

Evaluación de la producción anual de oro, mediante la Función de producción de Leontief, caso minera Yanacocha 2010 y 2015

Evaluation of annual gold production, using the Leontief production function, Yanacocha mining case 2010 and 2015

Flores, Washington .¹

¹ Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Resumen: El objetivo fue evaluar la producción anual de oro de Yanacocha, mediante la Función de producción de Leontief con la ratio 0.62 del filón de oro (oro natural en rocas, como mineral de otros metales y el cuarzo) sobre el total minado, con datos del 2009 para el 2010 y en base a este último para el 2015. El método fue el modelo abierto de insumo producto con economía cerrada formulado en unidades físicas (PIOT), las producciones de oro fueron mayores en 147% y 4% al reportado por el Ministerio de Energía y Minas de Yanacocha para el año 2010, y 2015, estos resultados corresponden a 73.8 Mt y 1.9 Mt de filón de oro no considerados respectivamente. El desempeño económico de Yanacocha para el 2010, fue de 860% como tasa de ganancia media, según la composición media del capital de trabajo que dio una utilidad anual o plusvalía de 1 333 millones de dólares, con una tasa de ganancia del 300%.

Palabras clave: minería de superficie, empresas, rentabilidad, capital, piot, miot.

Abstract: The object is to evaluate the annual gold production of Yanacocha, through the production function of Leontief with the ratio 0.62 of the gold vein (natural gold in rocks, as mineral of other metals and the cuarzo) to the total minado, with Data from 2009 to 2010 and is based on the latest data for 2015. The method is based on the model's total economic product, formulated in the physical units (PIOT), with the largest gold production in 147% and 4% reported. By the Ministry of Energy and Mines of Yanacocha for the years 2010, and 2015, these results correspond to 73.8Mt and 1.9Mt of gold vein not considered respectively. Yanacocha's economic downturn for 2010, with 860% of its media assets, includes the media composition of its working capital that has an annual usage or over 1,333 million dollars, with a 300% profit.

Keywords: surface mining, companies, cost effectiveness, capital, piot, miot.



Referencia: Flores, W. (2024). Evaluación de la producción anual de oro, mediante la Función de producción de Leontief, caso minera Yanacocha 2010 y 2015. *Prospectiva Universitaria en Ciencias Administrativas Contables y Económicas*, 05(02), 12–25. <https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/pucace/article/view/2427>

Recibido: 07 de agosto 2024

Aceptado: 21 de febrero de 2024

Publicado: 27 de febrero de 2025

Prospectiva Universitaria en Ciencias Administrativas Contables y Económicas. Vol. 05, núm. 02, julio a diciembre, 2024. Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons



CC BY 4.0 DEED

Attribution 4.0 International

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

1. Introducción

En el mundo globalizado, la aplicación de la Función de producción de Leontief facilita la gestión de empresas en la producción de sus productos en diferentes países, usando insumos locales en procesos de ensamblaje o especialización vertical, en varias etapas de la cadena de valor o de la producción de varios componentes del producto final y de una etapa de la cadena de valor o de un sólo componente del producto final, respectivamente. Es decir, con el modelo Input-Output de Leontief se vinculan las cadenas de suministro y cadenas de producción de la empresa o industria. Albino et al. (2002), concluye respecto de que la globalización ha movido la competencia de las empresas a las cadenas de suministro haciendo jugar un papel importante a la logística aplicado al transporte en circulación de bienes (p. 2). En cuanto a los antecedentes y situación académica de contexto, según Leontief (1970) premio Nobel en economía 1973 manifiesta, que en un principio el propósito del análisis Input Output, o Función de producción de Leontief, era analizar y medir las relaciones existentes entre los diversos sectores de producción y consumo que integran la economía de una nación, y después se aplicó al estudio de temas económicos más reducidos, como economías de áreas especiales y grandes empresas (p.207). La ausencia académica de estudios aplicados a la empresa, y sectores especiales mediante la Función de Producción de Leontief (revisión bibliográfica), fue uno de los motivos que impulsó la investigación. Según Zdenka Vidrova (2020), ello está difundido globalmente, (p. 1) particularmente en empresas de países desarrollados y emergentes desarrollados como China. Sin, embargo tradicionalmente, su formulación es a nivel macroeconómico. el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), e instituciones públicas y privadas, así como especialistas en la Tabla de Insumo Producto del Perú (TIP), fueron los que más destacan con información sobre interdependencias productivas y de materiales entre los diversos sectores económicos, el perfil productivo, y estructura de costos por sector, e interpretación de sus multiplicadores o indicadores del comportamiento por sector (54). Dicha TIP 2007 industria por industria el INEI lo deriva del marco contable a partir de la Matriz de Oferta (de Producción), producto por industria y la matriz de Utilización (de Destino), producto por industria. Según Tello (2016), utilizando la misma metodología para la obtención de la TIP (2007), lo denomina Matriz Pura (p.11) al producto de la matriz de requerimientos directos (A) con el vector Q , ($A \times Q$) donde Q es el vector que representa a los valores de la producción industrial de los 54 sectores. Que se demuestra que es

igual al producto de la matriz $A \times X = Z$, que también se puede escribir como $Z_{ij} = a_{ij} \times X_j$, donde X_j es el vector de valores de la producción industrial, equivalente a Q y Z es la matriz de relaciones técnicas de producción o matriz tecnológica. Como se puede observar el modelo general de Leontief en la Ec. Matricial:

$$X = AX + Y \quad (1)$$

Donde X representa a los valores de la Producción y es una matriz $n \times 1$, A representa una matriz única, cuadrada positiva con dimensiones $n \times n$, e Y representa la matriz de demanda final de dimensión $n \times 1$, conteniendo parámetros o variables exógenas al modelo general. Identificado también como Función de producción de Leontief, se aplicó en particular en la empresa Yanacocha, para determinar la producción anual de oro del 2010 y 2015. Según Leontief (1970), la aplicación del modelo general 1, puede ser a economías tan grandes como una nación o grupo de naciones o de economías reducidas como un área metropolitana e inclusive de una empresa (p. 228)

El modelo de la Función de producción de Leontief para Yanacocha se desarrolló en unidades físicas (cantidades), Physics input output table (PIOT), por sus siglas en inglés, debido a la falta de información monetaria (valores o precios) (MIOT) Monetary input output table por sus siglas en inglés, de las transacciones entre componentes o sectores, método definido como un modelo abierto de Insumo Producto con economía cerrada (sin operaciones con el exterior), y además porque el flujo intersectorial de materiales entre sectores en cantidades (toneladas), se tiene como información disponible, de mayor acceso y con menor costo, superando la falta de datos disponibles, confidenciales y mantenidos en reserva, de la información monetaria de valores (MIOT).

La Función de producción de Leontief, basado en supuestos, restricciones o marco teórico propio, del equilibrio general y con un conjunto de observaciones directas descritas como ecuaciones lineales o matriz única con una función lineal que representan a una transformación lineal, detalladas como funciones lineales homogéneas de grado uno, genialmente formalizado por Leontief en su modelo general en términos matriciales con la ecuación 1

Su empleo permitió la planificación gubernamental en la determinación de la producción anual, y su estimación en el corto o mediano plazo de la economía, para nuestro caso de la empresa aurífera Yanacocha. Con ello los economistas trabajan a nivel microeconómico y macroeconómico. Su aplicación fue indudablemente muy importante en el proceso de industrializa-

