

Universidad de Lima
Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas
Carrera de Economía



CASO DE ESTUDIO: INDICADORES DE PRECIOS Y DE COMPETENCIA EN EL MERCADO DE COMPRAS PÚBLICAS DE VENTILADORES MECÁNICOS EN PERÚ Y CHILE

Trabajo de suficiencia profesional para optar el Título Profesional de Economista

Fernando López Maya

Código 20150783

Asesor

Carlos Hugo Mendiburu Díaz

Lima – Perú
Octubre del 2023





**CASE STUDY: PRICE AND COMPETITION
INDICATORS IN THE VENTILATORS
PROCUREMENT MARKET IN PERÚ AND
CHILE**

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUCCIÓN	11
2. ANTECEDENTES.....	14
3. HECHOS ESTILIZADOS	16
3.1 El sector salud en Perú y Chile	16
3.2 Ventiladores mecánicos en Perú y Chile.....	18
3.2.1 Perú	19
3.2.2 Chile.....	24
4. MARCO TEÓRICO	32
4.1 Competencia e indicadores tradicionales de competencia.....	32
4.1.1 Competencia.....	32
4.1.2 Indicadores de competencia.....	34
4.2 Relación entre los precios y competencia.....	39
4.3 Teoría de grafos y su aplicación en el análisis de competencia.....	42
4.3.1 Principales conceptos de la teoría de grafos	42
4.3.2 Principales indicadores utilizados para el análisis de grafos	45
4.3.3 Aplicación de la teoría de grafos en el análisis de competencia.....	49
5. METODOLOGÍA	51
6. ANÁLISIS.....	55
6.1. Análisis de grafos.....	55
6.1.1 Perú	55
6.1.2 Chile.....	59
6.1.3 Resumen del análisis de grafos	63
6.2. Resultados de los modelos econométricos.....	66
6.2.1 Perú	66
6.2.2 Chile.....	68
7. CONCLUSIONES.....	72
8. RECOMENDACIONES.....	74
REFERENCIAS.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Distribución de los ventiladores mecánicos adjudicados por entidad en Perú	21
Tabla 3.2 Distribución de los ventiladores mecánicos adjudicados por empresa en Perú	23
Tabla 3.3 Distribución de los ventiladores mecánicos adjudicados por entidad en Chile	28
Tabla 3.4 Distribución de los ventiladores mecánicos adjudicados por empresa en Chile	30
Tabla 6.1 Índices de entropía – Perú.....	57
Tabla 6.2 Índices de entropía condicional – Perú	58
Tabla 6.3 Grado promedio de entidades y empresas – Perú.....	59
Tabla 6.4 Índices de entropía – Chile	61
Tabla 6.5 Índices de entropía condicional – Chile.....	62
Tabla 6.6 Grado promedio de entidades y empresas – Chile.....	63
Tabla 6.7 Resumen comparativo entre Perú y Chile de los indicadores de grafos.....	64
Tabla 6.8 Resumen de los resultados de los indicadores de concentración e indicadores de grafos.....	65
Tabla 6.9 Resultados econométricos para el Perú	68
Tabla 6.10 Resultados econométricos para el Chile	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Indicadores de equipamiento de camas y personal de cirugía.....	17
Figura 3.2 Evolución del gasto en salud como porcentaje del PBI	18
Figura 3.3. Ventilador mecánico marca Neumovent	19
Figura 3.4 Evolución de adquisición gubernamental de ventiladores mecánicos en el Perú (cantidad).....	20
Figura 3.5 Evolución de la adquisición gubernamental de ventiladores mecánicas en Perú (S/ miles)	20
Figura 3.6 Evolución de la concentración de mercado en las compras públicas de ventiladores mecánicos (HHI) en Perú	24
Figura 3.7 Evolución de adquisición gubernamental de ventiladores mecánicos en Chile (cantidad)	25
Figura 3.8 Evolución de la adquisición gubernamental de ventiladores mecánicas en Chile (CHL\$ millones)	26
Figura 3.9 Evolución de la concentración de mercado en las compras públicas de ventiladores mecánicos (HHI) en Chile.....	31
Figura 4.1 Clasificación de indicadores de competencia según OECD	35
Figura 4.2 Estimación del CR y HHI (ejemplo ilustrativo).....	39
Figura 4.3 Estructuras de mercado (ejemplo ilustrativo).....	42
Figura 4.4 Ejemplo de grafo	43
Figura 4.5 Grafos dirigidos y no dirigidos.....	44
Figura 4.6 Grafos bipartitos	45
Figura 4.7 Estimación del índice de entropía e índice de entropía condicional (ejemplo ilustrativo).....	48
Figura 4.8 Recopilación de los indicadores de grados.....	48
Figura 5.1 Interpretación del índice de entropía	52
Figura 5.2 Interpretación del índice de entropía condicional	53
Figura 6.1 Grafo del mercado de adquisición gubernamental de ventiladores mecánicos en el Perú	56

Figura 6.2 Grafo del mercado de adquisición gubernamental de ventiladores mecánicos en Chile.....60



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Fuentes de información	80
Anexo 2: Consideraciones econométricas del MCO	82
Anexo 3: Tratamiento a las bases de datos para la estimación econométrica	84



RESUMEN

El principal objetivo de la investigación es estudiar la relación entre los precios y la competencia el mercado de compras públicas de ventiladores mecánicos en Perú y Chile durante el período 2010-2022. Además, se busca evaluar la aplicabilidad de la teoría de grafos para medir la competencia en un mercado. Para ello, el estudio realiza un análisis de las dinámicas competitivas de los mercados mediante indicadores de grafos como el grado de los nodos, el índice de entropía y el índice de entropía condicional, además de indicadores tradicionales como el número de postores, los ratios de concentración (CR4, CR10) y el Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI). El análisis econométrico encontró que el número de postores tiene una relación inversa y significativa con los precios. Esto permite establecer algunas recomendaciones de política, así como lecciones aprendidas para futuras investigaciones que busquen profundizar en la aplicabilidad de indicadores de grafos en el análisis de competencia.

Línea de investigación: 5300 - 2. B6

Palabras clave: Competencia, Análisis de redes, Compras públicas, Ventiladores mecánicos.

ABSTRACT

The main objective of the investigation is to study the relationship between prices and competition in the public procurement market of mechanical ventilators in Peru and Chile between 2010 and 2022. Additionally, the study explored the applicability of graph theory to measure market competition. Therefore, the study develops a competition analysis through graph theory indicators like the node degree, the entropy index and the conditional entropy index, as well as traditional competition indicators as the number of bidders, concentration ratios (CR4, CR10) and the Herfindahl-Hirschman Index (HHI). The econometric analysis found that number of participants in the tender has a significant inverse relationship with prices. Results allow to make some public policy recommendations, as well as to future investigations that aim to extend research concerning applicability of graph indicators for competition analysis.

Line of research: 5300 - 2. B6

Keywords: Competition, Network analysis, Procurement, Mechanic ventilation

1. INTRODUCCIÓN

La competencia es una característica fundamental en los mercados para que, tanto las empresas como consumidores, maximicen su bienestar, salvo en casos específicos como fallas de mercado. Por eso, las autoridades buscan constantemente promover y proteger la competencia. Para ello, las instituciones de defensa de la competencia realizan investigaciones de mercado, análisis de control previo de operaciones de concentración, procedimientos sancionadores de conductas anticompetitivas, entre otras actividades. En todas ellas, el análisis de las estructuras de mercado es una de las principales tareas para entender las dinámicas competitivas.

Tradicionalmente, el Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) es el principal indicador para evaluar la estructura de la oferta en un mercado. El HHI mide la concentración del mercado sobre la base de las participaciones de mercado de todas las empresas. No solo la literatura económica teórica y empírica consideran el HHI como el principal indicador para tal fin, sino también las autoridades de competencia. Así, un mercado con HHI menor a 1,500 se suele considerar como de baja concentración, uno con HHI que se encuentra entre 1,500 y 2,500 se considera que está medianamente concentrado, mientras que uno con un valor superior a 2,500 se considera que tiene alta concentración. Por ejemplo, el nivel de concentración según el HHI, así como la su variación —en la evaluación de operaciones de concentración— permiten a la autoridad evaluar de manera preliminar la existencia de riesgos a la competencia (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y la Protección de la Propiedad Intelectual, 2022) (Fiscalía Nacional Económica, 2021) (U.S. Department of Justice; Federal Trade Commission, 2010).

Asimismo, existe bastante literatura económica y evidencia empírica que señala que la concentración de mercado genera un incremento en el nivel de precios, en perjuicio del consumidor (Berger & Hannan, 1989; Cowling & Waterson, 1976; Newmark, 2004). Muchos de estos estudios han evaluado la relación entre precios y concentración utilizando el HHI como indicador de concentración. No obstante, este indicador, si bien es ampliamente usado, es solo una foto de la estructura de mercado, la cual no considera las relaciones entre las que conforman esa estructura.

Cabe resaltar que esto no es una limitación grave, en la medida que la evaluación de la concentración de mercado es solo un análisis preliminar. La competencia depende de muchos otros aspectos como las barreras de entrada, el poder de dominio de una empresa, las relaciones verticales con otros mercados, el poder de negociación de los clientes, aspectos regulatorios, entre otros factores. Por ello, un análisis integral de competencia evalúa todos los aspectos necesarios entender las dinámicas competitivas.

A pesar de ello, es posible emplear otros indicadores que permitan capturar las dinámicas competitivas de las relaciones que conforman una estructura de mercado. Así, la teoría de grafos presenta herramientas ampliamente utilizadas para el análisis de redes que podrían ser aplicadas en el análisis de estructuras de mercado.

Para probar esto, el estudio analiza el mercado de las compras públicas de ventiladores mecánicos en Perú y Chile durante el período 2010-2022. La elección de Chile como país de referencia responde a su mejor posición relativa en los indicadores de salud del Banco Mundial. Para realizar el análisis propuesto este trabajo presenta dos aportes importantes. Por un lado, este trabajo tiene un aporte conceptual porque utiliza indicadores de grafos para estudiar la relación entre los precios y la concentración — medida a través de indicadores de grafos— en forma análoga a los clásicos estudios de precios-concentración. Por otro lado, se presenta una aplicación a las compras gubernamentales de ventiladores mecánicos en 2 países de la región, la cual incluye estimaciones econométricas, comparando los resultados a fin de extraer lecciones para la política de compras públicas, en particular en el sector salud.

En cuanto a las fuentes de información, en el caso de Perú, se realizó una solicitud de información al Organismo Supervisor de Contrataciones del Estado (OSCE); mientras que en el caso de Chile se realizó una descarga masiva del portal ChileCompra. Para el tratamiento de información y limpieza de base de datos se usaron los paquetes de software STATA y R. Para la elaboración de grafos se utilizó el software Gephi.

El análisis econométrico consistió en una regresión por MCO para relacionar el logaritmo natural del precio unitario adjudicado con los distintos indicadores de competencia. Este análisis se realizó para cada uno de los países analizados.

El documento se organiza de la siguiente manera. El capítulo 2 desarrolla brevemente los antecedentes de esta investigación mediante una revisión de estudios

sobre temas similares. El capítulo 3 presenta una descripción de los mercados evaluados en cada uno de los 2 países: Perú y Chile. El capítulo 4 presenta el marco teórico relevante para entender la competencia, la relación entre las variables y la teoría de grafos. El capítulo 5 plantea la metodología y fuentes de información que se utilizan para el estudio. El capítulo 6 presenta los resultados de análisis de grafos y la relación entre las variables de los mercados analizados. Finalmente, el capítulo 7 presenta las conclusiones y el capítulo 8 reseña algunas recomendaciones de política económica y para futuras investigaciones.



2. ANTECEDENTES

La presente investigación tiene dos componentes principales: (i) estudiar la relación entre los precios y la concentración, y (ii) analizar la competencia con indicadores de teorías de grafos. Ambos componentes, uno (i) en mayor medida que el otro (ii), han sido estudiados previamente

Por un lado, la relación entre precios y concentración ha sido estudiada ampliamente, tanto teórica como empíricamente, por la literatura económica. Newmark, C. (2004) realizó una compilación de diversas investigaciones que han estudiado la relación entre precios y concentración. Schmalensee (1989) realiza un análisis inter-industria en el que obtiene resultados robustos de una relación positiva entre la concentración y el nivel de precios. Koller y Weiss (1989), en su libro *Concentración y Precios*, recopila diversos de sus estudios sobre la relación entre ambas variables. Este autor concluye que efectivamente, la concentración sí incrementa los precios. Así, hay diversos autores que llegan a conclusiones similares sobre la relación entre la concentración y los precios (Cotterill, 1990; Dick, 2002; Kwoka, 1990).

Por otro lado, si bien la teoría de grafos no es un tema nuevo, el estudio de su aplicabilidad en el análisis de estructuras de mercado es un tema que ha cobrado relevancia en los últimos años. Principalmente, se han empleado indicadores de grafos para el análisis de mercado internacionales de commodities como cobre, petróleo, gas licuado, entre otros (An et al., 2014; Chen et al., 2016; Hao, 2023; Kang et al., 2022).

Específicamente, Fountoukidis et al. (2023) desarrolló un análisis de estructura del mercado de compras públicas de marcapasos en la Unión Europea. Este artículo es la principal base para el desarrollo del presente estudio, especialmente en cuanto a la metodología para analizar la estructura del mercado con los indicadores de grafos. Sin embargo, la presente investigación pone a prueba la aplicabilidad de estos indicadores realizando un estudio de precio y concentración. De esta manera, se busca adaptar esta metodología siguiendo a los estudios de precio y concentración clásicos, los cuales consideran los indicadores clásicos de concentración. Esto permitiría validar la aplicabilidad y viabilidad de utilizar indicadores de grafos para analizar estructuras de

mercado. Hasta donde ha sido posible explorar, esta es la primera investigación de su tipo para el caso peruano.



3. HECHOS ESTILIZADOS

El presente capítulo desarrolla los hechos estilizados del sector salud, con énfasis en la adquisición de ventiladores mecánicos, en Perú y Chile. Primero, se describe a rasgos generales la situación del sector salud en cada uno de los países (subcapítulo 3.1). Luego, se profundiza en el mercado de ventiladores mecánicos en cada uno de los países (subcapítulo 3.2).

3.1 El sector salud en Perú y Chile

El sistema de salud en ambos países está compuesto por el sistema público y el sistema privado. Si bien ambos sistemas tienen un funcionamiento similar, el sistema de salud en Chile muestra un mejor desempeño y calidad, en comparación al peruano. Esto se evidencia en indicadores del sistema de salud del Banco Mundial.

El ratio de camas por 1,000 habitantes en Perú asciende a 1.6, mientras que en Chile a 2.1. Así, Perú está por debajo del promedio de América Latina y el Caribe (LAC) de 1.9, mientras que Chile por encima. Sin embargo, ambos países están muy por debajo de los miembros de la OCDE, los cuales registran un promedio de 5.1 camas por 1,000 habitantes (Banco Mundial).¹

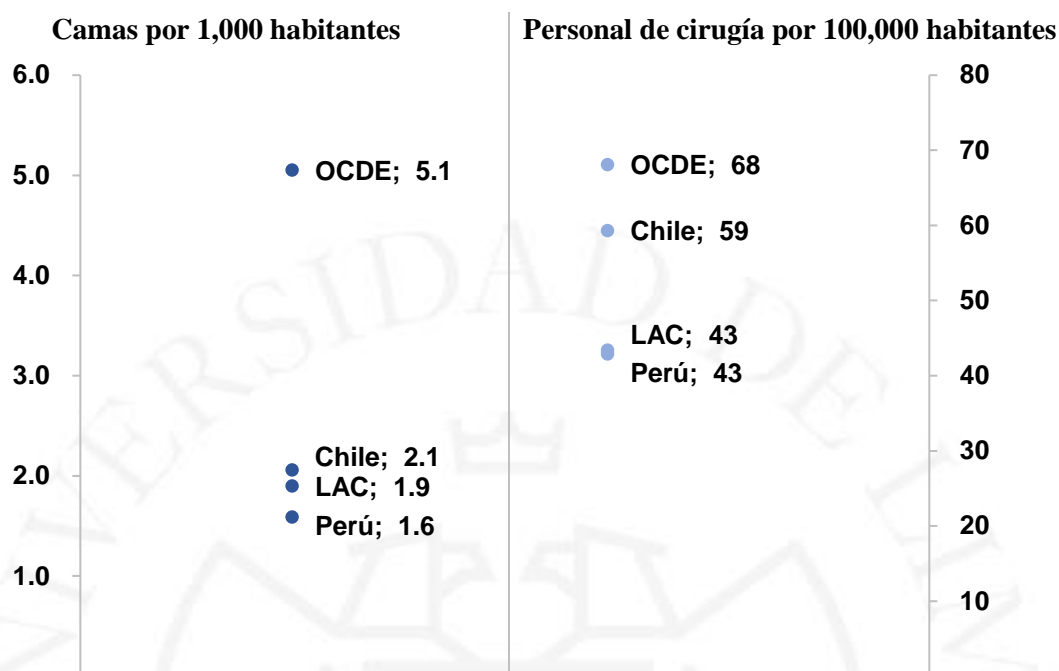
Las limitaciones se presentan no solo en equipamiento, sino también en capital humano. En el Perú, el personal especializado en cirugía por cada 100 mil habitantes es 43, similar al promedio en LAC, mientras que en Chile, la cifra asciende a 59. De manera similar, ambos países se encuentran por debajo del promedio de los miembros de la OCDE, el cual asciende a 68 (Banco Mundial).² Estas cifras reflejan que los recursos con los que cuentan ambos sistemas de salud, especialmente en el caso peruano, son insuficientes.

¹ El valor de Perú y América Latina y el Caribe corresponde al 2017, mientras que el de Chile y OCDE a 2018. Todos son los últimos valores reportados por el Banco Mundial.

² El valor de Chile corresponde al 2012, el de Perú a 2014 y el de América Latina y el Caribe y OCDE corresponde al 2015. Todos son los últimos valores reportados por el Banco Mundial.

