.101391>