ción. Los cuales al generalizar su estudio en la determinación de la producción anual nos ofrece la oportunidad de abandonar gradualmente la economía informal, que ha alcanzado cifras alarmantes entorno al 60% de la PEA (INEI, 2013), que esperan subsanarse. Como medidas correctivas de la economía informal se podría cumplir lo normado por la Agenda 2030 de las Naciones Unidas de cumplimiento de objetivos de desarrollo sostenible (ODS) Nro 8, Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos. N°9 Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación. N° 12 Producción y Consumo responsables y Nro 17: Revitalizar la Alianza Mundial para el desarrollo sostenible. Según Gonzales de [Gonzales \(2016\)](#), la construcción de la Tabla de Insumo-Producto del Perú (TIP), en 1969, 1973 y 1979 marcó un hito mostrando las cuentas nacionales, el Consumo, Inversión, gastos de Gobierno y Exportaciones netas, imprescindibles para medir el crecimiento, desarrollo y las relaciones económicas internacionales. Asimismo, la Función de producción de Leontief, conocida como la tabla de insumo-producto (TIP), nos permite utilizando sus multiplicadores de producto, de empleo, ingreso y ambiental, localizar cuál de los 54 sectores de la economía es el sector más relevante en términos de sus multiplicadores. Así para nuestro caso se analizó el sector Extracción de minerales y servicios conexos, según Palomino y Pérez (2011), encontró en la TIP-2007 que por cada empleo adicional que se crea en dicho sector como demanda final, se generan 10 empleos adicionales en la economía, siendo el sector Agricultura el más relevante debido a que por cada empleo adicional genera 106 empleos adicionales en la economía, con el multiplicador de producto del mismo sector, por cada mil millones de dólares adicionales como demanda final en dicho sector se genera mil cuatrocientos millones de dólares en la economía. Siendo el sector más relevante Conservas de frutas y vegetales, que por cada mil millones como demanda final genera dos mil millones dieciocho mil soles. Lo mismo con el multiplicador ambiental, podríamos encontrar que sectores son los de mayor efecto invernadero (CO₂). En la TIP 2007 no fue presentado por el INEI, el multiplicador ambiental, o potencial del calentamiento global (CO₂), según [Paloviita \(2004\)](#), mostrados por la matriz de coeficientes de entrada de insumos primarios por sector (toneladas de CO₂ por cada millón de Output en unidades monetarias) (p. 28). Según Tello (2017), la construcción de la matriz de contabilidad social (SAM) a partir de la TIP 2007 -fundamentan la elaboración de modelos de

equilibrio general computable (MEGC), que permiten estudiar y analizar políticas de desarrollo económico de los países (p.159).

Se revisó la importancia histórica y económica de la minería: Según Yépez (1972), desde antes de la colonia predominó la minería de metales preciosos, de gran valor económico (oro y plata); el Año 1821 con la ruptura de la dominación española, dejó base económica y social dependiente, con una clase política local apostados siempre en una economía natural, de servidumbre y esclavitud, moviéndose y sosteniendo las transacciones pre-capitalistas: (M-M), (M-D-M), (D-M-D), y quienes por desconocimiento u omisión del desarrollo mercantil capitalista, fueron sometidos por los capitales de la burguesía inglesa, y americana; con dicho desarrollo mercantil capitalista: capital dinero, capital mercancía, proceso (p), capital productivo y capital dinero, se inicia con capital dinero y se termina con capital dinero. (D' - M → p → M' - D').

Según Contreras (1970) con la segunda revolución industrial en décadas finales del Siglo XIX se dio un giro a la minería de metales industriales como el fierro, cobre, oro, Zinc y otros, tomando compañías extranjeras el control de la minería a partir del siglo XX.

La importancia económica de la minería en la economía nacional del 2007-2023, según el Informe, exportación definitiva según Sector Económico de la SUNAT para el año 2024, reveló que en promedio el 58% del valor total anual de exportaciones, corresponde a la minería y de este porcentaje alrededor del 75% corresponden al valor conjunto exportado de Cobre y Oro, que principalmente pertenecen a la mega minería y obviamente muestran que influyen positivamente en el total de exportaciones, por lo que al ser recursos naturales no renovables y agotables, merecen un mayor estudio, con el modelo de Leontief, dado el impresionante crecimiento de su demanda por la industria mundial. En el caso del oro, por la búsqueda incesante como activo de refugio en reemplazo de otros activos y del dólar, y por las numerosas aplicaciones en el desarrollo de la medicina (no se oxidan), en los motores que soportan altas temperaturas de reacción y propulsión (cohetes espaciales), edificios rasca cielos en sus ventanas como protector de la radiación de la luz solar, celulares, computadoras cuánticas, aparte en joyería y otros usos. Y en cuanto al Cobre por la conectividad como motores eléctricos y distribución para la energía renovable, solar, eólica y en los automóviles eléctricos, línea blanca doméstica y la industria en general.

Ello acompaña la naturaleza del problema de estudio, que se plantea resolver con el trasfondo científico de la teoría económica de la Función de producción

de Leontief, específicamente desarrollado con un modelo abierto de insumo- producto con economía cerrada, elaborado con un flujo intersectorial de unidades físicas en toneladas sobre toneladas (PIOT), En consecuencia habría que contar con la verificación empírica de la Función de producción de Leontief en la minería desde el punto de vista de la producción anual económico y ambiental, que según Paloviita (2004) sostiene respecto a los objetivos de desarrollo sostenibles (ODS), que tienen que ver con la producción y su desempeño económico, ambiental y social (p.5)

En cuanto a los problemas y desafíos de la minería peruana, que esperan subsanarse, recaen en la propiedad de la tierra de las comunidades campesinas, la actual legislación constitucional desconoce dicha propiedad del suelo y subsuelo de las tierras de las comunidades campesinas, el Estado lo considera como un bien público (parque público) y no respeta la propiedad privada de las comunidades campesinas, la solución se daría con una enmienda constitucional en una Constituyente, respecto a los problemas de externalidades medioambientales que genera la minería, se debe mejorar la legislación de consulta previa y post consulta a las comunidades campesinas.

Y finalmente con relación a los desafíos de la minería, se debe exportar con mayor valor agregado es decir refinados (barras) los metales, nutriendo y favoreciendo a la industria nacional, y no como concentrados o materias primas.

La opinión de Vidal (2021), Yanacocha, observado por los empresarios como la nave insignia de la minería moderna y va a continuar por lo menos 50 años más, hasta el 2070 (p.82), lo dicho contrasta con la opinión de Ramirez (2014) considera a Yanacocha y Lagunas Norte una minería de enclave que no compensa a las comunidades Campesinas por el uso de sus tierras y no tienen la capacidad de hacer llegar los beneficios de la minería al resto de la economía, según Taylor la vida de la mina Yanacocha alcanzaría al 2031 (fórmula). Cobra importancia igualmente considerar que la producción anual de oro presentó segundo lugar en facturación después del cobre en las exportaciones mineras del Perú, según el anuario del MEM (2021). Según Orihuela (2015), el agotamiento de los Recursos Naturales en Las Cuentas Nacionales: Evidencia Peruana del Período 1994-2011, contribuye indicando que los recursos naturales, principalmente hidrocarburos y metales, serán extraídos y eventualmente agotados, y por ende es necesario no solo su uso óptimo sino también reinvertir eficientemente sus rentas

Según Palacios (2012) a partir de análisis económicos evidencian que el nivel de actividad econó-

mica nacional de Colombia ha guardado una relación muy débil con el comportamiento del sector minero-energético, en los últimos 25 años. Por lo que proponen abandonar la explotación gradualmente de los recursos mineros energéticos, por validar argumentos que califican al sector extractivo como una economía de enclave, no nutren cadenas industriales nacionales, porque los importan, y el grueso de ganancias y sobreganancias, quedan en los países de origen del capital, no aportan durante las últimas dos décadas rendimientos económicos que justifiquen en su país, recomiendan retornar a la agricultura, sector forestal y la industria.

La justificación y el beneficio de la investigación, es que nos permite acoplar los resultados de la determinación de la producción anual de oro de Yanacocha con la gestión y su desempeño económico, del capital de trabajo, su contabilidad y rentabilidad anual obtenida mediante la teoría de la economía clásica. El objetivo fue evaluar la producción anual de oro mediante la Función de producción de Leontief (EIO), caso yacimiento de Yanacocha del 2010 y 2015.

2. Método

El modelo conceptual general, según Leontief (1970) el análisis insumo-producto, no es más que una consecuencia práctica de aquella teoría económica clásica que postula a toda economía, como un sistema único, con interdependencia general de las variables económicas susceptibles de cuantificación (p. 48). El modelo general de Leontief muestra la ecuación de equilibrio general, de ecuación de conducta y de identidad: ecuación matricial (1)

El diseño de investigación fue de naturaleza cuantitativa, se utilizó el método deductivo fundado en axiomas y un grupo estático de premisas de la Función de producción de Leontief (EIO), Enterprise Input Output, siglas en inglés.

El tipo de investigación determinó el alcance de la investigación científica, la formulación del problema con un trasfondo científico de la teoría económica de la Función de producción de Leontief (EIO). Sujeto al comportamiento de los sectores de producción, identificados en nueve variables nominales (mutuamente excluyentes) que representaron a las actividades económicas u operaciones unitarias de minería y metalurgia de Yanacocha.