Figura 3.1

Indicadores de equipamiento de camas y personal de cirugía: comparación internacional

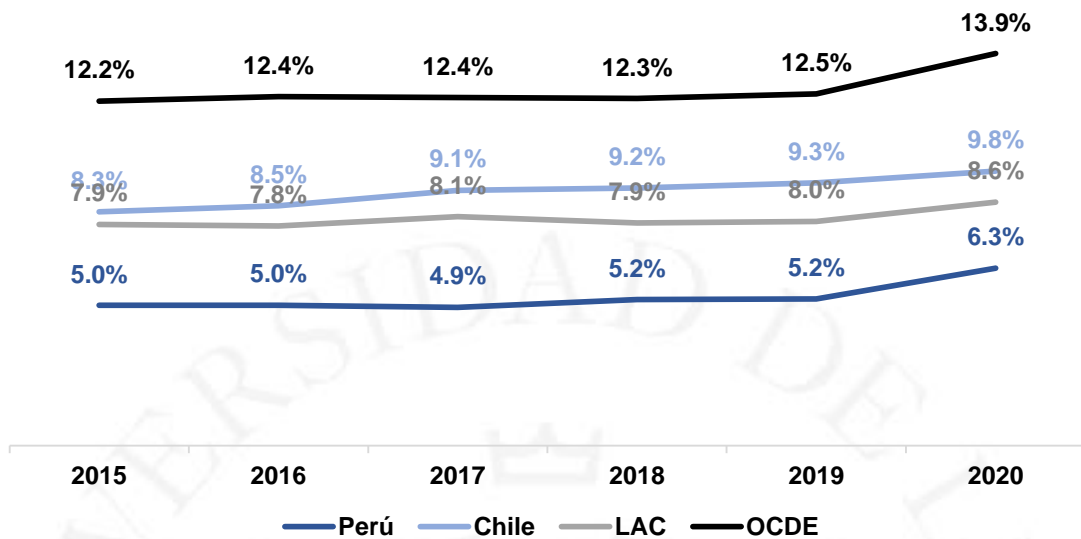


Fuente: De *World Development Indicators*, por Banco Mundial, s.f.
(<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>)

El retraso del sistema de salud en comparación a otros países está relacionado con el gasto público. En el 2020, el gasto público en salud como porcentaje del PBI ascendió a 6.3% en el caso peruano y a 9.1% en el caso chileno. Sin embargo, en Perú este valor es atípico, ya que se destinaron más recursos a este sector para combatir la pandemia de Covid-19. En realidad, en Perú, el gasto en salud como porcentaje del PBI asciende a 5.1%, en promedio durante el período 2015-2019. Este nivel de gasto es muy por debajo al de LAC y OCDE, los cuales se encuentran en 8.6% y 13.9%, respectivamente.

Figura 3.2

Evolución del gasto en salud como porcentaje del PBI: comparación internacional



En resumen, se ha evidenciado que, si bien el sistema de salud de Chile es un poco mejor que el de Perú, ambos se encuentran todavía por debajo de países desarrollados.

3.2 Ventiladores mecánicos en Perú y Chile

En el presente subcapítulo se revisan las principales tendencias de la adquisición de ventiladores mecánicos en el Perú y Chile. Los equipos de ventilación mecánica son un dispositivo médico que permite administrar soporte ventilatorio y oxigenatorio a pacientes con insuficiencia respiratoria (Gutiérrez, 2011). Por ello, resultan esenciales para el tratamiento de pacientes en estado crítico. Este tipo de dispositivos médicos cobraron especial relevancia durante la pandemia, período en el cual la alta demanda por estos equipos, se hizo notar la importancia y escasez de estos equipos críticos.

Figura 3.3.

Ventilador mecánico marca Neumovent



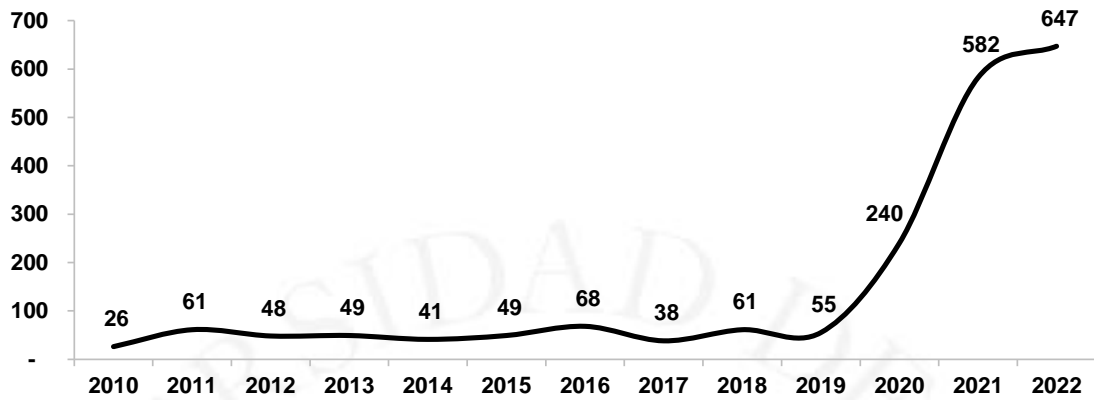
Nota. De Ventilador Mecánico Neumovent GraphNet Advance, s.f.
(<https://ddmmmedical.com/producto/ventilador-mecanico-neumovent-graphnet-advance/>)

3.2.1 Perú

Durante el período 2010-2022, el Estado Peruano ha adquirido 1,965 ventiladores mecánicos por un valor adjudicado total de S/319 millones. La Figura 3.4 muestra la evolución de la adquisición de ventiladores mecánicos por entidades públicas en el Perú. Se observa que, debido a la pandemia, la compra promedio de estos dispositivos durante el período 2020-2022 incrementó en más de 700%, con respecto al promedio del período 2010-2019. Según estos datos, el precio promedio de un ventilador mecánico durante este período 2010-2022 es S/ 162 mil (US\$ 45 mil, considerando un promedio simple de los tipos de cambio promedio de cada año).

Figura 3.4

*Evolución de adquisición gubernamental de ventiladores mecánicos en el Perú
(cantidad)*

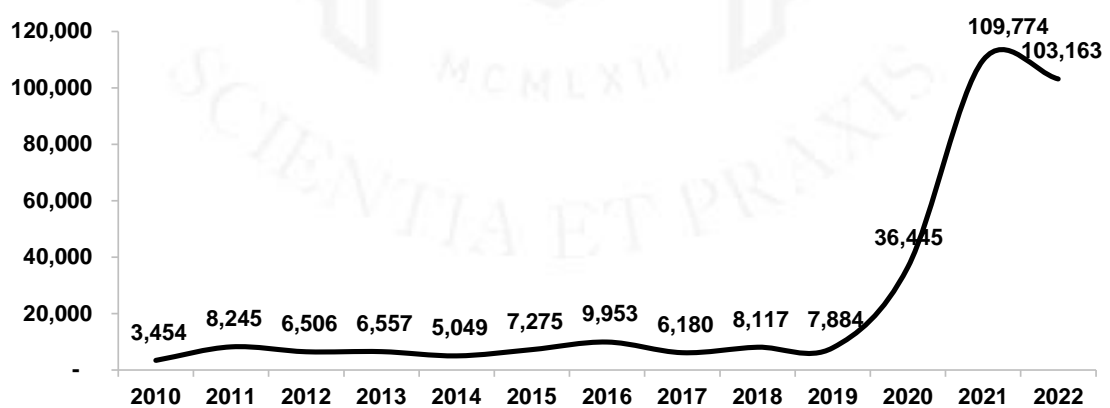


La

Figura 3.5 muestra la adquisición de ventiladores en valor. Se observa el mismo comportamiento creciente a partir del 2020. Sin embargo, el monto adquirido disminuye en el 2022, a pesar de que la cantidad de ventiladores sí incremento.

Figura 3.5

*Evolución de la adquisición gubernamental de ventiladores mecánicas en Perú (S/
miles)*



En cuanto a los agentes del mercado, las entidades públicas actúan como contratantes, mientras que las empresas actúan como proveedores del Estado. Por un lado,

las entidades públicas que han adquirido más ventiladores mecánicos son el Ministerio de Salud, el Hospital Nacional Hipólito Unanue y los gobiernos regionales de La Libertad, Ica y Lima. La

Tabla 3.1 muestra la distribución de los ventiladores mecánicos licitados en los procesos convocados por las distintas entidades públicas.

Tabla 3.1

Distribución de los ventiladores mecánicos adjudicados por entidad en Perú

N.º	Entidad	Número de ventiladores (#)	Participación (%)
1	Ministerio de Salud	1 105	56%
2	Hospital Hipólito Unanue	55	3%
3	Gobierno Regional de La Libertad	52	3%
4	Hospital Regional de Ica (GORE)	26	1%
5	Gobierno Regional de Lima	26	1%
6	Hospital Cayetano Heredia	23	1%
7	Hospital de apoyo III Sullana (GORE)	23	1%
8	Gobierno Regional de Amazonas	21	1%
9	IAFAS Del Ejercito del Perú (Fospeme)	21	1%
10	Hospital Regional Docente de Trujillo (GORE)	20	1%
	Resto del mercado	593	30%
	Total	1 965	100%

Por otro lado, 165 empresas han participado en los procesos convocados; sin embargo, solo 66 de ellas han logrado adjudicarse al menos un proceso. En cuanto al número de ventiladores mecánicos, las principales empresas que se han adjudicado los contratos para proveer al Estado de ventiladores mecánicos son Cardiopulmonary Care, Draeger Perú, Clinic Medic, entre otras. La

Tabla 3.2 muestra la distribución de los ventiladores mecánicos licitados en los procesos convocados por las distintas empresas.



Tabla 3.2*Distribución de los ventiladores mecánicos adjudicados por empresa en Perú*

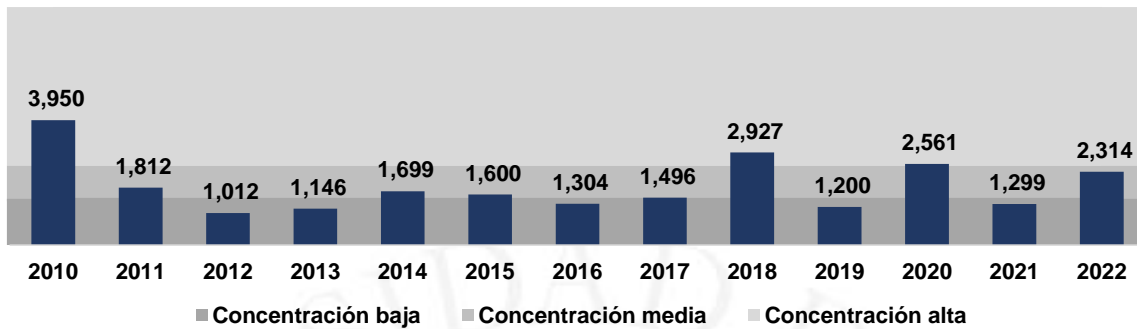
N.º	Entidad	Número de ventiladores (#)	Participación (%)
1	Cardiopulmonary Care	465	24%
2	Draeger Perú	323	16%
3	Clinic Medic	201	10%
4	Vitaltec S	159	8%
5	Bascat Y	117	6%
6	Spectrum Ingenieros	116	6%
7	Nova Medical	107	5%
8	DDM Medical	71	4%
9	Roca	58	3%
10	Silmed	44	2%
11	Resto del mercado	304	15%
Total		1 965	100%

Sobre la base de las participaciones de mercado en función al número de ventiladores, se estima el nivel de concentración del mercado, medido a través del HHI. La Figura 3.6 muestra la evolución de la concentración en el mercado de compras públicas de ventiladores mecánicos por el lado de las empresas. Se observa que la concentración de mercado —medida a través del HHI—, se ha encontrado en la mayoría de los años en niveles de media y baja concentración. Solo en los años 2010, 2018 y 2019 la concentración ha sido alta. Por el lado de las entidades, la concentración, por lo general era baja, salvo en algunos años puntuales en los que grandes entidades públicas como el Ministerio de Salud concentraron una gran cantidad de las compras.³

³ Para más detalles sobre el cálculo del HHI, ver sección 4.1.2.b. Un mayor valor de este indicador representa una mayor concentración de mercado. Por ejemplo, en el 2021 y 2022, el HHI fue 4,848 y 8,756, respectivamente; dado que el Ministerio de salud adquirió casi todos los ventiladores mecánicos que se licitaron en esos años.

Figura 3.6

Evolución de la concentración de mercado en las compras públicas de ventiladores mecánicos (HHI) en Perú



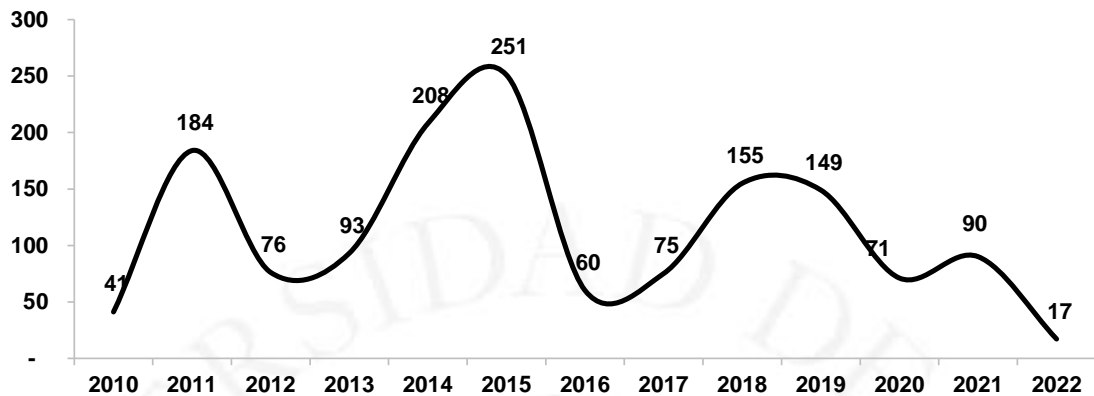
3.2.2 Chile

El Estado Chileno, durante el período 2010-2022, ha adquirido 1,470 ventiladores mecánicos por un valor de CHL\$ 16,011 millones, lo que equivale a US\$26,162 miles.⁴ La Figura 3.7 muestra la evolución de la adquisición de ventiladores mecánicos por entidad públicas en Chile. Se observa que durante los años 2011, 2014-2015 y 2018 se adquirió la mayor cantidad de ventiladores mecánicos. Debido a ello, se evidencia que la adquisición no incrementó durante los años de pandemia, ya que Chile contaba con un buen stock de unidades. Según estos datos, el precio promedio de un ventilador mecánico durante este periodo es CHL\$11 millones (aproximadamente US\$18 mil si se utiliza un promedio simple del tipo de cambio promedio de cada año).

⁴ Estimado con el tipo de cambio promedio anual de cada año, reportado por el [Banco Central de Chile](#). El tipo de cambio promedio durante el período 2010-2022 fue de CHL\$ 638 por US\$1.

Figura 3.7

*Evolución de adquisición gubernamental de ventiladores mecánicos en Chile
(cantidad)*

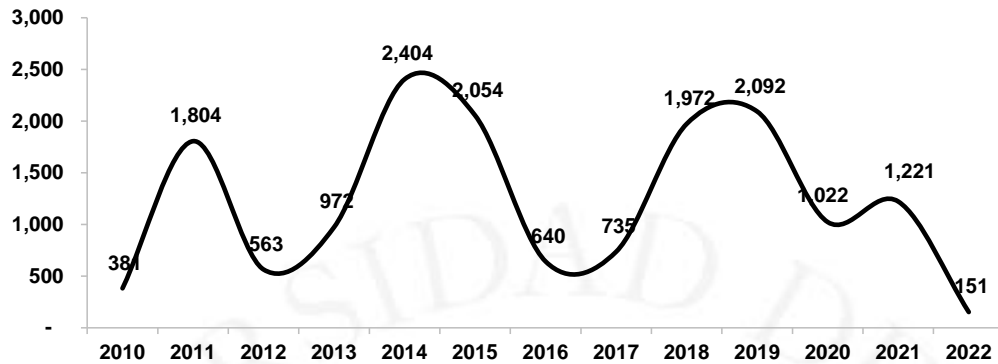


A comparación con Perú, en el que la adquisición de ventiladores se mantuvo baja y estable, se observa que en Chile se dieron compras cíclicas. Las compras periódicas permiten a las entidades gestionar mejor sus procesos de compra, así como a las empresas aprovechar las economías de escala, lo que se evidencia en un menor costo unitario (en promedio, US\$ 18 mil en Chile frente a US\$ 45 mil en Perú). Además, permitió que Chile esté más preparado para enfrentar la pandemia, por lo que no tuvo que adquirir una gran cantidad de equipos en estado de emergencia.

La Figura 3.8 muestra la compra de ventiladores mecánicos en valor en millones pesos chilenos (CHL\$).

Figura 3.8

Evolución de la adquisición gubernamental de ventiladores mecánicos en Chile (CHL\$ millones)



Por el lado de las entidades públicas, durante el período analizado, 113 instituciones convocaron procesos de licitación de adquisición de ventiladores mecánicos. Las entidades públicas que adquirieron más ventiladores mecánicos fueron el Servicio de Salud Viña del Mar Quillota, el Servicio de Salud del Maule y el Servicio de Salud Metropolitano Central. La

Tabla 3.3 muestra la distribución de los ventiladores mecánicos licitados en los procesos convocados por las distintas entidades públicas.



Tabla 3.3*Distribución de los ventiladores mecánicos adjudicados por entidad en Chile*

N.º	Entidad	Número de ventiladores (#)	Participación (%)
1	Servicio de Salud Viña del Mar Quillota	140	10%
2	Servicio de Salud del Maule	94	6%
3	Servicio de Salud Metropolitano Central	74	5%
4	Servicio de Salud Concepción	65	4%
5	Servicio de Salud Libertador Bdo Ohiggins	58	4%
6	Servicio de Salud Coquimbo	42	3%
7	Servicio de Salud Nuble	34	2%
8	Servicio de Salud Sur	31	2%
9	Servicio de Salud Antofagasta	30	2%
10	Servicio de Salud Araucanía	29	2%
11	Resto del mercado	873	59%
Total		1 470	100%

Por el otro lado, 98 empresas participaron de los procesos convocados; sin embargo, solo 27 de ellas se adjudicaron alguno. Las principales empresas que vendieron ventiladores mecánicos son Draeger Chile, Imedica del Pacífico y Hemisferio Sur. La

Tabla 3.4 muestra la distribución de los ventiladores mecánicos licitados en los procesos convocados por las distintas empresas. En comparación a Perú, a pesar de ser menos empresas, el mercado se encuentra distribuido de una manera más uniforme.



