

DEPÓSITO LEGAL ZU2020000153

ISSN 0041-8811

E-ISSN 2665-0428

Revista de la Universidad del Zulia

Fundada en 1947
por el Dr. Jesús Enrique Lossada



Ciencias del
Agro,
Ingeniería
y Tecnología

Año 14 N° 39

Enero - Abril 2023

Tercera Época

Maracaibo-Venezuela

Modelo de medición de la competitividad de las operaciones de minería de hierro

Juan E. Villalva A. *

RESUMEN

La minería de hierro es una importante actividad económica en el ámbito mundial, caracterizada por ser de bajo valor agregado, alta volatilidad en el precio y alta rivalidad entre las empresas que participan en su negocio, donde la competitividad se ha convertido en un aspecto vital para garantizar la sobrevivencia de las empresas, por lo que su medición es de especial importancia. Por otro lado, se tiene que la medición de la competitividad empresarial implica ciertas complejidades, dado que es un constructo multidimensional y que requiere de una metodología especialmente diseñada para ello. El objetivo de la presente investigación fue proponer un modelo de medición de la competitividad de las operaciones de minería de hierro; para lograrlo se identificaron las variables explicativas y se diseñó la estructura de un modelo, que representa un aporte significativo a las áreas de conocimiento relacionadas con la gestión del negocio de minería de hierro.

PALABRAS CLAVE: modelo de competitividad, competitividad empresarial, minería de hierro y análisis de componente principal.

* Profesor. Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre (UNEXPO), Vice-Rectorado, Puerto Ordaz, Venezuela. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6273-1154>. E-mail: juanev99@gmail.com

Competitiveness measurement model for iron mining operations

ABSTRACT

Iron mining is an important economic activity in the world, characterized by low added value, high price volatility and high rivalry between the companies that participate in its business, where competitiveness has become a vital aspect for ensure the survival of companies, so its measurement is of special importance. On the other hand, the measurement of business competitiveness implies certain complexities, since it is a multidimensional construct and requires a methodology specially designed for it. The objective of this research was to propose a model for measuring the competitiveness of iron mining operations. To achieve this, the explanatory variables were identified and the structure of a model was designed, which represents a significant contribution to the related areas of knowledge with the management of the iron ore mining business.

KEY WORDS: competitiveness model, competitiveness of mining operations, iron mining and principal component analysis.

Introducción

Competitividad es un término que en la literatura presenta variadas definiciones, lo que denota falta de consenso entre los autores y cierta complejidad en el tema; no obstante, hay consenso de que se trata de un constructo, cuya medición solo es posible a través de otras variables y que en consecuencia presenta cierta dificultad para su tratamiento, tanto teórica, como empírico.

Con respecto al concepto de competitividad, según plantea Porter (1990), no tiene una definición, ni una teoría para explicarla, que sean generalmente aceptadas. Y el mismo autor, afirma que el significado de competitividad puede ser diferente cuando se habla de una empresa, una nación o de acuerdo con la especialidad o enfoque que lo defina. Las afirmaciones de Porter, a pesar de tener más de dos décadas, aún mantienen vigencia, ya que según Siggel (2007: 5), “la gran variedad de definiciones de competitividad propuestas en la literatura económica y empresarial, han convertido a este concepto en confuso y ambiguo”.

De acuerdo con Altomonte et al., (2012: 12), “una tarea difícil en el estudio de la competitividad es su medición empírica, a la luz de la evidencia de que el concepto de competitividad carece de una definición universalmente aceptada”. Por tanto, “cuando se habla

de competitividad empresarial, lo primero que hay que establecer es que se trata de un fenómeno complejo” (Cabrera et al., 2011: 31).

Es importante señalar que “una cuestión íntimamente relacionada con la definición y modelización de la competitividad, es su medición, de tal forma que no se puede hablar de competitividad si no se alude tácita o explícitamente a una forma para medir la misma” (Fuentes, 2007: 4). Se debe señalar que competitividad es un concepto no observable directamente y cuya medición solo es posible mediante otras variables observables.

En ese sentido, algunos investigadores han propuesto diversos modelos que conceptualizan la competitividad empresarial y permiten acercarse a obtener medidas de ella. Sin embargo, los modelos anteriormente mencionados, presentan algunas deficiencias para aplicarlos al área de minería, la mayoría de ellos son para aplicación general y otros aplican al área de manufactura.

En ausencia de un método objetivo de medición de la competitividad en la minería de hierro, esta ha recibido un tratamiento en términos subjetivos, lo que no permite obtener certeza sobre las variables que impactan en su comportamiento, ni conocer el peso o grado de importancia de estas. Ante la problemática planteada, un modelo de la competitividad, que permite la medición objetiva del nivel competitivo y de las variables que afectan a las empresas de la minería de hierro, es un aporte importante y útil para orientar las decisiones sobre las prioridades competitivas de esas empresas.

Con base a lo explicado, resulta evidente que hay un vacío en el conocimiento en el tema de la competitividad aplicada a la industria minera de hierro, ya que es un tema que no ha sido suficientemente investigado hasta ahora. Asimismo, ante la problemática planteada sobre la competitividad en las empresas de minería de hierro y las dificultades para aplicar los modelos existentes, surgieron las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuáles son las variables que miden y explican la competitividad de las operaciones de minería de hierro a nivel mundial?
2. ¿Cuál es el modelo que define la estructura de las variables explicativas y el método de medición de la competitividad de las operaciones de minería de hierro?

Para dar respuestas a las interrogantes planteadas, se realizó la presente investigación cuyo objetivo principal fue proponer un modelo de medición de la competitividad de las operaciones de minería de hierro, la cual es una herramienta útil y práctica, para medir y explicar el fenómeno de la competitividad en este tipo de empresas.

Para alcanzar el objetivo general se plantearon dos objetivos específicos:

- Identificar las variables explicativas de la competitividad de las operaciones de minería de hierro a nivel global.
- Diseñar un modelo de competitividad de las operaciones de minería de hierro.

1. Bases Teóricas

En la presente investigación se establecen distinciones en las principales características en las definiciones aplicadas al término competitividad, como: si es macroeconómico o microeconómico, positivo o normativo y “ex post” o “ex ante”.

El concepto de competitividad a nivel microeconómico es aplicado a las empresas, presenta una base teórica con divergencia de criterios y definiciones, y se centra en las características de los productores en competencia, mientras que el concepto de competitividad a nivel macroeconómica es aplicado a naciones. Para Chursin y Makarov (2015), en el nivel microeconómico, se deben distinguir dos categorías de competitividad: la competitividad de la empresa y la competitividad del producto.

El concepto positivo aplica a la competitividad, de acuerdo a si se basa en una realidad observable; o por el contrario el concepto normativo, se basa sobre juicios de valor; mientras los conceptos “ex post” y “ex-ante”, fueron desarrollados por Haguenaer (2012), donde el enfoque “ex post”, se vincula al desempeño, y el enfoque “ex-ante” se vinculan a los factores que impulsan la competitividad. En la presente investigación el término “ex ante”, aplica a factores que inciden en las ventajas competitivas, y en el caso del término “ex post” se refiere a las variables o indicadores que miden el resultado competitivo.

Hay que reconocer que la literatura sobre la competitividad de la empresa es abundante, y presenta para este término un sinnúmero de variadas definiciones, lo que demuestra la preocupación y el esfuerzo de investigadores y organismos oficiales por identificar aquellos

factores que más influyen en la competitividad de una empresa. En la Tabla 1, se presentan las variables que treinta y dos (32) destacados autores e instituciones utilizan para definir y explicar la competitividad de la empresa. En la Tabla se observa que, de 32 autores, solo 20 afirman que la competitividad empresarial podría ser explicada por la rentabilidad de la empresa, 17 por la participación del mercado, 11 por los costos, 9 por la productividad, y en menor proporción por las variables calidad, crecimiento, eficiencia e innovación.