2.1. Procedimientos

Para el estudio se denominó sector y/o componente, a la forma en que se dividió la matriz de Yanacocha, en operaciones unitarias de minería (cuatro), y de metalurgia (cinco). Se adicionó la matriz de demanda final. Dentro de la Tabla IO de Leontief, además se con-

sideró que el sector metalúrgico compra toda la producción anual del sector minero (balance de masa). Las operaciones unitarias minero-metalúrgicos, fueron descritos en la Tabla 2: Matriz Z de Contabilidad Inter-industrial de IO. $\{Z_{ij}\} = \{a_{ij} \times X_j\}$, de relaciones técnicas de producción (matriz tecnológica) de Yanacocha para el año 2010, Una vez que se procesó la información secundaria de datos, se relacionó con el objetivo del presente estudio, se empezó con la etapa sistémica y analítica, sobre la causalidad y antecedentes entre variables e indicadores presentes en el objetivo.

Por tanto, partiendo de relaciones intersectoriales del modelo general de Leontief se aplicó para una economía particular, Según Leontief (1970). Lo que se le conoce como el análisis intersectorial o análisis input - output. Se trata en esencia de un procedimiento analítico fundado, en el hecho de que los flujos de bienes y servicios, que se dan y reciben, así como asimismos los diferentes sectores, son relativamente estables (pág. 64).

2.2. Muestra

Se observó dentro de la información secundaria de datos tomados de los reportes de las memorias anuales 2007, 2008 y 2009 de Newmont Mining (propietario mayoritario en 51,35 %) de Yanacocha, que presentó anualmente un constante número de material minado de doscientos millones de toneladas (200 Mt) mostrándose las relaciones técnicas o la matriz Z; asimismo se tomó en cuenta el cronograma de producción que presentó Yanacocha al Ministerio de Energía y Minas, para el año 2009, en su Estudio de impacto ambiental de Yanacocha oeste que observó que el total de material minado fue 124Mt que se descompuso en 77Mt de filón de oro (oro natural en rocas, como mineral de otros metales y el cuarzo) y 47Mt de desmonte o material estéril, dichas relaciones proporcionaron dos ratios: Filón de oro sobre el total de material minado fue de 0,62, mientras que el cociente del material estéril (desmonte) sobre el filón de oro fue de 0.61. La ley del oro, de 0, 027 oz. troyt-1 ó de 0, 84 gt-1 establecido para el 2009, según el reporte de Newmont para Yanacocha proveniente de sus reservas probadas y probables, al 31 de diciembre del 2009. Data que sirvió para la formulación de la Función de producción de Leontief (EIO) de Yanacocha para el año 2010, el ratio 0, 62 aplicado a 200Mt de material minado proveyó 124Mt de filón de oro, por diferencia respecto del total de material minado nos dio 76Mt como material estéril (desmonte), la relación estéril/filón de oro atribuyó un ratio de 0.61 que explicó que por cada 0.61 t de material estéril, presentó 1 t de filón de oro, lo que

observó rentable la explotación por el método a cielo abierto respecto del subterráneo. Ello debido a que los filones metalíferos profundos y de escasa potencia presentó solución, con el avance en el sistema de flotación de minerales complejos: GBP (galena blenda y pirita). Según Azañero (2012), la flotación de minerales es un proceso utilizado para separar minerales suspendidos en líquidos, uniéndolos a burbujas de gas para proporcionar una levitación selectiva de las partículas sólidas. Este proceso es ampliamente utilizado para la separación de minerales químicamente similares y para concentrar minerales para una fundición económica.

2.3. Análisis

El estudio tomó en cuenta las operaciones unitarias de la producción minera y metalúrgica que incluye al sector 1. Reserva (material a minarse), y las ocho operaciones unitarias restantes, para analizar el impacto económico de su desempeño dentro del producto (productividad). Tratados en nueve variables nominales y que representaron a los sectores de la matriz Z. Ellos expresaron variaciones (merma) en las operaciones unitarias de minería y metalurgia. Se presentó la descripción de la estructura económica de Yanacocha, que presentó el flujo de materiales de las operaciones unitarias del sector minero destinados a las operaciones unitarias del sector metalúrgico (matriz Z). Existen nueve proposiciones, traducidos en nueve ecuaciones lineales con nueve sectores (variables), en dicha matriz Z de relaciones técnicas de producción de Yanacocha, en la primera fila el sector 1. Reservas vendió al sector 2. Perforación 2 unidades que al estar expresado en HMt (hecto mega toneladas), vendió 200 millones de toneladas de materiales (Mt). En la segunda fila, que corresponde al componente: 2. Perforación, vemos que éste le vendió al sector 1. Reservas, 0, 1 unidades y al sector 3. Voladura, 1,9 unidades, ello se explica porque el sector 2. Perforación sufre una merma del 0,05 los que vendió al sector 1. Reservas. Para obtener dichas unidades aplicamos la noción de diferenciales, dada la función: $y = f(x)$, $y = x$, que representa la ecuación de la recta con pendiente 1 (tang 45), que parte del origen de coordenadas (intercepto $b=0$). Por lo que la ecuación de la recta fue $y = x$, luego como la función tiene derivada, también se le conoce como función diferenciable, y la diferencial será: $dy = f'(x)dx$, es decir, $dy/dx = 1$, luego $dy = dx$, si a ambos términos se procede a pre multiplicar por 2 unidades, tenemos: $2dy = 2dx$, y si en el segundo término, hacemos el valor de $dx = 0.05$ unidades (merma) del sector 2. Perforación, se tuvo el valor de $2 \times 0.05 = 0, 1$ unidades de merma que es vendido al sector 1. Re-

servas, por el sector 2. Perforación y de 1, 9 unidades al sector 3. Voladura, y así sucesivamente con todos los demás sectores de la demanda intermedia del modelo de IO de Leontief (ver Tabla 2). Según Yamane (1969), en el tema de funciones homogéneas que hace: $f(x, y) = y - x$, si se sustituye en esta función la x por tx , y la y por la ty , siendo t una constante positiva tenemos: $f(tx, ty) = ty - tx = t(y - x)$, y como el exponente de t es la unidad, entonces se dice que es una función lineal homogénea de grado 1, y esto significa que si se duplica los factores trabajo (w) y capital (k), el volumen de producción (X) también se duplica (pág. 98). En similar interpretación de la Función de producción de Cobb-Douglas, como una función lineal homogénea de grado 1.

La Función de producción de Leontief se construyó en unidades físicas (PIOT), medido en Hecto Mega toneladas (HMT), o cientos de millones de toneladas. En el modelo general de Leontief: $X = Z + Y$, 2) donde Y es el vector columna de demanda final, en el segundo miembro de la ecuación se observó que la matriz $Z = AX$, quedando la ecuación 1 en $X = AX + Y$.

Del modelo general se extrajo $AX = Z$, post multiplicando ambos miembros por $X - 1$ dió: $A = ZX - 1$ que expresa la matriz de coeficientes técnicos, o de requerimientos directos. Nótese que $X - 1$ es una matriz cuadrada diagonal inversa del producto. Desplegando La Función de producción de Leontief:

$$X = [(I - A)^{-1}]Y \quad (2)$$

de la producción en función de la demanda final, presentó como inalterado a la matriz inversa de Leontief (entre corchetes) y, hallar su producción para el 2015, se dio sólo por una modificación de los componentes de la demanda final Y , que fue hallado para el 2010. Los valores de la producción se explican dentro del modelo por ello se denominan variables endógenas, y se denominan ecuación de conducta. Los valores de las variables o parámetros de la demanda final se explican fuera del modelo por ello se denominan variables exógenas. Pierre Valenghi (2004). presentó en los flujos materiales de la cadena de suministro X_i (filas i), a los sectores X_j (columnas j). Explicó la Función de producción de Leontief el por qué se trata de un modelo por el lado de la demanda Miller (1985). Esto significa que si aumenta la producción en el sector j . Habrá una mayor demanda en el sector j , de la cadena de suministro X_i (de insumos). Y frente a este aumento de la cantidad demandada por los sectores X_j (columnas j). Debe existir por tanto en la cadena de suministro: X_i (filas i). Insumos disponibles, por tanto, no hay cuellos

de botella.

$$\{Z_{ij}\} = \{a_{ij} \times X_j\}$$

La estructura productiva del modelo PIOT consideró la producción en toneladas (t), que en la Tabla 3: Producción de oro de Yanacocha fueron convertidos de toneladas de filón de oro (oro natural en rocas, como mineral en otros metales y el cuarzo) a onzas troy, utilizando como factor de conversión el peso en onzas troy igual a 31.1 g. La productividad anual del molino fue de 6.5 Mt, con una ley de oro de 2, 5 gt-1, y para lixiviación de 117.5Mt, con una ley de oro de 0, 84 gt⁻¹.