Tabla 3.4*Distribución de los ventiladores mecánicos adjudicados por empresa en Chile*

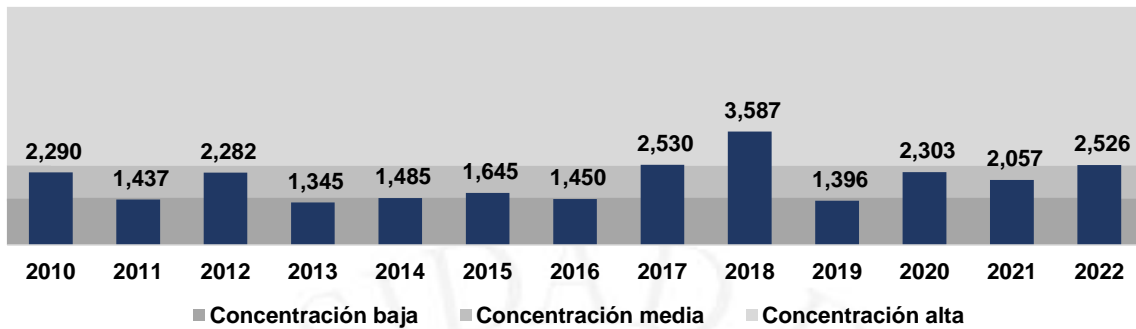
N.º	Entidad	Número de ventiladores (#)	Participación (%)
1	Imedica del pacífico	284	19%
2	Draeger Chile	283	19%
3	Hemisferio Sur	217	15%
4	Arquimed	107	7%
5	Pvequip	105	7%
6	Andover	100	7%
7	Mediplex	80	5%
8	PM Consulting	79	5%
9	Medtronic Chile	64	4%
10	Novacare Medical	51	3%
11	Resto del mercado	100	7%
Total		1 470	100%

Ahora, en función a las participaciones de mercado, se estima el nivel de concentración del mercado para cada año. La Figura 3.9 muestra la evolución de la concentración en el mercado de compras públicas de ventiladores mecánicos por el lado de las empresas. Se observa que la concentración de mercado —medida a través del HHI—, se ha encontrado en la mayoría de los años en niveles de media y baja concentración, salvo en el 2012, 2018 y 2022, en los que la concentración ha sido alta. Cabe resaltar que, desde el 2019, la concentración ha tenido tendencia creciente. Por el lado de las entidades, también se mantuvo un nivel de concentración media, salvo en un año puntual.⁵

⁵ El año 2021 fue el único en el que se observó concentración alta (HHI = 2,960) aunque mucho menor a los niveles observados en Perú.

Figura 3.9

Evolución de la concentración de mercado en las compras públicas de ventiladores mecánicos (HHI) en Chile



En resumen, los mercados de compras gubernamentales de ventiladores mecánicos de Perú y Chile son medianamente similares. En los mercados participan un gran número de entidades públicas y empresas, aunque algunas son más relevantes que otras. Los niveles de concentración están entre bajo y mediano, aunque en algunos años particulares se evidenció una alta concentración. Las adquisiciones en Chile están repartidas de forma más homogénea en el tiempo y se obtienen menores precios unitarios en comparación con Perú.

4. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo desarrolla los conceptos teóricos más relevantes sobre cada una de las variables, es decir, la competencia y los precios, así como la relación entre ambas, en un contexto general de mercado. El capítulo se divide en tres subcapítulos: (i) competencia e indicadores tradicionales de competencia, (ii) la relación entre los precios y los indicadores de competencia, y (iii) teoría de grafos.

Este último subcapítulo revisa conceptos de la teoría de grafos que buscan ser aplicados para entender las dinámicas competitivas de los mercados.

4.1 Competencia e indicadores tradicionales de competencia

Este subcapítulo desarrolla el concepto de competencia en un mercado (subsección 4.1.1). Luego, desarrolla un breve repaso por los principales indicadores de competencia según la literatura tradicional de microeconomía y organización industrial (subsección 4.1.2).

4.1.1 Competencia

De acuerdo con la teoría económica clásica, la competencia es el resultado de un estado de equilibrio estático mercado (Cournot, 1938). En un escenario de competencia perfecta, ninguno de los agentes del mercado puede influenciar en el precio, es decir, tanto los consumidores como empresas son tomadores de precios. La competencia perfecta presenta las siguientes características: (i) gran cantidad de competidores, (ii) los agentes maximizan beneficios, (iii) producto homogéneo, (iv) acceso homogéneo a información completa, (v) no existen costos de transacción y (vi) baja presencia de barreras de entrada y salida (Cournot, 1938; Nicholson, 2007).

En el otro extremo se encuentra el monopolio, el cual consiste en la existencia de un único vendedor en el mercado que oferta productos que no poseen sustitutos cercanos. Debido a la estructura de mercado, un solo competidor tiene el control total de manera que puede influenciar significativamente en el precio. Además, un monopolio se

caracteriza por la existencia de altas barreras de entrada,⁶ lo cual genera que otros agentes no puedan ingresar al mercado y competir con el único agente existente (Mankiw, 2012). Esta estructura de mercado no es común, salvo en ciertos sectores, en los que se da un monopolio natural (distribución de energía en una ciudad, por ejemplo), por lo que son regulados por el Estado.

De manera similar, un monopsonio es aquel mercado en el que existe un solo comprador, por lo que también puede influenciar el precio de manera significativa. Un ejemplo de monopsonio es el mercado de la leche en ciertas zonas del Perú, en las cuales existe un solo gran comprador que adquiere la leche de muchos pequeños ganaderos independientes. En algunas operaciones de compras públicas, el gobierno es el único comprador (por ejemplo, textos escolares para el Ministerio de Educación). Tanto el monopolio como el monopsonio, el poder de mercado distorsiona el resultado de mercado por debajo del socialmente óptimo (Mankiw, 2012).

En la realidad, la mayoría de los mercados se encuentran en algún punto intermedio entre los casos extremos mencionados, situación que se define como competencia imperfecta. Un mercado de competencia imperfecta es aquel en el que los agentes de mercado tienen cierto grado de poder de mercado (Mankiw, 2012). El poder de mercado se define como la capacidad de incrementar los precios por encima de los costos marginales de manera rentable (Church & Ware, 2000). Es decir, los agentes podrían influenciar en cierta medida en el precio.

Existen diferentes escenarios de competencia imperfecta. Por un lado, el oligopolio es uno de los tipos más comunes de competencia imperfecta, el cual que consiste en un mercado con pocos participantes y productos idénticos o similares. Por otro lado, otra estructura de mercado con competencia imperfecta es la competencia monopolística, en la que hay muchos participantes que ofrecen bienes similares, pero no idénticos, por lo que cada competidor tiene el monopolio sobre el producto que fabrica, pero muchas empresas producen bienes similares que compiten por los mismos clientes (Mankiw, 2012). Además, existe otro escenario, el cual se deriva del monopsonio. En este caso, el oligopsonio se trata de un mercado donde hay un número reducido de

⁶ Las barreras de entrada poseen tres causas principales: (i) acceso único al recurso de producción, (ii) regulaciones del gobierno, y (iii) tecnología y procesos de producción (Mankiw, 2012).

compradores, los cuales podrían tener cierto poder de mercado. El mercado de compras públicas, dependiendo del bien o servicio, se comporta muchas veces como un monopsonio u oligopsonio, en la medida que el Estado funciona como un gran comprador. En todos estos casos, la capacidad de los agentes de influenciar en los precios depende del nivel de la competencia del mercado.

La competencia es importante porque asegura un funcionamiento eficiente del mercado. Esto beneficia a los consumidores, más allá de menores precios (Autoridade da Concorrência, s.f.). De hecho, la competencia contribuye a mejorar la calidad de los productos, incrementa la variedad de opciones del consumidor y promover la innovación (European Commission, s.f.).

Por este motivo, en la mayoría de los países cuentan con una autoridad de competencia que busca preservar y promover la competencia de los mercados. Para ello, resulta necesario en la práctica contar con indicadores de competencia que permitan entender las dinámicas competitivas de un mercado.

4.1.2 Indicadores de competencia

De esta manera, existen diversos tipos de indicadores para medir el grado de competencia en un mercado. De acuerdo con la OECD (2021), los indicadores de competencia se pueden clasificar en cuatro categorías: (i) estructurales, (ii) de desempeño, (iii) percepciones de usuarios y negocios y (iv) otros. La Figura 4.1 presenta los principales indicadores de cada categoría. Cabe resaltar que cada indicador apunta a medir una dimensión distinta de la competencia, por lo que la evaluación de la competencia de un mercado puede involucrar el análisis de diversos indicadores.

Figura 4.1*Clasificación de indicadores de competencia según OECD*

Categoría	Concepto	Indicador
Estructurales	Concentración	Ratio de Concentración (CR)
		Índice Herfindahl-Hirschman (HHI)
	Barreras de entrada	Ratios de costos hundidos
		Ratio de desventaja en costos (CDR)
		Índice de regulación de mercado (PMR)
Desempeño	Margen precio-costo (mark-up)	Costos de insumos como proporción de ingresos
		Elasticidad de insumos
	Utilidades (profits)	Retorno del capital empleado (ROCE)
	Otros	Estadístico H
Indicador de Boone		
Usuarios y negocios	Percepción	Comparación
		Expectativas
		Elección
Otros indicadores	Precio	-
	Productividad	-
	Innovación	-

Para efectos de este estudio, como una primera aproximación a los indicadores de competencia, se profundizará únicamente en los índices estructurales de concentración del mercado, considerando la disponibilidad de información pública. Como se evidencia en la Figura 4.1, los más comunes son el Ratio de Concentración (CR) y el Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI).

a. Ratio de concentración

El primero, el CR, se estima como la suma de los porcentajes de participación de mercado de las n empresas con mayor participación del mercado analizado (Pavic, Galetic, & Piplica, 2016). Por ejemplo, se utiliza el CR₃, CR₄, CR₅, o CR₁₀, en la cual se suma las participaciones de las 3, 4, 5 y 10 empresas más grandes, respectivamente.

$$CR_n = \sum_{i=1}^n S_i$$

Donde:

s_i es la participación de la empresa i en el mercado

n es el número de empresas que considera el indicador

Debido a que este constituye una suma de participaciones de mercado, su valor oscila entre 0% y 100%. En el caso de mercados en competencia perfecta, existirán muchos competidores por lo que los de mayor tamaño tendrán una participación de mercado relativamente baja, por lo que se espera un CR reducido; mientras que, por el contrario, en un oligopolio en el cual participan un número reducido de empresas, se espera que las de mayor tamaño tengan una alta participación de mercado, sino es toda, por lo que se espera un alto CR.

Se considera que este indicador de concentración debe utilizarse con precaución e, incluso, como orientación (Pavic, Galetic, & Piplica, 2016). Entre otras potenciales desventajas del CR, este no toma en cuenta la distribución de las participaciones de mercado de las principales empresas, consideradas en el índice, ni del resto de las empresas del mercado.

Por un lado, el CR5 no diferencia entre un mercado con 5 empresas en el que las 5 tienen la misma participación de mercado, con uno en el que una empresa tiene una participación de mercado significativamente mayor que las otras 4. Por otro lado, el CR5 no distingue entre un mercado compuesto por 6 empresas de uno compuesto por 15 empresas. Intentar solucionar este problema considerando un mayor número de empresas (por ejemplo, tomar un CR10) reduce la sensibilidad del indicador, en tanto no podría distinguir dos mercados en el que 4 empresas concentren el 80% de otro que concentren el 20%.

b. Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI)

El segundo indicador, el HHI (o IHH por las siglas en inglés de Herfindahl-Hirschman Index), se estima como la suma de las participaciones de todas las empresas del mercado, elevadas al cuadrado (Pavic, Galetic, & Piplica, 2016). El indicador oscila entre 0 y 10,000, dónde un valor cercano a 10,000 señala una alta concentración —el valor máximo refleja un monopolio— mientras que un valor cercano a 0 señala un mercado poco concentrado.

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2$$

Es importante notar que, el HHI, posee ventajas frente a otros indicadores de mercado. Entre ellas, considera a todas las empresas del mercado y, debido a la modelación cuadrático, otorga una mayor ponderación a las empresas grandes en comparación a empresas pequeñas, por lo que captura la importancia de las diferencias en tamaño, lo que lo hace más sensible a la concentración.

La

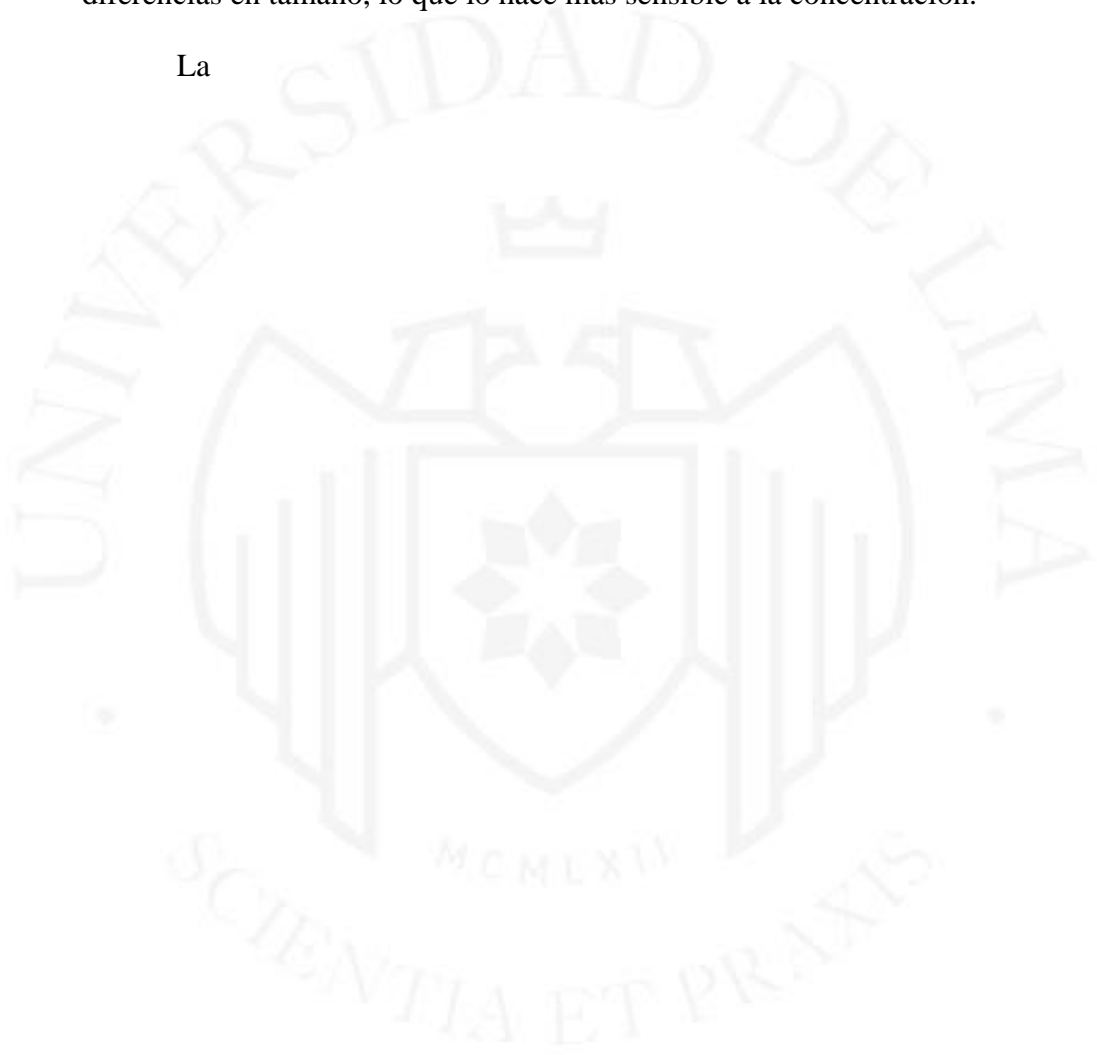


Figura 4.2 presenta un ejemplo ilustrativo de la estimación los ratios de concentración y HHI, sobre la base de participaciones las 15 empresas que conforman el mercado. Así, el CR3 se estima como la suma de las participaciones de las 3 empresas más grandes (22%, 17% y 13%), por lo que asciende a 51%. De manera similar, el CR10 asciende a 92% al considerar la participación de las 10 empresas más grandes. Por su lado, el HHI se estima como la suma de las participaciones (como valor, es decir, la Empresa A su participación es igual a 22) al cuadrado de todas las empresas que conforman el mercado.



Figura 4.2

Estimación del CR y HHI (ejemplo ilustrativo)

N.º	Empresa	Participación (%)	CR3	CR5	CR10	HHI
1	Empresa A	22%	22%	22%	22%	462
2	Empresa B	17%	17%	17%	17%	289
3	Empresa C	13%	13%	13%	13%	159
4	Empresa D	10%	-	10%	10%	108
5	Empresa E	8%	-	8%	8%	64
6	Empresa F	7%	-	-	7%	46
7	Empresa G	5%	-	-	5%	27
8	Empresa H	5%	-	-	5%	20
9	Empresa I	3%	-	-	3%	9
10	Empresa J	3%	-	-	3%	7
11	Empresa K	3%	-	-	-	6
12	Empresa L	2%	-	-	-	5
13	Empresa M	2%	-	-	-	2
14	Empresa N	1%	-	-	-	2
15	Empresa O	1%	-	-	-	0
Total mercado		100%	51%	70%	92%	1 208

Nota. La última columna corresponde a la participación de mercado elevada al cuadrado.

Estos índices de concentración son muy útiles para medir la estructura del mercado, pero presentan limitaciones para entender dinámicas competitivas más complejas. En términos generales, una mayor competencia debería ser capturada por una disminución del valor del indicador, sin embargo, este no siempre es el caso. Por ejemplo, el comportamiento competitivo de empresas más eficientes puede ocasionar la salida de empresas menos eficientes del mercado. En este caso, un incremento en el índice de concentración no se debe a una reducción de la competencia, sino a la auto selección competitiva del mercado (Demsetz, 1973), lo cual no es identificado o considerado por el índice de concentración.

4.2 Relación entre los precios y competencia

La teoría económica ha desarrollado ampliamente la relación entre los precios y la competencia en un mercado. En un mercado de competencia perfecta, en el que hay

muchas empresas, la concentración es baja. En este mercado, el precio de equilibrio es un óptimo de Pareto, en el que ninguno de los agentes podría estar mejor sin afectar el bienestar del otro (Church & Ware, 2000). Por el contrario, en un escenario de competencia imperfecta, por ejemplo, en un oligopolio, hay menos competidores y la concentración es mayor. En este escenario, el precio de equilibrio se encuentra por encima, en comparación a un escenario de competencia perfecta.