Tabla 1. Variables que definen la Competitividad a Nivel de Empresa por Autor

Ítem	Variable	Autor	Frecuencia
1	Rentabilidad	Bueno (1987); Bogrine (2001); Martin et. al. (1991); McFetridge (1995); Depperu y Cerrato (2005); Lakshmanan et al. (2007); CEPAL (2006); Bristol (2005); Ricketts (2002); OECD (1992); Ubfal (2004); Cockburn et al. (1998); Lall (2001); Cano y Martín (2003); Cuervo (1993); Tamanes (1988); Rodríguez (S/F); Bristol (2005); Cetindamar y Hakan Kilitcioglula (2013); Oneyamenam (2004)	20
2	Participación de mercado	Bogrine (2001); Martin et. al. (1991); Depperu y Cerrato (2005); CEDEF Republique de la France (s/f); Lakshmanan et al. (2007); Ricketts (2002); Ubfal (2004); Martínez. et al. (2011); Ajitabh y Momaya (2004); Bruyn et. al. (2009); Lall (2001); Mercado (1998); Cano y Martín (2003); Muller (1995); Tamanes (1988); Rodríguez (S/F); Cetindamar y Kilitcioglula (2013)	17
3	Costos	Buckley et al. (1988); Bogrine (2001); McFetridge (1995); Depperu y Cerrato (2005); Porter (1985); Porter (1990); Vergés (2012); Ubfal (2004); Martínez et al. (2011); Cockburn et. al. (1998); Rondón (2014)	11
4	Productividad	Bogrine (2001); McFetridge (1995); Krugman (1990); Krugman (1994); Depperu & Cerrato (2005); Porter (1985); Porter (1990); Martínez et al. (2011); Altomonte et al. (2012)	9
5	Crecimiento	Cetindamar y Kilitcioglula (2013); OECD (1992); Oneyamenam (2004); Cano y Martín (2003)	4
6	Calidad	Buckley et al. (1988); Porter (1985); Porter (1990); Martínez et al. (2011)	4
7	Eficiencia	Vershelde et al. (2014); Ubfal (2004)	2
8	Innovación	Martínez et al. (2011); (Porter (1998)	2

Fuente: elaboración propia con base en las definiciones de los autores citados

La diversidad de puntos de vista de los autores sobre las variables que definen la competitividad, es un indicativo que no tiene una definición única de aceptación general y es un concepto de naturaleza multidimensional, lo confirma la idea de la complejidad del concepto. De acuerdo a Orozco et al. (2010: 94), “cuando se mide la competitividad, debe tenerse en cuenta que es un concepto muy amplio, difícil de captar en una sola medida, que es relativo a los competidores y que tiene un alto nivel de subjetividad”.

1.1. Modelos de Competitividad Previos

La presente investigación está referida al aspecto de competitividad a nivel de empresa y se debe destacar que en la literatura se encuentran variados modelos de competitividad construidos anteriormente al propuesto en la presente investigación, que tratan a las empresas, a los sectores industriales o a los países. Los enfoques utilizados en estos modelos varían entre “ex ante y “ex post”, los tipos de indicadores entre objetivos y subjetivos y el método de análisis entre cualitativo y cuantitativo. En la Tabla 2, se resume las características en cuanto a unidad de análisis, enfoque de análisis, tipo de indicadores y método de análisis de 5 modelos de competitividad previamente construidos de interés para la investigación.

Tabla 2. Resumen de los Modelos de Competitividad

Modelo	Unidad de análisis		Análisis		Tipo de indicadores		Enfoque		Determina el índice competitivo	Cantidad de variables	Aplicable a tipo de empresa
	Empresa	Industria País	Ex ante	Ex post	Subjetivo	Objetivo	Cualitativo	Cuantitativo			
1. Buckley et al. (1988)	✓	✓ ✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		14	G
2. Ambastha y Momaya (2004)	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		22	G
3. Deppreu y Cerrato (2005)	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		8	G
4. Jerusalmi C. y Camacho M. (2009)	✓			✓		✓		✓	✓	3	F
5. Cetindamar y Kilitcioglu (2013)	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	10	G
18 Medición competitividad de la minería de hierro de Villalva (2020)	✓			✓		✓		✓	✓	12	MFe

Leyenda: G=General; F=Farmacia; MFe=Minería de hierro

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 2 también se ha incluido el modelo propuesto en la presente investigación. Se observa que los modelos de Buckley et al. (1988), Ambastha y Momaya (2004), Depperu y Cerrato (2005), Jerusalmi y Camacho (2009), y Cetindamar y Kilitcioglu (2013); aunque presentan similitudes al modelo del propuesto en la investigación en cuanto a su unidad de análisis, el enfoque de análisis y su método de análisis, son de aplicación general y a la manufactura.

Los diversos modelos de competitividad planteados anteriormente, presentan dificultad para aplicarlos de manera específica para medir la competitividad de empresas mineras, ya que las empresas mineras tienen algunas variables que no tienen paralelo con empresas de manufactura y servicios, tales como el agotamiento del nivel de reservas y calidad de yacimientos entre otras. Por tal motivo, se propone un modelo capaz de medir la competitividad del efecto empresa, mediante un método cuantitativo, basado en indicadores objetivos, bajo un enfoque “ex post”. El modelo propuesto llena el vacío de conocimiento que existe en cuanto a las variables explicativas, su grado de importancia y el método para medir la competitividad de las operaciones de minería de hierro.

2. Procedimiento Aplicado en la Investigación

La investigación que tuvo como resultado la propuesta de un modelo de competitividad de las operaciones de minería de hierro, se realizó en dos fases.

En la primera fase, correspondiente al objetivo específico 1, se identificaron las variables explicativas de la competitividad de las operaciones de minería de hierro, proceso que se llevó a cabo a su vez en tres pasos:

1. Utilizando como referencia el listado de variables explicativas teóricas, se obtuvo otro listado de variables específicas, se identificaron las variables que afectan la competitividad de las empresas minera de hierro, mediante un análisis de contenido de los reportes e informes anuales de una muestra de 12 empresas mineras, donde se identificaron las variables que afectan la competitividad.

2. Se realizó la medición de las dimensiones de las variables mediante indicadores, Índice de Malmquist (IM), análisis envolvente de datos (DEA) y análisis de la frontera

estocástica (SFA). Y finalmente en cuarto lugar, se verificó la validez de contenido, la validez de criterio, la validez de constructo y la confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos.

En la segunda fase, correspondiente al objetivo específico 2, mediante el análisis de componente principal (ACP), determinó la estructura del modelo, capaz de medir y explicar la competitividad de las operaciones de minería de hierro. En esta fase se verificó la consistencia mediante el “alfa de Cronbach” y la validez funcional del modelo mediante la aplicación de un nuevo caso.

Para la investigación se tomó una muestra no probabilística intencional de la población de todas las empresas mineras del mundo y se buscó que la muestra represente lo mejor posible los segmentos de las empresas grandes (capacidad de producción > 100 Mt), las medianas (capacidad de producción entre 15 Mt y 100 Mt) y las pequeñas (capacidad de producción < 15 Mt), para ello el tamaño mínimo de la muestra representativa determinado fue de 12 empresas.

En la Tabla 3, se presenta la muestra considerada para la investigación.