El modelo se construyó partiendo de la ecuación del modelo general de IO de equilibrio de la producción y la demanda, i.e., la producción no tenía por qué ser igual a la demanda si la empresa tuviese existencias, los mismos que fueron identificados como no considerados en los resultados y discusión. Según Kuramoto (1999) la tecnología de lixiviación, flotación y precipitación, operan leyes de oro menores a 6 gt-1 otra ventaja de Yanacocha puede obviar las operaciones unitarias de chancado (trituración y gravimetría) esto ha permitido que el costo de producción sea menor a \$ 150 dólares/oz. (pág. 39)

El programa empleado para resolver las operaciones matriciales fue con Excel Y el Matlab. Lo que no indicó elementos necesarios, para la replicación e interpretación de los resultados, debió considerarse ex ante, la lectura y comprensión de uno de los fundamentos del algebra lineal, nos referimos a la definición de funciones lineales y funciones transformaciones lineales, comenzando por la representación matricial de una transformación lineal, que postula que cualquier transformación lineal entre espacios vectoriales de dimensión finita se puede representar mediante una matriz única, acompañado de una función lineal (vector columna de dimensión $n \times 1$), postulado que da paso, según Grossman (2008), al siguiente teorema, Sea la función $T : R^n \rightarrow R^m$ una transformación lineal. Existe entonces una matriz única de dimensiones $m \times n$ A tal que: $Tx = Ax$, para toda $x \in R^n$, y cumplen 2 propiedades, (1) $A(x + y) = Ax + Ay$. (2) $A(\alpha x) = \alpha(Ax)$, donde α es un escalar $i \times e$ y están en R^n . (p 479), i.e., toda transformación lineal tiene una representación matricial única ($m \times n$), como A es una matriz cuadrada su dimensión será ($n \times n$) multiplicado por una función lineal o vector columna de dimensión $n \times 1$, lo que facilita la solución del modelo general input - output de Leontief (ecuación 1).

Otro instrumento de investigación fue la observación de las características de la ecuación matricial

del modelo general de Leontief, como la ecuación de condición de equilibrio general o de identidad del modelo, y que explica la igualdad de la oferta con la demanda (ecuación 1), ecuación de conducta de los valores de la producción, como variables endógenas que se explicaron dentro del modelo, y finalmente la matriz de parámetros de la demanda final como variables exógenas que se explican fuera del modelo. Según Yamane (1969) referenció al modelo de IO de Leontief (ecuación 2) que expresó la producción en función de la demanda final y afirmó que para que su solución tenga sentido económico, los elementos matriciales de $X, [(I - A)^{-1}]eY$, deben ser no negativos, precisó también que si la matriz A es una matriz cuadrada no negativa, se expresa como $A \geq 0$, cuando todos los elementos $a_{ij} \geq 0$. Si los elementos son positivos, $a_{ij} \geq 0$, se dice entonces que A es una matriz cuadrada positiva. Para la matriz A de Yanacocha cumple, precisó que cuando se tratan de temas como el de equilibrio general y el análisis IO, aparecen matrices cuadradas no negativas, y explica que suponiendo que $a_{ij} \geq 0$, observa cuáles son las condiciones necesarias para que un sistema sea estable: Que los valores propios de A sean ≥ 0 y menores a la unidad, lo mismo con la suma de las columnas de la matriz A (pág. 402). La matriz A cumple al ser sus elementos $a_{ij} \geq 0$, por tanto A es no negativo, con Matlab fue hallado el valor de los Valores Propios de la Matriz $A : [eig(A)] = (0, 80; -0, 74; -0.01; -0.01; 0; 0; 0; 0; 0, 50)'$ cumple excepto el sector 2. Perforación: -0.74, los sectores 3. Voladura y 4. Transportes son iguales a: -0.01 y -0.01, ambas por ser cantidades muy pequeñas pueden ser iguales a cero, el resto de los sectores cumple con valores del $0 \leq ValorPropio < 1$, los que según Yamane le da estabilidad al modelo.

2.3.1. La Función de producción de Leontief (EIO) aplicado a Yanacocha

Según Geoffrey J. D.et al, la labor de Quesnay(1694-1794) y Walras (1834-1910), refieren investigadores que es su legado, la teoría económica de insumo-producto las que con las brillantes reformulaciones de Leontief (1930) en sus principios fundamentales, sobre la que se ha desarrollado el modelo Input-output. (p.13) Dubbs, (2011), Presenta el marco teórico propio del modelo input-output, de Leontief. Señalando además como escriben Lin y Polenske (1998) los modelos IO tienen varios propósitos, proporcionan el marco para representar los flujos de bienes y servicios en una economía, los cambios en la matriz de insumos pueden resaltar los cambios en la

producción, tecnología y procesos a lo largo del tiempo (los axiomas deben ser invariables). Las empresas fueron divididas por sus actividades económicas, sectores o unidades de producción homogéneas, el modelo de IO utilizó un conjunto de ecuaciones lineales, representados en una matriz con cada sector representado por una fila y una columna, los componentes de las columnas de la matriz representan el consumo de insumos para el sector por unidad de producción, y las filas representan las cadenas de suministro de productos o insumos homogéneos, insumidos por sector. El modelo IO está sujeto a axiomas o supuestos que no es posible relajar:

- Solo se produce un producto homogéneo por sector (unicidad y aditividad)
- Cada sector utilizó una proporción o relación de insumos fijos para la producción de su producto, ante un incremento de la producción de un sector existirá disponibilidad de productos o insumos, i.e., no hay cuellos de botella.
- Coeficientes de insumos técnicos son fijos y definidos (funciones de producción lineal homogénea y de grado uno, ie, con retornos o rendimientos a escala constante. Y como axioma de consistencia se midió las variables en las mismas unidades físicas (toneladas).

2.3.2. La producción anual de oro de Yanacocha

Las nueve ecuaciones y nueve sectores (variables), en que se dividió la economía de Yanacocha como sectores tratados en la Función de producción de Leontief, aplicó exclusivamente a la producción de oro de Yanacocha, i.e., no consideró procesos de exploración, cateo y otros. Según Leontief (1970). Estas Tablas de IO, presuponen una comprensión del problema hecha posible gracias al análisis input output. Es ésta una técnica empleada hoy en día en muchos países, tanto por los Estados como por las empresas particulares, (pág. 246).

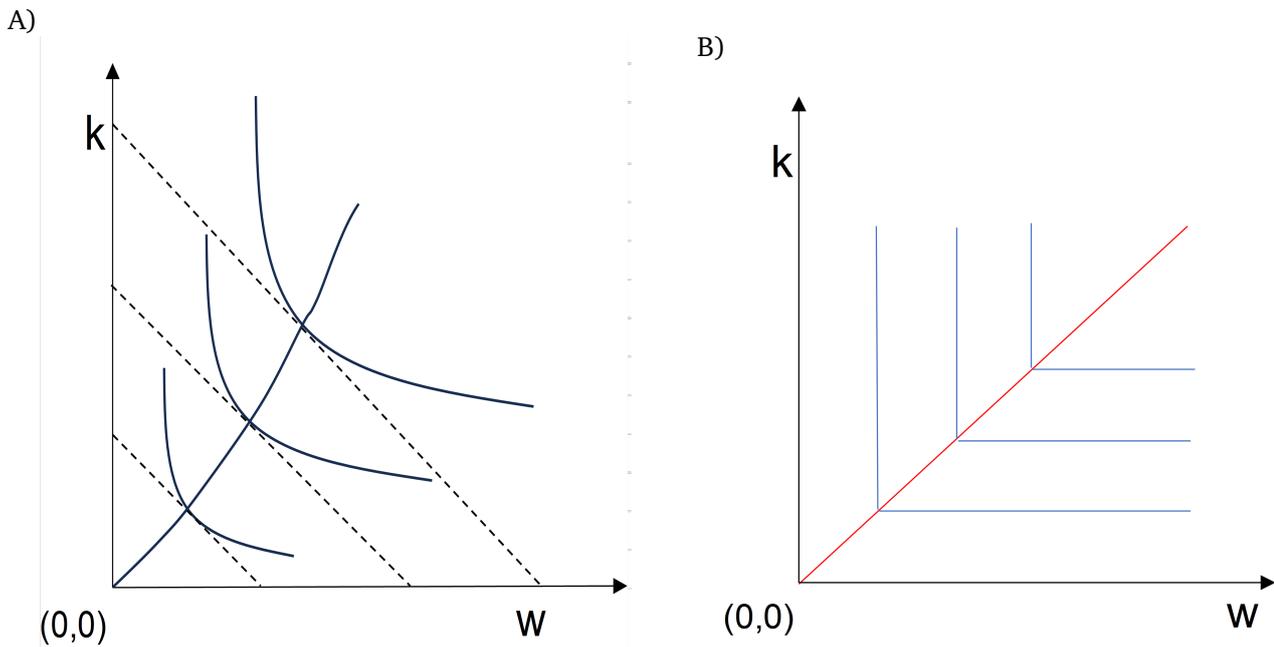
Contraste de las Funciones de producción clásica y de Leontief, mostrados en la siguiente figura 1):