La economía aplicada en materia de competencia también ha estudiado el tema para entender los efectos que la falta de competencia puede generar en los precios. De acuerdo con Ivaldi et al. (2003), una de las situaciones que amenaza la competencia se da cuando la concentración de mercado es tal que se obtienen resultados no competitivos de las decisiones individuales de las empresas —a pesar de que ninguna tendría una posición de dominio— como, por ejemplo, un incremento en los precios (Ivaldi et al., 2003). De esto se desprende que la concentración de mercado es uno de los factores que puede derivar en un incremento de los precios. Sin embargo, es importante resaltar que existen muchos otros factores como la ausencia de barreras de entrada o salida o la presencia de productos sustitutos que podrían afectar los precios, así como la relación entre la concentración y los precios.

Asimismo, la literatura empírica también ha desarrollado la relación entre el precio y el nivel de concentración. Aunque los resultados han sido mixtos —justamente por los otros factores que afectan los precios—, un gran número de estudios concluyen que existe una relación positiva y significativa entre los precios y el nivel de concentración (Newmark, 2004). Incluso, se ha evidenciado una relación positiva y significativa entre el margen precio-costo e índices de concentración como el CR4 y HHI (Berger & Hannan, 1989; Cowling & Waterson, 1976).

La racionalidad de utilizar el HHI para estudiar la relación margen-concentración proviene del modelo de Cournot con productos homogéneos. En el modelo de competencia de Cournot las empresas producen bienes homogéneos, compiten por cantidad que van a producir y toman la decisión de la cantidad producción simultáneamente (Varian, 2010). Ello debido a que el *mark-up* sobre el costo unitario promedio del mercado es proporcional al HHI, por lo que la concentración de mercado guardaría relación con la habilidad del mercado de incrementar los precios sobre los costos promedios (Ivaldi et al., 2003).

Relación HHI y el modelo de Cournot

$$\frac{p - c_i}{p} = \frac{s_i}{\varepsilon}$$

Donde $s_i = \frac{q_i}{Q}$, es la participación de mercado de la empresa i y ε es la elasticidad precio agregada de la demanda. El costo unitario promedio está definido por $c = \sum s_i c_i$. Si definimos $H = \sum (s_i)^2$, entonces el HHI es H por 10,000.

Con ello, se obtiene que, para una elasticidad de la demanda fija, el mark-up sobre el costo unitario ($\frac{p-c_i}{p}$) es proporcional al HHI.

$$\frac{p - c}{p} = \frac{H}{\varepsilon} = \frac{HHI}{10,000\varepsilon}$$

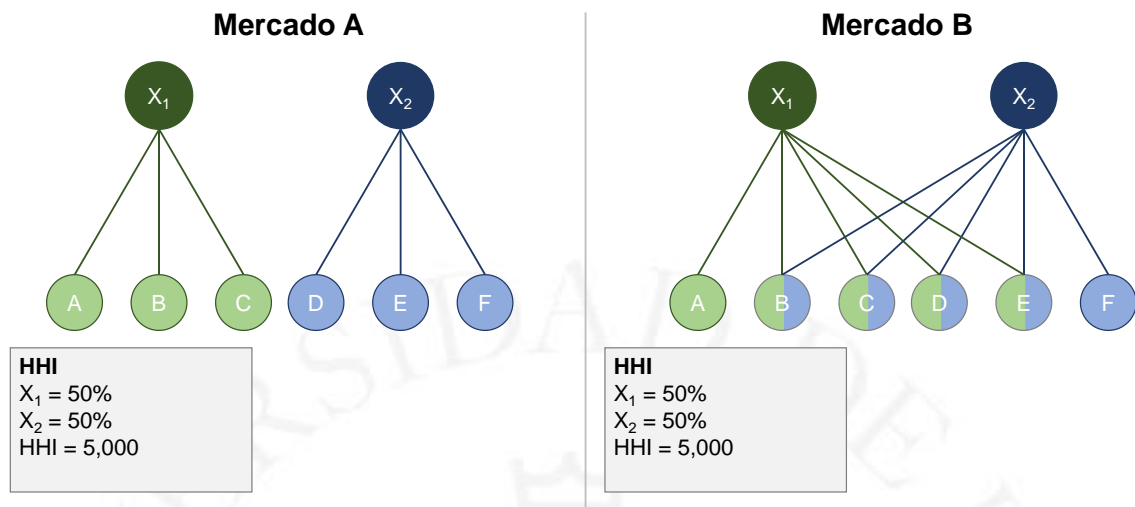
(Ivaldi, Jullien, Rey, Seabright, & Tirole, 2003)

Por este motivo, las autoridades de competencia utilizan estos indicadores para comprender las estructuras de mercado. Así, lo utilizan en estudios de mercado, en análisis de riesgos horizontales y verticales, así como en análisis de operaciones de concentración. De hecho, las autoridades de competencia han definido en forma referencial una clasificación de la concentración del mercado sobre la base de criterios objetivos en función al valor del HHI: (i) baja concentración ($HHI < 1,500$), (ii) media concentración ($1,500 < HHI < 2,500$) y (iii) alta concentración ($HHI > 2,500$) (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y la Protección de la Propiedad Intelectual, 2022; Fiscalía Nacional Económica, 2021; U.S. Department of Justice; Federal Trade Commission, 2010). Cabe resaltar que estos umbrales son referenciales, en tanto pueden variar según la autoridad de competencia o el sector evaluado.

Sin embargo, el HHI como indicador del nivel de concentración presenta algunas limitaciones para entender la estructura de mercado. Por ejemplo, la Figura 4.3 muestra dos estructuras de mercado distintas, en el que las X_1 y X_2 son proveedores y A-F son clientes. Ambos mercados tienen el mismo grado de concentración ($HHI = 5,000$).

Figura 4.3

Estructuras de mercado (ejemplo ilustrativo)



Sin embargo, las estructuras de mercado formadas por las conexiones entre los agentes son distintas. En este caso, la presión competitiva entre las empresas proveedoras X_1 y X_2 es mayor en el mercado B, ya que tienen clientes en común. Entender esas conexiones puede brindar información valiosa acerca de las dinámicas competitivas del mercado. Por ello, resulta necesario explorar otras alternativas de indicadores de competencia que permitan entender mejor las dinámicas competitivas de los mercados.

4.3 Teoría de grafos y su aplicación en el análisis de competencia

Este subcapítulo empieza por revisar los principales conceptos de la teoría de grafos (subsección 4.3.1). Luego, se comentan estudios recientes en los que la teoría de grafos ha sido aplicada en el análisis de estructuras de mercado (subsección 4.3.3).

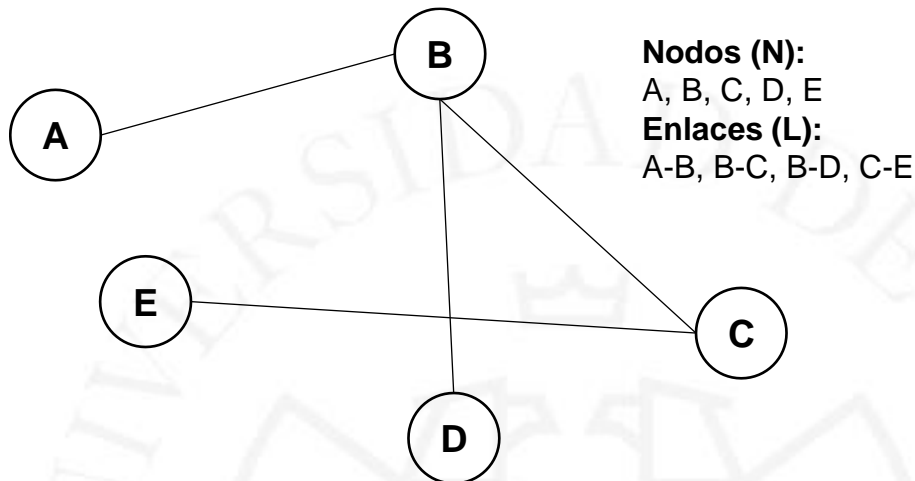
4.3.1 Principales conceptos de la teoría de grafos

La teoría de grafos es la ciencia que permite estudiar sistemas complejos o redes. Un grafo es una representación de un sistema complejo, el cual está compuesto por nodos (N) unidos por enlaces o aristas (L). Así, la teoría de grafos permite entender las características de un sistema a través de los grafos. A continuación, se desarrollan los principales conceptos de la teoría de grafos sobre la base de Barabási (2016). Tomando

como referencia el mercado B de la Figura 4.3 los proveedores X₁-X₂ y los clientes A-F son nodos, y la relaciones entre ellos son los enlaces.

Figura 4.4

Ejemplo de grafo

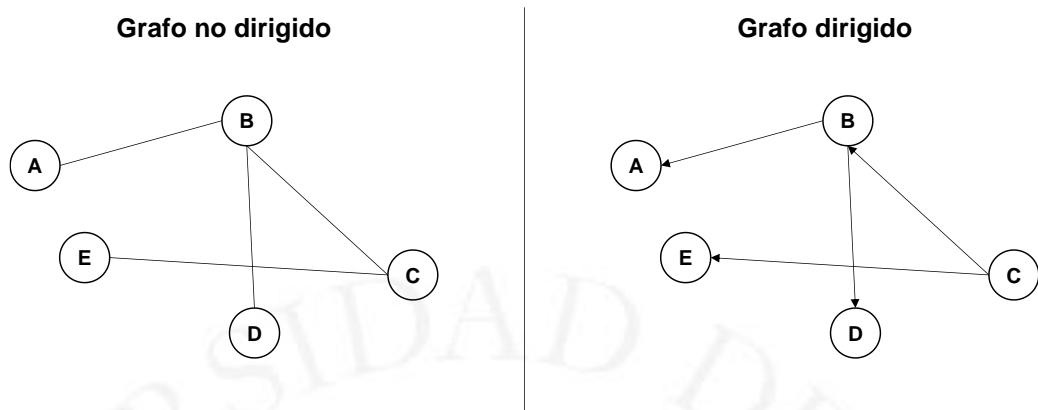


Nota. De “*Network Science: the scale-free property*”, por A. L. Barabási, 2016 (<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=2a5a4c3592437625a51713e99c64995ef338eab3>)

Los grafos se pueden clasificar en función a la dirección de sus enlaces y sus tipos de nodos. Un grafo no dirigido es aquel en que los enlaces que conectan los nodos no tienen una dirección determinada. Por el contrario, un grafo dirigido es aquel en el que la dirección de los enlaces que conectan los nodos sí es relevante. Cabe resaltar que un mismo sistema puede ser representado por un grafo dirigido o no dirigido, dependiendo del análisis que se quiera realizar. Por ejemplo, los mercados de la Figura 4.3 podrían ser representados por un grafo no dirigido solamente para entender las conexiones entre proveedores y clientes. Sin embargo, si lo importante es el flujo de bienes, se representará con un grafo dirigido, en el que los enlaces tendrán una dirección del proveedor hacia el cliente.

Figura 4.5

Grafos dirigidos y no dirigidos

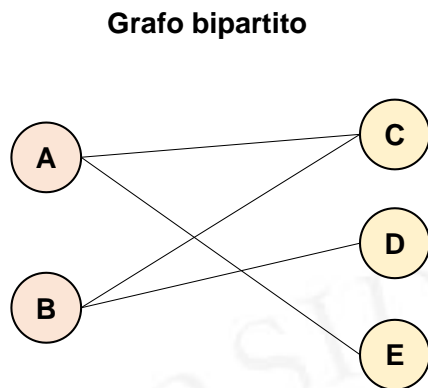


Nota. De “*Network Science: the scale-free property*”, por A. L. Barabási, 2016 (<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=2a5a4c3592437625a51713e99c64995ef338eab3>)

En cuanto a los tipos de nodos, un grafo bipartito es aquel que cuenta con dos subgrupos de nodos diferenciados entre sí. En ese sentido, los nodos de un mismo tipo no se conectan directamente entre sí. En el grafo bipartito de la Figura 4.6 Cabe resaltar que los nodos A y B son de un tipo distinto, por lo que solo se conectan con los nodos C, D y E. Esta característica es útil para representar sistemas reales. Por ejemplo, en el sistema bancario hay bancos y clientes, los cuales serían representados por nodos de distintos tipos. Volviendo a los mercados de la Figura 4.3, ambos han sido representados mediante grafos bipartitos, puesto que los proveedores X_1 y X_2 son un tipo de nodo, claramente diferenciado de los clientes A-F, que son otro tipo de nodo.

Figura 4.6

Grafos bipartitos



Nota. De “*Network Science: the scale-free property*”, por A. L. Barabási, 2016 (<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=2a5a4c3592437625a51713e99c64995ef338eab3>)

4.3.2 Principales indicadores utilizados para el análisis de grafos

A continuación, se desarrollan los principales indicadores utilizados para el análisis de grafos.

a. Grado

La primera característica relevante es el **grado** (K_i) de cada nodo, así como el grado promedio del grafo. En un grafo no dirigido el grado de cada nodo está determinado por el número de enlaces que conectan al nodo. Por ejemplo, el grado del nodo B del grafo no dirigido de la Figura 4.5 es K_B igual a 3. Por el contrario, en un grafo dirigido, se debe definir el grado de entrada y salida.⁷ En este caso, el nodo B del grafo dirigido de la Figura 4.5 tiene un K_B de salida igual a 2 y de entrada igual a 1. Además, se puede definir como un nodo fuente a aquel que tiene un grado de entrada igual a cero (nodo C) y un nodo recolector, a aquel que tiene un grado de salida igual a cero (nodo A).

$$K_i = \sum_{i=1}^L L_i$$

⁷ La suma del grado de entrada y grado de salida equivalen al grado del nodo.

b. Grado promedio

El **grado promedio** (K) de un grafo también depende del tipo. En un grafo no dirigido, se estima como el promedio de los grados de los nodos. Esto equivale a dos veces la cantidad de enlaces entre el número total de nodos. En el caso de un grafo dirigido, el grado promedio de entrada y salida es igual, por lo que el grado promedio del grafo equivale al número total de enlaces entre el total de nodos.

$$\text{Grafo no dirigido: } K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_i = \frac{2L}{N}$$

$$\text{Grafo no dirigido: } K^{in} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_i^{in} = K^{out} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_i^{out} = \frac{L}{N}$$

Donde:

K_i grado del nodo i

K_i^{out} grado de salida del nodo i

K_i^{in} grado de entrada del nodo i

N número total de nodos del grafo

L número total de enlaces del grafo

Cabe resaltar que hasta el momento, los enlaces que unen a los nodos de los grafos revisados son equivalentes entre sí. Otra característica de los grafos es que los enlaces pueden tener distintos pesos. Esto es útil para representar sistemas en los que las relaciones entre los nodos son distintas. Por ejemplo, un sistema que represente a un proveedor y sus clientes requiere reconocer que las relaciones son distintas y podrían considerar un volumen vendido o facturado diferenciado.

c. Densidad

Otro indicador relevante es la **densidad** (D) del grafo, el cual indica el grado de completitud o conexión del sistema. Este se estima como la cantidad de enlaces que existen sobre la cantidad total de enlaces potenciales.

$$D = \frac{L}{L_{max}} = \frac{L}{\frac{N(N-1)}{2}}$$

Donde:

N número total de nodos del grafo

L número total de enlaces del grafo

L_{\max} número máximo de enlaces que el grafo puede tener

d. Entropía

Finalmente, el índice de entropía refleja la concentración del mercado. Un valor cercano a cero indica mayor concentración, mientras que un valor elevado indica que hay una menor concentración. El índice de entropía condicional ofrece información adicional, en tanto considera la distribución de los enlaces entre cada nodo. En ese sentido, un valor cercano a cero refleja una distribución menos uniforme de los enlaces entre los nodos, mientras que un mayor valor refleja una distribución más uniforme. La Figura 4.7 presenta un ejemplo ilustrativo de la estimación de ambos índices.

$$\text{Índice de entropía: } H(x) = -\sum_{i=1}^n S_x * \log_2(S_x)$$

Donde:

S_x porcentaje de participación de mercado del agente x en el mercado (entre 0 y 1)

$$\text{Índice de entropía condicional: } H(x|y) = -\sum_{i=1}^n S_x * \sum_{i=1}^n S_{x \rightarrow y} * \log_2(S_{x \rightarrow y})$$

Donde:

S_x porcentaje de participación de mercado del agente x en el mercado (entre 0 y 1)

$P_{x \rightarrow y}$ porcentaje participación del agente y en las ventas del agente x

Figura 4.7

Estimación del índice de entropía e índice de entropía condicional (ejemplo ilustrativo)

N°	Empresa	Cliente	Unidades	$P_{x \rightarrow y}$	Log_2	$P_{x \rightarrow y}^*$	P_x	Log_2	$P_{x \rightarrow y}^*$	$P_x * H(x)$
			(#)	(A)	(B)	Log_2	(C)	(D)	$-(A*B)$	$-(C*D)$
1	Empresa A	Cliente 1	2	0.33	- 1.58	0.53	0.40	- 1.32	0.53	0.77
2	Empresa A	Cliente 2	1	0.17	- 2.58	0.43	0.40	- 1.32	0.53	0.77
3	Empresa A	Cliente 3	2	0.33	- 1.58	0.53	0.40	- 1.32	0.53	0.77
4	Empresa A	Cliente 4	1	0.17	- 2.58	0.43	0.40	- 1.32	0.53	0.77
5	Empresa B	Cliente 2	2	0.40	- 1.32	0.53	0.33	- 1.58	0.53	0.64
6	Empresa B	Cliente 3	1	0.20	- 2.32	0.46	0.33	- 1.58	0.53	0.64
7	Empresa B	Cliente 4	2	0.40	- 1.32	0.53	0.33	- 1.58	0.53	0.64
8	Empresa C	Cliente 1	1	0.25	- 2.00	0.50	0.27	- 1.91	0.51	0.51
9	Empresa C	Cliente 2	2	0.50	- 1.00	0.50	0.27	- 1.91	0.51	0.51
10	Empresa C	Cliente 3	1	0.25	- 2.00	0.50	0.27	- 1.91	0.51	0.51
Resumen de mercado			(#)	(%)		$H(x)$			$H(X)$	$H(Y X)$
	Empresa A		6	40%		1.92			0.53	0.77
	Empresa B		5	33%		1.52			0.53	0.64
	Empresa C		4	27%		1.50			0.51	0.51
	Total mercado		15	100%					1.57	1.92

A continuación, la Figura 4.8 presenta una recopilación de los indicadores de grafos revisados, así como su interpretación.