Tabla 3. Características de las Empresas Seleccionadas para la muestra

Empresa Minera Fe	País	Tipo	Fe %	Reservas Fe Cont. (Mt)	% Partic. Merc. 2018	Años de operación	Cant. Minas	Capac. Produc. 2018 (Mt)
Vale	Brasil	Privada	65	3531.5	22.10%	75	22	384.6
Rio Tinto	Australia	Privada	61.2	1710.0	17.11%	22	15	281.8
BHP	Australia	Privada	60.6	2914.6	15.03%	16	7	247.6
Kumba	Surafrica	Privada	60.1	265.4	2.63%	12	3	48.7
NMDC	India	Estatal	64	503.2	2.19%	59	2	35.6
Assmang	Surafrica	Privada	64.4	254.8	1.09%	82	2	18.6
MGX	Australia	Privada	62	13.8	0.22%	21	2	7.9
CAP	Chile	Privada	33.5	883.9	0.85%	35	9	16.1
IOC	Canada	Privada	39	543.4	0.93%	68	1	19.0
LKAB	Suecia	Estatal	46	464.4	1.63%	126	2	27.2
Shougang	Perú	Privada	53	1174.0	0.63%	27	1	11.7
FMG	Australia	Privada	57.4	428.2	10.94%	12	5	172.2

Fuente: elaboración propia con base en datos de reportes de empresas y World Steel (2019)

La muestra intencional, incluye empresas mineras de: Australia, Brasil, Canadá, Chile, India, Perú, Sudáfrica y Suecia, sobre las cuales se logró obtener la información completa para el período 2009 al 2018; a partir de sus reportes anuales y otras fuentes secundarias de información y datos.

3. Resultados y Análisis

3.1. Variables Explicativas del Modelo

La Tabla 4, muestra las variables obtenidas en análisis de contenido realizado a los reportes de las empresas mineras de la muestra.

Tabla 4. Definición de las Variables

Variable	Frecuencia	Definición
1 <i>Costo Unitario</i>	12	Costo de producir una unidad de producto, basado en promedio, de todos los costos de los factores productivos que intervienen en su producción.
2 <i>Rentabilidad Económica</i>	11	Indicador de cuán eficiente es el uso de sus activos para generar beneficios, y es el resultado de dividir el beneficio entre el total de activos de la empresa.
3 <i>Eficiencia Técnica de Producción</i>	11	Medición en términos de comparación entre los valores reales de producción versus los valores óptimos de una frontera de posibilidades de producción.
4 <i>Cambio de Productividad</i>	9	Variación en la productividad producto del cambio en eficiencia y cambio tecnológico.
5 <i>Crecimiento de Producción</i>	9	Cuantificación del aumento o disminución de la producción de una empresa en el período de un año, respecto a un año base.
6 <i>Calidad del Yacimiento</i>	9	Grado de mineral Fe.
7 <i>Volumen de Reservas</i>	8	Cantidad de recurso mineral que podría extraerse o producirse económica y jurídicamente en el momento de la determinación de la reserva.
8 <i>Participación de Mercado</i>	3	Parte del mercado dominada por el producto de una empresa, y resulta de dividir las ventas del producto de la empresa entre las ventas totales en el Mercado
9 <i>Economías de Escala</i>	3	Ventajas o desventajas que, en términos de eficiencia y productividad se obtiene al variar el tamaño de las operaciones de una empresa.
10 <i>Eficiencia de Costo.</i>	2	Medición en términos de comparación entre los valores reales de costos de producción versus los valores óptimos.
11 <i>Crecimiento de Ventas</i>	2	Cuantificación del aumento o disminución de las ventas de una empresa en el período de un año, respecto a un año base.
12 <i>Eficiencia de Ingresos</i>	2	Medición en términos de una comparación entre los valores reales observados en los ingresos monetarios por ventas versus valores óptimos.

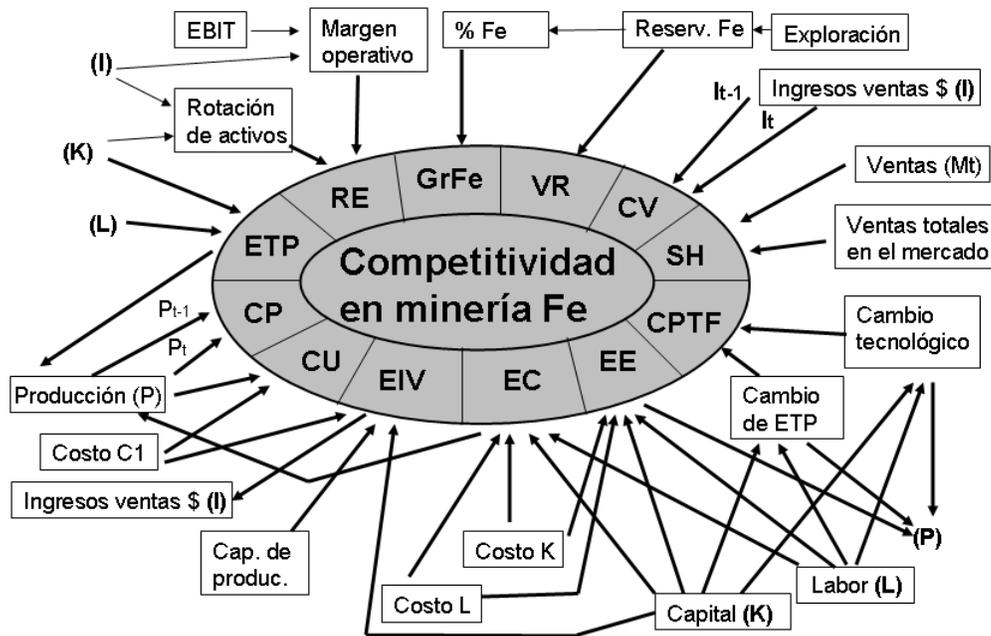
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la competitividad de las operaciones de minería de hierro, puede ser explicado por: costo unitario, la rentabilidad económica, eficiencia de producción, cambio de productividad total de factores, crecimiento de la producción, calidad del mineral, volumen de reservas, cambio tecnológico, participación de mercado, crecimiento de ventas, eficiencia de escala, eficiencia de costos y eficiencia de ingresos.

3.2 Medición de las Variables

En la Figura 1, se presenta la red conceptual factores operativos y variables explicativas del modelo de competitividad de las operaciones de minería de hierro, también conocida como modelo conceptual, por otros investigadores. En la Figura, se muestra que el modelo adopta doce indicadores para las variables explicativas, también se muestra la interrelación con los factores operativos utilizados para las mediciones.

Figura 1. Red de variables de la competitividad de las operaciones de minería Fe



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5, se presentan las variables explicativas, los indicadores o proxies, medición y unidad de medida de competitividad de las operaciones de minería de hierro. En los Anexos A

y B, se muestran los factores operativos considerados y el Link de cada fuente de datos, respectivamente. Los resultados de la medición de las variables explicativas, se muestran en el Anexo C.

Tabla 5. Medición de las variables explicativas de la competitividad

Variable		Indicador o Proxy	Medición	Unidad de medida
Costo unitario	CU	Costo Unitario	Costo Operat(CI)/ Producción	US\$/TM
Rentabilidad Económica	RE	Rentabilidad Económica	Margen Operativo x Rotación de Activos	Adimensional
Eficiencia Técnica de Producción	ETP	Eficienc. Técnica Producción	Índice obtenido mediante SFA	Adimensional
Cambio de productividad	CPTF	Cambio de PFT = Cambio de Efic. x Cambio Tecnológico	Índice obtenido mediante Malmquist	Adimensional
Crecimiento de Producción	CP	Crecimiento anual de Producción	Produc. Año corriente/ Produc. año anterior	%
Calidad de mineral	GrFe	Grado Fe	Grado del mineral de hierro del Yacimiento	% Fe
Volumen de reservas	VR	Reservas de mineral	Mt de reservas	Mt
Participación de Mercado	SH	Participación de Mercado	Ventas de empresa / Ventas del Mercado	%
Crecimiento de Ventas	CV	Crecimiento anual de Ingresos Ventas	Ventas año corriente/ Ventas año anterior	Adimensional
Eficiencia de escala	EE	Eficiencia de Escala	Índice obtenido mediante DEA	Adimensional
Eficiencia de costo	EC	Eficiencia de Costo	Índice obtenido mediante DEA	Adimensional
Eficiencia de ingresos	EIV	Eficiencia de ingresos por ventas	Índice obtenido mediante SFA	Adimensional

Fuente: Elaboración propia

3.3. Verificación de Validez de los Instrumentos

La verificación consistió en la validez de contenido, criterio, constructo y análisis de confiabilidad.