Gráficas de Funciones de Producción: Dos Factores de Producción: Capital (K) y Trabajo (W)

La forma de la Función de producción de Leontief, con la forma de la Función de producción clásica, esta última se caracteriza por contener una cantidad de producción explicado en toda la extensión de la curva (isocuenta), para cualquier sustitución de insumos o de factores, ellas (isocuantas), dan la misma producción,

Figura 1

Gráficas de Funciones de Producción



Nota. Panel A: Función de producción clásica. Panel B: Función de producción de Leontief. K: Capital y W: Trabajo.

Contrario a la Función de producción de IO de Leontief, se observó que no existió sustitución de los factores de producción de capital y trabajo en la isocanta rectangular, los factores o insumos son fijos y definidos, por lo mismo su elasticidad de sustitución de factores es cero. Según Kafka (1980): $X = \min(aK, bW)$, donde $K = X/a$ y $W = X/b$, el min frente al paréntesis indica que para producir una determinada producción del bien X se requiere una mínima cantidad de K y de W en proporciones fijas (pág. 207) presentando un solo punto óptimo por cada isocanta de producción.

2.3.3. Indicadores de variables y parámetros

Se construyó el modelo teniendo igualmente presente la aclaración del comportamiento de ecuaciones que según Blanchard (2006), los modelos tienen dos tipos de variables. Algunas dependen de otras variables del modelo y, en consecuencia, se explican dentro del modelo. Estas variables se denominan endógenas, es el caso de los valores de las variables de la matriz de producción que dependen de la matriz inversa de Leontief (ecuación de conducta) otras no se explican dentro del modelo, sino que vienen dadas (p.56), como la matriz de parámetros de la demanda final. Las variables de las operaciones unitarias mineros-metalúrgicos, en que se dividió la economía de Yanacocha fueron descritas, en unidades físicas dentro del modelo de input - output (PIOT), en unidades de masa (t/t), lo que hizo posible

su comparación (axioma de consistencia).

3. Resultados

Estuvo basado en un marco teórico propio, de equilibrio general (ecuación del modelo general), y un conjunto de observaciones directas de su división en 9 actividades económicas, como 9 ecuaciones lineales con 9 variables, descritas como funciones de producción lineales homogéneas de grado uno, lo que quedó registrado en una matriz de relaciones técnicas, denominado matriz Z (tecnológica), donde cada actividad fue representada por una fila y una columna, al conjunto de filas fueron denominados cadenas de suministro de insumos o de productos homogéneos y las columnas sectores o cadenas de producción o de consumo. A partir de esta matriz Z se halló la matriz de insumos o de requerimiento directo (matriz A), $A = Z \times X^{-1}$, donde X^{-1} es una matriz cuadrada diagonal inversa, que contiene los valores de la producción industrial (9 sectores) con los que se determinó la matriz de requerimientos directo e indirecto (matriz inversa de Leontief) y fue representado por $(I - A)^{-1}$, donde I es una matriz de identidad (9 x 9).

Se supo por el marco teórico propio del modelo Input-output, que la ecuación general del modelo, para mantener el equilibrio general contó con la matriz de demanda final Y (9 x 1), y a la suma matricial de la matriz consumo intermedio (demanda intermedia) con la matriz demanda final, nos dio la matriz (9 x 1) del Valor Bruto de Producción (VBP). Cuya estructu-

ra se explicó en el título Materiales y métodos. En esta sección presentamos de forma clara el resultado de la investigación del modelo de Leontief (EIO), en su forma de PIOT o en flujo físico de la cadena de suministro y de sectores de consumo intermedio (t/t), no monetario (MIOT). Mostró la estructura productiva en unidades físicas de la producción anual de oro de Yanacocha. Que comprobó dentro del modelo general, la estabilidad del modelo y sentido económico.

De la Tabla 2, se desprenden los valores de los coeficientes de insumo producto de la matriz $A = Z \times X^{-1}$, la matriz $Z(9 \times 9)$ es la matriz intersectorial que registra las compras (columnas) de los sectores para su producción, así como las ventas (filas) a otros sectores, y al consumo final (Y), (que comprende al Consumo de Barras Doré (C.B.Dore), Consumo de otros finos concentrados (C.O.F.C.) y Formación Bruta de capital (FBK), la X^{-1} , es una matriz cuadrada diagonal (principal) inversa de los valores de la producción anual, la matriz inversa de Leontief: $[(I - A)^{-1}]$ o de requerimientos directos e indirectos y la matriz de multiplicares de producto: Ec. Matricial:

$$M = U[(I - A)^{-1}]Y \quad (3)$$

Donde M es el vector, que representa a los multiplicadores de producto, $A(9 \times 9)$ es la matriz cuadrada de requerimientos directos, U es un vector unitario (1×9) y la matriz inversa de Leontief $[(I - A)^{-1}]$, $I(9 \times 9)$ es una matriz identidad e $Y(9 \times 9)$ vector de demanda final.

En los multiplicadores de producto, se observó mayor interdependencia entre la producción sectorial, de las operaciones unitarias de metalurgia, que las de minería. El sector 8 Tostado, fundición y refinación, fue el que más impulsa la producción anual de todos los sectores, representa a 9.504 t el impacto en toda la economía de Yanacocha, ante un incremento de una tonelada de la demanda final del Sector 8 Tostado, fundición y refinación.

Según Ron Hwa y Chia Yon (1990). Se observa la interdependencia entre la producción sectorial, proyectada en el multiplicador 12 (ecuación 1): (pág. 7176).

Así tomando los multiplicadores de producto, de la cadena de suministro (minería). El valor del multiplicador del sector 3. Voladura, nos indica que, ante un incremento de una tonelada, como demanda final del sector 3. Voladura, impulsa una producción anual total de 6.04 t. de producción en la economía de Yanacocha. Lo mismo puede interpretarse con los nueve sectores mineros-metalúrgicos. Vistos a continuación: $M =$ Multiplicadores de Producto, $M = U[(I - A)^{-1}]Y$,

donde U' es un vector unitario transpuesto de dimensión 1×9 .

$$\begin{bmatrix} 1.1 & 1.2 & 1.3 & 1.4 & 1.5 & 1.6 & 1.7 & 1.8 & 1.9 \\ 4.0 & 5.0 & 6.0 & 6.4 & 7.4 & 7.5 & 8.5 & 9.5 & 2.0 \end{bmatrix}$$

Se aplicó dos ratios de producción 0,62 del filón de oro (oro natural en rocas, como mineral de otros metales y el cuarzo) sobre el total minado, y el ratio 0.61 que relaciona el desmonte sobre el filón de oro. El primer ratio (0.62) arrojó del total (200 M) material minado, 124 Mt de filón de oro, cantidad que se distribuyó entre el sector 5. Trituración, gravimetría y pulverización (molino). En una cantidad anual de 6.5Mt con una ley de oro de 2.5 g t^{-1} y el otro sector 6. Pilas de lixiviación que presentó 117.5Mt. Con una ley de oro de 0.84 g t^{-1} . Ambos sectores previamente utilizaron Cal para regular el Ph del mineral, en el Sector 6 Lixiviación para que ataque el cianuro en una proporción con agua para disolver el filón de oro, luego pasó al Sector 7 Flotación y Separación Merrill Crowe, que adicionalmente añadió polvo de Zinc para separar el oro, pasando luego al sector 8. Tostado fundición y refinación, donde se obtuvo el oro como producto final en barras doré, con contenido de plata e impurezas hasta aproximadamente un 10%, los que finalmente son refinados en Australia, obteniéndose el oro al 99.99% de pureza.