Figura 4.8

Recopilación de los indicadores de grados

N°	Indicador		Formula	Interpretación
1	Grado		$K_i = \sum_{i=1}^L L_i$	Un mayor grado indica que el nodo tiene más enlaces con otros nodos del grafo
2	Grado promedio	Grafo no dirigido	$K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_i = \frac{2L}{N}$	Un mayor grado promedio señala que, en promedio, los nodos del grafo tienen más enlaces entre sí mismos
		Grafo dirigido	$K^{in} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_i^{in} = K^{out} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_i^{out} = \frac{L}{N}$	
3	Densidad		$D = \frac{L}{L_{max}} = \frac{L}{\frac{N(N-1)}{2}}$	Una mayor densidad indica que el grafo está más completo, en la medida que tiene más conexiones del máximo de conexiones posibles
4	Entropía		$H(x) = - \sum_{i=1}^n S_x * \log_2(S_x)$	Una mayor entropía indica que las conexiones entre los nodos está distribuida en un gran número de nodos.
5	Entropía condicional		$H(x y) = - \sum_{i=1}^n S_x * \sum_{i=1}^n S_{x \rightarrow y} * \log_2(S_{x \rightarrow y})$	Una mayor entropía condicional indica que las conexiones entre los nodos se asemeja más a una distribución normal entre los nodos del grafo.

4.3.3 Aplicación de la teoría de grafos en el análisis de competencia

La teoría de grafos ha sido ampliamente aplicada para estudiar telecomunicaciones, neurociencia, redes sociales, epidemias, sistemas eléctricos, internet entre otros temas. Además, en los últimos ha sido acogida para estudiar estructuras de mercado y entender dinámicas competitivas.

Entre ellos, Yang et al. (2007) desarrolló todo un estudio sobre la aplicación de indicadores de grafos en el mercado de venta de software en Guangzhou, China. En el cual se discute la interpretación económica de cada uno de estos indicadores.

En estudios más recientes, Hao (2023) utiliza técnicas de análisis de grafos para analizar la presión competitiva en el mercado de importación de petróleo en el mundo. El estudio considera a los importadores como nodos, a las relaciones comerciales como enlaces, la dirección del comercio como la dirección del enlace y el volumen comercializado como el peso. Así, el análisis del sistema de presión competitiva de importación de petróleo permite concluir que los principales nodos son Rusia y Arabia Saudita, por lo que los países cuyas importaciones dependen de estos países se generan mayor presión entre sí (Hao, 2023).

Otros autores han realizado estudios similares sobre los sistemas de comercio internacional de *commodities* como petróleo, gas licuado, cobre (An et al., 2014; Chen et al., 2016; Kang et al., 2022).

Por su parte, Fountoukidis et al. (2023) utiliza indicadores de grafos para estudiar las dinámicas competitivas del mercado de compras públicas de marcapasos en 33 países de la unión europea. La información utilizada se obtuvo de la plataforma Opentender para el período 2009-2019. Con dicha información, los autores plantearon un grafo bipartito en el que las autoridades actuaban como compradores y las empresas como vendedores. Se trata de un grafo no dirigido, ya que el contrato entre autoridades y empresas representa una relación bidireccional. Así, la red del mercado de compras públicas está compuesta por 263 nodos-autoridades, 515 nodos-empresas y 3,373 enlaces.

En específico, el estudio evaluó los índices de entropía e índices de entropía condicional, tanto por el lado de las entidades como de las empresas. Asimismo, el análisis también incorporó indicadores ponderados por el valor de los contratos adjudicados. El estudio concluye que una empresa en el mercado podría tener posición

de dominio, a pesar de que los indicadores tradicionales señalaban que el mercado funcionaba de manera competitiva. Además, recomienda implementar un sistema de monitoreo que utilice análisis de grafos en mercados de compras públicas que permitan detectar oportunamente posibles comportamientos no competitivos.

En resumen, la competencia es una situación deseable en los mercados de competencia imperfecta, por lo que resulta relevante contar con herramientas adecuadas para medir el grado de competencia en un mercado. El HHI es un indicador utilizado ampliamente por autoridades de competencia para evaluar las estructuras de mercado; sin embargo, es limitado para comprender con mayor detalle las relaciones que conforman esa estructura de mercado. Entender la estructura y dinámica competitiva del mercado es relevante, pues se ha demostrado que existe una relación entre los precios y la competencia, en específico, con el nivel de concentración. Finalmente, se ha evidenciado la aplicabilidad de la teoría de grafos para estudiar estructuras de mercado y dinámicas competitivas. Por ello, resulta relevante profundizar en la aplicación de los indicadores de grafos en temas de competencia, en específico, la relación entre precios y competencia.

5. METODOLOGÍA

En el presente capítulo se desarrolla la metodología empleada para realizar el presente estudio. Las fuentes de información empleadas para la elaboración de este estudio se describen en el Anexo 1. A continuación, se presenta el planteamiento metodológico empleado para estudiar la relación de las variables de interés.

Las principales variables del estudio son: (i) el precio y (ii) la competencia. A continuación, se describen los indicadores utilizados para medir cada una de las variables, así como el planteamiento econométrico para estudiar la relación entre ambas variables.

Por un lado, el precio de un proceso i está determinado por el valor adjudicado (VA).⁸ Debido a que los procesos pueden licitar más de un ventilador mecánico (Q), se estima el precio unitario (VA_u).

$$VA_u = \frac{VA_i}{Q_i}$$

Además, para el caso peruano se cuenta con un valor referencial (VR).⁹ Por ello, en este caso también se probará con construir un indicador del precio (p_i), el cual se estimará como el valor adjudicado como porcentaje del valor referencial del proceso. Debido a que se trata de un sistema de subastas, en el cual el proveedor que gana el concurso es quien propone el precio más bajo, un menor porcentaje refleja un menor precio, mientras que un valor más cercano a 100% refleja un mayor precio.

$$p_i = \frac{VA_i}{VR_i}$$

Por otro lado, la competencia será medida a través de distintos indicadores de grafos. En líneas generales, se probará con los indicadores de competencia utilizados por

⁸ El Valor Adjudicado es el valor de la oferta seleccionada o adjudicada. Dependiendo de las bases del proceso, la oferta seleccionada puede depender únicamente del factor precio (aquella de menor precio es la seleccionada) o una combinación entre el factor precio y el puntaje técnico (usualmente 70%-30%, respectivamente, aunque puede variar).

⁹ Las bases de datos descargadas de ChileCompra contaban con el valor referencial del proceso, más no del ítem, por lo que no era posible identificar el valor referencial del ítem asociado a la compra de ventiladores mecánicos.

Fountoukidis et al. (2023): el grado promedio, el índice de entropía y el índice de entropía condicional. Al tratarse de un grafo bipartito en el que participan entidades y empresas, los indicadores serán estimados para ambos tipos de nodos.

$$\text{Grado: } K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_i$$

$$\text{Índice de entropía: } H(x) = - \sum_{i=1}^n S_x * \log_2(S_x)$$

Donde:

S_x porcentaje de contratos adjudicados por una autoridad x en el mercado

$$\text{Índice de entropía condicional: } H(x|y) = - \sum_{i=1}^n S_x * \sum_{i=1}^n S_{x \rightarrow y} * \log_2(S_{x \rightarrow y})$$

Donde:

S_x porcentaje de contratos adjudicados por una autoridad x en el mercado

$P_{x \rightarrow y}$ porcentaje de contratos adjudicados por una autoridad x a una empresa y

Estos indicadores se interpretan para entender la dinámica competitiva del mercado. Para ello, se sigue la metodología planteada Fountoukidis et al. (2023). Primero, se interpreta el índice de entropía, tanto de entidades como de empresas. Un valor cercano a cero indica que pocas entidades (empresas) dominan el mercado, por lo que sería menos competitivo; mientras que, un mayor valor reflejaría que ninguna entidad (empresa) domina el mercado. El índice para entidades y empresas también se puede interpretar se forma cruzada.

Figura 5.1

Interpretación del índice de entropía

		H(X) Entidades	
		Bajo	Alto
H(Y) Empresas	Bajo	Juego estratégico entre empresas y entidades	Empresas con poder de negociación
	Alto	Entidades con poder de negociación	Ningún agente puede afectar el mercado

Nota. Adaptado de “Competitive conditions in the public procurement markets: an investigation with network analysis,” por I. Fountoukidis, I. Antoniou, y N. Varsakelis, 2023, *Journal of Industrial and Business Economics*, (50). (<https://doi.org/10.1007/s40812-022-00251-z>)

En segundo lugar, se interpreta el índice de entropía condicional. Cuando este índice toma un valor cercano a cero refleja que la entidad (empresa) promedio contrato con pocas empresas (entidades) con una distribución menos uniforme. Es decir, que la entidad (empresa) tuvo preferencia por contratar con ciertas empresas (entidades). Por el contrario, cuando toma un mayor valor, el índice refleja que la entidad (empresa) promedio contrato con muchas empresas (entidades) de una manera más uniforme contratan con pocas de ambos. Este indicador también se interpreta en conjunto con el índice de entropía.

Figura 5.2

Interpretación del índice de entropía condicional

		H(Y) Empresas	
		Bajo	Alto
H(X Y) Empresas	Bajo	Oligopolio vende a pocas entidades	Competitivo entre empresas y venden a pocas entidades
	Alto	Oligopolio vende a muchas entidades	Competitivo y venden a muchas entidades

		H(X) Entidades	
		Bajo	Alto
H(Y X) Entidades	Bajo	Oligopolio compra de pocas empresas	Competitivo entre entidades y compran de pocas empresas
	Alto	Oligopolio compra de muchas empresas	Competitivo entre entidades y compran de muchas empresas

Nota. Adaptado de “Competitive conditions in the public procurement markets: an investigation with network analysis,” por I. Fountoukidis, I. Antoniou, y N. Varsakelis, 2023, *Journal of Industrial and Business Economics*, (50). (<https://doi.org/10.1007/s40812-022-00251-z>)

En tercer lugar, en caso se encuentre indicios de que el mercado no funciona de manera competitiva, se debe analizar los grados de las entidades y empresas para identificar si alguna pudiese tener posición de dominio.

En cuanto a la relación entre los precios y la concentración, se realiza una regresión lineal por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) en el que la variable dependiente será el precio (p_i), mientras que la variable independiente de mayor interés es la concentración C , medida a través de los distintos indicadores de grafos presentados previamente. Así, el planteamiento econométrico base será el siguiente:

$$p_i = \alpha + \beta_1 C + \beta_z V_z + \varepsilon$$

Donde la variable dependiente p_i es el precio (como precio unitario o porcentaje del valor referencial), la variable independiente principal será C , V_z son las variables de control, ε es el término del error y α la constante. Se probará el uso de los indicadores mencionados previamente, cada uno en una ecuación. Así, el parámetro de interés siempre será β_1 , el cual captura la relación entre la concentración y el precio, según el indicador utilizado. Las demás consideraciones econométricas y supuestos del MCO se desarrollan en el Anexo 2.

6. ANÁLISIS

El presente capítulo desarrolla el análisis y los resultados obtenidos. Primero, se presenta el análisis de la estructura de mercado, utilizando los indicadores de grafos (subcapítulo 6.1). Luego, se presentan los resultados obtenidos del análisis econométrico de la relación entre las dos variables de estudio (subcapítulo 6.2).

6.1. Análisis de grafos

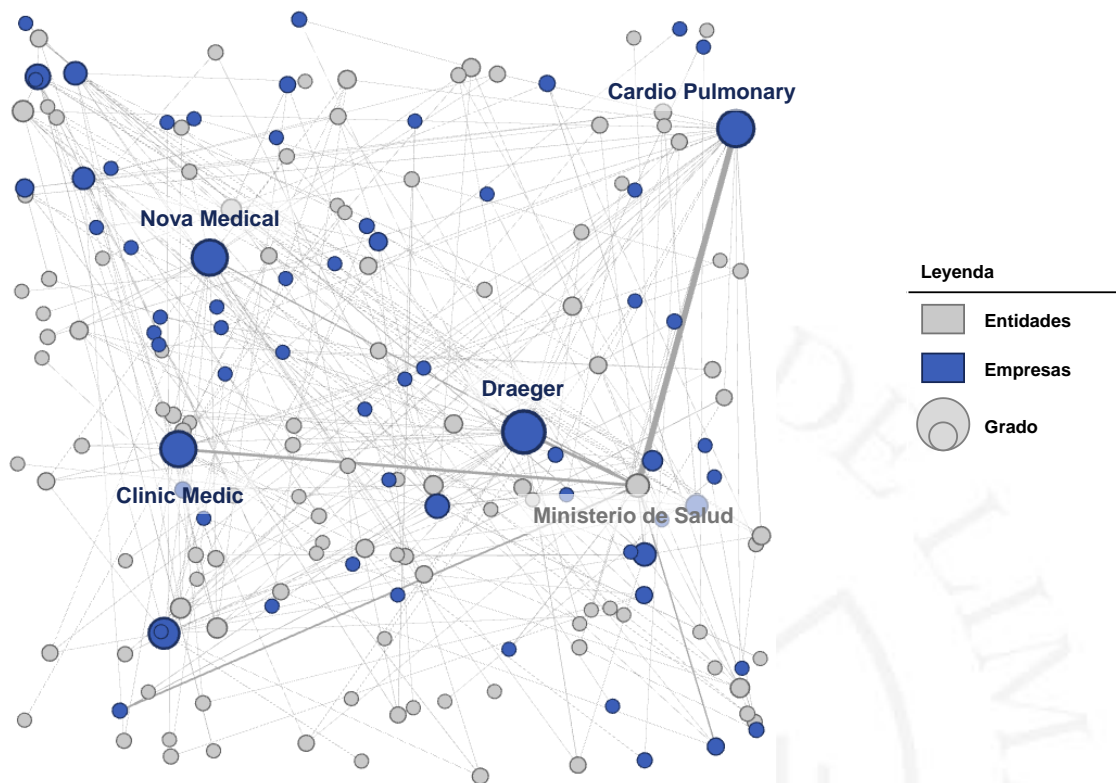
Este subcapítulo desarrolla el análisis de competencia de cada uno de los mercados con el uso de los indicadores de grafos revisados previamente. El subcapítulo se organiza en dos subsecciones, en la que se desarrolla el análisis de cada país.

6.1.1 Perú

En el subcapítulo 3.2.1 se desarrolló un breve resumen de la estructura del mercado de adquisición gubernamental de ventiladores mecánicos en el Perú. Se encontró que durante el período 2010-2022 se adjudicaron 380 procesos en los que se adquirieron 1,965 ventiladores mecánicos por un monto total de S/319 millones. Por un lado, los ventiladores mecánicos fueron adquiridos por 110 entidades. Por otro lado, estos ventiladores fueron vendidos por 66 empresas. La Figura 6.1 es la representación gráfica del grafo del mercado de adquisición gubernamental de ventiladores mecánicos en el Perú.

Figura 6.1

Grafo del mercado de adquisición gubernamental de ventiladores mecánicos en el Perú



La primera aproximación para evaluar la estructura del mercado es analizar el índice de entropía. Por un lado, se observa que el índice de entropía por el lado de las entidades oscila en promedio 4.2, y oscila entre 3.1 y 4.8. Por otro lado, en el caso de las empresas, el índice es en promedio 3.3 y oscila entre 1.7 y 4.2. Esto revela que en general los mercados, en algunos años más que en otros, son medianamente competitivos.

Tabla 6.1*Índices de entropía – Perú*

Año	Entidades - H(X)	Empresas - H(Y)	Ratio
2010	3.1	1.7	1.9
2011	4.4	2.7	1.6
2012	4.6	3.3	1.4
2013	4.2	3.7	1.1
2014	3.9	3.2	1.2
2015	4.1	3.3	1.2
2016	4.8	3.6	1.3
2017	4.1	3.1	1.3
2018	4.0	3.1	1.3
2019	4.4	3.3	1.3
2020	4.5	3.7	1.2
2021	4.4	4.2	1.0
2022	3.4	3.4	1.0
Promedio	4.2	3.3	1.3
Max	4.8	4.2	1.9
Min	3.1	1.7	1.0

En vista que no hay un umbral definido, se estimó el ratio entre $H(X)$ y $H(Y)$. De acuerdo con la interpretación de la Figura 5.1, cuando este ratio toma mayores valores refleja una situación en la que las empresas tienen el poder de negociación; mientras que, cuanto toma valores entre 0 y 1 las entidades tendrían mayor poder de negociación. Cuando el ratio toma un valor de 1 —y los índices son altos— significa que ninguno de los agentes tiene la capacidad de alterar el mercado. Así, se observa que hay años como el 2021-2022 en los que el mercado es altamente competitivo con índices altos y una relación de 1. Sin embargo, los años previos se observa una situación en la que las empresas tenían mayor poder de negociación.

Resulta importante analizar los índices de entropía condicional para entender la distribución de los contratos entre las entidades y empresas, especialmente en aquellos años que aparentan ser menos competitivos. Se observa que, por el lado de las entidades, el índice de entropía condicional es bastante cercano a cero, lo que indica que las entidades tenían preferencia por contratar con pocas empresas. De manera similar, al observar el ratio entre $H(X)$ y $H(Y|X)$ —y siguiendo los criterios de la Figura 5.2— se evidencia que a nivel de entidades el mercado es competitivo, pero contratan con pocas empresas, especialmente en los años 2014, 2016 y 2020.