Para verificar la validez de contenido, se utilizó la técnica de juicio de expertos de “Kendall and Kendall”, mediante la cual se midió el nivel de consenso en torno a las doce (12) variables obtenidas desde un análisis de contenido aplicado a los reportes anuales de las empresas. Para ello se aplicó una encuesta a 12 expertos conocedores de la actividad minera, donde se les pidió que priorizaran las variables obtenidas en el análisis de contenido y se realizó su verificación estadística.

De acuerdo con Escobar y Cuervo (2008), los resultados encontrados con esta metodología “Kendall and Kendall”, se ubican entre valores de 0 y 1. Si el resultado alcanzado se acerca a cero, significa que no existe concordancia entre el criterio de los expertos, en cambio mientras más se acerque a 1 su concordancia es significativa. Se considera admisibles valores mayores a 0.50.

El resultado obtenido al aplicar el coeficiente de Kendall al instrumento, es de 0.62, con un Chi Cuadrado (χ^2) de 90.2). Como χ^2 calculada $>$ χ^2 tabla, entonces se rechaza la hipótesis nula (H_0 : No existe consenso entre los expertos sobre las variables) y se toma la hipótesis alternativa (H_1 : existe consenso entre los jueces sobre las variables), en consecuencia, se concluye que el juicio de los expertos es consistente con el listado de variables, validando de esta manera el contenido del instrumento.

La verificación de la validez de criterio, se realizó mediante la comparación de los resultados obtenidos del análisis de contenido versus el criterio de los expertos, obtenidos mediante la encuesta. La comparación entre los dos criterios, dio un coeficiente de correlación de Spearman de 0.669, considerado aceptable y es estadísticamente significativa al 0.05.

La verificación de la confiabilidad, se realizó mediante el método de mitades divididas, método que consiste en dividir las encuestas en dos mitades para hacer una comparación. Las dos mitades fueron la primera mitad las encuestas impares y la segunda mitad las encuestas pares. La comparación de los resultados de las dos mitades, arrojó un coeficiente de

correlación de Spearman de 0.917, considerado muy bueno y es estadísticamente significativa al 0.01.

La validez de constructo, se verificó mediante la prueba de Kaiser, Meyer y Olkin (KMO), prueba de Bartlett y análisis de comunalidades.

Debido a la gran variedad de datos, los cuales se encuentran en distintas escalas y magnitudes, lo que implica que en su forma natural no sean comparables, se utilizaron valores tipificados, para ello a cada valor se le restó la media y se dividió por su desviación estándar.

El resultado la prueba de esfericidad de Bartlett, tuvo una significación es perfecta (0.000), por lo que se rechaza de manera contundente la hipótesis nula (H_0 : Modelo ACP es inadecuado), y se toma la hipótesis alterna (H_1 : Modelo ACP es adecuado); por tanto, la matriz de correlaciones no es una matriz identidad, lo que significa que el ACP es pertinente para analizar las variables seleccionadas. La medida KMO resultante, es igual a 0.59, valor $KMO \geq 0,5$ y muy próximo a 6, lo que indica que la idea de realizar un ACP es buena. Las comunalidades de las variables tienen altos valores, indicativo que las variables pueden ser explicadas de manera aceptable a través de las componentes extraídas por el modelo ACP.

3.4 Diseño del Modelo

Mediante el análisis de componentes principales (ACP), se obtuvo la estructura del modelo, compuesto por cuatro componentes, los cuales agrupan las doce variables, cada una con sus respectivas ponderaciones, que permiten calcular un índice de competitividad de minería Fe (ICMFe). En Tabla 6, se presenta el porcentaje de varianza explicada de cada componente, basada en autovalores mayores que 1. Entre las cuatro componentes extraídas se acumula el 74.883% de la variabilidad de las variables originales. De acuerdo con CEPAL (2009), el mínimo porcentaje de varianza explicada aceptable debe estar entre 70 y 80%.

Para la rotación de los componentes extraídos se utilizó el método Varimax, convergiendo dicha rotación en 5 iteraciones. Varimax es un método de rotación ortogonal que asume que los componentes no están correlacionados. En la Tabla 7, se presenta la matriz de componentes rotados, donde están presentes las variables por encima de 0.5.

Tabla 6. Varianza Total Explicada

Componente	Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% varianza	% acumulado	Total	% varianza	% acumulado
1	4.06	33.80	33.80	2.81	23.42	23.42
2	2.08	17.32	51.12	2.50	20.82	44.24
3	1.48	12.31	63.43	2.19	18.25	62.49
4	1.37	11.45	74.88	1.49	12.40	74.88

Nota. Método de extracción ACP

Tabla 7. Matriz de Componentes Rotados

	Componente			
	1	2	3	4
ZREt			.804	
ZCU		-.767		
ZSH	.936			
ZETP	.702	.589		
ZEIV			.769	
ZEC	.658			
ZPTF				.783
ZCP				.869
ZCV			.803	
ZGrFe		.881		
ZVRt	.891			
ZEEt		.765		

Tabla 8. Matriz de coeficientes

	Componente			
	1	2	3	4
ZREt	.051	-.014	.361	-.028
ZCU	.075	-.358	.065	.089
ZSH	.385	-.108	-.007	-.038
ZETP	.181	.140	.033	.043
ZEIV	-.062	.060	.351	-.073
ZEC	.234	-.008	-.024	.076
ZCPTF	-.013	.037	-.178	.524
ZCP	-.035	-.059	.146	.598
ZCV	-.029	-.107	.389	.127
ZGrFe	-.196	.442	.050	.009
ZVRt	.417	-.194	-.034	-.109
ZEEt	-.020	.321	-.052	.040

Mediante el ACP se obtuvieron los coeficientes para el cálculo de las puntuaciones en las componentes, esto permitió la ponderación de cada variable; mediante estos coeficientes se construyó la ecuación lineal para cada una de las componentes extraídas (ver Tabla 8). Las componentes 1, 2, 3 y 4 obtenidas mediante el ACP, están asociadas respectivamente a los aspectos proceso, potencial, desempeño y crecimiento de las operaciones de minería de hierro. Para las ecuaciones que definen estas componentes explicativas se suprimieron los coeficientes cuya saturación en la solución rotada estaba por debajo de 0.5, de tal forma que la estructura del modelo queda expresada mediante las siguientes cinco ecuaciones:

$$\text{Comp. 1 (Proceso)} = 0.385 \text{ ZSH} + 0.181 \text{ ZETP} + 0.234 \text{ ZEC} + 0.417 \text{ ZVRt} \quad (1)$$

$$\text{Comp. 2 (Potencial)} = -0.358 \text{ ZCU} + 0.442 \text{ ZGrFe} + 0.321 \text{ ZEEt} \quad (2)$$