Se observó resultados de la producción de oro en Onzas Troy para el año 2010 de Yanacocha, en la tabla 2. En ambas los supuestos de producción fueron los mismos, con el total minado anual, sin embargo, con la aplicación de la Función de producción de Leontief de input-output, se encontró saldos de producción de oro no considerados en el total para el 2010 en la tabla 2, es decir, bajo la condición que fueron 124 Mt (0.62), procesados o tratados, el modelo de Leontief obtuvo en oz. troy 3 604 702, y el MEM reportó sólo 1 459 000, explicado por el filón de oro procesado de 50.2Mt con un saldo de 73.8 Mt en condición de filón de oro no considerado en su producción al cierre anual de operaciones del año 2010, y a tenerse en cuenta como existencias o inventarios para considerarse en un nuevo proceso de producción.

4. Discusión

Según H.E.K. (2012), si aplicamos la regla de Taylor (pág. 140) para Yanacocha y Lagunas Norte tenemos respectivamente, la vida de la Mina: $LOM = 0.2 \times (124M)0.25$, igual a 21 años, a partir del 2010. Es decir Yanacocha debería producir hasta el 2031. Si el minado se mantiene constante; $LOM = 0.2 \times (33M)0.25 = 15$, la vida de la mina alcanzaría los 15 años, a partir del

Tabla 1
Matriz Z de Relaciones Técnicas de Producción Yanacocha 2010

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D'I	CB Dore	COFC	FBK	D' final	VBP
1. Reserva	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	2.00
2. Perforación	0.10	-	1.90	-	-	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	2.00
3. Voladura	0.10	-	0.10	1.81	-	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	2.00
4. Excavación, carguío y transportes	0.76	-	-	-	0.07	1.18	-	-	-	2.00	-	-	-	-	2.00
5. Trituración, gravimetría y molienda	-	-	-	-	-	0.07	-	-	-	0.07	-	-	-	-	0.07
6. Pila de lixiviación	-	-	-	-	-	-	1.24	-	-	1.24	-	-	-	-	1.24
7. Flotación y separación Meril Crowe	-	-	-	-	-	-	-	1.24	-	1.24	-	-	-	-	1.24
8. Tostado, fundición y refinación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.13	0.11	-	1.24	1.24
9. Otros finos concentrados	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.04	-	-	0.04	0.04	0.07
Total	0.96	2.00	2.00	1.81	0.07	1.24	1.24	1.24	0.04					1.28	11.8
VAB	1.04	-	0.01	0.20	-	-	-	-	0.04						
VBP	2.00	2.00	2.00	2.00	0.07	1.24	1.24	1.24	0.07						

Nota. Matriz tecnológica. Datos tomados del reporte anual 2019 Newton, 10-K Yanacocha Perú. En cientos de millones de toneladas (hMt).

Tabla 2
Producción de Oro de Yanacocha 2010

Filón de oro	Producción de onzas troy		Con molino		-17.5%
	lixiviación	Molino	Sin merma	Con merma	
1.24 hMt	1.18	0.07		0.05	
g/t	0.84	2.50		2.50	
Oro hMg	987.00	0.16		0.13	
Total g	98 700 000.00	16 250 000.00		13 406 250.00	
Total Oz Troy	3 173 633.00	522 508.00	3 696 141.00	431 069.00	3 604 703.00

Nota. Conversión de toneladas de filón de oro a onzas troy. hMt: hecto Mega tonelada, 1 hMt = 10⁸ toneladas

2010. Es decir, Lagunas Norte debería producir hasta el año 2025, en el supuesto que en la exploración ya no encuentren filón de oro y mantengan las mismas toneladas minadas.

Según Acosta et al (2010) el tema de vida de las mega mineras de oro tienen presente, la investigación de los geólogos, sobre las estimaciones producidas y reservas o recursos de oro en el Perú: Desde la época pre-colonial hasta la republicana ha sido valorizado aproximadamente en 2 800 toneladas (90 M oz. troy). Las reservas y recursos de operaciones y proyectos mineros de oro calculan aproximadamente en 4 500 t de oro (145 M oz. troy). Respecto a su distribución espacial menciona: Gran parte de la producción ha venido de la franja XXI, en la Cordillera Occidental, la producción obtenida ha sido mayor que 1 400 t de oro (>45 M oz. Troy), y ha venido principalmente de Yanacocha >800 t de oro (>25, 7 M de oz. troy de oro): Período 1992-2008 (pág. 489). Empalmado las series de la producción de oro, en oz. Troy de Yanacocha se tuvo: 1992-

2008 Acosta et al (2010); 2009-2010, (Tabla 3); 2011-2020, Anuario Minero (2020 MEM): 26M +3.867M + 26.802M = 56.319M de oz. Troy. Si se empalma con las series de la producción de oro en oz. Troy de Lagunas Norte-Alto Chicama: Junio del período 2005 - 2010 Report Barrick Gold Corporation (2010) y del 2011 - 2020 Anuario minero (2020): 5.700M + 5.352M = 11.052M. Con los cuales la participación de la mega minería aurífera presentó una producción entre 1992 - 2020, un total de 67.371M de oz. Troy. Cantidad que al sustraer de la reserva total estimada en 145 M de oz. Troy, por Acosta et al. (2010), se observó un saldo por explotar al 2020 en oz. Troy: 145M – 67M = 78M, que representó un 16% superior a la producción acumulada entre 1992 y 2020. Este resultado reveló la urgencia de aplicarse el modelo de Leontief (EIO) que permitió hallar la producción 2010 y su estimación de la producción del 2015 de Yanacocha. Asimismo, la discusión recayó en fomentar el valor agregado del oro, mejorando la calidad de su procesamiento con refine-

rías que generen mayores beneficios para la economía y la recaudación tributaria del Estado.

Tabla 3*Producción Anual de oro de Yanacocha*

Producción	2010	2009	2008
Molino	421	630	304
Lixiviación	1 038	1 428	1 505
Total	1 459	2 058	1 809

Nota. En miles de oz. Troy. Tomado de Newmont Mining Corporation.

Nótese que la crisis internacional del 2008 afectó al valor del dólar (cayó el Tipo de cambio respecto al 2008) y el 2010 se mantuvo dicha tendencia. E inversamente la cotización del oro creció en 30% el 2010 respecto del 2008, ie. Cuando el valor de dólar cae el valor del oro sube. Se analizó la elasticidad precio de la demanda del oro con datos tomados de los cuadros 4 y 6, nos dio 0.53 por lo que se encontró que un incremento de precios del 10% del oro produce una disminución de la cantidad demandada de oro en 5.3%. Habiendo sufrido un incremento en el precio del oro del 2010 respecto del 2008 en 30% entonces la cantidad demandada del oro disminuyó en dicho período en 15.9%. Como se apreció dicha elasticidad precio es inelástica y corresponde a un bien necesario. Según datos del Banco Central de Reserva del Perú, en consulta por categorías, presenta la Serie de Tipo de cambio nominal promedio anual con T.C. ($\frac{\$/}{\$}$) para el 2008 = 3.108, 2009 = 2.875 y 2010 = 2.816, con el cual se halló la variación de precios del dólar, y para las variaciones de las cantidades de dólares, se tomó de la Tablas 3, 4 y 5, las ventas del 2008, 2009 y 2010 en dólares. Lo mismo no podemos decir de la elasticidad precio de la demanda del dólar, que es mayor a la unidad 1.09, que caracteriza a los bienes elásticos, conocidos como bienes de lujo. Por lo cual si se incrementa el precio del dólar en 10% la cantidad demandada de dólares disminuye en 10.9%. Si razonamos en contrario, si el precio del dólar cae en -10% entonces la cantidad demandada de dólar aumenta en 10.9%

Los argumentos a favor del estudio tienen que ver con el acople de los resultados de la producción anual de oro, la gestión de su capital de trabajo, su contabilidad y rentabilidad de Yanacocha, que se mostraron con argumentos de la teoría de la economía clásica. Según Marx (2023b), es la ley del valor la que regula los precios de producción (pág. 184).

Tabla 4*Estimación del Capital de Trabajo de Yanacocha*

Newmont	Ventas de oro	Activo corriente	Pasivo corriente	Capital de trabajo
2008	5447	2361	1596	765
Yanacocha	1613			140a
2009	2013			175
2010	1778			155

Nota. Tomado del reporte de memoria anual de Newmont Mining corporation

Visto las tablas 4 y 5, con ellos y con la teoría de la economía clásica, se obtuvo la fisiología o funcionamiento de la estructura económica de la minera Yanacocha. Según Marx (2023a) Si llamamos R al año como unidad de medida relativa del tiempo de rotación del capital anual, r al tiempo de rotación de determinado capital, n al número de sus rotaciones, tenemos: $n=R/r$, Si por ejemplo el tiempo de rotación de r es de 3 meses, en la fórmula tendremos: $n = 12/3 = 4$, el capital efectúa 4 rotaciones en el año. (pág.148).