Tabla 6.2*Índices de entropía condicional – Perú*

Año	Entidades			Empresas		
	H(X)	H(Y X)	Ratio	H(Y)	H(X Y)	Ratio
2010	2.9	-	-	1.4	1.6	0.8
2011	4.4	0.3	13.3	2.9	1.9	1.5
2012	4.5	0.3	14.9	3.4	1.4	2.5
2013	4.3	0.5	8.6	3.6	1.1	3.2
2014	3.8	0.2	17.3	3.2	0.8	4.0
2015	4.3	0.4	9.7	3.4	1.3	2.5
2016	4.8	0.3	19.3	3.7	1.4	2.7
2017	4.1	0.3	12.3	3.1	1.4	2.3
2018	4.0	0.5	8.8	3.1	1.4	2.2
2019	4.4	0.3	13.8	3.3	1.4	2.4
2020	4.4	0.1	33.1	3.7	0.8	4.4
2021	4.3	0.9	4.8	4.3	1.0	4.5
2022	3.6	0.9	3.8	3.4	1.2	2.9
Promedio	4.1	0.4	10.5	3.3	1.3	2.6
Max	4.8	0.9	33.1	4.3	1.9	4.5
Min	2.9	-	-	1.4	0.8	0.8

Por otro lado, en la Tabla 6.2 se observa que el índice de entropía condicional de las empresas varía entre 0.9 y 2. El análisis del ratio permite evidenciar que el índice de entropía condicional es menor, lo que daría indicios de que la contratación no se distribuye uniformemente. Por ejemplo, el año 2021 tiene el índice de entropía más alto, lo que daría indicios de un mercado competitivo; sin embargo, es el año con el ratio más alto —es decir, la menor entropía condicional— lo que revela que en realidad la contratación se vio concentrada en pocas entidades.

Así, resulta relevante profundizar el análisis con los grados de las empresas y entidades. De ello, se obtiene que el grado promedio de las entidades es 1.9, mientras que el de las empresas es 3.5. Asimismo, se observa que el grado máximo difiere significativamente, lo que daría indicios de que hay entidades y empresas que en algunos años ha sido más activas en el mercado.

Tabla 6.3*Grado promedio de entidades y empresas – Perú*

Año	Entidades			Empresas		
	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo
2010	1.1	2.0	1.0	3.4	5.0	1.0
2011	1.7	3.0	1.0	6.5	11.0	1.0
2012	1.3	3.0	1.0	3.5	6.0	1.0
2013	1.7	4.0	1.0	2.5	4.0	1.0
2014	1.4	3.0	1.0	2.6	5.0	1.0
2015	1.6	3.0	1.0	2.9	5.0	1.0
2016	1.4	3.0	1.0	3.5	6.0	1.0
2017	1.5	2.0	1.0	3.6	7.0	1.0
2018	1.9	5.0	1.0	3.5	5.0	1.0
2019	1.5	3.0	1.0	3.7	6.0	1.0
2020	1.3	3.0	1.0	3.1	8.0	1.0
2021	3.1	12.0	1.0	3.1	7.0	1.0
2022	3.9	9.0	1.0	3.3	7.0	1.0
Total	1.9	12.0	1.0	3.5	11.0	1.0

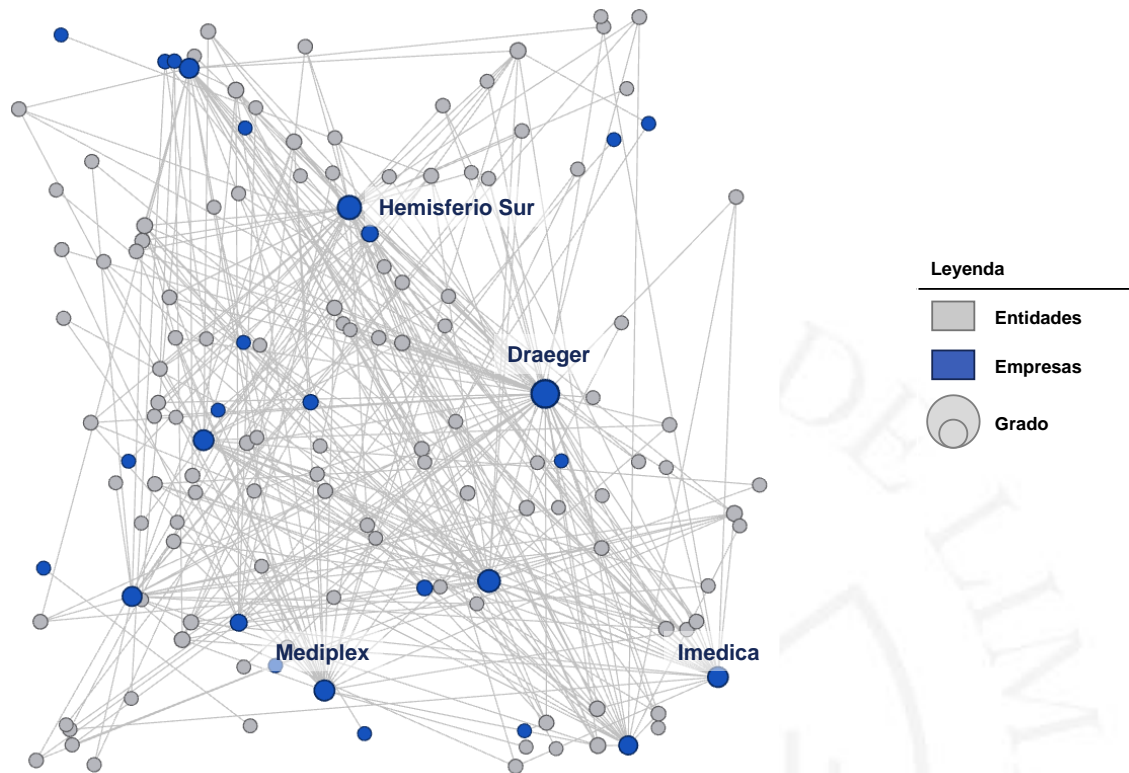
A un mayor nivel de detalle, se observa, por ejemplo, que el grado máximo en el 2021 por el lado de entidades es 12, el cual corresponde al Ministerio de Salud, el cual adquirió de manera centralizada significativamente más ventiladores. Por el lado de las empresas, se observa que en el 2011, las empresas Silmed S.A.C y Clinic Medic Equipment S.A.C tuvieron un grado de 11 y 10 respectivamente, lo que explica el elevado grado promedio del mercado. Otro caso que resalta es Drager Perú S.A.C, empresa que tuvo el grado máximo durante los años 2019-2022. Esto podría evidenciar que, en los últimos años, Drager Perú S.A.C ha tenido una posición relevante en un mercado que aparentemente era competitivo, tomando en cuenta el índice de entropía.

6.1.2 Chile

En el caso de Chile, durante el período 2010-2022 se adjudicaron 596 procesos en los que se adquirieron 1,542 ventiladores mecánicos por CHL\$ 56,668 millones. Estos procesos fueron convocados por 116 entidades y se los adjudicaron 33 empresas. La Figura 6.2 es la representación gráfica del grafo del mercado de adquisición gubernamental de ventiladores mecánicos en Chile.

Figura 6.2

Grafo del mercado de adquisición gubernamental de ventiladores mecánicos en Chile



Siguiendo la misma metodología que para el caso peruano, primero se evalúa el índice de entropía. Se observa que el índice de entropía para entidades está entre 2.7 y 4.9; mientras que para las empresas está entre 2.4 y 3.6. La situación es bastante similar al caso peruano, aunque por el lado de las empresas, el índice de entropía en Chile es un poco menor, por lo que podría ser una señal de menor competencia.

Tabla 6.4*Índices de entropía – Chile*

Año	Entidades - H(X)	Empresas - H(Y)	Ratio
2010	3.5	2.5	1.4
2011	4.9	3.2	1.5
2012	3.7	2.7	1.4
2013	4.3	3.6	1.2
2014	4.6	3.3	1.4
2015	4.9	3.1	1.6
2016	4.1	2.9	1.4
2017	3.2	2.9	1.1
2018	3.9	3.0	1.3
2019	4.5	3.1	1.4
2020	4.3	2.7	1.6
2021	3.6	2.4	1.5
2022	2.7	2.6	1.0
Promedio	4.0	2.9	1.4
Max	4.9	3.6	1.6
Min	2.7	2.4	1.0

El análisis del ratio permite evidenciar que en algunos años, las empresas parecen tener mayor poder de negociación. Si bien el valor máximo es menor, el promedio es similar al caso peruano. Por ello, también resulta necesario estimar el índice de entropía condicional.

Se observa que por el lado de las entidades, el índice de entropía condicional es bastante bajo y, además, el ratio es bastante elevado. Esto refleja que a nivel de entidades el mercado es competitivo, pero contratan con pocas empresas. De manera similar, en el caso de las empresas, en particular en los años 2017 y 2022, se observa un ratio elevado —incluso comparando con el caso peruano— lo que evidencia que la contratación estuvo concentrada en pocas entidades.

Tabla 6.5*Índices de entropía condicional – Chile*

Año	Entidades			Empresas		
	H(X)	H(Y X)	Ratio	H(Y)	H(X Y)	Ratio
2010	3.5	0.4	9.7	2.5	1.3	2.0
2011	4.9	1.0	5.0	3.2	2.7	1.2
2012	3.7	0.6	6.7	2.7	1.6	1.7
2013	4.3	0.5	9.0	3.6	1.1	3.1
2014	4.6	1.0	4.7	3.3	2.2	1.5
2015	4.9	1.1	4.5	3.1	2.9	1.1
2016	4.1	0.7	6.2	2.9	1.9	1.5
2017	3.2	0.2	21.1	2.9	0.5	5.5
2018	3.9	0.7	5.9	3.0	1.6	1.9
2019	4.5	0.9	5.0	3.1	2.2	1.4
2020	4.3	0.3	16.3	2.7	1.9	1.4
2021	3.6	0.5	7.8	2.4	1.7	1.4
2022	2.7	0.4	6.1	2.6	0.5	5.0
Promedio	4.0	0.6	6.6	2.9	1.7	1.7
Max	4.9	1.1	21.1	3.6	2.9	5.5
Min	2.7	0.2	4.5	2.4	0.5	1.1

Finalmente, el último paso es analizar los grados, tanto de las entidades como de las empresas. Se observa que, por el lado de las entidades, el grado promedio oscila entre 1.4 y 3.4, mientras que el máximo llega hasta 10 en el 2015. Por el lado de las empresas, el grado promedio oscila entre 1.9 y 13.1 y el máximo alcanza 24 en el 2015.¹⁰

¹⁰ Es importante resaltar que no resulta beneficioso comparar el grado de las entidades o empresas entre países, ya que no revela mayor o menor competencia. El mayor grado entre países puede deberse a como se estructuran o diseñan los procesos.

Tabla 6.6*Grado promedio de entidades y empresas – Chile*

Año	Entidades			Empresas		
	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo
2010	1.9	3.0	1.0	4.2	8.0	1.0
2011	3.4	9.0	1.0	11.1	19.0	1.0
2012	2.5	6.0	1.0	6.0	11.0	1.0
2013	1.8	4.0	1.0	2.8	5.0	1.0
2014	2.9	9.0	1.0	6.3	11.0	1.0
2015	3.4	10.0	1.0	13.1	24.0	1.0
2016	2.4	6.0	1.0	5.7	7.0	1.0
2017	1.4	2.0	1.0	1.9	3.0	1.0
2018	2.6	5.0	1.0	5.5	9.0	1.0
2019	2.5	5.0	1.0	6.6	12.0	1.0
2020	1.5	3.0	1.0	6.0	11.0	1.0
2021	2.5	4.0	1.0	6.6	11.0	1.0
2022	2.9	4.0	2.0	3.3	6.0	2.0
Promedio	2.8	10.0	1.0	8.1	24.0	1.0
Max	3.4	10.0	2.0	13.1	24.0	2.0
Min	1.4	2.0	1.0	1.9	3.0	1.0

Entrando al detalle del análisis de grafos, se evidencia que en aquellos años 2017 y 2022, en los que había indicios de poca competencia, el grado máximo fue de 3 y 6, respectivamente. Estas empresas fueron Arquimed en el 2017 y PVequip en el 2022, lo que podría indicar que estas empresas tuvieron una importante participación en años de poco dinamismo competitivo. Por el contrario, en el 2021, Draeger Chile se adjudicó 11 procesos, sin embargo, sucedió en un año en el que hubo mayor competencia en el mercado.

6.1.3 Resumen del análisis de grafos

En comparación, la estructura de los mercados de Perú y Chile aparenta ser relativamente similar. Por el lado de las entidades, el índice de entropía promedio de Perú (4.1) y Chile (4.0) es bastante similar y oscila entre un mínimo de 2.9 y 2.7, así como un máximo de 4.8 y 4.9, respectivamente. De ello se desprende que, en ambos países, los procesos de compra son bastante descentralizados (contratan varias entidades). En el caso de las empresas, se observa una mayor dispersión en el caso peruano (1.4 - 4.3), en comparación al caso chileno (2.5 – 3.6). Esto revela que, en algunos años, el mercado peruano se vio más concentrado en comparación al caso chileno.

Tabla 6.7*Resumen comparativo entre Perú y Chile de los indicadores de grafos*

Año	Perú			Chile		
	Entidades - H(X)	Empresas - H(Y)	Ratio	Entidades - H(X)	Empresas - H(Y)	Ratio
2010	2.9	1.4	2.2	3.5	2.5	1.4
2011	4.4	2.9	1.5	4.9	3.2	1.5
2012	4.5	3.4	1.3	3.7	2.7	1.4
2013	4.3	3.6	1.2	4.3	3.6	1.2
2014	3.8	3.2	1.2	4.6	3.3	1.4
2015	4.3	3.4	1.3	4.9	3.1	1.6
2016	4.8	3.7	1.3	4.1	2.9	1.4
2017	4.1	3.1	1.3	3.2	2.9	1.1
2018	4.0	3.1	1.3	3.9	3.0	1.3
2019	4.4	3.3	1.3	4.5	3.1	1.4
2020	4.4	3.7	1.2	4.3	2.7	1.6
2021	4.3	4.3	1.0	3.6	2.5	1.5
2022	3.6	3.4	1.1	2.7	2.6	1.0
Promedio	4.1	3.3	1.3	4.0	2.9	1.4
Max	4.8	4.3	2.2	4.9	3.6	1.6
Min	2.9	1.4	1.0	2.7	2.5	1.0

La interpretación comparativa del ratio del índice de entropía de la figura anterior también provee información relevante. Se observa que, si bien el ratio promedio es similar, el máximo en el caso peruano (2.2) es mayor al chileno (1.6). Esto indica que, específicamente en el año 2010, las empresas tenían un mayor poder de mercado que las entidades. De hecho, en dicho año, solo 3 empresas se adjudicaron los 9 procesos convocados por 8 entidades distintas. De lo anterior, se desprende que el mercado funcionaba más parecido a un oligopolio.

También resulta relevante analizar el comportamiento de los mercados durante el período Covid-19. Se observa que en el Perú, se observan índices de entropía por el lado de las empresas mayores al promedio y que, por el contrario, el ratio es cercano a 1. Esto indicaría que, a pesar del estado de emergencia, el mercado se comportó de manera competitiva. En el caso de Chile, se observan índices de entropía de las empresas por debajo del promedio y, durante los años 2020-2021, un ratio por encima del promedio. Esto indicaría que fueron años menos competitivos, en comparación a los años previos.

Sin embargo, es importante resaltar que la compra de ventiladores mecánicos durante ese período no fue tan significativa, a diferencia del caso peruano.

En cuanto al índice de entropía condicional, en los dos países —aunque en mayor medida en el Perú—, el índice de entropía condicional de las entidades es bastante bajo, lo cual revela que a pesar de parecer competitivo, la adjudicación se concentra en pocas empresas. Sin embargo, esto se debe en parte, a que la mayoría de las entidades convoca pocos procesos al año (normalmente 1), por lo que la contratación se concentra en una sola empresa y resulta en un índice de entropía bajo.

La

Tabla 6.8 presenta el resumen de los indicadores de concentración e indicadores de grafos para los dos países. En cuanto a los indicadores de concentración tradicionales, se observa que, en promedio, Chile presenta mayor concentración que Perú. Sin embargo, como se desarrolló en el subcapítulo 3.2, el nivel de concentración en algunos años particulares incrementó significativamente en el caso peruano.

Tabla 6.8

Resumen de indicadores de concentración y de grafos: Perú y Chile

Indicador	Perú	Chile
CR4	58%	61%
CR10	85%	93%
HHI	1,137	1,210
Entropía - Entidades	4.1	4.0
Entropía - Empresas	3.3	2.9
E. Condicional - Entidades	0.4	0.6
E. Condicional - Empresas	1.3	1.7
Grado promedio - Empresas	3.4	7.5

Nota. Se muestra el promedio simple del período 2010-2022.

En resumen, el análisis de grafos ha permitido comprender mejor las relaciones que conforman la estructura de los mercados de compras gubernamentales de ventiladores mecánicos de ambos países, mostrando resultados en general bastante similares entre ambos países.

6.2. Resultados de los modelos econométricos

El subcapítulo presenta los resultados de las regresiones econométricas entre precios e indicadores de grafos. Primero se revisan los resultados para el caso de Perú, y luego para el caso de Chile. El tratamiento a las bases de datos previo a las estimaciones se comenta en el Anexo 3. A continuación, se muestran los resultados econométricos en cada uno de los países.

6.2.1 Perú

En la presente subsección se presentan los resultados econométricos para el caso peruano. Durante el análisis, se probaron distintas especificaciones del modelo, sin embargo, aquí se resumen los hallazgos más relevantes. La Tabla 6.9 resume los resultados de cada una de las regresiones.

La regresión 1 relaciona el logaritmo natural del valor adjudicado unitario ($\ln VA_{\text{Unitario}}$) con el índice de entropía de las entidades ($H(X)$), en la que observa una relación directa entre ambas variables. Así, ante un incremento de una unidad en $H(X)$ —mayor competencia por el lado de las entidades—, el valor adjudicado unitario se reduce en 6.6%. Este no es el signo esperado, pero el parámetro tampoco es estadísticamente significativo. Además, se añadieron como controles el número de participantes y el año, solo el primero fue estadísticamente significativo al 90%.

En la regresión 2 se observa una relación inversa entre el logaritmo natural del valor adjudicado unitario ($\ln VA_{\text{Unitario}}$) con el índice de entropía de las empresas ($H(Y)$). Este resultado se interpreta como ante un incremento de una unidad en $H(Y)$ —mayor competencia por el lado de las empresas—, el valor adjudicado unitario se reduce en 4.8%. Esta es la relación esperada entre las dos variables, sin embargo, el parámetro no es estadísticamente significativo. Ello puede estar siendo ocasionado por el poco número de observaciones considerado en la regresión.

Las regresiones 3 y 4 relacionan el logaritmo natural del valor adjudicado unitario ($\ln VA_{\text{Unitario}}$) con el índice de entropía condicional de las entidades ($H(Y|X)$) y de las empresas ($H(X|Y)$), respectivamente. En ambos casos se observa una relación directa, la

cual no es la relación esperada, y los parámetros tampoco son significativos. Así, ninguno de los indicadores de grafos resulto significativo para explicar variaciones en el valor adjudicado, sin embargo, como se mencionó anteriormente, esto podría ser causado por la poca cantidad de observaciones. Por su lado, la regresión 5 relaciona el logaritmo natural del valor adjudicado unitario ($\ln VA_{\text{Unitario}}$) con el grafo promedio de las empresas del grafo (K), sin embargo, tampoco se encontraron resultados significativos.