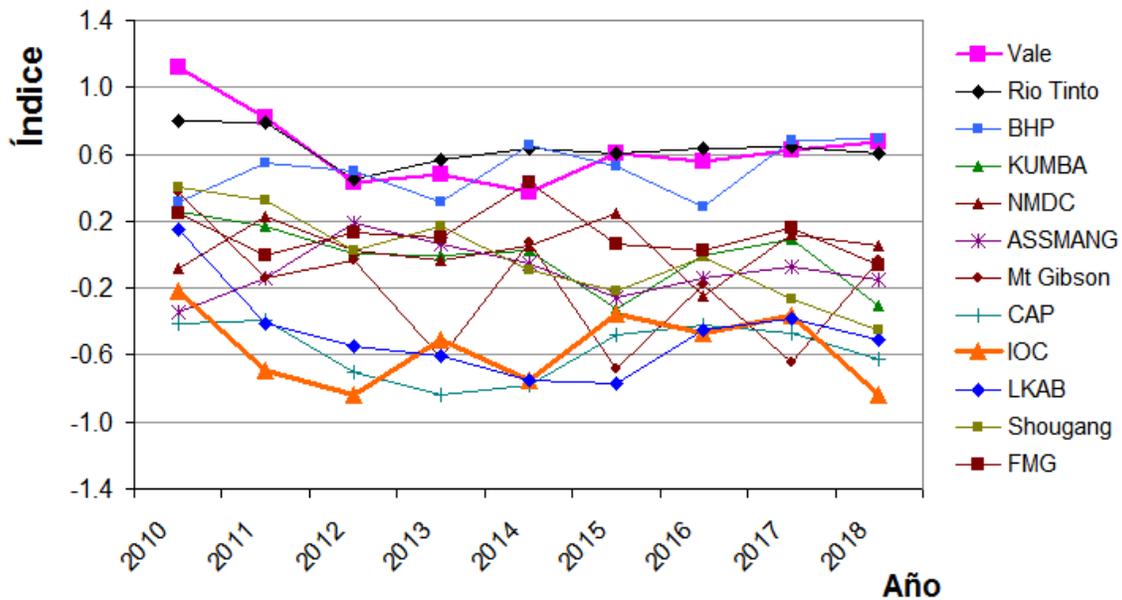
$$\text{Comp. 3 (Desempeño)} = 0.361 \text{ ZREt} + 0.351 \text{ ZEIV} + 0.389 \text{ ZCV} \quad (3)$$

$$\text{Comp. 4 (Crecimiento)} = -0.524 \text{ ZCPFT} + 0.598 \text{ ZCP} \quad (4)$$

$$\text{ICMFe} = 0.234 \text{ Comp. 1} + 0.2082 \text{ Comp. 2} + 0.1825 \text{ Comp. 3} + 0.1240 \text{ Comp. 4} \quad (5)$$

En la Figura 2, se presenta los resultados obtenidos para la competitividad de las operaciones de minería de hierro para cada empresa de la muestra, aplicando las ecuaciones obtenidas desde el ACP. En la escala obtenida, el cero indica el promedio de competitividad, los valores positivos indican alta competitividad, mayor a medida que crece la puntuación, y los valores negativos, indican que las empresas se encuentran por debajo del estándar.

Figura 2. Índice de competitividad de minería de hierro por empresa obtenido mediante el ACP



Fuente: Elaboración propia

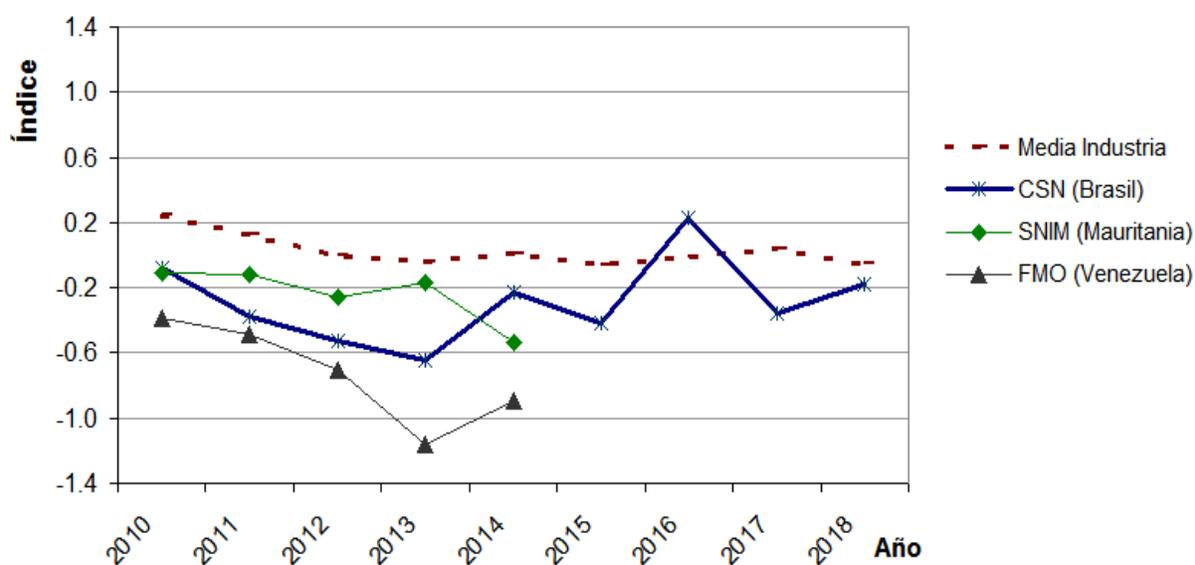
Los resultados de la investigación evidencian cambios en la posición competitiva de las empresas entre 2010 y 2018, lo que confirma la dinámica competitiva de ese sector industrial en ese período.

3.5. Verificación y Pruebas del Modelo

La consistencia interna del modelo, fue verificada mediante el coeficiente alfa de Cronbach, el cual tuvo un resultado de 0.7747, considerado suficiente, según López-Roldán y Fachelli (2015).

Para verificar la validez funcional del modelo, se aplicó el modelo a nuevos casos. Los nuevos casos donde se aplicó el modelo fue la “Compañía Siderúrgica Nacional” (CSN) de Brasil, la “Société Nationale Industrielle et Minière de Mauritanie” (SNIM) y “Ferrominera Orinoco” (FMO) of Venezuela. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios. En la Figura 3, se presenta la curva resultante de la aplicación del modelo.

Figura 3. Competitividad de las empresas CSN, SNIM y FMO (2010 – 2018)



Conclusiones

El modelo obtenido está basado en el enfoque de medición, útil para cuantificar las variables que afectan la competitividad, y desde un punto de vista epistemológico representa un nuevo conocimiento, el cual está sustentado en el principio de complementariedad, ya que para generar este, se asumió como válidos los modelos anteriormente propuestos por los autores, y amplió el núcleo teórico de la competitividad a nivel de empresa, permitiendo dar una explicación de ese fenómeno respecto a las operaciones de minería de hierro. Por lo tanto,

este modelo le da una nueva cobertura explicativa al conocimiento establecido en los modelos ya construidos.

Son muchas las conclusiones que se pueden extraer en la investigación realizada, a continuación, se mencionan las que tienen relación con los objetivos planteados:

1. En el proceso de investigación fueron identificadas 12 variables explicativas que son consideradas como significativas en el ámbito competitivo de las operaciones de minería de hierro, las cuales están resumidas en la tabla 4.

2. El modelo desarrollado considera 12 factores operativos: Labor (L), capital (K), costo operativo, costo L, costo K, volumen de reservas, % Fe reservas, capacidad de producción, producción, ventas, ingresos y EBIT, para medir las dimensiones de las variables explicativas identificadas y sobre los cuales se pueden tomar decisiones de acuerdo con el resultado competitivo medido por el modelo.