Tabla 5*Producción de Oro en Yanacocha por Año*

Categorías	2008	2009	2010
Venta de oro Yanacocha	1613	2013	1778
Estimado de K de W	140	175	155
Número de rotaciones	11.52	11.5	11.47
Valor de r	1.04	1.04	1.05
Valor de (r)	01 mes + 01 día	01 mes + 01 día	01 mes + 02 días
Producción	1809	2058	1459
Producción mensual	157	179	127
Promedio de Oz Troy	892	978	1221

El modelo de la Función de producción de Leontief (EIO) expresó la producción en función de la matriz inversa de Leontief y la demanda final, luego como se mantuvo inalterado la matriz inversa de Leontief, los valores de la producción aumentan o disminuyen en función del aumento o disminución de la demanda final (variable exógena). Esta ecuación de conducta y de identidad de la producción se aprovechó, conjuntamente del modelo general de Leontief que contuvo los valores de la demanda final del año 2010, para estimar la producción de Yanacocha del año 2015, se observó en Yanacocha que los valores de la cantidad

anual de toneladas minadas disminuyó bruscamente y su promedio de los años 2011, 2012, y 2013 fue 80.5 millones de toneladas, consideración analítica ex ante que motivó una disminución del 60% de los valores de la demanda final del 2010, y que sirvió para estimar los valores de la producción para el año 2015: ($Y_1 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ .496 \ 0.0149]$).

Y manteniendo inalterado la matriz inversa de Leontief, como era de esperar en producto matricial con la nueva demanda final, mostró una disminución de los valores brutos de producción de todos los sectores. Bajo la condición de equilibrio del modelo que asume igualdad de la producción y la demanda, cuando no tiene por qué ser así si la empresa Yanacocha tiene existencias, de otro modo no aparecerían los filones de oro como no considerados, los que pusieron en evidencia existencias o variación de inventarios de filón de oro en calidad de no considerados al cierre anual de operaciones. La modificación en los parámetros de la demanda final fue para los sectores 8. Tostado fusión y refinación, y 9. Otros finos concentrados, los otros sectores son ceros en el vector de demanda final del año 2015, luego el producto matricial de la matriz inversa de Leontief (L), con los valores del vector de nueva demanda final del año 2015: $X_1 = (I-A)^{-1} \times Y_1 = L \times Y_1$, donde L, es la matriz inversa, y Y_1 la nueva demanda final, se obtuvo los valores brutos de producción (VBP) para el 2015:

$$X_1 = L [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0.496 \ 0.0149]'$$

$$X_1' = VBPs [0.8 \ 0.8 \ 0.8 \ 0.8 \ 0.0 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.0]'$$

Nótese que estuvo expresado en cientos de millones de toneladas (HMT), se observó que la cadena de suministro, denominado procesos de minería tiene para cada uno de sus procesos una producción o movimiento de materiales de 80Mt, y para la cadena de consumo o de transformación, denominado procesos de metalurgia, para el sector 5. Trituración Gravimetría (molino) tiene una producción de 2.6Mt, de filón de oro, con 2, 94 gt^{-1} de oro, lo que dio una producción del molino de 202 775 oz. troy. Y los otros sectores de metalurgia: 6 Lixiviación, 7 Flotación y recuperación Merrill Crowe, 8 Tostado, fundición y refinación, tuvieron una producción cada una de 47Mt (deducido el molino), con 0, 497 6 gt^{-1} de oro, los cuales dieron 752 000 oz. troy, los que sumado a la producción del molino con merma de (-17.5%) nos dio un total de 954 775 oz. troy, para el año 2015. No obstante en el Anuario 2020 el MEM para el 2015 reportó 918, 498 con una ejecución de 50.22 Mt de filón de oro, y aparte de ello presentó un saldo de 1.98Mt no considerado. Estos

saldos no considerados formarían parte de la inversión en variación de inventarios de la empresa, no incluidos en la demanda final, dado que nuestro modelo se construyó sin tener presente esta variable exógena y se asumió que existía un equilibrio entre la producción y la demanda. Evidentemente para una mayor exactitud de la producción anual con el modelo de Leontief (EIO), el Ministerio de Energía y Minas debería contar con los ratios e información de las leyes de oro de las reservas probadas de Yanacocha, acompañado de las variaciones de inventarios anuales (saldos no considerados). Y así el modelo abierto de input output de Leontief con economía cerrada, podría estimar la producción para los años subsiguientes sin el término no considerado (variación de inventarios).

La rentabilidad de Yanacocha en millones de dólares fue de 1 333, como utilidad anual o plusvalía, frente a unas ventas o precio de producción de 1 778 millones de dólares para el 2010, se aplicó la fórmula: Precio de producción = Precio de costo + plusvalía, luego como la tasa de ganancia (g) = plusvalía / precio de costo, deducimos que la plusvalía = g precio de costo, quedando el Precio de producción = precio de costo + precio de costo g luego factorizando el precio de costo tenemos: Precio de producción = (1 + g) × precio de costo. Finalmente tenemos Precio de producción / precio de costo = 1 + g, y con ellos obtuvimos la tasa de ganancia (g) del 300%, es decir por cada dólar que se invirtió como precio de costo o costos de producción en dicho año se obtuvo 3 dólares de utilidad o plusvalía en Yanacocha. Ahora pasamos a explicar cómo se obtuvo 1 333 millones de dólares como utilidades o plusvalía:

Según Marx, C. (1976), porcentualizando el total de capital de trabajo de Yanacocha para el 2010, con el objetivo de hallar la composición media (p.162) del capital de Yanacocha, y con ello hallar la tasa general de ganancia o conocido como ganancia media, el capital de trabajo fue 155 millones de dólares (ver tabla 6), con la siguiente regla de tres: 155 es = 100%, cuanto es 135?, operando nos dio = 87%, luego como composición media de su capital nos dio

$$87C + 13V + 13Pl \quad (4)$$

Se supuso 100% de plusvalía, donde C es capital constante, V capital variable y Pl plusvalía, luego la tasa general de ganancia o ganancia media es igual a $\frac{13Pl}{87C+13V}$ (= 100%), por tanto podemos decir que la obtención plusvalía o utilidades por cada 100 de capital. Ahora bien, para hallar las utilidades o masa de plusvalía, según Palacios (2012), la tasa de plusvalía de la Actividad Extracción de minerales y servicios conexos es de Pl' = 288%, tasa proveniente de la Tabla Insumo

Producto de 1979 (p 58), como nuestro caso fue para el año 2010, existió un cambio de marco institucional de capitalismo de Estado (estabilidad laboral) a Neoliberalismo (flexibilidad laboral), con este último se favoreció el sistema de Cas y services, en reemplazo del tamaño del capital variable, (V) con los cuales si la participación del capital variable cae a la mitad, la tasa de plusvalía de 288% pasaría a 576%, en efecto reemplazando en la ecuación 4, según la definición de tasa de plusvalía, considerando la composición media del capital, se tuvo: $Pl' = \frac{Pl}{13} \times \frac{1}{2} = \frac{288}{100}$, $2 \times \frac{Pl}{13} = \frac{576}{100} \times \frac{1}{2} = \frac{288}{100}$, $13 \times \frac{576}{100} = 74.88$, que lo redondearemos a 75 para facilitar el cálculo, dicha plusvalía lo multiplicamos con el número de rotaciones anual del capital (tabla 5, valor de n), $11.47 \times 75 = \frac{860}{100}$, que representa a la tasa general de ganancia o ganancia media, ie. Yanacocha obtiene en millones de dólares 860 por cada 100. Faltaría la obtención de plusvalía del saldo del capital de trabajo= 55 millones, luego con la regla de tres anterior decimos que 860 se obtiene por cada 100, cuanto se obtendrá en $x = 55$, siendo el valor de $x = 473$ millones, luego si sumamos dicha masa de plusvalía, la utilidad total anual fue de 1 333 Millones de dólares. Una presentación comparativa de otro estudio reveló, una menor tasa de ganancia al que se encontró:

Wiener y Torres (2015) mostraron un cuadro titulado Yanacocha contribución tributaria 1993 -2013 donde describe utilidades de Yanacocha desde 1993 -2013 (pág. 49). A partir del mencionado cuadro, se determinó que Yanacocha los años 2009 y 2010 tuvo una cuota de ganancia de 52% y 46% respectivamente, que contrasta con Lagunas Norte que con equivalente información financiera de la Bolsa de Valores de Lima, se encontró para el 2010 una tasa o cuota de ganancia del 100%. Las cuotas de ganancia sombra (alta tasa de ganancia) que se aprecia, impulsaron un aumento de mineros artesanales e informales de oro, debido igualmente a la subida de los precios internacionales del oro a partir de la crisis internacional mundial del 2008, discutidos líneas arriba. La discusión de la verificación empírica de la teoría económica de la Función de producción de Leontief debería culminar comparando los resultados de otros investigadores sobre la determinación de la producción en sectores especiales que fueron de mucha utilidad para el Estado chino en un estudio. Según Xikang (1980) el modelo de Leontief (EIO) se aplicó con éxito en la predicción de la producción anual de cereales de China 1980-2004 (p.1).