A pesar de ello, en la regresión 1 se encontró que el número de participantes era significativo al 90%, por lo que vale la pena explorar un poco más esta relación. Así, las regresiones 6 y 7 revelan que, ante un incremento de un participante, el valor adjudicado unitario se reduce en promedio entre 0.5% y 0.6%, manteniendo todo lo demás constante. Esta relación tiene el signo esperado y sí es estadísticamente significativamente¹¹. Considerando un precio promedio de US\$ 45 mil, este resultado indica que tener un postor más en una licitación de ventiladores mecánicos en el Perú podría conducir en promedio a un ahorro del orden de US\$ 250 por unidad.

Finalmente, las regresiones 8, 9 y 10 estudian la relación entre el logaritmo natural del valor adjudicado unitario ($\ln VA_{\text{Unitario}}$) e indicadores de concentración clásicos como el CR4, CR10 y HHI. En el caso del CR4 y CR10, la relación es directa como sería de esperarse, sin embargo, el parámetro no es significativo. A pesar de que la literatura encuentra una relación significativa, los resultados pocos significativos de la investigación podrían deberse al número de observaciones, como se comentó previamente.

¹¹ Cabe resaltar que las regresiones 6 y 7 cuenta con un mayor número de observaciones porque fue realizada a nivel de proceso, en lugar de a nivel anual. En este caso fue posible porque el número de postores sí varía en cada proceso. Esto permite robustecer los resultados.

Tabla 6.9*Principales resultados econométricos para el Perú*

InVA_Unitario	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Entropía - Entidades	- 0.066	-	-	-	-
Entropía - Empresas	-	- 0.048	-	-	-
E. Condicional - Entidades	-	-	0.158	-	-
E. Condicional - Empresas	-	-	-	0.129	-
Grado promedio	-	-	-	-	0.022
CR4	-	-	-	-	-
CR10	-	-	-	-	-
HHI	-	-	-	-	-
Número de postores	- 0.018 *	- 0.015	- 0.018	- 0.013	- 0.014
Año	0.033 ***	0.036 ***	0.025 ***	0.036 ***	0.032 ***
Constante	- 54.836 ***	- 61.346 **	- 39.073 **	- 61.625 **	- 53.551 **
Número de observaciones	13	13	13	13	13

InVA_Unitario	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Entropía - Entidades	-	-	-	-	-
Entropía - Empresas	-	-	-	-	-
E. Condicional - Entidades	-	-	-	-	-
E. Condicional - Empresas	-	-	-	-	-
Grado promedio	-	-	-	-	-
CR4	-	-	0.210	-	-
CR10	-	-	-	0.321	-
HHI	-	-	-	-	0.000
Número de postores	- 0.006 ***	- 0.005 **	- 0.016	- 0.015	- 0.014
Año	0.033 ***	-	0.033 ***	0.032 ***	0.032 ***
Constante	- 54.231 ***	11.899 ***	- 53.858 ***	- 52.735 ***	- 52.305 ***
Número de observaciones	374	374	13	13	13

Intervalo de confianza

* 90%

** 95%

*** 99%

Nota. La variable dependiente es el logaritmo natural del valor unitario de adjudicación.

6.2.2 Chile

Los resultados econométricos para el caso chileno se presentan en esta subsección. La Tabla 6.10 resume los resultados de cada una de las regresiones.

La regresión 1 presenta la relación entre el logaritmo natural del valor adjudicado unitario (lnVA_Unitario) con el índice de entropía de las entidades (H(X)). En este caso,

se observa una relación directa entre ambas variables. Así, ante un incremento de una unidad en $H(X)$ —mayor competencia por el lado de las entidades, es decir, no hay entidades dominantes—, el valor adjudicado unitario incrementa en 12.3%. Este es el signo esperado, sin embargo, el parámetro no es estadísticamente significativo. En este caso, ninguno de los dos controles fue estadísticamente significativo.

En la regresión 2 se observa que relación entre el logaritmo natural del valor adjudicado unitario ($\ln VA_{\text{Unitario}}$) y el índice de entropía de las empresas ($H(Y)$) es inversa. Es decir, ante un incremento de una unidad en $H(Y)$ —mayor competencia por el lado de las empresas—, el valor adjudicado unitario se reduce en 0.9%. A pesar de que es la relación esperada, el parámetro no es estadísticamente significativo. Ello puede estar siendo ocasionado por el poco número de observaciones considerado en la regresión. En este caso, el número de participantes si es significativo y tiene una relación inversa con el logaritmo natural del valor adjudicado unitario.

Las regresiones 3 y 4 relacionan el logaritmo natural del valor adjudicado unitario ($\ln VA_{\text{Unitario}}$) con los índices de entropía condicional. En ambos casos los parámetros no son estadísticamente significativos. Sin embargo, nuevamente el número de participantes presenta una relación inversa y significativa, por lo que se explora más en esta relación. Por su lado, la regresión 5 relaciona la variable dependiente con el grado promedio de las empresas del grafo, sin embargo, el parámetro no es significativo.

La regresión 6 revela que, con un 99% de confianza, ante un incremento de un participante, el valor adjudicado unitario se 3.9%. La regresión 7 muestra con un 95% de confianza que, un incremento de un participante reduce el valor adjudicado unitario en 5.2%.

Finalmente, las regresiones 8, 9 y 10 relacionan el logaritmo natural del valor adjudicado unitario ($\ln VA_{\text{Unitario}}$) con indicadores de concentración clásicos como el CR4, CR10 y HHI. Se observa en la regresión 9 que existe una relación directa y significativa al 95% con el CR10. Se interpreta como que un incremento del 1 en el CR10 incrementa el precio en 254%. Este resultado, a pesar de ser significativo, parece ser demasiado elevado. Es posible que se deba a que en el caso de Chile, el CR10 tiene poca variabilidad, al estar muy cercano al 100% en todos los años.

Tabla 6.10*Principales resultados econométricos para Chile*

Valor Unitario Adjudicado (ln)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Entropía - Entidades	0.12	-	-	-	-
Entropía - Empresas	-	- 0.01	-	-	-
E. Condicional - Entidades	-	-	- 0.01	-	-
E. Condicional - Empresas	-	-	-	0.08	-
Grado promedio	-	-	-	-	0.01
CR4	-	-	-	-	-
CR10	-	-	-	-	-
HHI	-	-	-	-	-
Número de postores	- 0.02	- 0.04 **	- 0.04 **	- 0.03 **	- 0.03 **
Año	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
Constante	- 34.33	- 5.26	- 5.71	- 19.52	- 18.76
Número de observaciones	13	13	13	13	13

Valor Unitario Adjudicado (ln)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Entropía - Entidades	-	-	-	-	-
Entropía - Empresas	-	-	-	-	-
E. Condicional - Entidades	-	-	-	-	-
E. Condicional - Empresas	-	-	-	-	-
Grado promedio	-	-	-	-	-
CR4	-	-	0.01	-	-
CR10	-	-	-	2.54 ***	-
HHI	-	-	-	-	- 0.00
Número de postores	- 0.03 ***	- 0.03 ***	- 0.04 **	- 0.05 ***	- 0.04 **
Año	0.02 ***	-	0.01	0.00	0.01
Constante	- 26.44	16.43 ***	- 6.05	4.55	- 7.03
Número de observaciones	428	428	13	13	13

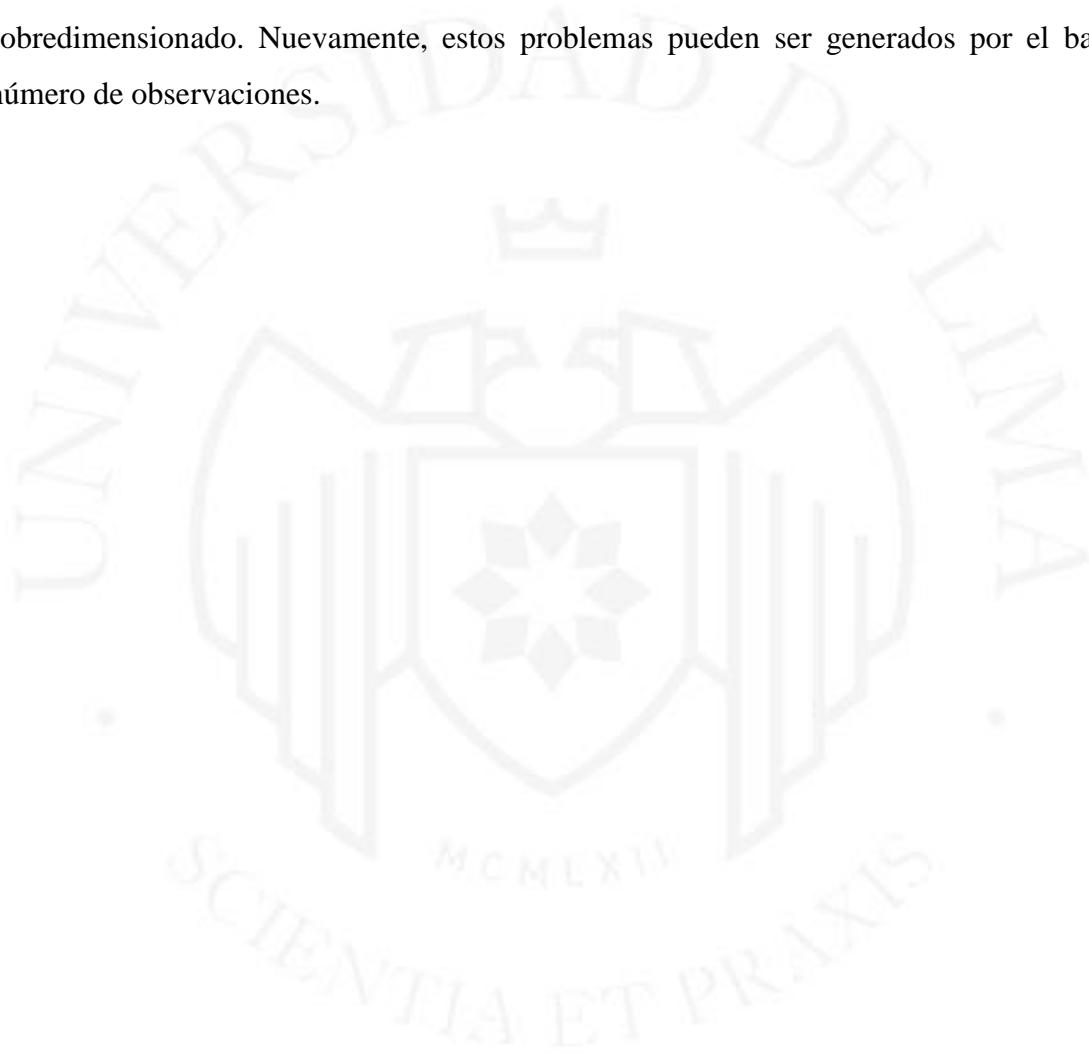
Nota. La variable dependiente es el logaritmo natural del valor unitario de adjudicación.

En resumen, los resultados obtenidos en las regresiones econométricas analizadas, a pesar de que en algunos casos la relación era la esperada, no son estadísticamente significativos. Por lo tanto, no ha sido posible establecer conclusiones sobre la relación entre la concentración y los precios en los mercados de compras públicas.

A pesar de ello, las regresiones econométricas en ambos países revelaron que existe una relación inversa y estadísticamente significativa entre el número de postores y

el valor adjudicado unitario. Este resultado se encuentra alineado con el análisis del OSCE, el cual señala que incrementar el número de postores en los Procedimientos Clásico y Subastas Inversas puede reducir significativamente los precios (OSCE, 2015).

Finalmente, se relacionó el precio con indicadores de concentración clásicos como el CR4, CR10 y HHI. Sin embargo, los resultados también fueron poco significativos. Solamente en el caso de Chile, el CR10 fue estadísticamente significativo, aunque la interpretación del parámetro aparente que el resultado podría estar sobredimensionado. Nuevamente, estos problemas pueden ser generados por el bajo número de observaciones.



7. CONCLUSIONES

- El mercado de compras públicas de ventiladores mecánicos, dispositivos médicos esenciales para el tratamiento de pacientes en estado crítico, cobró especial relevancia durante la pandemia, especialmente en Perú, porque el nivel de equipamiento de los hospitales del país era más precario.
- Estos dispositivos son adquiridos por diversas entidades públicas, sin embargo, en el Perú, la gran parte fue adquirida de manera centralizada por el Ministerio de Salud entre los años 2020 y 2022 para enfrentar la pandemia. Asimismo, son provistos por diversas empresas. Sin embargo, en ambos países, hay algunas empresas con mayor relevancia como Draeger, Cardiopulmonary Care, Clinic Medic, Arquimed, entre otras. Las adquisiciones en Chile están repartidas de forma más homogénea en el tiempo y se obtienen menores precios unitarios en comparación con Perú.
- En promedio, durante el período 2010-2022, el mercado peruano presenta una baja concentración ($HHI = 1,137$). Sin embargo, se observa que, en algunos años, el nivel de concentración fue medio e, incluso, alto en los años 2018 y 2020. De manera similar, en el caso de Chile, la concentración de mercado fue baja ($HHI = 1,210$), pero en algunos años, el nivel de concentración fue media y alta.
- La competencia asegura el funcionamiento eficiente del mercado, de manera que contribuye a mejorar la calidad de los productos, incrementar la variedad de opciones del consumidor y promover la innovación. Existen diversos indicadores para medir la competencia de un mercado, de los cuales lo más utilizados son el ratio de concentración y el HHI.
- Tanto la literatura económica como la evidencia empírica respalda una relación inversa y significativa entre los precios. Es decir, a mayor competencia en el mercado, menores serán los precios. En ese sentido, múltiples estudios han estudiado la relación entre la concentración, medida a través del HHI, con los precios o márgenes del mercado.
- Los grafos permiten representar sistemas complejos o redes como una combinación de nodos y enlaces. Los indicadores de grafos permiten analizar las relaciones que conforman la estructura de los sistemas complejos o redes. Así, por ejemplo, el índice

de entropía refleja la distribución de las relaciones entre los nodos y el índice de entropía condicional refleja si la distribución entre las relaciones es uniforme entre los nodos.

- Estos indicadores podrían ser útiles para medir las dinámicas competitivas de los mercados. De hecho, en los últimos años, la literatura económica ha estudiado la aplicabilidad de la teoría de grafos en el análisis de competencia. El análisis de grafos realizado en el subcapítulo 6.1 permitió comprender mejor la contratación entre entidades públicas y empresas para la adquisición de ventiladores mecánicos en cada uno de los países. En particular, las figuras 6.1 y 6.2 representan un aporte que permite visualizar las relaciones entre entidades y proveedores en Perú y Chile, respectivamente.
- Se encontró el que número de postores tiene una relación inversa con el valor adjudicado unitario, la cual es estadísticamente significativa en ambos países. En Perú, considerando un precio promedio de US\$ 45 mil, se estima que tener un postor más en una licitación de ventiladores mecánicos podría conducir en promedio a un ahorro del orden de US\$ 250 por unidad.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las autoridades que convocan los procesos de licitación incentivar la participación de un mayor número de empresas en los procesos de licitación, con el objetivo de fomentar la competencia. Esto se puede lograr con diversas actividades como una mayor difusión de las licitaciones, invitación directa de participantes, publicar bases administrativas más abiertas. Además, se puede avanzar con la preparación de un listado de empresas preseleccionadas que cumplen requisitos mínimos de historial de buenas prácticas y comportamiento idóneo en licitaciones previas.
- Asimismo, se recomienda a las entidades contratantes que, en la medida de lo posible, centralizar la compra de algunos productos en instituciones nacionales con el objetivo de gestionar mejor el proceso de contratación, generar economías de escala e incrementar el poder de negociación de las entidades. Todo ello sin que suponga un problema de desabastecimiento o demora en la adquisición de los productos esenciales.
- Además de ello, suavizar las compras mediante la adquisición periódica de algunos productos (como se observa por ejemplo en el caso de Chile) podría generar beneficios similares a la centralización, como la mejor gestión y economías de escala, de manera que el precio se reduzca.
- Se recomienda al Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado (OSCE) el seguimiento y monitoreo de algunos sectores clave para identificar posibles mercados poco competitivos o, incluso, indicios de concertación. Si bien el Sistema Electrónico de Contrataciones del Estado (SEACE) asegura la transparencia de los procesos, este observatorio de contrataciones públicas sería una herramienta que monitoree condiciones competitivas en tiempo real en los mercados, lo cual tendría múltiples efectos pro-competitivos. Por un lado, permitiría a las entidades contratantes conocer mejor el comportamiento histórico de las contrataciones. Por otro lado, las herramientas de seguimiento funcionarían como un elemento disuasivo para las empresas. Finalmente, permitiría a entidades externas como al Instituto Nacional de Defensa a la Competencia y de la Protección a la Propiedad Intelectual (Indecopi) o la

Contraloría General de la República investigar sectores propensos a prácticas anticompetitivas.

- En esa misma línea, se recomienda implementar mejoras en el SEACE que permitan un uso más amigable por parte de los usuarios, con mayor capacidad de descarga y acceso a los documentos de los procesos. Por ejemplo, un sistema de descarga masiva como el de ChileCompra podría facilitar el acceso a información por parte de terceros interesados en los procesos.
- En caso el OSCE identifique posibles indicios de concertación, debería contactar y cooperar con el Indecopi de forma diligente. Esto implica notificar oportunamente y proporcionar toda la información necesaria para realizar las investigaciones pertinentes. Esto fue una de las recomendaciones que elaboró el Indecopi en sus Recomendaciones normativas para fomentar la competencia en las contrataciones públicas (Indecopi, 2018).
- Se recomienda continuar investigando la aplicabilidad de los indicadores de grafos para el análisis de competencia, debido a su potencial para comprender las estructuras de mercados complejas y así poder enriquecer el análisis de competencia.
- Se recomienda evaluar el uso de estos indicadores en diversos sectores y no solo en contrataciones del Estado, sino también en otras dinámicas de mercado. Esta masificación de los estudios debería de contribuir en afinar la interpretación y definir umbrales que permitan evidenciar potenciales problemas de competencia.
- Al estudiar la relación entre precios y competencia, se recomienda incrementar el número de observaciones para robustecer los resultados. Esto se puede realizar estudiando un período temporal más extenso, con un panel data que estudie diversos estudios o países simultáneamente o estudiar indicadores a nivel de empresas.