3. La aplicación del modelo, permite obtener el posicionamiento de las empresas de minería de hierro, para determinar de manera objetiva cuales son las líderes y las rezagadas, con base al resultado de las 12 variables explicativas.

4. El modelo es una herramienta que permite advertir los avances o retrocesos potenciales y reales en la industria minera de Fe en el aspecto competitivo según sean los escenarios involucrados. Mediante el modelo se pueden realizar variaciones en factores operativos de minería, tales como: volumen de mineral producido y/o vendido, el grado de mineral, volumen de reservas, labor (L), capital (K) y costos de L y/o K, entre otros y analizar su impacto en el desempeño competitivo.

5. El modelo aporta información para realizar comparaciones e identificar las diferencias, las fortalezas, las debilidades y las mejores prácticas de las empresas líderes, útil para los procesos de benchmarking.

6. El diseño metodológico aplicado en la presente investigación, proporciona una guía base para estudios de la competitividad a nivel empresarial de otras industrias de minería similares como el carbón (C), bauxita, cobre (Cu), níquel (Ni), manganeso (Mn) entre otras materias primas.

Referencias

Altomonte C., Aquilante T. y Octaviano G. (2012). The triggers of competitiveness: the EFIGE cross-country report. *The Bruegel Blueprint Series*. European Commission. European Union

Ambastha A. y Momaya K. (2004). Competitiveness of Firms: Review of Theory, Frameworks and Models. *Singapore Management Rev* 26(1), 45–61. https://www.researchgate.net/publication/253539431_Competitiveness_of_Firms_Review_of_Theory_Frameworks_and_Models

Bogrine H. (2001). Competitividad y comercio exterior. *Revista Comercio Exterior. Banco Nacional de Comercio Exterior*. Vol 51. Num 9. <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/32/12/RCE1.pdf>

Bristow G. (2005). Everyone's a 'winner': problematising the discourse of regional competitiveness. *Journal of Economic Geography* 5, 285–304.

Bruyn S., Markowska A., Jong F. y Blom M. (2009). Resource productivity, competitiveness and environmental policies. CE Delft, *Committed to the environment*. http://www.cedelft.eu/publicatie/resource_productivity,_competitiveness_and_environmental_policies_/1007

Buckley P., Pass, C., y Prescott, K. (1988). Measures of international competitiveness: a critical survey. *Journal of Marketing Management*, 4, Nro 2, 175-200. http://www.researchgate.net/publication/233254623_Measures_of_international_competitiveness_A_critical_survey_

Bueno E. (1987). *Dirección Estratégica de la Empresa. Metodología, Técnicas y Casos*, Ed. Pirámide

Cabrera A., López P. y Ramírez C. (2011). *La competitividad empresarial: un marco conceptual para su estudio*. (Documentos de investigación. Administración de Empresas; no. 4). Editora Edna Rocío Rivera Penagos. Ediciones Universidad Central, Colombia

Cano D. y Martín, D. (2003). Aproximación teórica al concepto y medición de la competitividad, *Estudios Económicos*, números 2 y 3, pp. 87 – 108. <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/84519>

CEDEF (s.f.). Centre de documentation Economie Finances. Ministère de l'Economie, de l'Industrie et du Numérique. République de la France. <http://www.economie.gouv.fr/facileco/la-competitivite>

CEPAL (2006). *Definiendo competitividad Comisión Económica para América Latina y el Caribe – Naciones Unidas*.

Cetindamar D. y Kilitcioglu H. (2013). Measuring the competitiveness of a firm for an award system, *Competitiveness Review: An International Business Journal incorporating Journal of Global Competitiveness*, Vol. 23, pp. 7 – 22. http://myweb.sabanciuniv.edu/dilek/files/2013/01/competitiveness_review_2013.pdf

Cockburn J., Siggel E., Massaoly C. y Vézina S (1998). *Measure competitiveness and its sources. The case of Mali's manufacturing sector*. African Economic Policy Paper Discussion Paper Number 16. Agency for International Development. Bureau for África. Office of Sustainable Development. USA.

Cuervo A. (1993). El papel de la empresa en la competitividad. *Papeles de economía Española*, nº 56, pp. 363 - 378. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=64934>

Depperu D. y Cerrato D. (2005). *Analizing International Competitiveness at Firm Level. Concepts and Measures*. Università Cattolica del Sacro Cuore. https://dipartimenti.unicatt.it/dises-wp_azzurra_05_32.pdf.

Escobar y Cuervo (2008). Validez de Contenido y Juicio de Expertos: Una Aproximación a su Utilización. *Avances en Medición*, 6, 27–36

Haguenauer L. (2012). Competitividade: Conceitos e Medidas. Uma Resenha da Bibliografia Recente com Ênfase no Caso Brasileiro. *Revista de Economia Contemporânea*. Vol.16 no.1. <https://doi.org/10.1590/S1415-98482012000100008>

Jerusalmi C. y Camacho M. (2009). El Triángulo de la Competitividad. Un modelo de medición de competitividad empresarial hallazgos empíricos sobre empresas farmacéuticas de EEUU. pp. 39-66. Universidad Católica de Uruguay. <https://www.researchgate.net/publication/320069258>

Krugman P. (1990). *The Age of Diminished Expectations*. The MIT Press, Cambridge.

Krugman P. (1994). Competitiveness. A Dangerous Obsession. *Foreign Affairs* 73(2), 28–44. <https://www.foreignaffairs.com/articles/1994-03-01/competitiveness-dangerous-obsession>

Lall S. (2001). *Competitiveness, Technology and Skills*. Edward Elgar Publishing: Cheltenham, UK.

Landero H. y González M. (2006). *Estadísticas con SPSS y metodología de la investigación*. Editorial Trillas

Lakshmanan L., Chinngaihlian S. y Rajesh R. (2007). Competitiveness of India's Manufacturing Sector: An Assessment of Related Issues. *Reserve Bank of India Occasional Papers* Vol. 28, No. 1, Summer 2007. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.596.4083&rep=rep1&type=pdf>

López-Roldán P. y Fachelli S. (2015). *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa*. Universitat Autònoma de Barcelona. <http://ddd.uab.cat/record/129382>

Martín L., Westgren R. y Van Duren E. (1991). Agribusiness Competitiveness across National Boundaries. *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 73, No. 5, Dec., 1991, pp. 1456-1464. <http://www.jstor.org/discover/10.2307/1242402?sid=21105620689743&uid=70&uid=3739296&uid=2129&uid=4&uid=2>

Martínez A., López P., y Méndez C. (2011). *La competitividad empresarial: un marco conceptual para su estudio*. Documentos de investigación. Administración de Empresas, N.º 3. Ediciones Universidad Central de Bogotá, Colombia.

McFetridge (1995). Competitiveness. Concepts and Measures. Paper No 5 1995, Department of Economics, Carleton University. *Occasional Paper published by Industry Canada of the federal government*. [https://www.ic.gc.ca/eic/site/easaes.nsf/vwapj/op05e.pdf/\\$file/op05e.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/easaes.nsf/vwapj/op05e.pdf/$file/op05e.pdf).

Mercado R. E. (1998). *Productividad base de la competitividad*. Editorial Limusa.

Muller G. (1995). El caleidoscopio de la competitividad. *Revista de la CEPAL*, Nro. 56, Naciones Unidas, agosto 1995.

OECD (1992). *Indicators of International Trade and Competitiveness*. No. 120, OECD Publishing, Francia. <https://doi.org/10.1787/708306180711>

Onyemenam, E.C. (2004). 'Firm Level Competitiveness in Nigeria,' Text of a presentation at the ODI NESG Seminar on Maximizing pro-poor growth: regenerating the socio-economic database in Nigeria June 15-16, 2004, City University, Northampton Square, London, UK

Orozco F., Serpell A., y Molenaar K. (2010). Factores e índices de competitividad para las compañías constructoras: resultados en Chile. *Revista de la Construcción*. Volumen 10 No 1 – 2011. <http://www.scielo.cl/pdf/rconst/v10n1/art09.pdf>

Pérez R. y Medrano L. (2010). Análisis factorial exploratorio: bases conceptuales y metodológicas. *Revista argentina de ciencias del comportamiento*. Vol 2, nº1. Págs.: 58-66. <https://www.researchgate.net/publication/42091816>

Porter, M. (1985). *Ventaja Competitiva*. Editorial CECSA.

Porter M. (1990). *The Competitive Advantage of Nations*. The Free Press.

Ricketts M. (2002). *The economics of business enterprise. An introduction to economic organization and theory of the firm*. Third Edition. Edward Elgar, Cheltenham, UK and Northampton, USA.

Rodríguez M. (S.F.). *Concepto de competitividad y sus niveles*. Material de Docencia. Tema 1. Universidad de Vigo. <http://webs.uvigo.es/mrdguez/Material%20docente/temalpop.doc>

Rondón O. (2014). *Nueva visión de costeo. All in Sustaning Cost, Growth y el Cash Cost. II congreso internacional gestión minera*. Instituto de ingenieros de mina de Perú. <http://www.gestionminera.com.pe/2014/pdf/cotabilidadycostos/14.00%20-%2014.25%20Rondon%20Oswaldo.pdf>.

Siggel E. (2007). *International Competitiveness and Comparative Advantage: A Survey and a Proposal for Measurement*. CESifo y Venice International Universite. https://www.cesifo-group.de/portal/pls/portal/!PORTAL.wwpob_page.show?_docname=956160.PDF

Tamanes R. (1988). *Diccionario de Economía*. Madrid, Alianza Editorial.

Ubfal D. (2004). *El Concepto de Competitividad. Medición y Aplicación al Caso Argentino*. Instituto de Investigaciones Económicas. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Buenos Aires. <http://home.econ.uba.ar/economicas/sites/default/files/CENES15.pdf>

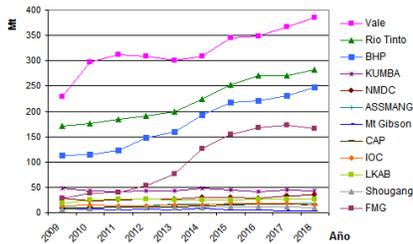
USGS (2018). U.S. Geological Survey. EEUU. Iron Ore Statistics and Information https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iron_ore/

Vergés J. (2012). *Eficiencia empresarial comparativa: Indicadores y técnicas de análisis para la evaluación de la eficiencia de entidades productivas*. Departamento de Economía de la Empresa. Universidad Autónoma de Barcelona. <http://webs2002.uab.es/Jverges/pdf%20GEP&R/SGEP%204%20doctorat%202006.pdf>

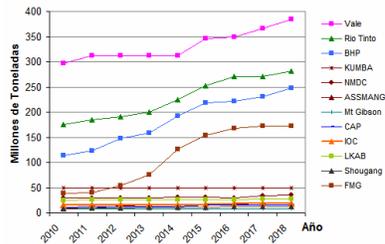
Vershelde M., Dumont M., Rayp G. y Merlevede B. (2014). European Competitiveness. A Semiparametrics Stochastic Metafrontier Analysis at the Firm Level. *Working paper Series*. No 1701 / July 2014. European Central Bank. <http://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecbwp1701.pdf>

Anexo A. Factores Operativos por Empresa (2010 – 2018)

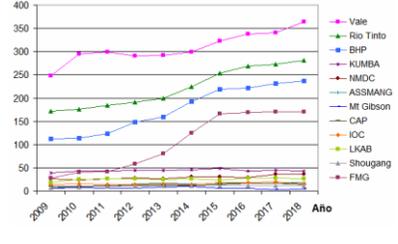
A1. Producción de Mineral de Hierro



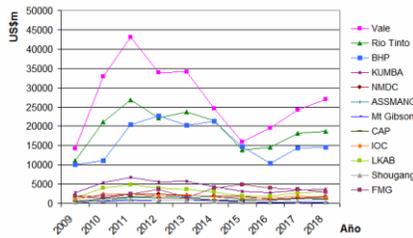
A2. Capacidad de Producción



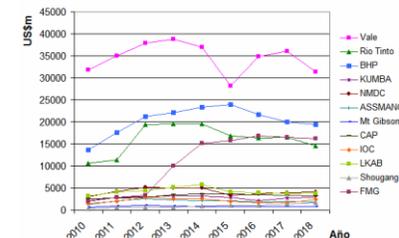
A3. Ventas de Mineral de Hierro



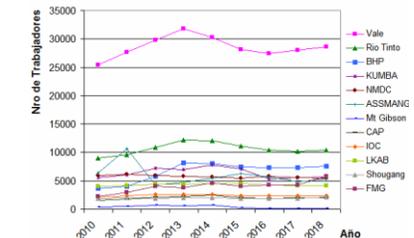
A4. Ingresos por Ventas



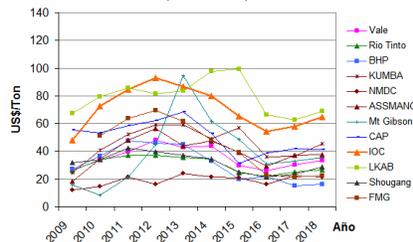
A5. Capital K



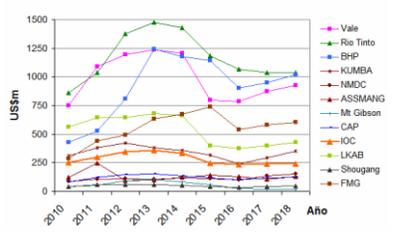
A6. Labor L



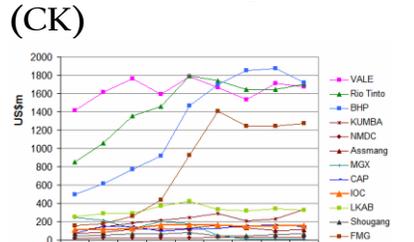
A7. Costo CI



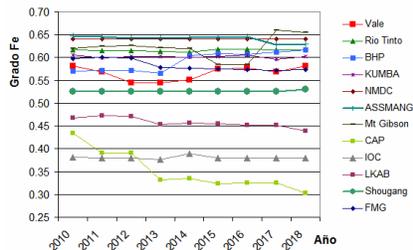
A8. Costo Labor (CL)



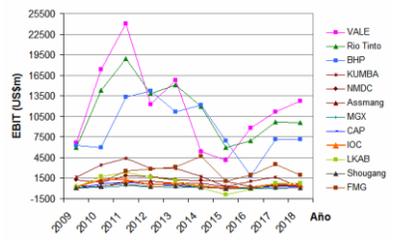
A9. Costo de Capital (CK)



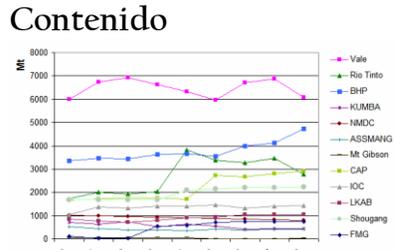
A10. % Fe Reservas



A11. EBIT



A12. Reservas del Hierro Contenido



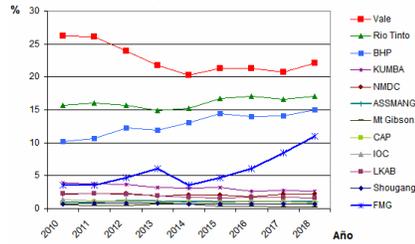
Fuente: elaborada con base en datos de [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30] y [31] Ver Anexo B

Anexo B. Link de Fuente de Datos de la Investigación

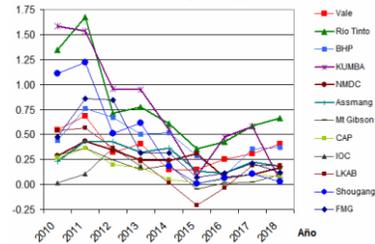
Ítem	Descripción
[1]	IMF – International Monetary Fund → http://www.imf.org/external/np/res/commod/External_Data.xls
[2]	SEC (Securities and Exchange Commission) EEUU Government → http://www.sec.gov
[3]	ASX (Australian Securities Exchange) → www.asxonline.com
[4]	CVM (Comissão de Valores Mobiliários) do Brasil http://www.cvm.gov.br/
[5]	USGS - U.S. Geological Survey. EEUU. → http://minerals.usgs.gov
[6]	World Steel - Steel Statistical Yearbook → www.worldsteel.org/en/dam/jcr:3e501c1b-6bf1-4b31-8503-a2e52431e0bf/Steel+Statistical+Yearbook+2015+r3.pdf
[7]	BREE → (Bureau of Resources and Energy Economics) of Australian Government → www.bree.gov.au
[8]	Government of Western Australia. Department of Mines, Industry Regulation and Safety. Western Australian Mineral and Petroleum Statistics Digest. → www.dmirs.wa.gov.au
[9]	World Bank. The World Bank Open Data. → https://data.worldbank.org
[10]	Ministry of Steel of Government of India → www.steel.gov.in
[11]	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior do Brasil → http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=5&menu=1955&refr=608
[12]	Reserve Bank of Australia → http://www.rba.gov.au
[13]	Banco Central de Chile → http://www.bcentral.cl
[14]	Banco Central de Peru → https://www.bcrp.org.pe
[15]	Bank of Reserve of Surafrika → http://www.resbank.co.za/Research/Rates/Pages/SelectedHistoricalExchangeAndInterestRates.aspx
[16]	Bank of reserve of India → https://www.rbi.org.in/
[17]	Instituto Fraser → https://www.fraserinstitute.org
[18]	Vale - Annual and Sustainability Report → http://www.vale.com/EN/investors/information-market/annual-reports/sustainability-reports/Pages/default.aspx
[19]	Vale - Formulário de Referência → http://www.vale.com/brasil/pt/investors/information-market/annual-reports/reference-form/Paginas/default.aspx
[20]	Vale - Form 20-F Annual Report → http://www.vale.com/EN/investors/information-market/annual-reports/20f/Pages/default.aspx
[21]	Rio Tinto - Annual Report → http://www.riotinto.com/investors/results-and-reports-2146.aspx
[22]	BHP Billinton - Annual Audited Report → http://www.bhpbilliton.com
[23]	Kumba - Annual Financial Statements, Audited Report and Sustainable Development Report → http://www.kumba.co.za
[24]	NMDC - Annual and Sustainability Reports → https://www.nmdc.co.in
[25]	Assmang - Integrated Annual Report (Audited) → http://arm.integrated-report.com and http://www.assore.com
[26]	FMG - Fortescue Metals Group Ltd Annual Report → https://www.fmg.com.au
[27]	MGX - Annual Audited Report → http://www.mtgibsoniron.com.au/
[28]	Shougang Hierro Peru - https://www.shougang.com.pe
[29]	IOC → http://www.ironore.ca y http://www.riotinto.com/investors/results-and-reports-2146.aspx
[30]	CAP Minería – Memória anual → http://www.capmineria.cl/
[31]	LKAB - Annual and Sustainability Reports → https://www.lkab.com/en/investors/financial-reports/annual-and-sustainability-reports/

Anexo C. Resultados de la Medición de las Variables Explicativas

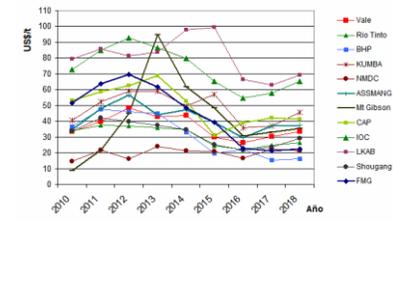
C1. Participación de Mercado (SH)



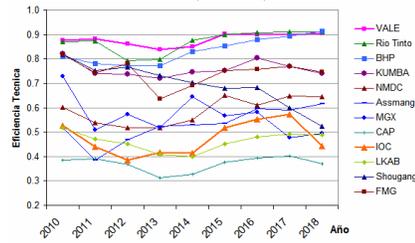
C2. Rentabilidad Económica (RE)



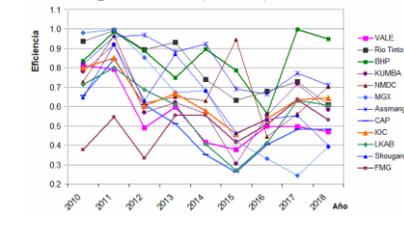
C3. Costo Unitario (CU)



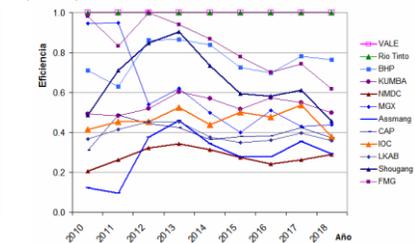
C4. Eficiencia Técnica Producción (ETP)



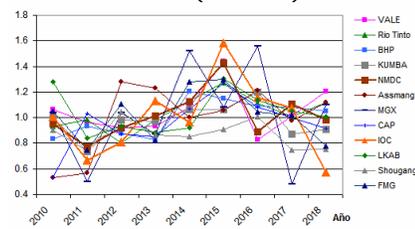
C5. Eficiencia Técnica Ingresos (EIV)



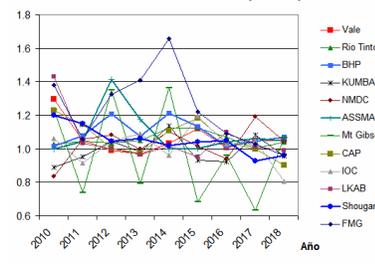
C6. Eficiencia de Costo (EC)



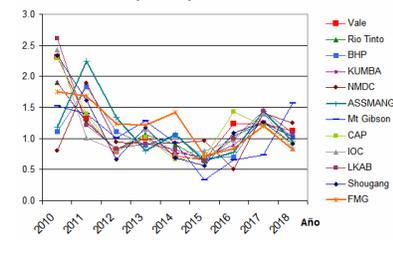
C7. Cambio de Productividad Total de Factores (CPTF)



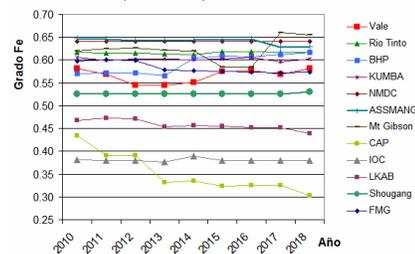
C8. Crecimiento de Producción (CP)



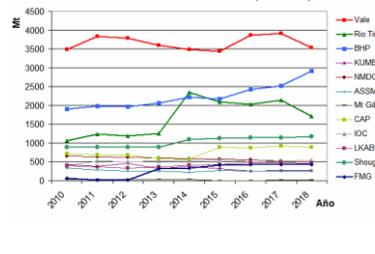
C9. Crecimiento de Ventas (CV)



C10. Grado Mineral de Hierro (GrFe)



C11. Volumen de Reservas de Mineral (VR)



C12. Eficiencia de Escala (EE)