5. Conclusiones

Las ratios de 0.62 y 0.61 del filón de oro respecto al total de material minado y del estéril (desmonte) sobre el filón de oro respectivamente, nos permitió evaluar la

matriz de producción de oro por el método cielo abierto, mediante la Función de producción de Leontief para el yacimiento de Yanacocha del año 2010 y 2015. El modelo fue formulado en unidades físicas (PIOT) y no en unidades monetarias (MIOT), con leyes de oro del sector 5. Molino ($2, 5 \text{ gt}^{-1}$) y sector 6. Lixiviación ($0, 84 \text{ gt}^{-1}$) para el 2010, y con leyes de oro del sector 5. Molino ($2, 94 \text{ gt}^{-1}$) y sector 6. Lixiviación ($0.497 6 \text{ gt}^{-1}$) para el 2015. En ambos años se consideró -17.5% de merma en la producción del molino. El modelo abierto de insumo producto de Leontief (EIO) con economía cerrada, predijo (ver cuadro 3) una producción de 3 604 702 oz. troy con 124 Mt de filón de oro procesados, el MEM reporta 1 459 000 oz. troy explicado por 50.2Mt, por lo que existió un saldo 73.8 Mt no considerado, este alto porcentaje no considerado es puesto en evidencia por los resultados de la aplicación de la Función de producción de modelo de Leontief para el año 2010, debido a que el modelo input-output de Leontief, se elabora con la condición de igualdad entre la producción y la demanda (ventas) Sin embargo si la producción y las ventas durante el año no son iguales, ello explicaría inversión en existencias de la empresa Yanacocha al cierre anual de operaciones, evidenciados en los saldos no considerados de filón de oro, ie. del oro natural en rocas, como mineral de otros metales y el cuarzo. que al no entrar en la producción debieron, incluirse como inventario anual en la demanda final del modelo de Leontief (EIO). La producción en oz. troy de Yanacocha para el 2015 con Leontief (EIO) predijo 954 775, y de 918 498 para el MEM, se ejecutó 47.7Mt de filón de oro y aparte de ello con un saldo de 1.9Mt no considerado. Una medida concluyente de los resultados de la Función de producción de Leontief (EIO), para evitar el término no considerado, presupone que el MEM debió contar con información de los ratios y de las leyes de oro para Pilas de lixiviación y del Molino, sujetos a reservas probadas con muestreo estadístico de bloques (filón de oro), y de las fajas de transportación con filón de oro así como inventarios del filón de oro, al cierre anual de operaciones para considerarse en el próximo año lectivo en la demanda final del modelo de Leontief (EIO).

La alta rentabilidad o ganancias extraordinarias reflejado en la tasa general de ganancia o ganancia media del sector aurífero en 860% ie. Que permitió obtener 860 millones de dólares por cada 100 millones de dólares de capital de trabajo y una cuota de ganancia anual del 300%, estimularon el crecimiento de mineros de oro, sobre todo de mineros artesanales e informales de oro, que debieron constituirse en empresas formales sean como cooperativas de producción, u otras perso-

nas jurídicas, de manera que asuman los costos de las externalidades ambientales negativas que originaron, siendo una regla general para la gran minería, medianos y pequeños mineros (el que contamina paga). Fue concluyente el resultado de las tablas 5 y 6 que analizaron el número de rotaciones del capital de trabajo, así como el período de producción y de circulación, por el cual se concluyó que las ventas de Yanacocha fueron al contado en dichos años.

La producción de la mega minería aurífera en oz. troy entre 1992-2020, fue de 67M (millones) conservando un saldo de 78M. Según H. K. Taylor la vida de la mina de Yanacocha se proyecta hasta el 2031, lo que hace pertinente mayor planificación de los recursos de oro y evitar su estrangulamiento de la megaminería aurífera con los filones de oro no considerados en menoscabo del crecimiento y desarrollo de la nación. Por lo cual se recomienda en base a la réplica del

estudio, encontrar la producción anual del cobre en la mina de superficie o cielo abierto de Chinalco (Toro-mocho), para ello contar con el aplicativo predictivo de la Función de producción de Leontief elaborado en unidades físicas (PIOT), para cuantificar el avance de su producción anual. Finalmente su aplicación particular no es sólo en el sector minero-metalúrgico, sino en las empresas, sectores especiales, y otras economías de área metropolitana.

5.1. Agradecimientos

A mis padres Hilda Eulogio Poma y Amador Flores Saldaña, y mi hermano mayor Teófilo in memoriam. A mi esposa Juana Rosario Terreros Santillan e hijas Erika y Ruth, que financiaron el estudio, y a los doctores Abraham Eugenio Llanos Marcos, mi asesor de Tesis, Jorge Guillermo Osorio Vaccaro in memoriam, al haber sido Revisor de mi Tesis.

Referencias

- Albino, V., Izzo, C., & Kühtz, S. (2002). Inputoutput models for the analysis of a local/global supply chain. *International Journal of Production Economics*, 78(2), 119-131. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(01\)00216-X](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(01)00216-X)
- Azañero, Á. (2012). Flotación de Minerales Polimetálicos Sulfurados de Pb, Cu y Zn. <https://onemine.org/documents/flotaci-n-de-minerales-polimet-licos-sulfurados-de-pb-cu-y-zn>
- Gonzales, E. (2016). *Una economía incompleta, Perú 1950-2007: análisis estructural*. Instituto de estudios peruanos.
- Leontief, W. (1970). *Análisis económico input-output*.
- Marx, K. (2023a, 15 de enero). *El Capital. Tomo II*. RUTH.
- Marx, K. (2023b, 10 de octubre). *El capital. Crítica de la economía política, III, libro III*. Fondo de Cultura Económica.
- Orihuela, C. E. (2015). Incluyendo El Agotamiento de Los Recursos Naturales En Las Cuentas Nacionales: Evidencia Peruana Del Periodo 1994-2011. *Anales Científicos*, 76(2), 210. <https://doi.org/10.21704/ac.v76i2.783>
- Palacios, L. G. (2012). *Modelo de Reproducción Ampliada y la tabla de insumo producto Perú - 1979* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Consultado el 27 de febrero de 2025, desde <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/90f591ab-f09b-4ee6-9d77-beb4c9afd5dd>
- Paloviita, A. (2004). *Matrix Sustainability : Applying Input-Output Analysis to Environmental and Economic Sustainability Indicators : Case: Finnish Forest Sector*.
- Ramirez, B. (2014). El Enclave Minero y El Desmejoramiento de Los Niveles de Vida de Los Pueblos de La Cuenca Alta Del Río Rimac. *Investigaciones Sociales*, 9(14), 179-211. <https://doi.org/10.15381/is.v9i14.8265>
- Tello, M. D. (2016). *Multiplicadores Básicos de La Economía Peruana 1994 - 2007*. Instituto de Estadística e Informática.
- Vidal, A. M. (2021, 15 de enero). *Entre la jalca de oro y la laguna negra : diálogos y conflictos sociales en Minera Yanacocha, Cajamarca, Perú*. Consultado el 27 de febrero de 2025, desde <http://hdl.handle.net/20.500.12404/17845>
- Wiener, R., & Torres, J. (2015). *La Gran Minería: ¿paga Los Impuestos Que Debería Pagar? El Caso Yanacocha*. Impresiones Arte Perú SAC. <https://www.latindadd.org/wp-content/uploads/2022/05/La-Gran-Mineria-YANACocha.pdf>