REFERENCIAS

- An, H., Zhong, W., Chen, Y., Li, H., & Gao, X. (2014). Resources Policy. *Energy*.
- Autoridade da Concorrença. (s.f.). *The Benefits of Competition*.
<https://www.concorrenca.pt/en/benefits-competition#:~:text=Greater%20competitiveness%20creates%20more%20productivity,range%20of%20goods%20and%20services>
- Banco Mundial. (s.f.). *World Development Indicators*.
<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Barabási, A.-L. (2016). *Network Science: the scale-free property*.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=2a5a4c3592437625a51713e99c64995ef338eab3>
- Berger, A. N., & Hannan, T. H. (1989). The Price-Concentration Relationship in Banking. *The Review of Economics and Statistics*, 71(2), 291-299.
<https://doi.org/10.2307/1926975>
- Chen, Z., An, H., Gao, X., & Hao, X. (2016). Competition pattern of the global liquefied natural gas (LNG) trade by network analysis. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, (33), 769-776.
<https://doi.org/10.1016/j.jngse.2016.06.022>
- Church, J., & Ware, R. (2000). *Industrial Organization: A strategic approach*. McGraw-Hill.
- Cotterill, R. (1990). Food Mergers: Implications for Performance and Policy. *Review of Industrial Organization*, 5(2), 189-202.
- Cournot, A. A. (1938). *Recherches sur le Principes Mathématiques de la Théorie des Richesses*.
- Cowling, K., & Waterson, M. (1976). *Price-cost and market structure*.
- Demsetz, H. (1973). Industry Structure, Market Rivalry, and Public Policy. *Journal of Law and Economics*, 16(1), 1-9.
- Dick, A. R. (2002). Coordinated Interaction: Pre-Merger Constraints and Post-Merger Effects.
- European Commission. (s.f.). *Competition Policy*. https://competition-policy.ec.europa.eu/about/why-competition-policy-important-consumers_en
- Fiscalía Nacional Económica. (2021). *Guía para el análisis de operaciones de concentración horizontal*.

- Fountoukidis, I., Antoniou, I., & Varsakelis, N. (2023). Competitive conditions in the public procurement markets: an investigation with network analysis. *Journal of Industrial and Business Economics*, (50), 347-368.
<https://doi.org/10.1007/s40812-022-00251-z>
- Gutiérrez, F. (2011). Ventilación Mecánica. *Acta Médica Peruana*.
- Hao, X. (2023). Import competition and pressure in the international crude oil trade: A network analysis. *Resources Policy*, 82(103468).
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103468>
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2018). *Recomendaciones normativas para fomentar la competencia en las contrataciones públicas*.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y la Protección de la Propiedad Intelectual. (2022). *Lineamientos para la calificación y análisis de las operaciones de concentración empresarial*.
- Ivaldi, M., Jullien, B., Rey, P., Seabright, P., & Tirole, J. (2003). *The economics of unilateral effects*. IDEI.
- Kang, X., Wang, M., Wang, T., Luo, F., Lin, J., & Li, X. (2022). Trade trends and competition intensity of international copper flow based on complex network: From the perspective of industry chain. *Resources Policy*, 79(103060).
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103060>
- Koller, R., & Weiss, L. (1989). Price Levels and Seller Concentration: The. En L. Weiss, *Concentration and Price*.
- Kwoka, J. (1990). Fixation on Profit Studies. *Antitrust Law & Economics Review*.
- Mankiw, G. (2012). *Principios de Economía*.
- Motta, M. (2022). *Política de competencia*.
- Newmark, C. (2004). *Price-Concentration Studies: There you go again*.
- Nicholson, W. (2007). *Teoría microeconómica: Principios básicos y ampliaciones*.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2021) *Methodologies to Measure Market Competition*.
- Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado. (2015). Relación entre el número de postores y la reducción de precios. *Revista al Día*, (4).
https://portal.osce.gob.pe/revista_osce/159/detalle/04
- Pavic, I., Galetic, F., & Piplica, D. (2016). Similarities and Differences between the CR and HHI as an indicator of Market Concentration and Market Power. *British Journal of Economics, Management and Trade*, 13(1), 1-8.

- Schmalensee, R. (1989). Inter-industry studies of structure and performance. En R. Schmalensee, & R. Willig, *Handbook of Industrial Organization*.
- U.S. Department of Justice; Federal Trade Commission. (2010). *Horizontal merger guidelines*.
- Varian, H. (2010). *Microeconomía intermedia*.
- Wooldridge, J. (2010). Análisis de regresión múltiple: estimación. En J. Wooldridge, *Introducción a la econometría*.
- Yang, J., Lu, L., Xie, W., Chen, G., & Zhuang, D. (2007). On competitive relationship networks: A new method for industrial competition analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 382(2), 704-714.
<https://doi.org/10.1016/j.physa.2007.04.032>





ANEXOS

Anexo 1: Fuentes de información

Las fuentes de información corresponden a las autoridades encargadas de las compras públicas en cada uno de los países. En el caso del Perú, se realizó una solicitud de información al Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado (OSCE).¹² Además, se consultó constantemente el Sistema Electrónico de Contrataciones del Estado (SEACE) para revisar información puntual de los procesos.¹³ En el caso de Chile, se realizaron descargas directas del portal ChileCompra.¹⁴ En ambos casos, el período de análisis es desde el 2010 hasta el 2022.

En comparación, cada uno de los sistemas de información tenía sus ventajas. Por un lado, en el caso peruano, la solicitud de información permitió reducir el pedido únicamente a aquellas contrataciones relacionadas con ventiladores mecánicos. Esto permitió que la limpieza de la base de datos fuera más sencilla. Por el contrario, la descarga masiva en el caso chileno requirió una limpieza más compleja, pues la información correspondía a bases de datos mensuales de todas las licitaciones convocadas por el Estado de Chile. Sin embargo, la ventaja fue que no se tuvo que esperar al plazo legal para recibir la información, algo relevante considerando el tiempo requerido para la investigación. En ese sentido, resultaría relevante contar con una plataforma similar en el caso peruano.

En el caso peruano, la base de datos recibida se encontraba a nivel de oferta de cada uno de los participantes, la cual tenía 2,020 observaciones. Esta base de datos se sometió a una limpieza con el programa estadístico STATA. Primero, se eliminaron aquellos procesos que habían sido declarados desiertos. En segundo lugar, se excluyó aquellos procesos de productos relacionados tubos corrugados, filtros, repuestos, entre

¹² Inicialmente se había realizado la solicitud de información a PerúCompras, entidad que, de acuerdo con la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, reencauzó la solicitud al OSCE. Esta última recopiló diligentemente la información dentro del plazo legal e incluso se contactó para poder entregar la información de la manera más precisa posible, por lo cual se agradece su gentil apoyo, sin el cual esta investigación no se hubiese podido llevar a cabo.

¹³ Consultado en [SEACE](#).

¹⁴ Consultado en [ChileCompra](#).

otros, los cuales, si bien estaban relacionados, no correspondían exactamente a la adquisición de ventiladores mecánicos. Además, se revisaron algunos casos puntuales que presentaban valores atípicos consultando al SEACE para verificar la información y corregir en caso sea necesario. Finalmente, se colapsó a nivel de proceso (o ítem) para poder obtener la base de datos final. Esta base de datos cuenta con 380 observaciones.

En el caso chileno, se descargaron las bases de datos del portal ChileCompra. Este portal permite descargar todos los procesos mensualmente. El trabajo inicial de procesamiento y consolidación de las bases se realizó con el programa estadístico **R**,¹⁵ ya que por la magnitud y peso de las bases en **STATA**¹⁶ presentaba problemas. Luego de ello, se realizó el mismo trabajo de limpieza descrito para el caso peruano. La base de datos final cuenta con 596 observaciones.

Finalmente, los grafos de ambos mercados fueron construidos con el programa **Gephi**.¹⁷ Este programa permite elaborar grafos, arreglar el formato y representación, así como estimar y analizar la composición de los grafos. Sin embargo, en el presente caso los indicadores se construyeron en excel por la facilidad y familiaridad en el uso de este programa.

¹⁵ Descargar en el siguiente [enlace](#).

¹⁶ Descargar en el siguiente [enlace](#).

¹⁷ Descargar en el siguiente [enlace](#)

Anexo 2: Consideraciones econométricas del MCO

Al realizar una estimación por MCO es importante tener en cuenta algunas consideraciones econométricas. Estas están relacionadas con los siguientes cinco supuestos del MCO (Wooldridge, 2010):

S1 – Linealidad en los parámetros: los parámetros que relacionan las variables independiente y dependientes son lineales.

S2 – Muestreo aleatorio: la muestra de n observaciones es aleatoria y sigue el modelo poblacional del supuesto S1.

S3 – No hay colinealidad perfecta: ninguna de las variables independientes es constante ni hay una relación lineal exacta entre las variables independientes.

S4 – Media condicional cero: el valor esperado del error es cero:
 $E(\mu|X_i) = 0$

S5 – Homocedasticidad: la varianza del error es constante:
 $Var(\mu_{it}|X_i, a_i) = \sigma_u^2$

Los primeros cuatro supuestos son fundamentales para asegurar que los parámetros estimados sean insesgados. El quinto supuesto es fundamental para determinar que los estimadores MCS de los parámetros son los más eficientes (menor varianza) entre todos los estimadores lineales insesgados. Por ello, a continuación, se revisa que el planteamiento econométrico cumpla con estos supuestos.

El primer supuesto se puede asumir que la relación entre las variables dependientes e independientes pueden ser explicados con una relación lineal. El segundo supuesto también es factible asumir que se cumple, en tanto la estimación considera todas las licitaciones convocadas. El tercer supuesto requiere que se revise las variables independientes. Para asegurar que este supuesto se cumple, se evitará utilizar más de un indicador de grafo en la regresión, ya que todos se construyen sobre la base de las participaciones. Por ejemplo, tanto el índice de entropía como el índice de entropía condicional se estiman con las participaciones de las empresas, por lo que incluir ambos en la especificación del modelo podría generar colinealidad en el modelo. En cuanto al cuarto y quinto se utilizarán las pruebas econométricas correspondientes para descartar que las variables explicativas estén relacionadas al error (S4) y la presencia de

heterocedasticidad (S5). En el siguiente capítulo se presentan los resultados de las distintas ecuaciones evaluadas, así como las pruebas realizadas.



Anexo 3: Tratamiento a las bases de datos para la estimación econométrica

Este anexo contiene algunas consideraciones econométricas que se tuvieron en cuenta previo a las estimaciones.

1. **Base de datos:** Si bien los indicadores de grafos son estimados con la base de datos a nivel de proceso, en tanto los indicadores de mercado disponibles son solo uno por año, se llevó la base a frecuencia anual. De lo contrario, la variabilidad de las variables explicativas sería casi nula, lo que afecta los resultados.
2. **Variables:** Se priorizó mantener los modelos lo más simple posible. Por un lado, ayuda a prevenir problemas de colinealidad entre las variables explicativas (indicadores de grafos). Por otro lado, al consolidar las bases a frecuencia anual, era importante preservar los mayores grados de libertad posibles.
3. **Valores atípicos:** Se eliminaron algunos valores atípicos previo a consolidar la base de datos a nivel anual, ello para prevenir cualquier distorsión en los resultados.
4. **Heterocedasticidad:** Las regresiones se corrieron usando el comando `vce(robust)` para corregir y eliminar posibles problemas de heteroscedasticidad.

Caso de Estudio: Compras públicas de ventiladores mecánicos

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
2	www.cema.edu.ar Fuente de Internet	<1%
3	www.suseso.cl Fuente de Internet	<1%
4	issuu.com Fuente de Internet	<1%
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
6	revistas.ucu.edu.uy Fuente de Internet	<1%
7	www.profor.info Fuente de Internet	<1%
8	www.fumec.br Fuente de Internet	<1%
9	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%

<1 %

10

es.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

11

doczz.net

Fuente de Internet

<1 %

12

www.bvrie.gub.uy

Fuente de Internet

<1 %

13

www.tdx.cat

Fuente de Internet

<1 %

14

www.revistas-conacyt.unam.mx

Fuente de Internet

<1 %

15

crcal.org

Fuente de Internet

<1 %

16

dehesa.unex.es

Fuente de Internet

<1 %

17

pdfcoffee.com

Fuente de Internet

<1 %

18

docplayer.es

Fuente de Internet

<1 %

19

core.ac.uk

Fuente de Internet

<1 %

20

www.et.bs.ehu.es

Fuente de Internet

<1 %

21	clrmorales.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.indecopi.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
23	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.cepal.org Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.ulima.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	www.pateco.es Fuente de Internet	<1 %
27	Aina Noverques Medina. "Estudio del comportamiento del gas radón (^{222}Rn) en los procesos de transferencia en agua y en aire", Universitat Politecnica de Valencia, 2022 Publicación	<1 %
28	Submitted to Universidad Autónoma de Nuevo León Trabajo del estudiante	<1 %
29	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
30	www.funcas.cecac.es Fuente de Internet	<1 %

www.funsalud.org.mx

31

Fuente de Internet

<1 %

32

www.orlandosentinel.com

Fuente de Internet

<1 %

33

Submitted to University of Technology,
Sydney

Trabajo del estudiante

<1 %

34

Submitted to CONACYT

Trabajo del estudiante

<1 %

35

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

36

Young, John. "The Committee of Estates of
the Scottish Parliament, 1640-1651 : an
exercise in provisional government",
Parlament de Catalunya, Universitat Pompeu
Fabra, 2015

Fuente de Internet

<1 %

37

Submitted to Unviersidad de Granada

Trabajo del estudiante

<1 %

38

www.dropbox.com

Fuente de Internet

<1 %

39

www.mysciencework.com

Fuente de Internet

<1 %

40

www.uria.com

Fuente de Internet

<1 %

41	PAULA RINAUDO. "Estudio del encapsulado de sensores de fibra óptica para la medida de muy altas temperaturas y de pautas para su aplicación en la monitorización de túneles sometidos a fuego.", Universitat Politecnica de Valencia, 2015 Publicación	<1 %
42	archive.org Fuente de Internet	<1 %
43	docslide.us Fuente de Internet	<1 %
44	jalayo.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
45	moam.info Fuente de Internet	<1 %
46	pdfcookie.com Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.uam.es Fuente de Internet	<1 %
48	repositorio.unicordoba.edu.co Fuente de Internet	<1 %
49	www.acede.org Fuente de Internet	<1 %
50	www.condusef.gob.mx Fuente de Internet	<1 %

51

www.semg.es

Fuente de Internet

<1 %

52

Stephanie Aracena, Marco Barboza, Victor Zamora, Oswaldo Salaverry, Doreen Montag. "Health system adaptation to climate change: a Peruvian case study", Health Policy and Planning, 2020

Publicación

<1 %

53

mejorconsalud.as.com

Fuente de Internet

<1 %

54

orientacion.universia.net.co

Fuente de Internet

<1 %

55

ridda2.utp.ac.pa

Fuente de Internet

<1 %

56

www.economiafinanzasynegocios.com

Fuente de Internet

<1 %

57

www.tesisenred.net

Fuente de Internet

<1 %

58

"Caracterización geotécnica de suelos diatomáceos", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2018

Publicación

<1 %

59

"Comportamiento inelástico-frágil de edificios de muros durante el terremoto de Chile, 2010", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2014

<1 %

60

GOLDER ASSOCIATES PERU S.A.. "EIA-SD de la Modificación del Proyecto de Exportación de Gas Natural Licuado - Pampa Melchorita - Perú-IGA0011336", R.D. N° 550-2006-MEM/AAE, 2021

Publicación

<1 %

61

apps.who.int

Fuente de Internet

<1 %

62

mpra.ub.uni-muenchen.de

Fuente de Internet

<1 %

63

pesquisa.bvsalud.org

Fuente de Internet

<1 %

64

policonomics.com

Fuente de Internet

<1 %

65

pt.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

66

publications.iadb.org

Fuente de Internet

<1 %

67

webcontenidos.labolsa.com

Fuente de Internet

<1 %

68

who.unep.ch

Fuente de Internet

<1 %

69

www.juntadeandalucia.es

Fuente de Internet

<1 %

70

www.math.cornell.edu

Fuente de Internet

<1 %

71

www.oitchile.cl

Fuente de Internet

<1 %

72

"Understanding landscape-primary productivity and biodiversity relationship through graph metrics", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2020

Publicación

<1 %

73

Abigail Rodríguez Nava, Francisco Venegas Martínez. "Indicadores de rentabilidad y eficiencia operativa de la banca comercial en México", Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía, 2010

Publicación

<1 %

74

Omar Flores Sánchez. "Estudio de librerías paralelas de libre distribución y algoritmos paralelos iterativos multipaso para la resolución de sistemas de ecuaciones lineales dispersos. Aplicación a la ecuación de difusión neutrónica.", Universitat Politecnica de Valencia, 2009

Publicación

<1 %

75

Sergio Sanfilippo Azofra, Myriam García Olalla. "Consecuencias de las Fusiones y Adquisiciones Entre las Entidades de Crédito de Europa Continental", Spanish Journal of

<1 %

Finance and Accounting / Revista Española de Financiación y Contabilidad, 2006

Publicación

76	d.documentop.com Fuente de Internet	<1 %
77	diposit.ub.edu Fuente de Internet	<1 %
78	futur.upc.edu Fuente de Internet	<1 %
79	presidencia.gva.es Fuente de Internet	<1 %
80	repositorio.tec.mx Fuente de Internet	<1 %
81	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	<1 %
82	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
83	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
84	www.bcrp.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
85	www.caf.com Fuente de Internet	<1 %
86	www.chiletech.com Fuente de Internet	<1 %

87	www.ec.gba.gov.ar Fuente de Internet	<1 %
88	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1 %
89	www.jfarmesto.com Fuente de Internet	<1 %
90	www.losandes.com.ar Fuente de Internet	<1 %
91	www.oecd.org Fuente de Internet	<1 %
92	www.paho.org Fuente de Internet	<1 %
93	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1 %
94	Nerea María Gómez Fernández. "Use of Statistical Methods for the Analysis of Educational Data: the Role of ICTs in the Educational Context", Universitat Politecnica de Valencia, 2022 Publicación	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo