



## **Escuela de Postgrado GERENS**

### **Maestría en Gestión Minera**

#### **MGM- Promoción 2017**

**“Análisis de la oferta y demanda energética asociada al ingreso de nuevos proyectos mineros cupríferos en Perú, dentro de los próximos 10 años”.**

Trabajo de investigación presentado de acuerdo a los reglamentos de la Escuela de Postgrado GERENS para obtener el grado de Maestro/ Magíster en Gestión Minera, por:

Cumpa Exebio, Griselda

Guerrero Posadas, Andrea

Trejo Pantoja, Darwin

Valer Cruces, Rubén

Asesor: Rodrigo Prialé

Lima, 2 de noviembre del 2020

© Autor, año.

Todos los derechos reservados.

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestras familias por su apoyo incondicional, por estar siempre con nosotros a pesar de las horas de ausencia durante el desarrollo de nuestra Maestría. Este esfuerzo y triunfo va para Ustedes.

A nuestros profesores de la Escuela de Postgrado GERENS, en especial al profesor Rodrigo Prialé, por su orientación y dedicación para que este trabajo cumpla con los objetivos trazados.

## Resumen Ejecutivo

En el presente trabajo de investigación se analiza la demanda de energía de las empresas mineras productoras de cobre que actualmente están en operación y la que se generará en los próximos años con el inicio de la etapa de producción de los proyectos cupríferos que forman parte de la Cartera de Proyectos Mineros del Ministerio de Energía y Minas del Perú. Para ello, en el estudio se incluye a las diez principales empresas productoras de cobre del país, las que en conjunto explican el 96% del total de la producción, y se incluye además a los 25 proyectos cupríferos que forman parte de dicha cartera, y que se espera que se pongan en marcha en los próximos años. El objetivo del estudio es determinar si se generarán brechas entre la demanda y oferta de energía, cuando se inicie la operación de los mencionados proyectos, considerando un adecuado abastecimiento de energía en el país.

El análisis se realiza cuantitativa y cualitativamente, y se hace uso de información pública del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional - COES, y de la Dirección General de Minería (DGM) del Ministerio de Energía y Minas del Perú. Parte de esta data incluye la oferta de energía de las principales empresas generadoras de energía eléctrica en el territorio peruano, con la cual se determinará el margen de reserva energética proyectada hasta el año 2028.

La producción de las diez empresas mineras productoras de cobre en el 2019 ascendió a 2,347,558 toneladas métricas finas (TMF). Dichas empresas son: Sociedad Minera Cerro Verde, Compañía Minera Antamina, Southern Perú Copper Corporation, Minera Las Bambas, Compañía Minera Antapaccay, Minera Chinalco Perú, Hudbay Perú, Sociedad Minera El Brocal, Compañía Minera Milpo (hoy Nexa Resources Peru) y Gold Fields La Cima.

Con la información de los proyectos cupríferos considerados en el estudio que se obtiene de la DGM, se construyó una matriz para determinar el nivel de madurez de cada proyecto y el tiempo que se estima se requerirá para su puesta en marcha. Para la construcción de esta matriz se tomaron en cuenta los aspectos ambientales, sociales y los relacionados con la ingeniería de cada proyecto. Para

cada uno de esos aspectos se establecieron condiciones a satisfacer para calificar el nivel de avance o madurez de cada uno de ellos. Empleando esa metodología, se determinó la fecha más probable de inicio de la etapa de operación de cada proyecto, la cual no coincide necesariamente con la reportada por la DGM del Ministerio de Energía y Minas del Perú.

La demanda total de energía se obtiene de la que proviene de las operaciones actuales, la cual se proyecta hasta el año 2028 y la que se generará cuando se inicie la etapa de producción de cada uno de los nuevos proyectos cupríferos evaluados en la matriz. Para obtener la oferta de energía se utiliza la información histórica de la potencia efectiva, a la cual se le añade la que provendrá de los nuevos proyectos de generación de energía, considerando solo los de energía hidráulica y térmica hasta el año 2023. No se dispone de información respecto a la ejecución de nuevos proyectos de generación de energía después de ese año.

La demanda máxima total, para el periodo 2001-2017 se obtiene del COES y para el periodo 2018- 2028 ésta se proyecta haciendo uso de una ecuación de regresión que se obtiene empleando información histórica, que toma en cuenta el crecimiento registrado en los años anteriores. A esta demanda máxima se le adiciona luego la de los nuevos proyectos mineros de cobre, que se obtiene de la información disponible de cada proyecto. Dicha adición se hace en el año de inicio estimado del proyecto que se obtiene empleando la matriz de evaluación de la madurez del proyecto empleada en esta investigación.

Como resultado del análisis realizado es posible determinar la variación de la producción (KTMF) de cobre versus la de la demanda de energía que se requerirá para el periodo 2020 al 2028. La demanda de energía está directamente relacionada con la producción de cobre. Al año 2028 se estima que la producción de cobre del país podría duplicarse, así como el consumo de energía requerida para producirlo, pasando de 2,348 KTMF (año 2019) a 4,900 KTMF (año 2028).

El Ministerio de Energía y Minas establece cada cuatro años el Margen de Reserva (MR), donde 38.5% es el promedio de MR para el periodo vigente (mayo 2018 - abril 2021) el cual nos permite identificar la brecha o déficit de energía respecto a los valores obtenidos en esta investigación. Los resultados obtenidos

confirman que la demanda total de energía del sector minero es aproximadamente un 30% de la demanda máxima total. Para el año 2020 la demanda total minera estimada es de 1,962 MW pudiendo llegar a 4,161 MW en el año 2028, dependiendo del ingreso de los nuevos proyectos mineros.

La tendencia entre el valor de la Potencia Efectiva y la Demanda Máxima en el periodo estudiado muestran un acercamiento entre ambas curvas reduciéndose el Margen de Reserva a 11% con respecto al 38.5% reglamentado para el año 2028 y con la finalidad de mantener este margen, se requiere adicionar nuevos proyectos de generación eléctrica para ampliar el margen de oferta energética. Finalmente, esta oferta al 2028 podrá sostener el aumento de la demanda de energía producto del ingreso de nuevos proyectos mineros, pero el Margen de Reserva debe ser incrementado en un 28%.

## Abstract

This research work analyzes the energy demand of the copper producing mining companies that are currently in operation and the energy demand that will be generated in the next years with the start of the production stage of the copper projects that currently are part of the Portfolio of Mining Projects of the Ministry of Energy and Mines of Peru. To this end, the study includes the ten main copper producing companies in the country, which together account for 96% of total production, and also includes the 25 copper projects that are part of this portfolio, and which are expected to be launched in the coming years. The objective of this study is to determine if gaps will be generated between energy demand and supply, when the operation of the mentioned projects starts, considering an adequate energy supply in the country.

The analysis is carried out quantitatively and qualitatively and using public information from the COES – Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, and DGM – Dirección General del Ministerio de Energía y Minas. Part of this data includes the energy supply of the main electricity generating companies in Peruvian country, with which the projected energy reserve margin until the year 2028 will be determined.

The production of the ten copper producing mining companies in 2019 amounted to 2,347,558 fine metric tons (TMF). These companies are: Sociedad Minera Cerro Verde, Compañía Minera Antamina, Southern Peru Copper Corporation, Minera Las Bambas, Compañía Minera Antapaccay, Minera Chinalco Peru, Hudbay Peru, Sociedad Minera El Brocal, Compañía Minera Milpo (now Nexa Resources Peru) and Gold Fields La Cima.

With the information of the copper projects considered in the study obtained from the DGM, a matrix was constructed to determine the level of maturity of each project and the estimated time required for its start up. For the construction of this matrix, the

environmental, social and engineering aspects of each project were taken into account. For each one of these aspects, conditions were established that had to be satisfied in order to qualify the level of progress or maturity of each one of them. Using this methodology, the most probable date for the start of the operation stage of each project was determined, which does not necessarily coincide with the date reported by the DGM of the Peruvian Ministry of Energy and Mines.

The total energy demand is obtained by adding the demand from current operations, which is projected until 2028, and the demand that will be generated when the production stage of each of the new copper projects begins. In order to obtain the energy supply, historical information of the effective power is used, to which is added the one that will come from the new projects of energy generation, considering only those of hydraulic and thermal energy until the year 2023. No information is available regarding the execution of new power generation projects after that year.

The total maximum demand for the period 2001-2017 is obtained from the COES and for the period 2018- 2028 is projected using a regression equation obtained by using historical information, which considers the growth registered in previous years. To this maximum demand is then added the demand of the new copper mining projects, which is obtained from the information available for each project. This addition is included in the estimated start year of the project obtained from the matrix of the project maturity evaluation used in this research.

As a result of the analysis performed, it is possible to determine the variation in copper production (KTMF) versus energy demand that will be required for the period 2020 to 2028. Energy demand is directly related to copper production. By 2028 it is estimated that the country's copper production could double, as well as the energy consumption required to produce it, from 2,348 KTMF (year 2019) to 4,900 KTMF (year 2028).

Every four years the Ministry of Energy and Mines establishes the Reserve Margin (RM), where 38.5% is the RM average for the current period (May 2018 - April 2021) which allows us to identify the energy gap or deficit with respect to the values obtained in this research. The results obtained confirm that the total energy demand



of the mining sector is approximately 30% of the total maximum demand. For the year 2020, the estimated total mining energy demand is 1,962 MW, which could reach 4,161 MW in 2028, depending on the entrance of the new mining projects.

The trend between the value of the Effective Power and the Maximum Demand in the period studied shows a rapprochement between both, reducing the Reserve Margin to 2028, and in order to maintain this margin, it is necessary to add new electricity generation projects to expand the energy supply margin. Finally, this supply to 2028 will be able to sustain the increase in energy demand resulting from the entry of new mining projects, but the Reserve Margin must be increased by 28%.

## ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	4
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABLAS	11
1 INTRODUCCIÓN	13
1.1 Objetivos de la investigación	15
1.1.1 Objetivos Generales	15
1.1.2 Objetivos específicos	15
1.2 Preguntas de Investigación	15
1.3 Justificación de la Investigación	16
1.3.1 Deficiencias y vacíos actuales en el conocimiento del problema	17
2 MARCO CONCEPTUAL	18
2.1 Modelo Conceptual	19
2.2 Metodología a utilizar	20
2.3 Bases Conceptuales	21
2.3.1 Demanda de Energía en Minería a nivel mundial	21
2.3.2 Demanda de Energía en Minería en el Perú	23
2.3.3 Oferta de Energía	24
3 CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE DATOS	28
3.1 Demanda de Energía en la Minería	28
3.1.1 Operaciones Mineras	28
3.1.2 Proyectos Mineros	44
3.2 Oferta de Energía Proyectada	60
4 CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	65
4.1 Demanda de Energía en Operaciones Mineras	65
4.2 Demanda de Energía en Proyectos Mineros	65
4.3 Análisis de Oferta y Demanda de Energía	68
5 CONCLUSIONES	73
6 RECOMENDACIONES	74
7 ANEXOS	75

## Lista de figuras

FIGURA 2-1 MODELO CONCEPTUAL.	19
FIGURA 2-2 CONSUMO Y PARTICIPACIÓN DE ENERGÍA.	22
FIGURA 2-3 DEMANDA DE ENERGÍA PROYECTADA.	24
FIGURA 2-4 OFERTA POR TIPO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA 2018.	26
FIGURA 2-5 ENERGÍA ANUAL POR TIPO DE GENERACIÓN.	26
FIGURA 3-1 EMPRESAS CON MAYOR PRODUCCIÓN EN COBRE.	29
FIGURA 3-2 PRODUCCIÓN DE COBRE 2008-2019 (TMF).	32
FIGURA 3-3 PRODUCCIÓN DE COBRE 2020-2028 (TMF).	33
FIGURA 3-4 PRODUCCIÓN DE COBRE 2008-2028 (TMF).	33
FIGURA 3-5 EMPRESAS TOP 10 DE COBRE EN EL PERÚ.	36
FIGURA 3-6 DEMANDA DE ENERGÍA 2008-2028.	41
FIGURA 3-7 LAS CINCO EMPRESAS MINERAS DE MAYOR PRODUCCIÓN DE COBRE.	43
FIGURA 3-8 EMPRESAS MINERAS DE MAYOR PRODUCCIÓN DE COBRE (2).	44

FIGURA 3-9 PROYECTOS MINEROS POR TIPO DE MINERAL Y EXPLOTACIÓN.	46
FIGURA 3-10 INVERSIÓN Y TIPOS DE PROYECTOS CUPRÍFEROS – SETIEMBRE 2019 / ELABORACIÓN PROPIA .	48
FIGURA 3-11 PROYECTOS DE COBRE POR ETAPA DE AVANCE.	48
FIGURA 3-12 INVERSIÓN EN PROYECTOS DE COBRE POR ETAPA DE AVANCE (MILLONES US\$).	49
FIGURA 3-13 PROYECTOS CUPRÍFEROS SIN FECHA DE CONSTRUCCIÓN.	51
FIGURA 3-14 PROYECTOS DE COBRE POR ZONA GEOGRÁFICA CON FECHA DE CONSTRUCCIÓN.	52
FIGURA 3-14 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO AMPLIACIÓN TOROMOCHO.	55
FIGURA 3-15 TENDENCIA DEMANDA MÁXIMA.	64
FIGURA 4-1 DEMANDA DE ENERGÍA TOTAL (EN MINERÍA) VS PRODUCCIÓN TOTAL DE CU FINO (KTMF).	68
FIGURA 4-2 DEMANDA MÁXIMA TOTAL (MW) VS DEMANDA MINERA TOTAL (MW).	70
FIGURA 4-3 MARGEN DE RESERVA.	71
FIGURA 4-4 POTENCIA (MW) REQUERIDA PARA CUMPLIR CON EL MR 38.5%.	72
FIGURA 4-5 OFERTA: ACTUAL % VS BRECHA (%).	72

### Lista de tablas

TABLA 3-1 CRECIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE COBRE (TMF)	30
TABLA 3-2 PRODUCCIÓN DE COBRE PROYECTADA HASTA EL 2028 (TMF)	31
TABLA 3-3 POSICIÓN DEL PERÚ EN EL RANKING DE RESERVAS MINERAS 2019	34
TABLA 3-4 EMPRESAS TOP DE COBRE EN EL PERÚ	35
TABLA 3-5 DEMANDA DE ENERGÍA TOP 10 EMPRESAS CUPRÍFERAS	39
TABLA 3-6 DEMANDA DE ENERGÍA PROYECTADA – EMPRESAS CUPRÍFERAS (TOP 10)	40
TABLA 3-7 CARACTERÍSTICAS TOP EMPRESAS PRODUCTORAS DE COBRE	42
TABLA 3-8 LEYES DE COBRE PARA PRINCIPALES EMPRESAS MINERAS	42
TABLA 3-9 CARTERA DE PROYECTOS	45
TABLA 3-10 CARTERA DE PROYECTOS	47
TABLA 3-11 INVERSIÓN DE ACUERDO A UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE PROYECTOS DE COBRE.	50
TABLA 3-11 PROYECTOS DE CU CON Y SIN FECHA DE CONSTRUCCIÓN POR UBICACIÓN GEOGRÁFICA	50
TABLA 3-12 VARIABLES DE EVALUACIÓN PARA DEFINIR EL GRADO DE MADUREZ DE PROYECTOS CUPRÍFEROS	53
TABLA 3-13 GRADO DE MADUREZ DE LOS PROYECTOS CUPRÍFEROS	54
TABLA 3-14 MATRIZ DE EVALUACIÓN PARA DETERMINAR EL AÑO DE INICIO DE OPERACIÓN	57
TABLA 3-15 EVALUACIÓN DEL AÑO DE INICIO DE OPERACIÓN	58
TABLA 3-16 DEMANDA DE ENERGÍA PROYECTADA	59
TABLA 3-17 FUENTES GENERADORAS DE ENERGÍA	61

TABLA 3-18 POTENCIA EFECTIVA (MW) 2008-2019	62
TABLA 3-19 OFERTA: POTENCIA EFECTIVA (MW) – ADICIONES POR AÑO	63
TABLA 3-20 DEMANDA MÁXIMA TOTAL (MW)	64
TABLA 4-1 DEMANDA DE OPERACIONES ACTUALES 2020-2028	65
TABLA 4-2 DEMANDA ENERGÍA NUEVOS PROYECTOS	66
TABLA 4-3 PRODUCCIÓN ESTIMADA (TMF) CON INGRESO DE NUEVOS PROYECTOS 2020-2028	67
TABLA 4-4 MARGEN DE RESERVA POR PERIODO MEM	69
TABLA 4-4 BRECHA (%) ENTRE MR REGULADO (38.5%) VS OFERTA (MW)	71

# 1 Introducción

El presente trabajo de investigación tiene como principal objetivo analizar, evaluar y proyectar la demanda y oferta de energía en el Perú para los próximos 10 años, tiempo en el cual se tiene previsto la puesta en marcha de importantes proyectos mineros, que forman parte de la cartera de proyectos mineros del Ministerio de Energía y Minas del Perú. El término energía se refiere a la energía eléctrica, que en adelante llamaremos “energía”. Actualmente, el monto total de inversión estimado de los 48 proyectos mineros incluidos en dicha cartera asciende a US \$ 57,772 millones. De ejecutarse dichos proyectos, la producción de cobre del país podría duplicarse.

Teniendo en cuenta la producción adicional de cobre que se estima podría generarse con la puesta en marcha de los proyectos cupríferos, en el presente estudio se analizará si la oferta energética existente podría satisfacer la demanda futura de energía de los próximos 10 años, que se generaría con la puesta en marcha de los nuevos proyectos. Se ha puesto mayor énfasis en los 25 proyectos mineros cupríferos, ya que en conjunto su monto de inversión asciende a US \$ 40,988 millones, es decir, representa el 71% del monto total de la cartera de proyectos de inversión.

En el estudio se ha tenido en cuenta la etapa de avance en la que se encuentra cada proyecto (construcción, ingeniería de detalle, factibilidad y pre factibilidad) con la finalidad de poder hacer un análisis de sensibilidad para los diferentes casos y determinar qué proyectos cupríferos podrían salir adelante dentro de los próximos 10 años, considerando las restricciones sociales, ambientales y de permisos existentes actualmente.

En el estudio se ha realizado una evaluación cuantitativa y cualitativa de la demanda y oferta de energía en el Perú para los próximos 10 años, considerando las minas de cobre que actualmente están en operación, los proyectos cupríferos que están actualmente en construcción, así como los proyectos que están en las diferentes fases de estudio, los cuales han sido seleccionados teniendo en cuenta

que existe una mayor probabilidad que puedan entrar en operación dentro de los próximos 10 años.

Para complementar el estudio se ha revisado la información histórica y se ha tomado en cuenta la proyección hecha por el COES (Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional) en el año 2018 con respecto al consumo de energía. El presente trabajo de investigación busca validar la proyección hecha por el COES, incorporando en el análisis el consumo de energía adicional por tonelada métrica fina de cobre a producir a futuro con las minas que actualmente están en producción, la puesta en marcha de los nuevos proyectos cupríferos, así como las ampliaciones que se están realizando en Toquepala y Toromocho.

Para realizar el presente estudio se ha utilizado el método de investigación cuantitativa y cualitativo, para lo cual se ha considerado la información de la demanda y oferta energética en el Perú del COES (2018), así como la información de la cartera de nuevos proyectos mineros que provee la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas del Perú (Setiembre 2019). La información antes mencionada ha sido revisada y evaluada con la finalidad de poder proyectar la futura demanda de energía en el Perú para los próximos 10 años, que se generará con la puesta en marcha de los nuevos proyectos cupríferos. Asimismo, se ha analizado la oferta de energía existente actualmente y la entrada en operación de nuevas generadoras de energía en los próximos 10 años. Basados en el análisis realizado, se proyecta la demanda y oferta de energía para los próximos 10 años y se determina si existirá un margen de reserva energético que permita asegurar un adecuado abastecimiento de energía en el país.

El Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) fija el margen de reserva energética, cuyo promedio para los años 2018-2021 es de 38.5%, de acuerdo a la Resolución Ministerial N° 196-2018-MEM/dM. El presente análisis evaluará el margen de reserva a lo largo de los próximos diez años con la puesta en marcha de nuevas operaciones cupríferas.

Se incluyen como anexos la matriz de evaluación de puesta en marcha de proyectos cupríferos al 2028, así como un detalle resumido de las principales características de cada uno de los proyectos que forman parte del presente estudio, en el que se presenta el monto de inversión, etapa de avance, estudio de impacto ambiental, energía a consumir y permisos que están en marcha.

## **1.1 Objetivos de la investigación**

### **1.1.1 Objetivos Generales**

Analizar y evaluar la tendencia del consumo energético en el sector minero teniendo en cuenta los principales proyectos cupríferos que se espera entren en operación en los próximos 10 años y compararla con la de la oferta energética esperada en ese periodo, con la finalidad de analizar escenarios y determinar los periodos en los cuales se puedan presentar brechas entre la demanda y la oferta de energía, en caso los proyectos adelanten o retrasen su inicio de operación, asegurando un adecuado abastecimiento de energía en el país.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Evaluar el consumo y oferta de energía del Perú para los próximos 10 años, considerando la demanda de energía de las operaciones actuales, su consumo incremental y los nuevos proyectos mineros cupríferos, realizando un análisis cualitativo y cuantitativo del inicio de operaciones de los nuevos proyectos cupríferos.
- Evaluar la relación entre el consumo de energía y las toneladas finas producidas en las operaciones.
- Determinar y concluir si de acuerdo con la data actualizada, existirá un margen de reserva energética que permita asegurar un adecuado abastecimiento de energía en el país.

## **1.2 Preguntas de Investigación**

- ¿Cuál sería la demanda y oferta energética en el sector minero si los principales proyectos cupríferos se ponen en operación dentro de los próximos

10 años? ¿Existiría una brecha?

- ¿Existe una relación directamente proporcional entre el consumo de energía y las toneladas finas producidas en las operaciones?
- ¿El margen de reserva energética calculado podría asegurar un adecuado abastecimiento en el país?

### **1.3 Justificación de la Investigación**

Según Estela Ramírez (2015, pp. 30-35), la Minería es un gran consumidor de energía; hoy en día las empresas mineras del país consumen 1,800 MW de potencia, monto que representa el 30% de la demanda eléctrica nacional. Se estima que la minería consume el 10% de toda la energía eléctrica del mundo y se proyecta que esa demanda llegará al 15% entre el 2030 y el 2040, por lo que es necesario buscar fuentes alternativas de abastecimiento y minimizar el impacto ambiental del consumo de energías no renovables.

En el resumen ejecutivo del Plan Energético Nacional 2014-2025 (Ministerio de Energía y Minas [Minem], 2014, p.14), se proyecta que la demanda de electricidad continuará con la tendencia creciente de los últimos veinte años. Se estima que su crecimiento estará basado principalmente en el desarrollo de los proyectos mineros e industriales, y en la facilitación de estas inversiones, así como en el desarrollo de las principales ciudades en las regiones del país.

El margen de reserva es un indicador que permite cuantificar el nivel de seguridad en la continuidad de las operaciones del sistema eléctrico, como respaldo ante posibles contingencias o condiciones adversas (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería [Osinergmin], 2017a). Valores elevados del margen de reserva implica que el sistema eléctrico sería capaz de seguir abasteciendo adecuadamente de electricidad al mercado, aun si es que se restringe la producción de alguna central. Por el contrario, un valor bajo del margen de reserva indicaría que la capacidad del sistema para atender adecuadamente la demanda se vería afectada ante la ocurrencia de algún evento adverso.

En la misma publicación se señala que



durante el periodo 1995-2015, el margen de reserva efectivo ha tenido cambios. Así, en 1995 registró un valor de 39%, mientras que en el 2000 se había incrementado a 72% debido a que el crecimiento de la capacidad instalada fue superior al que se observó en la máxima demanda. En el siguiente quinquenio, el margen de reserva se redujo de manera significativa porque la demanda empezó a crecer a tasas superiores a la de la capacidad instalada, ya que ésta solo se incrementó 3% y la máxima demanda aumentó 26%. La tendencia continuó hasta el 2008, periodo en el cual la máxima demanda creció a una tasa promedio anual de 7.6%, mientras la potencia lo hizo a una tasa de 4%. (Osinermin, 2017a)

Considerando lo mencionado, el margen de reserva es uno de los indicadores principales para analizar en esta investigación, evaluando su proyección a futuro e integrando la energía renovable a las convencionales en relación al aumento de la demanda con la puesta en marcha de nuevos proyectos mineros.

La evolución del parque de generación eléctrico mundial muestra una tendencia negativa con respecto a los porcentajes de aporte de las principales fuentes de energía en el mundo, vale decir que a futuro el aporte de energía por combustibles fósiles se reducirá, mientras que el aporte de energía proveniente de recursos renovables no convencionales, como la solar, eólica y mareo motriz, se incrementará hasta un 15% (Osinermin, 2017b, pp. 20-24).

### **1.3.1 Deficiencias y vacíos actuales en el conocimiento del problema**

En esta investigación se espera emplear la información disponible sobre el balance nacional de energía al 2018 y su proyección a 10 años de reserva energética según el Comité de Operación Económica del sistema Interconectado Nacional (COES). A partir de esa información, se analizará lo siguiente: 1) ¿Qué porcentaje de energía corresponde al consumo de las empresas mineras, agregando la demanda de energía de los nuevos proyectos cupríferos y el incremento del consumo de energía de las operaciones actuales por tonelada fina producida? 2) ¿Cuál podría ser la relación entre la demanda energética y la producción de cobre fino? 3) ¿Con el ingreso de nuevos proyectos mineros y el incremento de la demanda de energía, se podrá cumplir con el margen de reserva energética normado que no afecte el abastecimiento energético del país?

## 2 Marco conceptual

El Perú es un país minero, y la minería ha tenido un impacto importante en el desarrollo económico y social del país en los últimos años. En el año 2019, las exportaciones mineras (metálica y no metálica) del Perú sumaron US\$ 28,126 millones, lo que representó aproximadamente 59% del valor total de las exportaciones de bienes del país, y el sector minero metalúrgico generó cerca del 12% PBI del Perú. (INEI, 2019)

Según Ruiz & Vera Tudela (2013) la provisión de energía de forma continua es fundamental para el aprovechamiento del potencial productivo de una economía. En la práctica, la potencia efectiva no es equivalente a la oferta disponible de generación, debido a que existen diversos factores que restringen la capacidad de generación eléctrica, entre los que se encuentran: i) condiciones climatológicas que reducen la oferta hidroeléctrica durante la temporada de estiaje (mayo-noviembre: escasez de lluvias), ii) limitaciones de la capacidad de transporte de gas natural, iii) indisponibilidad por programas de mantenimiento de centrales, entre otros

Según Jorge Vargas, gerente general de CONELSUR, a la fecha hay una acumulación de más de US\$ 400 millones en obras de transmisión que no han sido convocadas, todas las cuales fueron recomendadas oportunamente por el COES, pero que no han completado el ciclo para que un operador construya y opere. Además, existen obras en regiones valorizadas en más de US\$ 200 millones, a cargo de empresas estatales, que no se han realizado. Por otro lado, el menor crecimiento económico y la ejecución de proyectos de generación han provocado una sobreoferta importante de generación en el país. Jorge Vargas asimismo menciona, que la sobreoferta no durará mucho y debemos actuar hoy para evitar que no se agote. De lo contrario, se tendría otro problema que sería energía escasa y cara (*Déficit en obras de transmisión eléctrica en Perú supera los US\$ 400 mlls.*, 2019).

De acuerdo a la revista Dipromin (*Perú: cartera de proyectos mineros asciende a US\$ 57,772 millones*, 2019) la cartera de nuevos proyectos mineros a setiembre

del 2019, está valorizada en 57, 772 millones de dólares. El ex viceministro de minas Cauti, señaló que la perspectiva está creciendo, en términos de recursos mineros el 71% de los proyectos futuros son de cobre y el 30% de lo que exporta el Perú es cobre, por lo que se espera un consumo creciente de energía para satisfacer estas nuevas necesidades.

## 2.1 Modelo Conceptual

En Figura 2-1 se muestra la relación entre los ítems a ser analizados para lograr responder la pregunta si es que habrá una brecha entre la demanda y oferta futura para los próximos 10 años, incluyendo la demanda de los nuevos proyectos cupríferos a la demanda de las operaciones actuales.

La oferta y la demanda energética serán analizadas. El sector minero es un gran consumidor de energía, ya que su consumo representa el 30% de demanda en el mercado peruano. Esta investigación se realiza con la finalidad de determinar si en los próximos 10 años existirá una sobre oferta de energía y determinar si el margen de reserva energético asegura la satisfacción de la demanda futura, y evitar un posible desabastecimiento que pondría en riesgo el crecimiento económico del país.

Tanto la demanda como la oferta serán analizadas considerando las proyecciones y estudios realizados por organismos del estado, los cuales incluyen las futuras demandas de energía en el Perú, las que estarán influenciadas por el ingreso de nuevos proyectos mineros cupríferos, así como por la ampliación de capacidades de las minas actuales en producción.

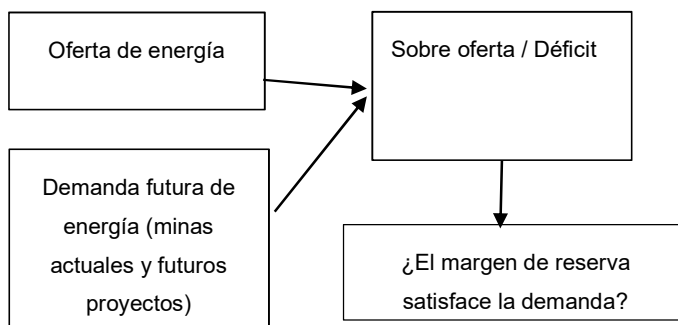


Figura 2-1 Modelo Conceptual.  
Elaboración propia.

## 2.2 Metodología a utilizar

Para el desarrollo del trabajo de investigación se usará el método de investigación descriptivo y proyecciones cuantitativas. Para evaluar los futuros proyectos mineros cupríferos se utilizan métodos cualitativos y cuantitativos en una matriz de análisis de elaboración propia.

Para identificar si existe sobre oferta, o déficit, de energía, primero, se recopilará información histórica de la producción y consumo energético de las principales empresas mineras productoras de cobre (del año 2008 al 2018). Estas empresas fueron elegidas debido a la magnitud del tonelaje que procesan, en comparación a otras empresas productoras de otro tipo de mineral. Se utiliza la información de la data original del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), considerando a las 10 primeras de una lista que incluye 60 empresas. Esas 10 empresas en conjunto explican el 95% de la producción total de cobre del país, y las cinco primeras el 78%.

Con esta información se obtiene el ratio consumo de energía por tonelada métrica fina producida, al que se denomina Coeficiente de Demanda de Energía (GWh/TMF) por empresa.

Para analizar la demanda futura, se obtuvo información de la producción y consumo de energía para los 10 próximos años de las principales 10 empresas cupríferas. A esta información, se le añade la producción esperada (TMF) y consumo de energía de los proyectos mineros que ingresarán a operación en este periodo de tiempo.

Para seleccionar a los proyectos cupríferos más próximos a ingresar a la etapa de producción, se utilizó una matriz cuantitativa y cualitativa de elaboración propia, basándose en puntajes y pesos ponderados por categoría, compilados de información de diversas matrices de empresas que evalúan proyectos, se tomó en cuenta las sugerencias de expertos en el tema, así como data publicada en los informes NI-43101 y en los informes elaborados para los proyectos mineros analizados. De la matriz se obtiene un número de años de posible retraso de acuerdo con el tiempo de cada etapa de avance y coyuntura actual de cada proyecto, hasta llegar a la etapa de operación. Con esta puntuación y posible año

de inicio de las operaciones de los nuevos proyectos, se añade el consumo de energía a las operaciones mineras actuales, y así se proyecta la demanda de energía hasta el año 2028.

Esta demanda se compara con la oferta proyectada por el COES y se analiza si habrá un déficit, o superávit. Asimismo, se determinará si el margen de reserva calculado satisfará la demanda energética.

## **2.3 Bases Conceptuales**

### **2.3.1 Demanda de Energía en Minería a nivel mundial**

La provisión de la energía requerida es un tema de vital importancia para todos los países y el mundo, ya que si no existe una adecuada provisión de energía el crecimiento económico de los países se verá afectado. Es importante señalar que no todos los países registran sus consumos energéticos con exactitud, se utiliza como unidad la tonelada equivalente de petróleo.

Para comprender cómo se atiende la demanda de energía a nivel mundial es importante considerar las diferentes fuentes de energía de las cuales proviene y de cómo nos referiremos a las mismas en el presente documento.

Según Schallenberg, et al. (2008) en el libro Energías Renovables y eficiencia energética, la clasificación más simple de las fuentes de energía es la siguiente:

- **Fuentes de Energía Renovables:** Las energías renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana; se renuevan continuamente, a diferencia de los combustibles fósiles, de los que existen unas determinadas cantidades o reservas, agotables en un plazo más o menos determinado. Las principales formas de energías renovables que existen son: la biomasa, hidráulica, eólica, solar, geotérmica y las energías marinas.
- **Fuentes de Energía No Renovables:** Las energías no renovables son aquellas que existen en la naturaleza en una cantidad limitada. No se renuevan a corto plazo y por eso se agotan cuando se utilizan. La demanda mundial de energía en la actualidad se satisface fundamentalmente con

este tipo de fuentes energéticas: el carbón, el petróleo, el gas natural y el uranio:

Según la publicación de BP, 2018, el consumo global de energía creció firmemente un 2.2% durante el 2017, mientras que el promedio de los últimos 10 años fue del 1.7% anual. Las energías renovables y el gas natural fueron las fuentes de Energía que más crecieron, mientras que el carbón fue la fuente con menor crecimiento. (BP, 2017).

En Figura 2-2 se muestran los cambios en el consumo mundial considerando las diferentes fuentes de energía en los últimos años, así como la proyección al 2040 en toe (toneladas equivalentes de petróleo). Asimismo, muestra la participación de las fuentes de energía y cómo se proyecta diversificarse en el futuro:

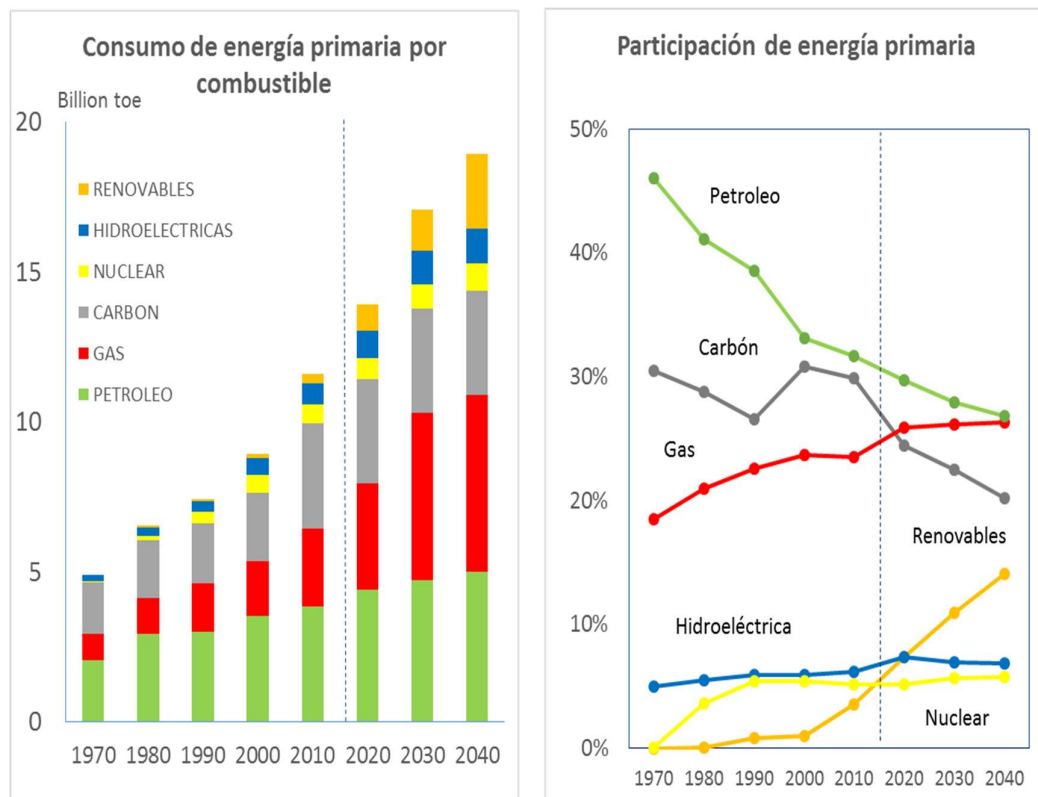


Figura 2-2 Consumo y participación de energía.  
Fuente: Statistical Review of World Energy (2018).

De la Figura 2-2 se puede concluir que:

- La energía renovable es la fuente de energía de más rápido crecimiento, representa más del 40% del incremento de fuente de energía, la mayor contribución de cualquier otra fuente.
- El gas natural crecerá mucho más rápido que el petróleo o el carbón.
- El rápido crecimiento en energía renovable contribuye a una mayor diversificación en el uso de fuentes de energías.

En cuanto a los países, China es el país que en los últimos 17 años ha reportado el mayor crecimiento en consumo de energía y durante el año 2017 su crecimiento fue del 3%. Por otro lado, la minería es un gran consumidor de energía; hoy en día consume el 10% de toda la energía eléctrica en el mundo y se proyecta que esa demanda llegará al 15% entre el 2030 y el 2040 (Estela Ramírez, 2016).

### **2.3.2 Demanda de Energía en Minería en el Perú**

En el Perú la demanda de Energía ha crecido constantemente durante los 10 últimos años y la minería representa una gran proporción de este consumo.

En la Figura 2-3 se puede observar que el crecimiento se inició a partir del 2009, con 1.3%, y en el 2017 alcanzó el 8.8%. El crecimiento pico de estos 10 últimos años se produjo entre el 2013 y 2016, con la entrada principalmente en operación de los proyectos mineros: Toromocho, Antapacay, Las Bambas y Cerro Verde (ampliación - proyecto San José). *Portal Web del COES*, s.f.

En los últimos 10 años, la demanda energética en minería, con respecto a la demanda país, representó el 28% aproximadamente. Con respecto a la demanda futura, según COES-Sinac (2017) la minería continuará siendo el mayor consumidor de energía, alcanzando una demanda mayor al 35%, sin embargo, hacia el 2028 se proyecta que la participación de la demanda energética de la minería disminuirá (ver Figura 2-3).

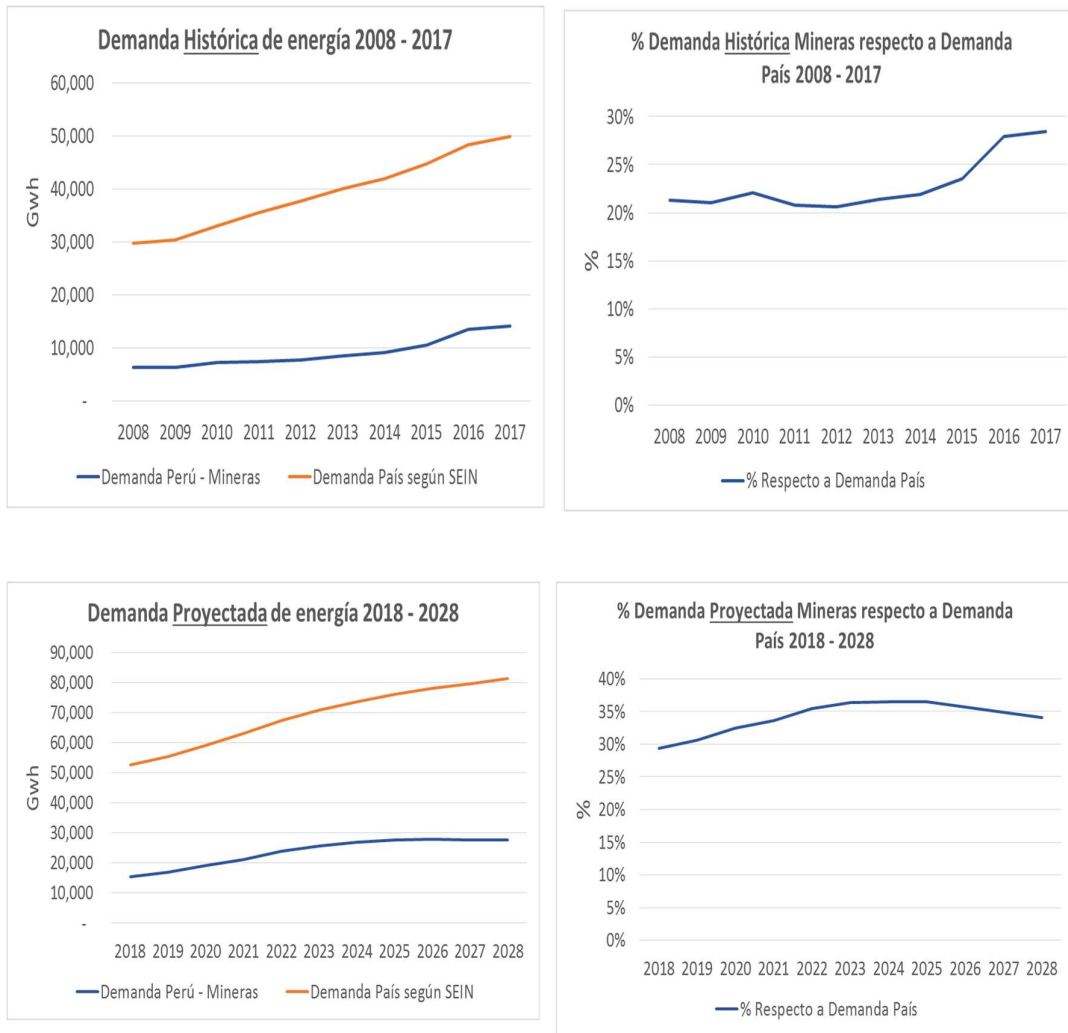


Figura 2-3 Demanda de energía proyectada.

Fuente: "Informe de Diagnóstico de las Condiciones Operativas del SEIN, Periodo 2019-2028" COES/DP-01-2017

### 2.3.3 Oferta de Energía

El sector eléctrico está conformado por las empresas de generación, transmisión, y distribución. Tales empresas conforman el Comité de Operación Económica del Sistema – COES, el cual tiene por finalidad coordinar la operación del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú SEIN<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Conjunto de líneas de transmisión y subestaciones eléctricas conectadas entre sí, así como sus respectivos centros de despacho de carga, el cual permite la transferencia eléctrica entre los diversos sistemas de generación eléctricas del Perú.



Cabe señalar que el 31 de diciembre de 1996, mediante la ley Nro. 26734, se creó Osinerg para supervisar que las empresas eléctricas y de hidrocarburos brinden un servicio permanente, seguro y de calidad. A partir del año 2007, la ley Nro. 28964 amplió su campo de acción e incorporó al subsector minería y pasó a denominarse Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin) para regular y supervisar que las mineras cumplan las disposiciones legales de las actividades que desarrollan (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, s.f.).

Asimismo, el Ministerio de Energía y Minas es el encargado del sector energético y minero del Perú. Promueve el desarrollo sostenible de las actividades energéticas y mineras, impulsando a la inversión privada en un marco global competitivo y facilitando las relaciones del sector.

Según el COES (2019), en su publicación de “Estadística de operación 2018”, la generación de energía durante el 2018 fue de 50,817 GW.h, la cual creció 3.7% con respecto al año anterior, que fue 48,993.3 GW.h (*Portal Web del COES*, s.f.).

En el año 2018, la producción eléctrica nacional se conformó de la siguiente forma: 29,357.9 GW.h de generación hidroeléctrica, 19,220 GW.h fue generación termoeléctrica, 1,493.6 GW.h fue generación eólica y 745.2 GW.h fue generación solar, representando el 57.77 %, el 37.82 %, el 2.94% y el 1.47% de la producción nacional, respectivamente.

En la Figura 2-4 se muestra como se distribuyó la generación de energía.

---

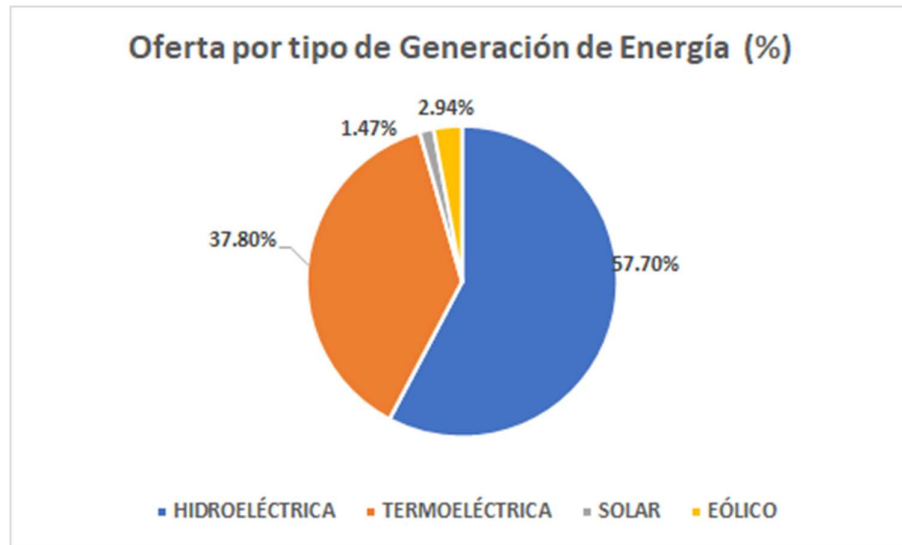


Figura 2-4 Oferta por tipo de generación eléctrica 2018.  
Fuente: COES. Elaboración propia

Asimismo, en la Figura 2-5 se muestra la evolución de la producción de energía anual por tipo de generación eléctrica.

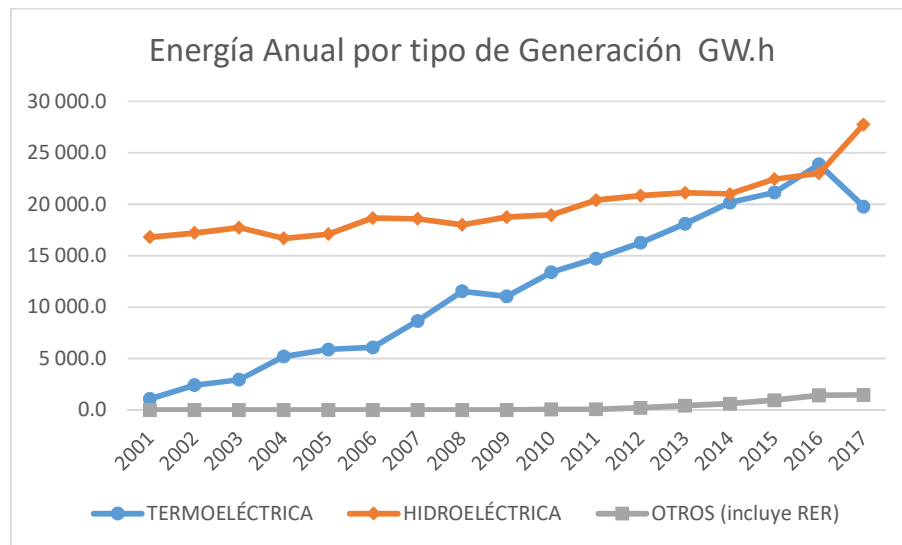


Figura 2-5 Energía anual por tipo de generación.  
Fuente: COES. Elaboración propia

A partir del 2001 la energía Termoeléctrica (Gas, Carbón, Diesel) viene creciendo constantemente, en promedio 8.9% en los 10 últimos años. Sin embargo, en el año 2017 disminuyó en 17% (en el año 2018 disminuyó 4%). El crecimiento se debió principalmente a la entrada en operación del proyecto gasífero de Camisea, en el 2004.

- La energía Hidroeléctrica también creció, pero en menor proporción que la Termoeléctrica, alcanzando un 5% en los últimos 10 años.
- La producción de otras fuentes de energía (Otros - incluye RER) comienza a tener una participación más importante en los últimos años.

## **3 Capítulo 3: Análisis de Datos**

### **3.1 Demanda de Energía en la Minería**

La minería en el Perú siempre ha sido un sector importante en la economía del país, desde la época de la conquista, en la que se desarrollaron aleaciones de cobre, hierro y estaño y se explotaron metales preciosos, principalmente el oro. La minería en el Perú actualmente aporta entre el 10% y 12% al producto bruto interno (PBI), genera el mayor monto de divisas, contribuye de manera significativa a la generación de ingresos fiscales, genera puestos de trabajos directos e indirectos, y contribuye al crecimiento económico del país

De acuerdo al ingeniero Luis Rivera, ex-presidente del Instituto de Ingenieros de Minas, debido al ingreso de megaproyectos, ampliaciones y la mayor producción de cobre, el sector minero triplicó su consumo anual de energía entre los años 2005 y 2018 al pasar de 5,737 Gigavatios-hora (GWh) a 16,090 GWh.

#### **3.1.1 Operaciones Mineras**

En el Boletín Estadístico Minero (Ministerio de Energía y Minas [Minem], 2019a), que elabora la Dirección de Promoción Minera del Ministerio de Energía y Minas, se destaca el incremento de la inversión minera en un 24.5% con respecto al año anterior, ascendiendo a US\$ 6,157 millones. Por otro lado, en cuanto a la producción de cobre, se registró un incremento de 0.8% con relación a similar periodo del año anterior, ascendiendo a 2,455,440 TMF de cobre.

En la Tabla 3-1 se reporta la evolución de la producción de cobre para el periodo del 2008 al 2019 (este último año solo llega hasta el mes de noviembre). En la tabla la producción de cobre se reporta para el período en estudio a nivel de empresa y se incluye a las 10 empresas con mayor producción de cobre en el país (ver Figura 3-1), el resto de empresas (50 en total) se reporta en conjunto en la categoría otros. La producción de esas 10 empresas representa el 96% del total de producción de cobre del país, mientras las cinco primeras representan el 78% del total.



Figura 3-1 Empresas con mayor producción en cobre.  
Elaboración propia.

En la Tabla 3-2 y la Figura 3-2 se muestra la producción de cobre proyectado desde el año 2020 hasta el 2028. Esta data fue tomada de los informes anuales de cada empresa.

Tabla 3-1 Crecimiento de la producción de cobre (TMF)

ID	TITULAR	CRECIMIENTO DE PRODUCCIÓN (TMF)											
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.	324,172	308,370	312,336	302,905	278,812	261,348	235,277	255,917	522,134	501,815	494,284	473,980
2	Compañía Minera Antamina S.A.	358,179	344,445	325,043	347,059	462,832	461,058	362,382	411,973	443,625	439,248	459,539	459,513
3	Minera Las Bambas S.A.								6,667	329,368	452,950	385,308	382,524
4	Southern Peru Copper Corporation	349,077	354,039	334,437	295,842	311,111	307,680	318,849	321,787	312,859	306,153	330,838	414,394
5	Compañía Minera Antapaccay S.A.					51,876	151,187	167,117	203,360	221,399	206,493	205,414	197,629
6	Minera Chinalco Perú S.A.									168,376	194,704	208,298	190,014
7	Hudbay Perú S.A.C.								106,063	133,439	121,782	122,178	113,910
9	Compañía Minera Milpo S.A.A.	11,812	18,913	22,325	26,958	33,968	39,464	43,419	43,263	44,276	46,691	39,784	39,279
8	Sociedad Minera El Brocal S.A.A.	8,985	9,919	18,284	24,347	24,000	27,895	43,911	32,315	49,170	45,778	47,280	43,664
10	Gold Fields La Cima S.A.	7,675			40,245	37,673	31,443	33,680	29,886	32,282	31,460	33,483	32,651
	Otros	207,966	240,563	234,758	197,991	98,488	95,565	172,878	289,586	96,931	98,511	110,628	107,882
	<b>Producción Cu (TMF)</b>	<b>1,059,901</b>	<b>1,035,686</b>	<b>1,012,426</b>	<b>1,037,354</b>	<b>1,200,273</b>	<b>1,280,075</b>	<b>1,204,634</b>	<b>1,411,232</b>	<b>2,256,928</b>	<b>2,347,074</b>	<b>2,326,406</b>	<b>2,347,558</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>1,267,867</b>	<b>1,276,249</b>	<b>1,247,184</b>	<b>1,235,345</b>	<b>1,298,761</b>	<b>1,375,641</b>	<b>1,377,512</b>	<b>1,700,817</b>	<b>2,353,859</b>	<b>2,445,585</b>	<b>2,437,034</b>	<b>2,455,440</b>

Fuente: Ministerio Energía y Minas. Elaboración: Propia

Tabla 3-2 Producción de cobre proyectada hasta el 2028 (TMF)

ID	TITULAR	PROYECCIÓN PRODUCCIÓN (TMF)								
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
1	Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000
2	Compañía Minera Antamina S.A.	430,000	430,000	430,000	430,000	430,000	430,000	430,000	430,000	430,000
3	Minera Las Bambas S.A.	450,000	450,000	450,000	450,000	450,000	450,000	450,000	450,000	450,000
4	Southern Peru Copper Corporation	350,000	350,000	350,000	350,000	350,000	350,000	350,000	350,000	350,000
5	Compañía Minera Antapaccay S.A.	202,000	185,000	171,000	157,000	147,000	101,000	132,000	129,000	71,000
6	Minera Chinalco Perú S.A.	200,000	230,000	230,000	230,000	230,000	230,000	230,000	230,000	230,000
7	Hudbay Perú S.A.C.	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
9	Compañía Minera Milpo S.A.A.	38,000	38,000	38,000	38,000	38,000	38,000	22,000		
8	Sociedad Minera El Brocal S.A.A.	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
10	Gold Fields La Cima S.A.	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	15,000	15,000	14,000
	Otros									
	<b>Producción Cu (TMF)</b>	<b>2,335,000</b>	<b>2,348,000</b>	<b>2,334,000</b>	<b>2,320,000</b>	<b>2,310,000</b>	<b>2,264,000</b>	<b>2,269,000</b>	<b>2,244,000</b>	<b>2,185,000</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>2,335,000</b>	<b>2,348,000</b>	<b>2,334,000</b>	<b>2,320,000</b>	<b>2,310,000</b>	<b>2,264,000</b>	<b>2,269,000</b>	<b>2,244,000</b>	<b>2,185,000</b>

Fuente: Ministerio Energía y Minas. Elaboración: Propia

Con la entrada en producción comercial de la segunda planta concentradora de Cerro Verde, operada por Freeport McMoran, así como el inicio de operaciones de los proyectos Constancia, Toromocho y Las Bambas de MMG y la ampliación de Antamina, la producción de cobre del Perú alcanzó 2.46 millones de toneladas el 2019, con lo cual el Perú se convirtió en el segundo mayor productor de cobre del mundo, después de Chile.

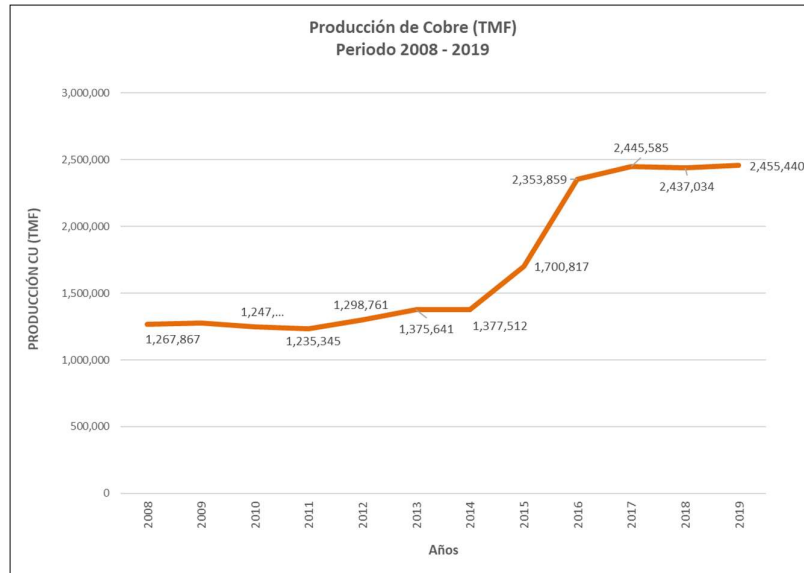


Figura 3-2 Producción de cobre 2008-2019 (TMF).  
Fuente MINEM. Elaboración propia.

El la Figura 3-3 se muestra la proyección de la producción de cobre para el período 2020-2028 de las diez principales empresas mineras, se registra un descenso de 6% aproximado hasta el 2028 (150k TMF). Esta proyección puede variar en el tiempo debido a posibles ampliaciones de plantas, proyectos de crecimiento o cubicación de mayores reservas, entre otras.



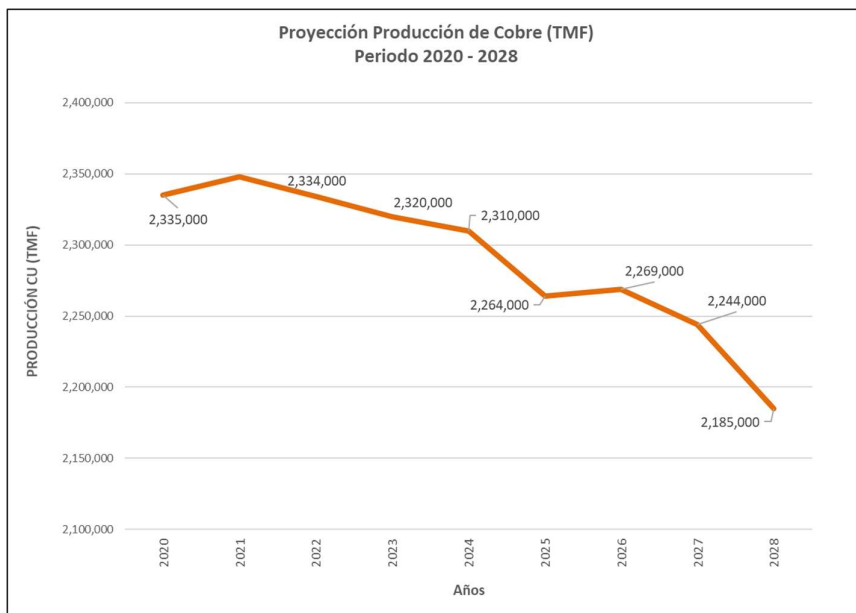


Figura 3-3 Producción de cobre 2020-2028 (TMF).  
Fuente MINEM. Elaboración propia.

El la Figura 3-4 muestra el posible descenso de la producción a partir del 2019 de las empresas productoras de cobre que actualmente están en operación. Se espera que en los siguientes años la puesta en marcha de los nuevos proyectos cupríferos la producción de cobre del país se incrementará paulatinamente y superará la registrada el 2019.

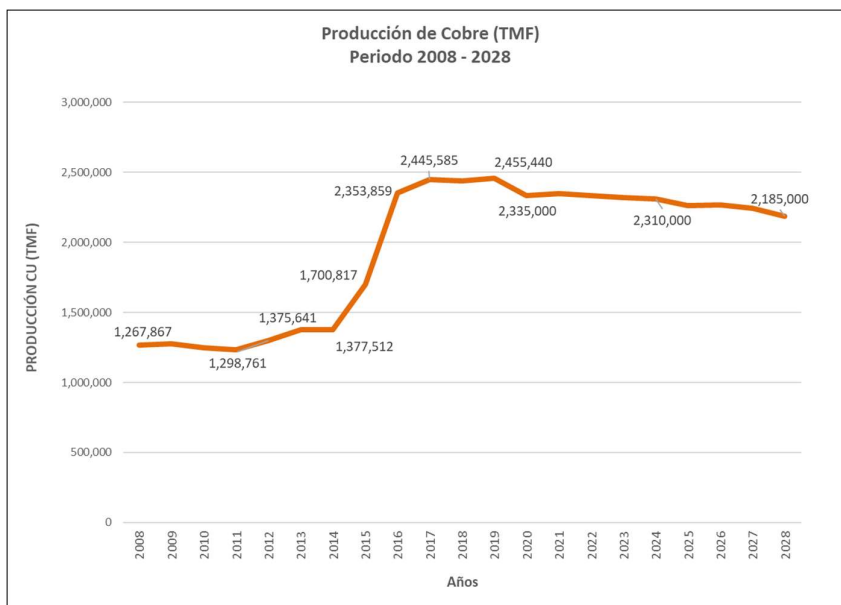


Figura 3-4 Producción de cobre 2008-2028 (TMF).  
Fuente MINEM. Elaboración propia

Como se puede apreciar en la Tabla 3-3, Perú lidera el ranking en Latinoamérica en producción de oro, y es el segundo en la producción de cobre y plata. Al 2019, el Perú cuenta con las mayores reservas de plata a nivel mundial y se posiciona como el segundo país con las mayores reservas de cobre, plata y zinc del mundo. Además, a nivel latinoamericano, ocupa el primer lugar en reservas de oro, plomo, zinc y estaño, el segundo lugar en reservas de cobre, plata y molibdeno, según el Anuario Minero (Minem, 2019b).

Tabla 3-3 Posición del Perú en el ranking de reservas mineras 2019

ID	PRODUCTO	LATINOAMÉRICA	MUNDO
1	Oro / Gold	1	8
<b>2</b>	<b>Cobre / Copper</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
3	Plata / Silver	2	3
4	Zinc / Zinc	1	2
5	Plomo / Lead	1	3
6	Estaño / Tin	1	4
7	Molibdeno / Molybdenum	2	4

Elaboración: Ministerio Energía Minas

### 3.1.1.1 Empresas Mineras de Cobre

Son 60 empresas que producen cobre en el país. En nuestro análisis se consideran las diez empresas con mayor producción, las que aportaron el 96% de producción de cobre en el 2019. El cobre actualmente es el principal producto de exportación del Perú.

De acuerdo al anuario 2019 del Ministerio de Energía y Minas, la producción nacional de cobre registró un aumento de 0.8% con relación al año anterior, debido principalmente al mejor desempeño obtenido por Southern Peru Copper Corporation, registrando un aumento en su producción de 25.3% respecto al 2018, pese a la menor producción reportada por Sociedad Minera Cerro Verde (-4.1%), Minera Las Bambas S.A. (-0.7%), Compañía Minera Antapaccay (-3.8%) y Minera Chinalco Perú (-8.8%).

La producción de las diez empresas asciende a 2,347,558 TMF, monto equivalente al 96% del total. Esas empresas en su mayoría explotan yacimientos de tajo abierto, y cuentan entre 1 y 4 unidades(ver Tabla 3-4). Minera Cerro Verde

con 2 unidades en Arequipa lidera la producción, seguida de Antamina, Southern Perú, Minera Las Bambas y Antapacay.

Tabla 3-4 Empresas Top de cobre en el Perú

ID	TITULAR	TIPO DE EXPLOTACION	N° UNIDADES	TMF	APORTE
1	Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.	Tajo abierto	2	473,980	19.3%
2	Compañía Minera Antamina S.A.	Tajo abierto	1	459,513	18.7%
3	Southern Peru Copper Corporation	Tajo abierto	4	414,394	16.9%
4	Minera Las Bambas S.A.	Tajo abierto	1	382,524	15.6%
5	Compañía Minera Antapaccay S.A.	Tajo abierto	2	197,629	8.0%
6	Minera Chinalco Perú S.A.	Tajo abierto	1	190,014	7.7%
7	Hudbay Perú S.A.C.	Tajo abierto	1	113,910	4.6%
8	Sociedad Minera El Brocal S.A.A.	<i>Tajo / Subterráneo</i>	1	43,664	1.8%
9	Compañía Minera Milpo S.A.A.	<i>Subterráneo</i>	1	39,279	1.6%
10	Gold Fields La Cima S.A.	Tajo abierto	1	32,651	1.3%
	Otros			107,882	4.4%
<b>Top 10 productoras de Cobre</b>				<b>2,347,558</b>	<b>95.6%</b>
<b>TOTAL TMF - 2019</b>				<b>2,455,440</b>	<b>100%</b>

Fuente: Ministerio Energía y Minas. Elaboración: Propia.

### 3.1.1.2 Descripción de principales productoras

La Figura 3-5 muestra la evolución de producción de cobre de las diez empresas, destacando Cerro Verde con su incremento de producción comercial desde el 2016, las obras de expansión de mina y su segunda planta concentradora, la más grande del mundo, incrementó su capacidad de procesamiento de cobre de 120,000 a 360,000 toneladas métricas por día, duplicando su producción anual de cobre de 255,917 TMF en el 2015 a 522,134 TMF en el 2016. En el 2019 la producción de Cerro Verde descendió a 473,980 TMF, pero la empresa se mantuvo en el primer lugar entre las empresas productoras de cobre en el Perú, su ampliación demandó una inversión de US\$ 5,600 millones.

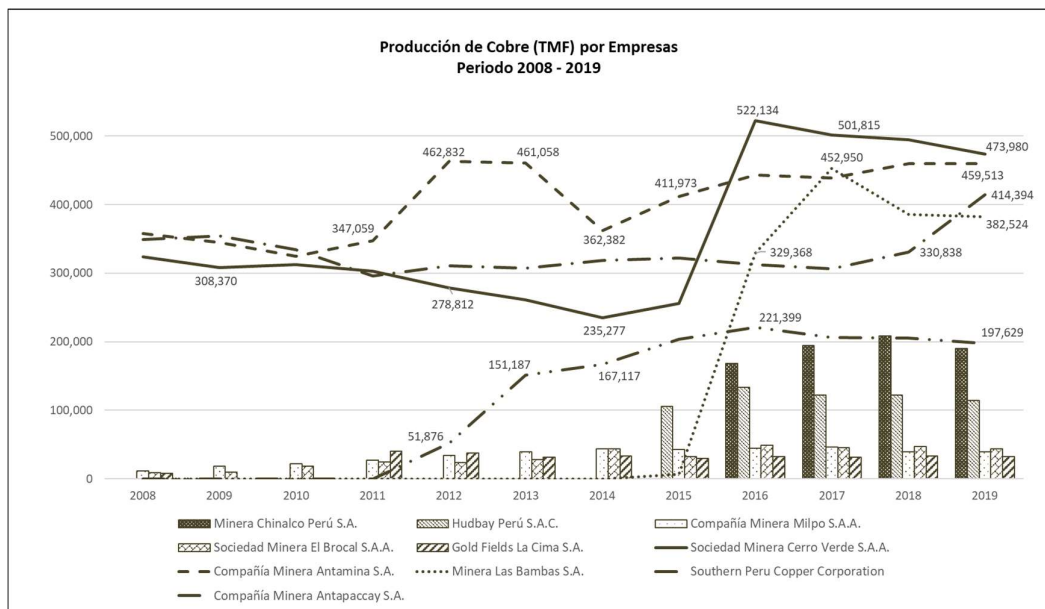


Figura 3-5 Empresas top 10 de cobre en el Perú.

Fuente: MINEM. Elaboración propia.

Antamina es una de las diez minas más grandes del mundo en capacidad, con una producción de 459,513 TMF el 2019, siendo la segunda empresa de mayor producción de cobre del País.

Este complejo minero polimetálico, además del cobre y zinc, también produce concentrados de molibdeno, plata y plomo. La empresa ha realizado una de las mayores inversiones mineras en la historia del Perú: US\$ 3.600 millones que incluyen lo invertido en la expansión de sus operaciones.

La propiedad de la mina está en manos de cuatro empresas líderes del sector minero mundial: BHP Billiton (33.75%), Glencore (33.75%), Teck (22.5%) y Mitsubishi Corporation (10%).

Sus operaciones de prueba iniciaron el 28 de mayo de 2001 y el primero de octubre de 2002 comenzaron a producir comercialmente concentrados de cobre y zinc, y otros subproductos. Su mineral es procesado en la concentradora y transportados por una tubería subterránea de 304 km denominada mineroducto hasta un puerto en Huarney. Finalmente, son embarcados en buques para su exportación. (García, 2020)

Southern Perú tiene las operaciones de Toquepala y Cuajone ambas de tajo abierto donde se extrae cobre, plata, molibdeno y oro y un complejo metalúrgico en Ilo. Además, participa en tres exploraciones mineras, entre ellas Tía María. El

2019 alcanzó una producción de 414,394 TMF, posicionándola como la tercera empresa de mayor producción del Perú.

El 2019, tuvo un programa aprobado de inversión de capital de \$1,752.8 millones. Desarrollan un plan de crecimiento para aumentar su volumen de producción de cobre a 1.5 millones de toneladas para el 2025.

El 2018 completaron la expansión de Toquepala en Perú, añadiendo 100,000 toneladas a su producción de cobre anual, permitiendo alcanzar un millón de toneladas de capacidad de producción anual de cobre. Este proyecto de \$1,300 millones incluyó una nueva concentradora con mejora en Mina Toquepala, en Tacna, Perú de última generación, la que aumentó la producción anual de cobre de Toquepala a 258,000 toneladas en el 2019, un incremento de la producción de 52% para esta operación comparado con el 2018. Al 31 de diciembre de 2018, se invirtió \$1,243.4 millones en esta expansión. (Southern Copper, 2018)

Minera Las Bambas, a pesar de los continuos conflictos sociales, alcanzó una producción de cobre de 382,524 TMF el 2019, monto menor con relación al 2017, año en el que produjo 452,950 TMF de cobre. Es una de las cinco minas más grandes del mundo, tienen tres yacimientos principales: Ferrobamba, Chalcobamba y Sulfobamba.

La planta concentradora de Las Bambas tiene una capacidad instalada de 145.000 toneladas por día (t/d), y genera concentrado de cobre (Cu) y molibdeno (Mo) como producto. Generan más de 1.500 empleos directos, de los cuales, el 20% corresponde a personal local con más de 7.000 empleos indirectos, lo que constituye un beneficio para las economías regionales. (MMG Las Bambas, 2020)

Mina Antapaccay de propiedad de Glencore, cuenta con una moderna planta de sulfuros que produce concentrados de cobre. Inició sus operaciones en noviembre del 2012, con una inversión superior US\$ 1.500 millones en su construcción. El 2019 alcanzó una producción de 197,629 TMF ubicándose como quinta empresa de mayor producción de cobre del Perú.

Se tiene prevista la construcción del proyecto de oro y cobre Coroccohuayco. El proyecto integrado contempla un ciclo de vida de aproximadamente 34 años. Se divide en tres etapas: la construcción de Coroccohuayco y la operación

Antapaccay-Tintaya (14 meses). Se realizará el procesamiento de sulfuros de cobre en las plantas concentradoras Antapaccay y Tintaya, y la disposición de relaves ubicados en Tintaya. Los concentrados de cobre obtenidos en el proceso serán transportados por vía terrestre al puerto de Matarani (Arequipa). (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 2020)

### **3.1.1.3 Demanda y Proyección de Energía (2008-2028)**

En base a información obtenida del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional - COES, se determinó la demanda de energía para el periodo 2008 al 2019 (ver Tabla 3-5). Asimismo, se proyectó la demanda de energía para las diez principales empresas productoras de cobre para el periodo 2020 al 2028 (ver Tabla 3-6). La proyección de la demanda de energía incluye las ampliaciones reportadas por las empresas a excepción de Hudbay, Nexa y Gold Fields. Toda empresa debe reportar sus demandas cada dos años y sus proyecciones por diez años al COES.

El COES es una entidad privada, sin fines de lucro y con personería de Derecho Público. Conformado por todos los Agentes del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú - SEIN (Generadores, Transmisores, Distribuidores y Usuarios Libres) y sus decisiones son de cumplimiento obligatorio por los Agentes. Su finalidad es coordinar la operación de corto, mediano y largo plazo del SEIN al mínimo costo, preservando la seguridad del sistema, el mejor uso de los recursos energéticos, así como planificar el desarrollo de la transmisión del SEIN y administrar el Mercado de Corto Plazo. (COES, 2020)

Tabla 3-5 Demanda de Energía top 10 empresas cupríferas

ID	TITULAR	DEMANDA ENERGÍA PERIODO 2008 - 2019 (GWh)											
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.	1,258	1,234	1,342	1,362	1,291	1,288	1,360	1,826	3,641	3,763	3,702	3,764
2	Compañía Minera Antamina S.A.	644	652	678	708	881	888	910	974	966	966	1,080	1,191
3	Minera Las Bambas S.A.								97	1,066	1,210	1,222	1,301
4	Southern Peru Copper Corporation	1,623	1,613	1,632	1,646	1,609	1,665	1,657	1,706	1,700	1,700	2,167	2,387
5	Compañía Minera Antapaccay S.A.				2	67	604	644	682	701	732	746	765
6	Minera Chinalco Perú S.A.						8	608	852	832	832	941	1,152
7	Hudbay Perú S.A.C.							9	481	610	678	678	694
9	Compañía Minera Milpo S.A.A.												
8	Sociedad Minera El Brocal S.A.A.											152	152
10	Gold Fields La Cima S.A.	51	154	154	150	143	148	143	145	153	153	153	153
	Otros												
	<b>Demanda Energía (GWh)</b>	<b>3,575</b>	<b>3,653</b>	<b>3,806</b>	<b>3,868</b>	<b>3,990</b>	<b>4,601</b>	<b>5,332</b>	<b>6,763</b>	<b>9,670</b>	<b>10,034</b>	<b>10,842</b>	<b>11,559</b>

Fuente: Ministerio Energía y Minas. Elaboración: Propia.

Tabla 3-6 Demanda de Energía Proyectada – empresas cupríferas (Top 10)

ID	TITULAR	PROYECCIÓN DEMANDA ENERGÍA (GWh)								
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
1	Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.	3,834	3,719	3,669	3,637	3,612	3,596	3,596	3,538	3,538
2	Compañía Minera Antamina S.A.	1,493	1,489	1,862	1,862	1,862	1,862	1,936	1,936	1,973
3	Minera Las Bambas S.A.	1,360	1,553	1,711	1,809	1,814	1,809	1,809	1,809	1,814
4	Southern Peru Copper Corporation	2,767	2,986	2,986	2,986	2,986	2,986	2,986	2,986	2,986
5	Compañía Minera Antapaccay S.A.	899	787	787	787	777	810	817	817	820
6	Minera Chinalco Perú S.A.	1,430	1,430	1,430	1,430	1,430	1,430	1,430	1,430	1,430
7	Hudbay Perú S.A.C.	696	696	696	696	696	696	696	696	696
9	Compañía Minera Milpo S.A.A.									
8	Sociedad Minera El Brocal S.A.A.	152	152	236	337	337	337	337	337	337
10	Gold Fields La Cima S.A.	153	153	153	153	153	153	153	153	153
	Otros									
	<b>Demanda Energía (GWh)</b>	<b>12,784</b>	<b>12,966</b>	<b>13,530</b>	<b>13,697</b>	<b>13,667</b>	<b>13,678</b>	<b>13,760</b>	<b>13,703</b>	<b>13,747</b>

Fuente: COES. Elaboración: Propia.



En la Figura 3-6 se muestra la evolución del consumo total de energía de las diez empresas con mayor producción de cobre para el periodo 2008 - 2019 y su proyección hasta el 2028. El consumo de energía muestra su tendencia al alza debido al aumento de la producción.

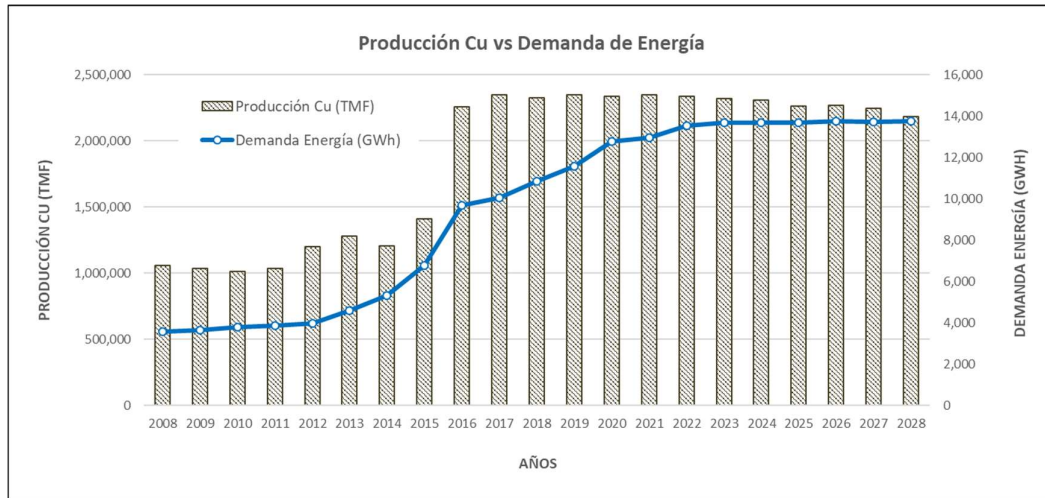


Figura 3-6 Demanda de energía 2008-2028.  
Fuente: COES. Elaboración propia.

En las Figura 3-7 y Figura 3-8 se muestra la evolución del Coeficiente de Demanda de Energía, el cual es igual a GWh consumida por tonelada métrica fina (TMF) de cobre producida, para cada una de las diez principales empresas productoras de cobre del país. En las figuras se observa que este coeficiente exhibe una tendencia al alza en todos los casos, debido al consumo de energía en minería tiende a incrementarse con la profundización de la mina, el aumento de la dureza del mineral extraído, que va acompañada con el envejecimiento de la mina y con un mayor consumo de energía por tonelada procesada en las plantas concentradoras.

Para analizar la evolución del coeficiente se analizó el nivel de producción, antigüedad del yacimiento explotado, la profundidad y ley de mineral (ver Tabla 3-7 y Tabla 3-8):

Un primer análisis se hace al agrupar a las empresas teniendo en cuenta su nivel de producción. En este caso se tiene a un primer grupo de empresas con los mayores niveles de producción: Cerro Verde, Antamina, Las Bambas, Southern y

Antapaccay. La producción de estas empresas fluctúa entre 500 ktmf y 197 ktmf de cobre. Un segundo análisis se puede hacer agrupando a las empresas teniendo en cuenta la antigüedad de su(s) yacimiento(s). En este caso se tiene que Cerro Verde, Southern (Toquepala y Cuajone) y Antamina son las empresas que operan los yacimientos la mayor antigüedad, produciendo entre 60 años y 16 años.

Tabla 3-7 Características top empresas productoras de cobre

Empresas Productoras Top Cu	Tipo Yacimiento Mineral	Antigüedad (años)	Profundidad (m)
Cerro Verde	Porfido Cu-Mo	60	1067
Antamina	Skarn	16	900
Las Bambas	Pórfido-skarn Cu-Mo_Au	4	450
Toquepala	Porfido Cu-Mo	60	660
Cuajone	Porfido Cu-Mo	42	675
Antapaccay	Pórfido-skarn Cu-Mo_Au	6	360
Chinalco	Pórfido-skarn Cu-Au	5	495
Constancia	Pórfido-skarn Cu-Mo_Au	6	300

Fuente: Elaborado con información proporcionada por las empresas

Una tercera clasificación se puede hacer considerando las leyes de cobre de las principales empresas mineras, desde el 2015 al 2028. En este caso se observa que las leyes de cobre están disminuyendo con el transcurrir de los años y la profundización de los tajos.

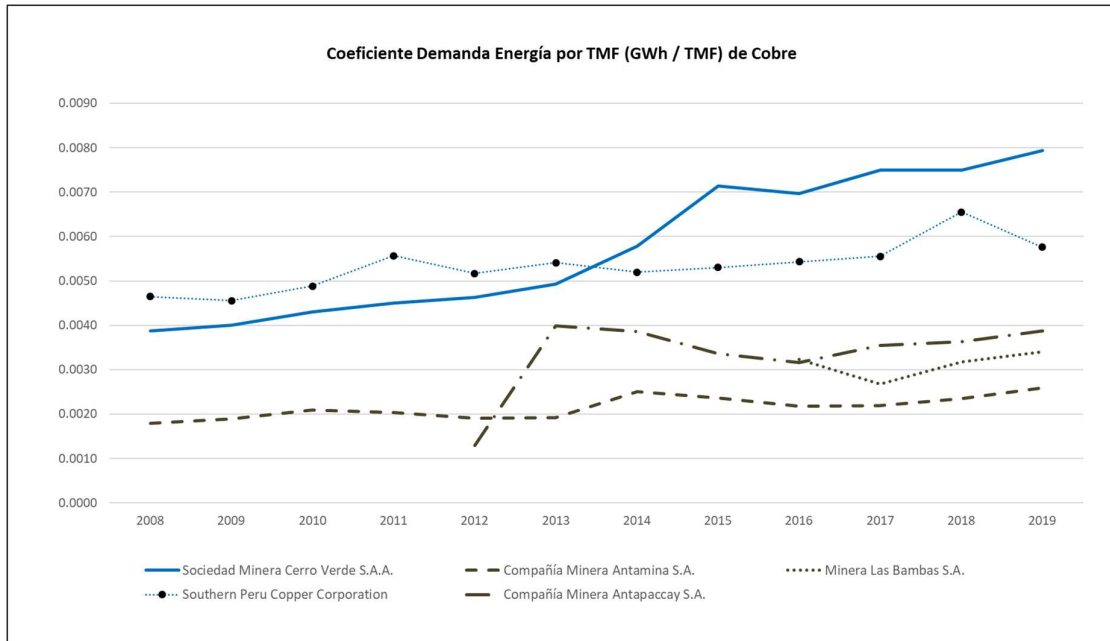
Tabla 3-8 Leyes de cobre para principales empresas mineras

Empresas Productoras Top Cu	Leyes de Cu de las Principales Empresas Mineras (2015-2028)													
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Cerro Verde	0.410	0.420	0.440	0.370	0.360	0.340	0.337	0.334	0.332	0.330	0.322	0.318	0.313	0.309
Antamina	0.925	0.914	0.899	0.926	0.996	0.915	0.904	0.893	0.882	0.876	0.867	0.855	0.847	0.838
Las Bambas	0.960	1.110	1.000	0.910	0.840	0.793	0.896	0.895	0.873	0.811	0.513	0.484	0.581	
Toquepala	0.643	0.647	0.663	0.686	0.682	0.624	0.619	0.602	0.591	0.572	0.564	0.553	0.547	0.535
Cuajone	0.666	0.649	0.617	0.651	0.644	0.670	0.652	0.635	0.629	0.621	0.612	0.608	0.602	0.591
Antapaccay	0.720	0.775	0.790	0.770	0.629	0.630	0.624	0.690	0.741	0.648	0.529	0.537	0.477	0.440
Chinalco	0.655	0.718	0.745	0.728	0.660	0.620	0.620	0.597	0.569	0.598	0.573	0.599	0.529	0.453
Constancia	0.671	0.621	0.546	0.498	0.435	0.348	0.290	0.280	0.280	0.260	0.270	0.240	0.310	0.210

Fuente: Elaborado con información obtenida de las empresas

En la evolución del coeficiente de energía se observa que dentro del primer grupo de las 5 top empresas cupríferas (Figura 3-7), Cerro Verde y Southern tienen los coeficientes más altos debido a la mayor antigüedad y profundidad que tiene el yacimiento mineral, adicionalmente ambas empresas mineras muestran una

disminución en la ley de cabeza, lo que hace pensar que el mineral es más duro por lo que requiere mayor energía para triturar las partículas de mineral hasta un tamaño óptimo para el proceso de flotación y concentración.



*Figura 3-7* Las cinco empresas mineras de mayor producción de cobre.  
Fuente: Data del COES \*Elaboración: Propia

El segundo grupo de análisis están Chinalco, Hudbay, El Brocal y La Cima. Estas empresas cupríferas son jóvenes con una antigüedad entre 5 y 10 años, tienen un coeficiente de energía menor a las 5 empresas cupríferas más antiguas y de mayor producción de Cu. La empresa NEXA (Antes Milpo), no se incluye en el análisis debido a que la información no está disponible públicamente. Ver Figura 3-8.

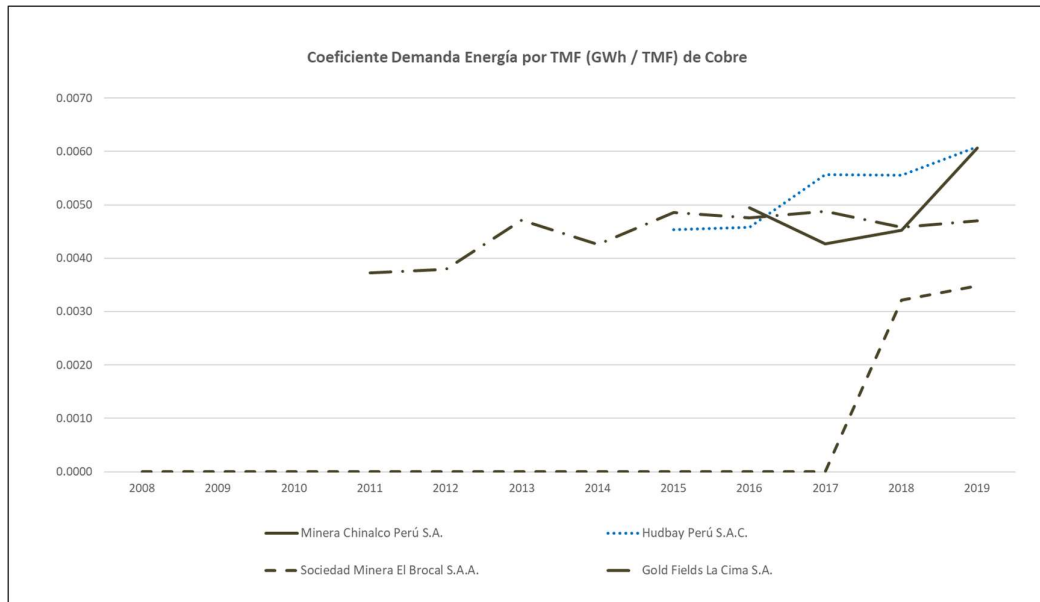


Figura 3-8 Empresas mineras de mayor producción de cobre (2).  
Fuente: Data del COES \*Elaboración: Propia

### 3.1.2 Proyectos Mineros

De acuerdo a la información de la Dirección General de Minería (DGM) al 01 de setiembre del 2019, existen 48 proyectos mineros a desarrollarse en el Perú en los próximos años, de los cuales 18 proyectos se desarrollarán dentro de los próximos 10 años y los demás proyectos no tienen aún definida una fecha de ejecución. Estos 48 proyectos tienen un monto de inversión estimado de U.S.\$ 57,773 millones.

Esta cartera comprende aquellos proyectos que tienen como finalidad la construcción de nuevas minas (Greenfield), la ampliación o reposición de las ya existentes (Brownfield), así como aquellas de reaprovechamiento de relaves.

Estos proyectos se caracterizan por tener un Capex mayor a U.S.\$ 50 millones, Estudio de Impacto Ambiental Aprobado y por tener al menos un estudio de Pre factibilidad desarrollado o en curso del proyecto.

Según el documento *Cartera de Proyectos de Construcción Mina* elaborado por la Dirección General de Promoción y Sostenibilidad Minera (01.09.2019), de los 48 Proyectos Mineros, 25 son de cobre, los que representan el 71% del monto total del presupuesto de inversión de los proyectos, otros 7 proyectos son auríferos, 6

proyectos de Zinc, 4 proyectos de fosfatos, 2 proyectos de plata y hierro y 1 proyecto de litio y estaño.

En este estudio, los nuevos proyectos mineros se han clasificado por el tipo de mineral y método de explotación, tipo de proyecto, etapa de avance, monto de inversión, fecha de inicio de construcción y ubicación geográfica. Ver Tabla 3-9.

Tabla 3-9 Cartera de proyectos

Item	Inicio Construcción	Puesta en marcha	Proyecto	Operador	Región	Mineral Principal	Inversión Global (Mill US\$)
1	En construcción	2019	Relaves B2 San Rafael	Minsur S.A.	Tacna	Estaño	209
2		2020	Mina Justa	Marcobre SAC	Ica	Cobre	1,600
3		2020	Quecher Main	Minera Yanacocha SRL	Cajamarca	Oro	300
4		2021	Ampliación Toromocho	Minera Chinalco Perú S.A.	Junin	Cobre	1,355
5		2021	Ariana	Ariana Operaciones Mineras SAC	Junin	Cobre	125
6		2022	Quellaveco	Anglo American Quellaveco SA	Moquegua	Cobre	5,300
7		2022	Ampliación Santa María	Compañía Minera Poderosa S.A.	Puno	Oro	110
8	2020	2021	Optimización Inmaculada	Compañía Minera Ares S.A.C	Ica	Oro	136
9	2020	2022	Integración Corocochuayco	Compañía Minera Antapaccay S.A.	Arequipa	Cobre	590
10	2020	2019	Ampliación Pachapaqui	ICM Pachapaqui S.A.C	Cajamarca	Zinc	117
11	2020	2023	Corani	Beer Creek Mining S.A.C.	Moquegua	Plata	585
12	2020	2023	San Gabriel	Compañía Minas Buenaventura S.A.A.	Puno	Oro	431
13	2020	2023	Yanacocha Sulfuros	Minera Yanacocha SRL	Piura	Cobre	2,100
14	2021	2024	Pampa de Pongo	Jinzhao Mining Perú S.A.	La Libertad	Hierro	2,200
15	2021	2024	Zafranal	Cia. Minera Zafranal	Arequipa	Cobre	1,157
16	2022	2023	Magistral	Nexa Resources Perú S.A.A.	Ancash	Cobre	480
17	2022	2025	Haqira	Minera Antares Perú S.A.C.	Apurímac	Cobre	1,860
18	2022	2025	Los Chancas	Southern Perú Copper Corporation	Apurímac	Cobre	2,800
19	POR DEFINIR	POR DEFINIR	Ampliación Bayovar	Compañía Minera Miskimayo S.R.L.	Cusco	Fosfato	300
20			Antilla	Panoro Apurímac S.A.	Apurímac	Cobre	250
21			Ayavilca	Inka Resources S.A.C.	Arequipa	Zinc	262
22			AZOD (Accha y Yanque)	Exploraciones Collasuyo S.A.C.	Piura	Zinc	346
23			Bayovar 12	Juan Paulo Quay S.A.C.	Apurímac	Fosfato	168
24			Cañariaco	Cañariaco Copper Perú S.A.	Lambayeque	Cobre	1,437
25			Cañon Florida(Ex Bongara)	Nexa Resources Perú S.A.A.	Ancash	Zinc	214
26			Conga	Minera Yanacocha SRL	Cajamarca	Oro	4,800
27			Cotabambas	Panoro Apurímac S.A.	Apurímac	Cobre	1,533
28			Don Javier	Junefield Group S.A.	Arequipa	Cobre	600
29			El Galeno	Lumina Copper S.A.C.	Cajamarca	Cobre	3,500
30			El Padrino e Hilarion	Nexa Resources Perú S.A.A.	Ancash	Zinc	470
31			Fosfatos Mantaro	Mantaro Perú S.A.C.	Lambayeque	Fosfato	850
32			Fosfatos Pacífico	Fosfatos del Pacífico S.A.	Amazonas	Fosfato	831
33			Hierro Apurímac	Apurímac Ferrum S.A.	Apurímac	Hierro	2,900
34			La Granja	Rio Tinto Minera Perú Limitada	Cajamarca	Cobre	5,000
35			Los Calatos	Minera Hampton Perú S.A.C	Moquegua	Cobre	655
36			Macusani	Macusani Yellowcake S.A.C.	Puno	Litio	800
37			Michiquillay	Southern Perú Copper Corporation	Cajamarca	Cobre	2,500
38			Ollaehchea	Minera Kuri Kulu S.A.	Junin	Oro	165
39			Pukaqaqa	Nexa Resources Perú S.A.A.	Apurímac	Cobre	706
40			Quechua	Cia. Minera Quechua S.A.	Cusco	Cobre	1,290
41			Quicay II	Corp. Minera Centauro S.A.C.	Moquegua	Oro	400
42			Racaycocha sur	Minera Peñoles de Perú S.A.	Ancash	Cobre	1,000
43			Rio Blanco	Rio Blanco Copper S.A.	Piura	Cobre	2,500
44			Rondoni	Cia. Minera Vichaycocha S.A.	huanuco	Cobre	250
45			San Luis	Reliant Ventures S.A.C.	Ancash	Plata	100
46			Shalpayco	Nexa Resources Perú S.A.A.	Piura	Zinc	91
47			Tia Maria	Southern Perú Copper Corporation	Arequipa	Cobre	1,400
48			Trapiche	El Molle Verde S.A.C.	Ancash	Cobre	1,000

57,773

Fuente: Cartera de proyectos de construcción mina – Dirección General de Promoción y Sostenibilidad Minera.

### Clasificación por tipo de mineral y método de explotación:

De los 48 proyectos mineros en cartera, 25 son proyectos cupríferos los cuales representan el 52% del total y son el principal foco de estudio e interés del país. Asimismo, de los 25 proyectos cupríferos, 19 serán explotados por el método de tajo abierto, 3 serán operaciones subterráneas y 3 serán explotados por el método mixto (tajo-subterráneo) ver Figura 3-9.

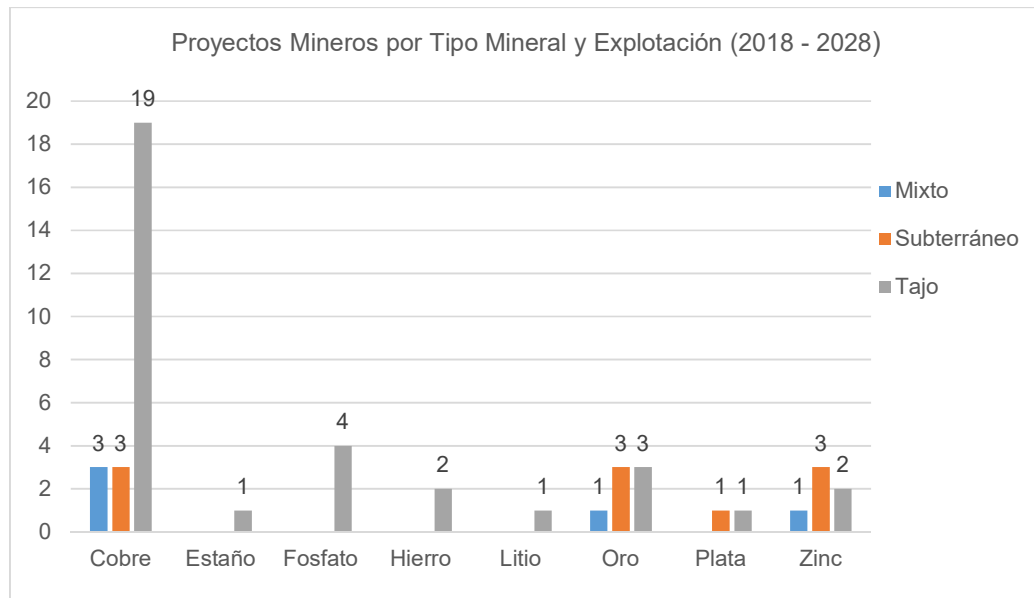


Figura 3-9 Proyectos mineros por tipo de mineral y explotación.  
Fuente MINEN. Elaboración propia.

### Proyectos Mineros Cupríferos

De acuerdo a la cartera de proyectos mineros se ha elaborado un resumen en el cual comprende solo los proyectos cupríferos a excepción de la Mina Ariana.

Tabla 3-10 Cartera de proyectos

Inicio Operaciones	Proyecto	Operador	Zona Geográfica	Región	Tipo de Mina	Mineral Principal	Etapas de avance	Estudio de Impacto Ambiental	Inversión Global (Millones US\$)	Producción adicional Cu (KTMF)
2020	Mina Justa	Marcobre SAC	Sur	Ica	Tajo	Cobre	Construcción	Aprobado	1,600	102
2021	Ampliación Toromocho	Minera Chinalco Perú S.A.	Centro	Junin	Tajo	Cobre	Construcción	Aprobado	1,355	75
2022	Quellaveco	Anglo American Quellaveco SA	Sur	Moquegua	Tajo	Cobre	Construcción	Aprobado	5,300	300
2022	Integración Corocchohuayco	Compañía Minera Antapaccay S.A.	Sur	Cusco	Tajo	Cobre	Factibilidad	Aprobado	590	105
2023	Yanacocha Sulfuros	Minera Yanacocha SRL	Norte	Cajamarca	Tajo	Cobre	Factibilidad	Aprobado	2,100	
2024	Zafranal	Cia. Minera Zafranal	Sur	Arequipa	Tajo	Cobre	Factibilidad	No presentado	1,157	75
2023	Magistral	Nexa Resources Perú S.A.A.	Norte	Ancash	Tajo	Cobre	Factibilidad	Aprobado	480	40
2025	Haqira	Minera Antares Perú S.A.C.	Sur	Apurímac	Tajo	Cobre	Pre factibilidad	No presentado	1,860	153
2025	Los Chancas	Southern Perú Copper Corporation	Sur	Apurímac	Tajo	Cobre	Pre factibilidad	No presentado	2,800	130
sin fecha	Antilla	Panoro Apurímac S.A.	Sur	Apurímac	Tajo	Cobre	Pre factibilidad	No presentado	250	30
sin fecha	Cañariaco	Cañariaco Copper Perú S.A.	Norte	.ambyequ	Tajo	Cobre	Factibilidad	No presentado	1,437	119
sin fecha	Cotabambas	Panoro Apurímac S.A.	Sur	Apurímac	Tajo	Cobre	Pre factibilidad	No presentado	1,533	270
sin fecha	Don Javier	Junefield Group S.A.	Sur	Arequipa	Tajo	Cobre	Pre factibilidad	No presentado	600	34
sin fecha	El Galeno	Lumina Copper S.A.C.	Norte	Cajamarca	Tajo	Cobre	Pre factibilidad	No presentado	3,500	144
sin fecha	La Granja	Río Tinto Minera Perú Limitada	Norte	Cajamarca	Tajo	Cobre	Pre factibilidad	No presentado	5,000	500
sin fecha	Los Calatos	Minera Hampton Perú S.A.C	Sur	Moquegua	Tajo	Cobre	Pre factibilidad	En elaboración	655	50
sin fecha	Michiquillay	Southern Perú Copper Corporation	Norte	Cajamarca	Tajo	Cobre	Pre factibilidad	No presentado	2,500	225
sin fecha	Pukaqapa	Nexa Resources Perú S.A.A.	Centro	Iuancavelic	Tajo	Cobre	Factibilidad	Aprobado	706	40
sin fecha	Quechua	Cia. Minera Quechua S.A.	Sur	Cusco	Tajo	Cobre	Factibilidad	No presentado	1,290	76
sin fecha	Racaycocha sur	Minera Peñoles de Perú S.A.	Norte	Ancash	Tajo	Cobre	Pre factibilidad	No presentado	1,000	
sin fecha	Río Blanco	Río Blanco Copper S.A.	Norte	Piura	Tajo	Cobre	Factibilidad	No presentado	2,500	200
sin fecha	Rondoni	Cia. Minera Vichaycocha S.A.	Centro	huanuco	Tajo	Cobre	Pre factibilidad	No presentado	250	
sin fecha	Tia Maria	Southern Perú Copper Corporation	Sur	Arequipa	Tajo	Cobre	Ing. De detalle	Aprobado	1,400	120
sin fecha	Trapiche	El Molle Verde S.A.C.	Sur	Apurímac	Tajo	Cobre	Pre factibilidad	No presentado	1,000	50
<b>TOTAL</b>									<b>40,863</b>	<b>2,838</b>

Fuente: Cartera de proyectos de construcción mina – Dirección General de Promoción y Sostenibilidad Minera

### Clasificación por el tipo de proyecto:

Con respecto al tipo de proyecto minero, dentro de la cartera actual se cuenta con proyectos del tipo Greenfield y Brownfield, el tipo Greenfield está referido a proyectos de minas nuevas y el tipo Brownfield son proyectos de ampliación y de reposición.

Con respecto a los proyectos cupríferos, el 87.5% son del tipo Greenfield y el 12.5% son del tipo Brownfield, un ejemplo del tipo Brownfield es la Mina Toromocho (ampliación), Integración Corocchohuayco y Yanacocha Sulfuros (reposición)

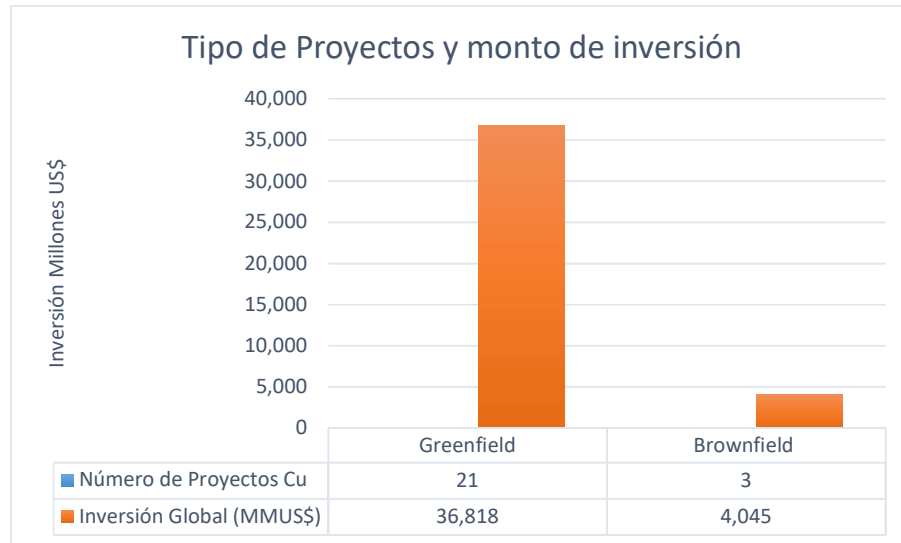


Figura 3-10 Inversión y Tipos de Proyectos Cupríferos – Setiembre 2019 / Elaboración propia .

### Clasificación por la etapa de avance:

Actualmente de los 24 proyectos cupríferos, se tiene 12 proyectos en la etapa de pre factibilidad, representando un 50% del total, 8 proyectos en la etapa de factibilidad, 3 en la etapa de construcción y 1 proyecto en la etapa de ingeniería de detalle (ver Figura 3-11) .

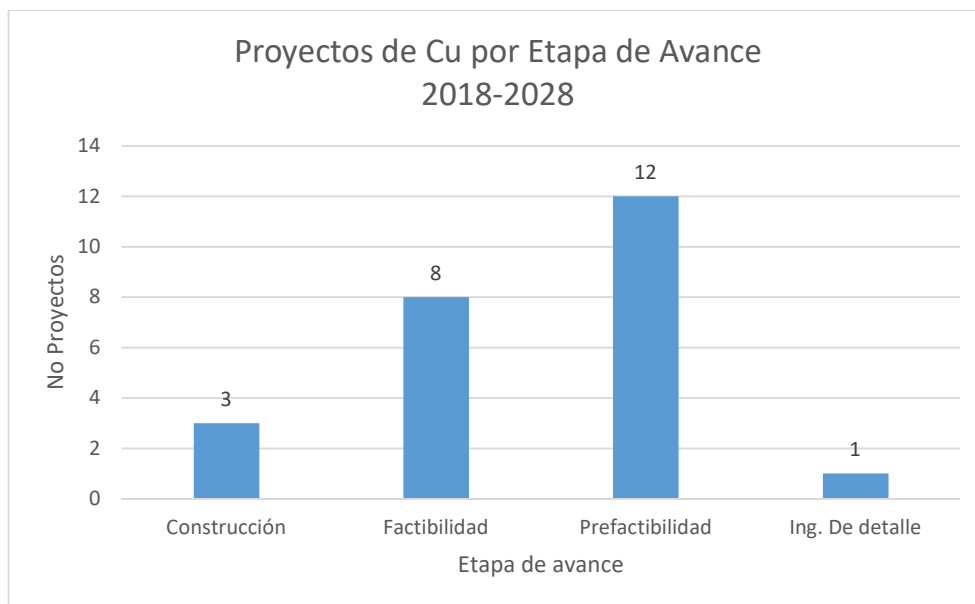


Figura 3-11 Proyectos de cobre por etapa de avance.

Fuente MINEN. Elaboración propia.



### Clasificación por el monto de inversión:

Los 24 proyectos cupríferos tienen un monto de inversión de US\$ 40,863 millones, de los cuales US\$ 17,242 millones corresponden a proyectos cupríferos que cuentan con fecha de inicio de la construcción y US\$ 23,621 millones corresponden a proyectos cupríferos que no cuentan con fecha de inicio de la etapa de construcción.

Asimismo, en la Figura 3-12 se puede observar que los proyectos que se encuentran en la etapa de pre factibilidad son los que en conjunto tienen un mayor monto de inversión estimado de US\$ 20,948 millones, el que representan el 51.1% del total de la inversión en proyectos cupríferos. Por otro lado, los proyectos que se encuentran en la etapa de factibilidad tienen un monto de inversión estimado de US\$ 10,260 millones, los que están en etapa de construcción su monto de inversión estimado asciende a US\$ 8,380 millones y el de los proyectos que se encuentran en la etapa de ingeniería de detalle asciende a US\$ 1,400 millones.

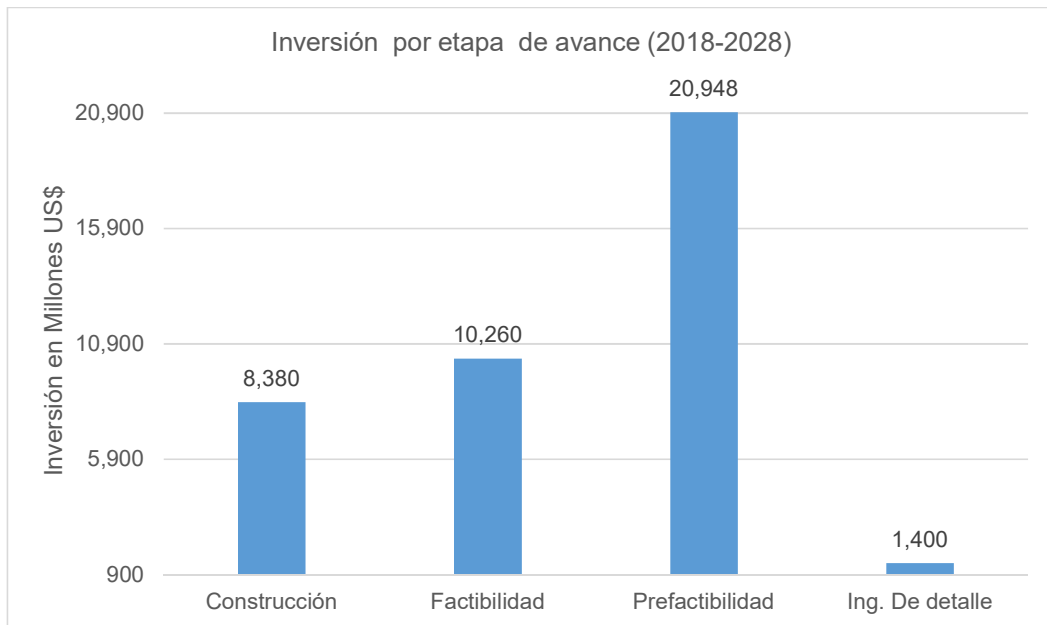


Figura 3-12 Inversión en proyectos de cobre por etapa de avance (Millones US\$).

Fuente MINEN. Elaboración propia.

### Clasificación por la ubicación geográfica:

De acuerdo al análisis realizado se observa que los proyectos cupríferos ubicados en la zona sur del país tienen el mayor monto de inversión presupuestado de la cartera de proyectos mineros, con US\$ 20,035 millones, representando el 48.9% del total de la inversión, le sigue la zona norte con US\$ 18,517 millones y la zona centro con US\$ 2,436 millones, ver Tabla 3-11.

Tabla 3-11 Inversión de acuerdo a ubicación geográfica de Proyectos de Cobre.

	Norte	Centro	Sur	Total
<b>Proyectos</b>	8	3	13	<b>24</b>
<b>Inversión (Millones US\$)</b>	18,517	2,311	20,035	<b>40,863</b>

Fuente MINEN. Elaboración propia.

Del monto total de inversión en proyectos cupríferos (US\$ 40,863 millones) el 42.37% corresponde a proyectos que tienen fecha de construcción (US\$ 17,242 millones) siendo la zona sur la principal aportante con US\$ 13,307 millones y comprende a los proyectos Mina Justa, Quellaveco, Coroccohuayco, Haquira, Los Chancas y Zafranal; US\$ 23,621 millones de inversión corresponde a proyectos sin fecha de construcción, dentro de este monto de inversión, US\$ 15,937 millones están ubicados en la zona norte y comprenden los proyectos de Michiquillay, Galeno, Rio Blanco, La Granja y Cañariaco (ver Tabla 3-12).

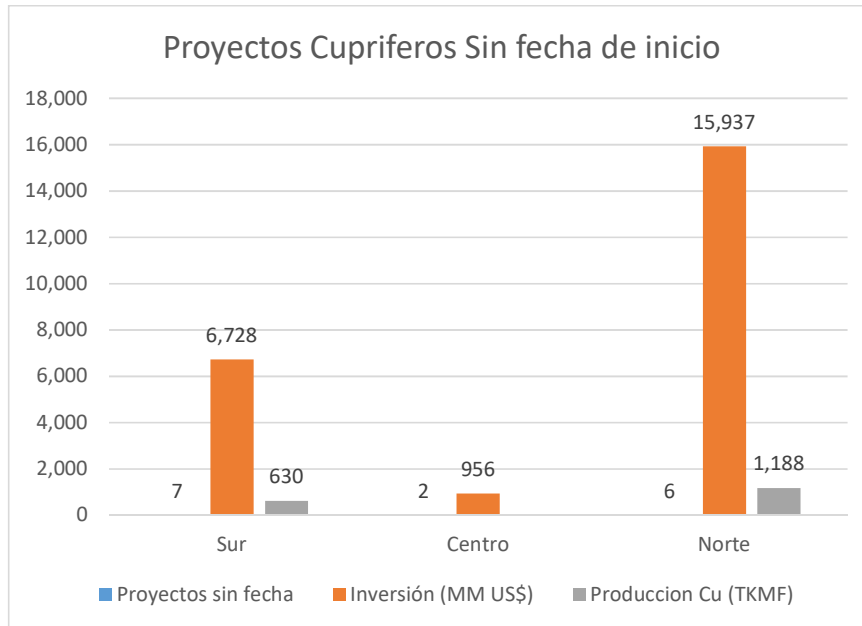
Tabla 3-12 Proyectos de Cu con y sin fecha de construcción por ubicación geográfica

	Sur	Centro	Norte	Total
<b>Proyectos sin fecha</b>	7	2	6	<b>15</b>
Inversión (MM US\$)	6,728	956	15,937	<b>23,621</b>
Producción Cu (TKMF)	630		1,188	<b>1,818</b>
<b>Proyectos con fecha</b>	6	1	2	<b>9</b>
Inversión (MM US\$)	13,307	1,355	2,580	<b>17,367</b>
Producción Cu (TKMF)	865	75	40	<b>980</b>

Fuente MINEN. Elaboración propia.

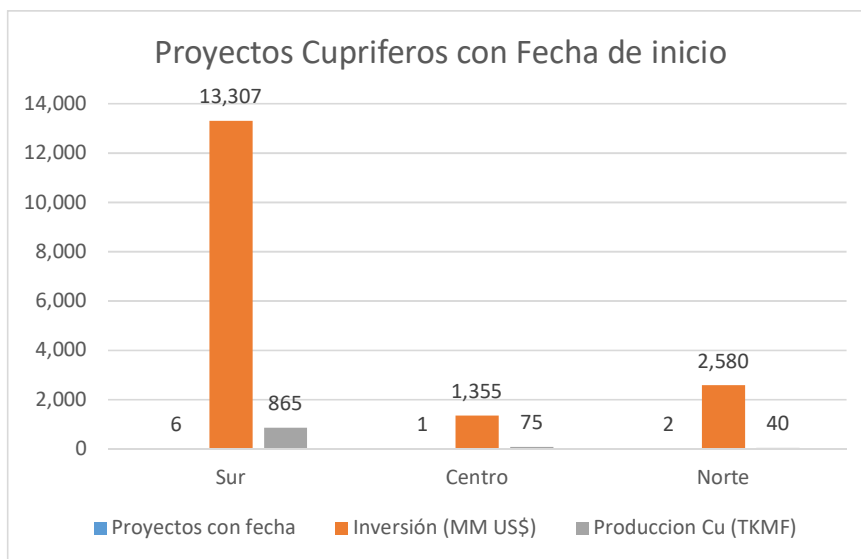
En la Figura 3-13 se observa que los proyectos cupríferos sin fecha definida para iniciar su construcción tienen un monto de inversión presupuestado de US\$ 23,621

millones y una producción futura de cobre fino de 1.58 millones de toneladas. La principal zona geográfica de inversión y producción de toneladas finas de cobre está ubicada al norte del Perú, con US\$ 15,937 millones y 1.356 millones de toneladas.



*Figura 3-13* Proyectos cupríferos sin fecha de construcción.  
Fuente: MINEM. Elaboración propia.

En la Figura 3-14 se observa que los proyectos cupríferos con fecha de construcción tienen un monto de inversión de US\$ 17,242 millones y una producción futura de cobre fino de 980KTMF; la principal zona de producción, inversión y cobre fino está ubicado al sur del Perú con US\$ 13,307 millones y 711 KTMF respectivamente.



*Figura 3-14* Proyectos de cobre por zona geográfica con fecha de construcción.  
Fuente: MINEM. Elaboración propia.

### 3.1.2.1 Selección y descripción de principales proyectos

Considerando como base para nuestro análisis la data de la Dirección General de Minería (DGM) donde existen 48 proyectos mineros a desarrollarse en el Perú, se generó una matriz de valoración que nos permita evaluar y determinar el nivel de madurez de cada proyecto, considerando como variables los avances logrados en asuntos ambientales, sociales y fases de ingeniería. Esta matriz cualitativa y cuantitativa permitirá estimar el tiempo para lograr la puesta en marcha de cada proyecto.

Del total de 48 proyectos existentes, se consideró a 24 Cupríferos, no se considera el proyecto Ariana debido a su mineralización principalmente polimetálica. Para los 24 proyectos se recopiló información disponible para evaluar su situación actual (Ver Anexo), posteriormente fue ordenada, clasificada, y definieron condiciones de criterios para evaluar el grado de avance y madurez del proyecto.

La Tabla 3-13 muestra las tres variables consideradas para evaluar los proyectos, incluyendo para cada variable fases necesarios para alcanzar la madurez. Por ejemplo, la primera variable “Medio Ambiente” consideramos la línea base social ambiental (LBSA), seguido del estudio de impacto ambiental (EIA) y finalmente las autorizaciones previas, esta última es necesaria para iniciar la construcción del

proyecto por lo que tendría el mayor valor de cinco (5). Para las tres variables se considera una fase inicial, considerado para este análisis como “No tiene” el cual otorgaría valor de cero (0).

De forma similar se consideran fases para las variables Técnico / Ingeniería y Social / Permisos, cada una con sus valores respectivos. Finalmente, como apoyo se adiciona una columna con condiciones para mayor entendimiento de cada fase en relación a la madurez de los proyectos.

Tabla 3-13 Variables de evaluación para definir el grado de madurez de Proyectos Cupríferos

VARIABLES	VALOR	CONDICIÓN
<b>Medio ambiente</b>		
Autorizaciones Previas	5	Requisito para el inicio de actividades: Fase de Construcción y Operación
Estudio Impacto Ambiental	3	Instrumento Ambiental aprobado, incluye Audiencia Pública
LBSA	1	Línea Base Socio Ambiental, información para el Expediente Ambiental
No tiene	0	
<b>Técnico / Ingeniería</b>		
Desarrollo	5	Fase avanzada del Proyecto
PFS y Factibilidad	3	Ambas fases de Estudios de Ingeniería: Determinan viabilidad del Proyecto
Conceptual	1	Fase inicial del Proyecto, evaluación de criterios de definición
No tiene	0	
<b>Social / Permisos</b>		
No requiere	5	Actual mina, cuenta con respaldo social y está dentro de huella Ambiental
Aceptación social	5	Cuenta con apoyo comunal y acuerdos sociales de desarrollo local
En negociación	3	Existe apertura por la Comunidad y se trabaja en acuerdos para el desarrollo
Sin aceptación social	1	La Comunidad no acepta el proyecto, se mantiene dialogo
No tiene	0	Negativa completa al dialogo

Elaboración propia.

Posteriormente se valoriza cada proyecto, obteniendo un ranking de acuerdo al grado de madurez (Ver Tabla 3-14). La puntuación máxima (15 puntos) la obtienen los proyectos Ampliación Toromocho, Mina Justa y Quellaveco, siendo los más avanzados (fase de construcción).

Tabla 3-14 Grado de madurez de los proyectos cupríferos

ID	TITULAR MINERO	PROYECTO COBRE	AÑO ESTIMADO (Data)		AMBIENTAL	INGENIERÍA VALORACIÓN	SOCIAL	VALOR TOTAL
			CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN				
1	Minera Chinalco Perú S.A.	Ampliación Toromocho	Construcción	2021	5.0	5.0	5.0	15
2	Marcobre SAC	Mina Justa	Construcción	2020	5.0	5.0	5.0	15
3	Angloamerican	Quellaveco	Construcción	2022	5.0	5.0	5.0	15
4	Minera Yanacocha SRL	Yanacocha Sulfuros	2020	2023	3.0	3.0	5.0	11
5	Nexa Resources Perú S.A.A.	Magistral	2022	2023	3.0	3.0	5.0	11
6	Nexa Resources Perú S.A.A.	Pukaqaqa	Sin fecha	Sin fecha	3.0	3.0	5.0	11
7	Cia. Minera Zafranal	Zafranal	2021	2024	1.0	3.0	5.0	9
8	Southern Perú Copper Corporation	Tia Maria	Sin fecha	Sin fecha	3.0	3.0	3.0	9
9	El Molle Verde S.A.C.	Trapiche	Sin fecha	Sin fecha	1.0	3.0	5.0	9
10	Compañía Minera Antapaccay S.A.	Integración Coroccohuayco	2020	2022	3.0	3.0	3.0	9
11	Panoro Apurimac S.A.	Cotabambas	Sin fecha	Sin fecha	1.0	3.0	5.0	9
12	Minera Hampton Perú S.A.C	Los Calatos	Sin fecha	Sin fecha	1.0	3.0	5.0	9
13	Rio Tinto Minera Perú Limitada	La Granja	Sin fecha	Sin fecha	0.0	3.0	5.0	8
14	Minera Peñoles de Perú S.A.	Racaycocha sur	Sin fecha	Sin fecha	0.0	3.0	3.0	6
15	Minera Antares Perú S.A.C.	Haquira	2022	2025	1.0	3.0	1.0	5
16	Southern Perú Copper Corporation	Los Chancas	2022	2025	1.0	3.0	1.0	5
17	Cia. Minera Quechua S.A.	Quechua	Sin fecha	Sin fecha	0.0	3.0	1.0	4
18	Panoro Apurimac S.A.	Antilla	Sin fecha	Sin fecha	0.0	3.0	1.0	4
19	Cañariaco Copper Perú S.A.	Cañariaco	Sin fecha	Sin fecha	0.0	3.0	1.0	4
20	Rio Blanco Copper S.A.	Rio Blanco	Sin fecha	Sin fecha	0.0	3.0	0.0	3
21	Cia. Minera Vichaycocha S.A.	Rondoni	Sin fecha	Sin fecha	0.0	3.0	0.0	3
22	Junefield Group S.A.	Don Javier	Sin fecha	Sin fecha	0.0	3.0	0.0	3
23	Lumina Copper S.A.C.	El Galeno	Sin fecha	Sin fecha	0.0	3.0	0.0	3
24	Southern Perú Copper Corporation	Michiquillay	Sin fecha	Sin fecha	0.0	1.0	1.0	2

Elaboración propia.

Los tres proyectos antes mencionados son seguidos por Yanacocha Sulfuros, Magistral y Pukaqaqa, con una puntuación de 11 en su grado de madurez, mostrando atraso en los permisos (Ambiental) y fase de Ingeniería (Pre-Factibilidad y Factibilidad) por lo que tendrían una valoración en este criterio de 3. Al final de la tabla se tiene al proyecto Michiquillay, con el menor grado de madurez con un valor de 2, debido al nivel de avance de ingeniería, no contar con la “aceptación” social e instrumento ambiental aprobado, imposibilitando desarrollar este proyecto en el corto tiempo.

Para determinar el grado de madurez de los proyectos, se generó tablas resúmenes de cada proyecto con información general. Esta información fue tomada del Boletín Estadístico Minero - MEM, Cartera de proyectos de construcción mina 2019. Ver ejemplo en la Figura 3-15:

Proyecto	Ampliación Toromocho
Operador	Minera Chinalco Perú S.A.
Tipo de Proyecto	Brownfield (Ampliación)
Inicio estimado construcción	2018
Inicio estimado producción	2021
Estudio Ambiental	EIAd Aprobado el 2010.
Estudio Técnico	Construcción
Región	Junín
Potencia Energética	66 MW
Inicio de actividades de explotación	Aprobado
Concesión de beneficio	Aprobado
Inversión global	1355 MM US\$
Elaboración Propia	




Figura 3-15 Descripción del proyecto ampliación Toromocho.  
Fuente MINEM. Elaboración propia.

Una vez evaluado el grado de madurez de cada proyecto, se definieron criterios para proyectar o estimar el tiempo que tardaría cada proyecto en poner en marcha su operación minera (Tabla 3-15). Para estimar dicho tiempo se consideraron las mismas variables, Ambientales, Ingeniería y Social, y se establecieron los siguientes criterios:

1. Para las variables Ambiental / Social e Ingeniería se definieron Fases las cuales guardan relación respecto al nivel de información, estudios, trabajos de campo, data, etc. que necesitan los Proyectos para evaluar su nivel de

madurez. Esta matriz agrupa las variables Ambiental y Social, dado que ambas se relacionan y dependen entre sí respecto a permisos principalmente.

2. Rango, se definió un periodo de años que necesita cada fase para su desarrollo, estos tiempos fueron propuestos por el equipo de acuerdo a la experiencia en evaluación de Proyectos.
3. Alcance adicional, son requerimientos necesarios para definir la fase los mismos que se relacionan con el rango de años respectivo. Dado los diferentes escenarios que se presentan en el desarrollo de las fases, se adiciona otras condiciones que permiten dar mayor precisión respecto al tiempo que requieren los Proyectos para iniciar su operación. Para la variable Ambiental / Social, fueron orientadas respecto a su avance con las comunidades campesinas, y la Ingeniería en base a su magnitud de inversión.

Definida la matriz para determinar el tiempo se procedió a evaluar los 24 proyectos (Tabla 3-16), obteniendo el número de años que se estima se requerirá para iniciar su operación, el cual se le añade a partir del 2019, año de corte del presente estudio, y con ello se obtiene el año de inicio de operación proyectado para cada Proyecto.

Para los dos primeros proyectos Ampliación Toromocho y Mina Justa, se considera solo un año porque ambos tienen un importante avance desde el 2018. En el caso de Quellaveco que tiene también un importante avance en su construcción, se obtiene 2.5 años para su puesta en marcha.

Para el caso de Magistral se considera un año en la variable Ambiental y Social, correspondiente a permisos faltando las autorizaciones previas, más 2.5 años que tomaría la Construcción. Yanacocha Sulfuros, aún está en Fase de Factibilidad y por su nivel de inversión 2.1 MM USD se considera un tiempo máximo de 4 años.

Similar a los casos anteriores se evaluó cada Proyecto, obteniendo el año de inicio de operación, que se reporta en la Tabla 3-15.



Tabla 3-15 Matriz de evaluación para determinar el año de inicio de operación

ASUNCIONES GENERALES						
#	FASE	RANGO (años)		ALCANCE ADICIONAL	AÑOS	CONDICIÓN
Ambiental / Social	Autorizaciones Previas	1.0	3.0	Dependerá de la coyuntura social	1.00 2.00 3.00	Acuerdo comunidades + Estabilidad Política (±140 días) Acuerdos comunales en procesos (Renegociación) Sin acuerdos + Inestabilidad Política (Proceso Elecciones)
	Estudio Ambiental	1.5	2.0	Dependerá si pasa la Audiencia Pública	1.50 2.00	Acuerdo comunidades definidos + Gestión MEM (Acompañamiento) Sin acuerdos comunales
	LBSA	1.0		Depende permiso y/o Convenio Tierras		
	No tiene	<b>3.5</b>	<b>5.0</b>	Total del tiempo hasta la fase final		
Técnico / Ingeniería	Desarrollo	2.5	4.0	Detalle + Construcción + Ramp Up + Pre Com	2.50 3.00 4.00	Proyecto < 500M US\$ de CAPEX Proyecto entre 500 - 1000M US\$ de CAPEX Proyecto > 1000M US\$ de CAPEX
	PFS-Factibilidad	1.0	3.0	Dependerá del % información de campo	1.00 2.00 3.00	Proyecto < 500M US\$ de CAPEX Proyecto entre 500 - 1000M US\$ de CAPEX Proyecto > 1000M US\$ de CAPEX
	Conceptual	0.5	2.0	Dependerá de la magnitud del Proyecto	0.50 1.00 2.00	Proyecto < 500M US\$ de CAPEX Proyecto entre 500 - 1000M US\$ de CAPEX Proyecto > 1000M US\$ de CAPEX
	No tiene	<b>4.0</b>	<b>9.0</b>			

Fuente: MINEM. Elaboración propia

Tabla 3-16 Evaluación del año de inicio de operación

ID	TITULAR	PROYECTO	AÑO OPERACIÓN DATA	AMBIENTAL SOCIAL	INGENIERÍA	TOTAL $\Sigma$ (años)	AÑO ESTIMADO <sup>2</sup>
				TIEMPO (años)			
1	Minera Chinalco Perú S.A.	Ampliación Toromocho	2021	0.0	1.0	1.0	2020
2	Marcobre SAC	Mina Justa	2020	0.0	1.0	1.0	2020
3	Angloamerican	Quellaveco	2022	0.0	2.5	2.5	2022
4	Nexa Resources Perú S.A.A.	Magistral	2023	1.0	2.5	3.5	2023
5	Minera Yanacocha SRL	Yanacocha Sulfuros	2023	0.0	4.0	4.0	2023
6	Nexa Resources Perú S.A.A.	Pukaqaqa	Sin fecha	1.0	3.0	4.0	2023
7	Compañía Minera Antapaccay S.A.	Integración Coroccohuayco	2022	2.0	3.0	5.0	2024
8	Southern Perú Copper Corporation	Tia Maria	Sin fecha	3.0	4.0	7.0	2026
9	Junefield Group S.A.	Don Javier	Sin fecha	4.0	3.0	7.0	2026
10	Cia. Minera Zafranal	Zafranal	2024	3.5	4.0	7.5	2027
11	Panoro Apurimac S.A.	Antilla	Sin fecha	3.5	4.0	7.5	2027
12	Minera Hampton Perú S.A.C	Los Calatos	2025	3.5	4.5	8.0	2027
13	Cia. Minera Quechua S.A.	Quechua	Sin fecha	5.0	3.0	8.0	2027
14	Lumina Copper S.A.C.	El Galeno	Sin fecha	4.0	4.0	8.0	2027
15	El Molle Verde S.A.C.	Trapiche	Sin fecha	3.5	5.0	8.5	2028
16	Panoro Apurimac S.A.	Cotabambas	Sin fecha	3.5	5.0	8.5	2028
17	Rio Tinto Minera Perú Limitada	La Granja	Sin fecha	3.5	5.0	8.5	2028
18	Minera Peñoles de Perú S.A.	Racaycocha sur	Sin fecha	4.5	4.0	8.5	2028
19	Cia. Minera Vichaycocha S.A.	Rondoni	Sin fecha	5.0	3.5	8.5	2028
20	Minera Antares Perú S.A.C.	Haquira	2025	5.0	4.0	9.0	2028
21	Southern Perú Copper Corporation	Los Chancas	2025	5.0	4.0	9.0	2028
22	Rio Blanco Copper S.A.	Rio Blanco	Sin fecha	5.0	4.0	9.0	2028
23	Cañariaco Copper Perú S.A.	Cañariaco	Sin fecha	5.0	4.0	9.0	2028
24	Southern Perú Copper Corporation	Michiquillay	Sin fecha	3.5	6.0	9.5	2029

<sup>2</sup> Se ha tomado la data oficial del MEM para realizar el análisis, puede existir un desfase (1 a 2 años) debido al COVID 19

Fuente: MINEM \*Elaboración propia

### 3.1.2.2 Demanda Energía Proyectada

Para obtener la demanda total de energía, se considera la demanda que proviene de las operaciones actuales y la demanda que se generará con el inicio de las operaciones de los nuevos proyectos cupríferos se le añade teniendo en cuenta la fecha de inicio de las operaciones estimada. La demanda proyectada (en MW) se reporta en la siguiente Tabla 3-17:

Tabla 3-17 Demanda de energía proyectada

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
<b>Total Operaciones actuales MW</b>	1,547	1,649	1,824	1,850	1,931	1,954	1,950	1,952	1,963	1,955	1,962
<b>Demanda Nuevos Proyectos (MW)</b>			138	138	277	765	805	805	926	1,190	2,199
<b>Demanda TOTAL (con nuevos proyectos)</b>	1,547	1,649	1,962	1,988	2,208	2,719	2,755	2,757	2,889	3,145	4,161

Fuente: MINEM \*Elaboración propia

## 3.2 Oferta de Energía Proyectada

El suministro de electricidad es un servicio público fundamental ya que provee de la energía que requiere la actividad económica, posibilita el comercio internacional, mantiene el buen funcionamiento de los mercados y genera bienestar al permitir que los ciudadanos satisfacen sus necesidades. Sin electricidad, el funcionamiento de la economía global sería inviable. (Osinergmin, 2017)

“El aumento de la generación de energía en el mercado eléctrico nacional evoluciona de acuerdo a decisiones de los agentes del mercado en cuanto a la ejecución de nuevos proyectos de centrales eléctricas en la oportunidad, magnitud, tecnología y ubicación que se determine. Asimismo, el incremento de la demanda eléctrica en el tiempo depende de diversos factores, entre los más relevantes son las tasas de crecimiento vegetativo y los grandes proyectos industriales y mineros, los cuales dependen de la coyuntura del mercado además de factores de índole social y ambiental”. (COES, 2020)

### Parque Generador

El parque generador comprende todas las unidades del SEIN que participan actualmente en el suministro al mercado eléctrico peruano, así como aquellos proyectos que se encuentran en desarrollo. Para este estudio se está considerando la información de nuevos proyectos a partir del año 2019 hasta el 2023 año a partir del cual no se reportan nuevos ingresos al parque generador. (OSINERGMIN, 2017).

En la siguiente Tabla 3-18 se presenta la información del COES con relación a las fuentes generadoras de energía a partir del año 2018 hasta el 2022, que suman un total de 1,434MW.

Tabla 3-18 Fuentes generadoras de energía

Fecha	Proyecto	Tecnología	Empresa	MW
2018	CH La Virgen	Hidroeléctrica	LA VIRGEN S.A.C.	84
	CH RenovAndes H1	Hidroeléctrica-RER	EMPRESA DE GENERACIÓN SANTA ANA	20
	CH Angel III	Hidroeléctrica-RER	GENERADORA DE ENERGÍA DEL PERU	20
	CH Angel II	Hidroeléctrica-RER	GENERADORA DE ENERGÍA DEL PERU	20
	CH Angel I	Hidroeléctrica-RER	GENERADORA DE ENERGÍA DEL PERU	20
	CS Intipampa	Solar	ENGIE	40
	CB Doña Bárbara (Huaycoloro II)	Biomasa	EMPRESA CONCESIONARIA ENERGÍA LIMPIA	2
	CE Wayra I (Parue Nazca)	Eólica	ENEL GREEN POWER PERU	126
	CS Rubí	Solar	ENEL GREEN POWER PERU	144
	CH 8 de Agosto	Hidroeléctrica-RER	GENERACIÓN ANDINA	20
	CH El Carmen	Hidroeléctrica-RER	GENERACIÓN ANDINA	9
	CH Her 1	Hidroeléctrica-RER	EDEGEL	1
	CT Santo Domingo de los Olleros - TV	Ciclo Combinado	TERMOCHILCA CORPORACIÓN MINERA DEL PERÚ S.A. - CORMIPESA	100
	CH Centauro - Etapa I	Hidroeléctrica	ANDEAN POWER	13
	CH Carhuac	Hidroeléctrica-RER	EMPRESA CONCESIONARIA ENERGÍA LIMPIA	20
	CB Callao	Biomasa	EMPRESA CONCESIONARIA ENERGÍA LIMPIA	2
	2019	CH Zaña 1	Hidroeléctrica-RER	ELECTRO ZAÑA
CE Huambos		Eólica	GR PAINO	18
CE Duna		Eólica	GR TARUCA	18
CH Ayanunga		Hidroeléctrica-RER	ENERGETICA MONZON	20
CH Santa Lorenza I		Hidroeléctrica-RER	EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SANTA LORENZA	19
CH Karpa		Hidroeléctrica-RER	HIDROELÉCTRICA KARPA	20
CH Huatziroki I		Hidroeléctrica-RER	EMPRESA DE GENERACIÓN HIDRAÚLICA SELVA	11
CH Hydrika 6		Hidroeléctrica-RER	HYDRIKA 6 S.A.C.	9
CH Manta		Hidroeléctrica-RER	PERUANA DE INVERSIONES EN ENERGÍAS RENOVABLES	20
CH Centauro - Etapa II		Hidroeléctrica	CORPORACIÓN MINERA DEL PERÚ S.A. - CORMIPESA	13
2020	CH Laguna Azul	Hidroeléctrica-RER	CH MAMACOCHA S.R.L.	20
	CT Refinería Talara	Térmica	PETROPERU	100
	CH Colca	Hidroeléctrica-RER	EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA COLCA	12
2021	CH Shima	Hidroeléctrica-RER	ENERGIA HIDRO S.A.C	9
	CH Kusa	Hidroeléctrica-RER	CONSORCIO HIDROELÉCTRICO SUR-MEDIO	16
	CH Alli	Hidroeléctrica-RER	CONSORCIO HIDROELÉCTRICO SUR-MEDIO	15
	CH Hydrika 5	Hidroeléctrica-RER	HYDRIKA 5 S.A.C.	10
	CH Hydrika 2	Hidroeléctrica-RER	HYDRIKA 2 S.A.C.	4
	CH Hydrika 4	Hidroeléctrica-RER	HYDRIKA 4 S.A.C.	8
	CH Hydrika 1	Hidroeléctrica-RER	HYDRIKA 1 S.A.C.	7
2022	CT Santa Rosa - TV	Ciclo Combinado	EDEGEL	131
	CH Pucará	Hidroeléctrica	EMPRESA DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA DEL CUSCO	178
	CH Olmos 1	Hidroeléctrica	SINDICATO ENERGÉTICO S.A. - SINERSA	50
	CH Hydrika 3	Hidroeléctrica-RER	HYDRIKA 3 S.A.C.	10

	CH Colca	Hidroeléctrica-RER	EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA COLCA S.A.C -EGECOLCA	12
	CH Hydrika 2	Hidroeléctrica-RER	HYDRIKA 2 S.A.C	4
	CH Centauro - Etapa II	Hidroeléctrica	CORPORACION MINERA DEL PERU S.A.C - CORMPESA	10
2023	CH Hydrika 4	Hidroeléctrica-RER	HYDRICA 4 S.A.C	8
	CH Hydrika 1	Hidroeléctrica-RER	HYDRICA 1 S.A.C	7
	CH Huatziroski I	Hidroeléctrica-RER	EMPRESA DE GENERACIÓN HIDRÁULICA SELVA S.A.C -EGEHSSA	11
	CH Hydrika 5	Hidroeléctrica-RER	HYDRIKA 5 S.A.C	10
<b>Total</b>				<b>1,434</b>
Total (hidroeléctrica/térmica)				1,084

Fuente: COES

### Potencia Efectiva

Para analizar la oferta energética, se define como la potencia efectiva como la potencia que las unidades de generación pueden entregar en condiciones normales de operación. (OSINERGMIN, 2017). Para la potencia efectiva no se considera la energía eólica ni solar.

En la Tabla 3-18 se reporta la evolución de la potencia efectiva en el período 2008.2018. (en MW). El crecimiento porcentual lo explica el ingreso a la etapa de producción de los nuevos proyectos generadores de energía.

Tabla 3-19 Potencia Efectiva (MW) 2008-2019

Año	Potencia Efectiva (MW)	Crecimiento (%)
2008	5,147	-
2009	5,848	14%
2010	6,462	10%
2011	6,416	-1%
2012	7,117	11%
2013	7,129	0%
2014	7,512	5%
2015	8,490	13%
2016	10,869	28%
2017	10,692	-2%
2018	12,299	15%

Fuente: COES. Elaboración propia

Para obtener la data de la oferta energética en el período de análisis del presente estudio (2008-2028), se utiliza la información histórica de la potencia efectiva de la

Tabla 3-19, a la cual se adicionan los nuevos proyectos generadores de energía, considerado solamente la energía hidráulica y térmica. A partir del año 2024 no se cuenta con información respecto a la ejecución de nuevos proyectos de generación de energía. Los resultados se muestran en la Tabla 3-20.

Tabla 3-20 Oferta: Potencia Efectiva (MW) – Adiciones por año

Año	Oferta MW	Adiciones por año (MW)	Total MW
2,008	5,147		5,147
2,009	5,848		5,848
2,010	6,462		6,462
2,011	6,416		6,416
2,012	7,117		7,117
2,013	7,129		7,129
2,014	7,512		7,512
2,015	8,490		8,490
2,016	10,869		10,869
2,017	10,692		10,692
2,018	11,972	327	12,299
2,019	12,299	112	12,411
2,020	12,411	133	12,544
2,021	12,544	74	12,618
2,022	12,618	376	12,994
2,023	12,994	62	13,056
2,024	13,056		13,056
2,025	13,056		13,056
2,026	13,056		13,056
2,027	13,056		13,056
2,028	13,056		13,056

Fuente: COES. Elaboración propia

### **Demanda Máxima**

La demanda es una medida del consumo de energía promedio durante un intervalo de tiempo fijo. La demanda máxima (o pico) es la demanda más alta registrada durante el período de facturación. (CLOU GLOBAL, 2019)

La demanda máxima total, se obtuvo de la información del COES, para los años 2001 al 2017 y para los años 2018 al 2028, se realizó una proyección asumiendo que la tendencia de crecimiento registrada en el período 2001-2017 se mantendrá en los siguientes 10 años. En la Figura 3-16 se muestra la proyección de la máxima demanda y la ecuación empleada para hacer dicha proyección.



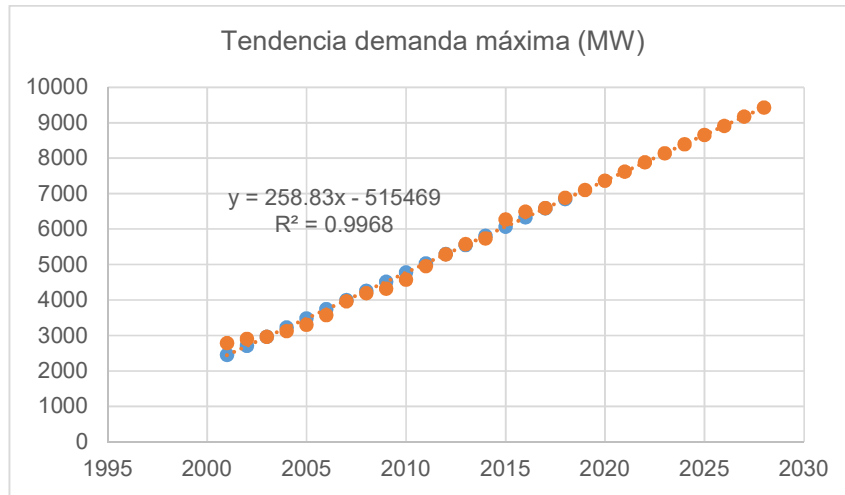


Figura 3-16 Tendencia demanda máxima.  
Fuente: COES. Elaboración propia.

Con la información proyectada anteriormente siguiendo la tendencia, se adiciona la demanda de los nuevos proyectos mineros, encontrados en el análisis de la matriz, para tener una mejor proyección de la demanda máxima hasta el año 2028. La demanda máxima histórica y proyectada se muestra en la Tabla 3-21 que se presenta a continuación:

Tabla 3-21 Demanda máxima total (MW)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Demanda Máxima total (MW)</b>	4,199	4,322	4,579	4,961	5,291	5,575	5,737	6,275	6,492	6,596	6,885
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	
<b>Demanda Máxima total (MW)</b>	7,106	7,502	7,761	8,158	8,905	9,203	9,461	9,841	10,363	11,630	

## 4 Capítulo 4: Análisis de los Resultados

### 4.1 Demanda de Energía en Operaciones Mineras

Con la información recabada en la Tabla 3-17 se obtiene la demanda total de energía (en MW) que se generará en las operaciones mineras desde el año 2020 hasta el año 2028, tal como se resumen la Tabla 4-1 siguiente:

Tabla 4-1 Demanda de operaciones actuales 2020-2028

	PROYECCIÓN									
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	
<b>Total Operaciones actuales MW</b>	1,824	1,850	1,931	1,954	1,950	1,952	1,963	1,955	1,962	

Fuente: COES. Elaboración propia

### 4.2 Demanda de Energía en Proyectos Mineros

Una vez realizado el mapeo de los principales proyectos, colocando la puntuación para cada variable: ambiental, ingeniería y social y teniendo en cuenta el tiempo estimado para el inicio de la etapa de producción de cada proyecto presentado en la sección anterior, se determina el flujo adicional de energía para los siguientes años, el cual se reporta en la Tabla 4-2.

Por otro lado, en la Tabla 4-3 se muestra la producción en TMF de cobre de los nuevos proyectos que se pondrán en marcha desde el año 2020 al año 2028, los cuales se obtuvieron de acuerdo a la evaluación realizada mediante la matriz anteriormente explicada.

Tabla 4-2 Demanda energía nuevos proyectos

Año de inicio estimado	Operador	Proyecto	REGION	DEMANDA ENERGÍA 2020-2028 (MW)								
				2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
2020	Minera Chinalco Perú S.A.	Ampliación Toromocho	Junin	66	66	66	66	66	66	66	66	66
2020	Marcobre SAC	Mina Justa	Ica	72	72	72	72	72	72	72	72	72
2022	Angloamerican	Quellaveco	Moquegua			139	139	139	139	139	139	139
2023	Nexa Resources Perú S.A.A.	Magistral	Ancash				30	30	30	30	30	30
2023	Minera Yanacocha SRL	Yanacocha Sulfuros	Cajamarca				78	78	78	78	78	78
2023	Nexa Resources Perú S.A.A.	Pukaqapa	Huancavelica				380	380	380	380	380	380
2024	Compañía Minera Antapaccay S.A.	Integración Corocochuayco	Cusco					40	40	40	40	40
2026	Southern Perú Copper Corporation	Tia Maria	Arequipa							90	90	90
2026	Junefield Group S.A.	Don Javier	Arequipa							31	31	31
2027	Cia. Minera Zafranal	Zafranal	Arequipa								91	91
2027	Panoro Apurimac S.A.	Antilla	Apurimac								33	33
2027	Minera Hampton Perú S.A.C	Los Calatos	Moquegua								60	60
2027	Cia. Minera Quechua S.A.	Quechua	Cusco								80	80
2027	Lumina Copper S.A.C.	El Galeno	Cajamarca								0	0
2028	El Molle Verde S.A.C.	Trapiche	Apurimac									54
2028	Panoro Apurimac S.A.	Cotabambas	Apurimac									196
2028	Rio Tinto Minera Perú Limitada	La Granja	Cajamarca									278
2028	Minera Peñoles de Perú S.A.	Racaycocha sur	Ancash									65
2028	Cia. Minera Vichaycocha S.A.	Rondoni	Huánuco									0
2028	Minera Antares Perú S.A.C.	Haqaira	Apurimac									110
2028	Southern Perú Copper Corporation	Los Chancas	Apurimac									100
2028	Rio Blanco Copper S.A.	Rio Blanco	Piura									120
2028	Cañariaco Copper Perú S.A.	Cañariaco	Lambayeque									86
2029	Southern Perú Copper Corporation	Michiquillay	Cajamarca									
<b>Total (MW)</b>				<b>138</b>	<b>138</b>	<b>277</b>	<b>765</b>	<b>805</b>	<b>805</b>	<b>926</b>	<b>1,190</b>	<b>2,199</b>

Fuente: COES. Elaboración propia

Tabla 4-3 Producción estimada (TMF) con ingreso de nuevos proyectos 2020-2028

Año de inicio estimado	Operador	Proyecto	REGION	PRODUCCIÓN ESTIMADA DE COBRE (TMF)								
				2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
2020	Minera Chinalco Perú S.A.	Ampliación Toromocho	Junin	75	75	75	75	75	75	75	75	75
2020	Marcobre SAC	Mina Justa	Ica	102	102	102	102	102	102	102	102	102
2022	Angloamerican	Quellaveco	Moquegua			300	300	300	300	300	300	300
2023	Nexa Resources Perú S.A.A.	Magistral	Ancash				60	60	60	60	60	60
2023	Minera Yanacocha SRL	Yanacocha Sulfuros	Cajamarca				80	80	80	80	80	80
2023	Nexa Resources Perú S.A.A.	Pukaqapa	Huancavelica				40	40	40	40	40	40
2024	Compañía Minera Antapaccay S.A.	Integración Coroccohuayco	Cusco					105	105	105	105	105
2026	Southern Perú Copper Corporation	Tía Maria	Arequipa							120	120	120
2026	Junefield Group S.A.	Don Javier	Arequipa							34	34	34
2027	Cia. Minera Zafranal	Zafranal	Arequipa								103	103
2027	Panoro Apurimac S.A.	Antilla	Apurimac								25	25
2027	Minera Hampton Perú S.A.C	Los Calatos	Moquegua								45	45
2027	Cia. Minera Quechua S.A.	Quechua	Cusco								60	60
2027	Lumina Copper S.A.C.	El Galeno	Cajamarca								144	144
2028	El Molle Verde S.A.C.	Trapiche	Apurimac									60
2028	Panoro Apurimac S.A.	Cotabambas	Apurimac									270
2028	Rio Tinto Minera Perú Limitada	La Granja	Cajamarca									500
2028	Minera Peñoles de Perú S.A.	Racaycocha sur	Ancash									0
2028	Cia. Minera Vichaycocha S.A.	Rondoni	Huánuco									0
2028	Minera Antares Perú S.A.C.	Haqaira	Apurimac									193
2028	Southern Perú Copper Corporation	Los Chancas	Apurimac									80
2028	Rio Blanco Copper S.A.	Rio Blanco	Piura									200
2028	Cafariaco Copper Perú S.A.	Cafariaco	Lambayeque									119
2029	Southern Perú Copper Corporation	Michiquillay	Cajamarca									
<b>Total (MW)</b>				<b>177</b>	<b>177</b>	<b>477</b>	<b>657</b>	<b>762</b>	<b>762</b>	<b>916</b>	<b>1,293</b>	<b>2,715</b>

Fuente: COES. Elaboración propia

En la Figura 4-1 se muestra la evolución de producción (KTMF) de cobre proyectada versus la demanda de energía que se requerirá abastecer con el inicio de operaciones de los nuevos proyectos para los años 2020 al 2028.

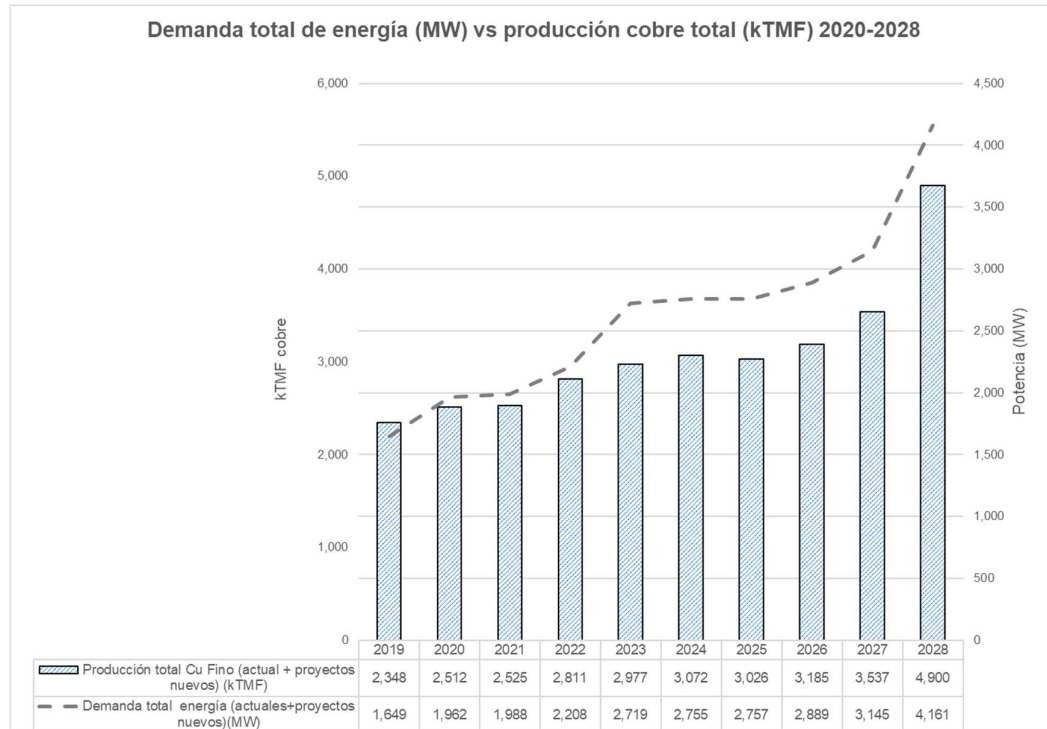


Figura 4-1 Demanda de energía Total (en minería) vs producción Total de Cu fino (KTMF).

Fuente: COES. Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el gráfico, la demanda de energía está directamente relacionada con la producción de cobre fino. En el año 2028 se podría duplicar la producción actual de cobre fino, así como el consumo de energía que se requiere para producirlo. Pasaremos de 2,348 KTMF (año 2019) a 4,900 KTMF (año 2028).

### 4.3 Análisis de Oferta y Demanda de Energía

Una de las garantías de seguridad de la operación de un sistema eléctrico es que en todo momento cuente con un margen de reserva de generación suficiente para cubrir la operación del sistema ante contingencias o condiciones operativas adversas. Para el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), el margen de reserva que garantiza una adecuada seguridad es establecido por el Ministerio de

Energía y Minas cada cuatro años y se denomina Margen de Reserva (MR). (COES, 2020)

De acuerdo al artículo 1° de la Resolución Ministerial N° 196-2018-MEM/DM, del diario El Peruano “establece que el Margen de Reserva para cada Sistema Eléctrico, será fijado por el Ministerio de Energía y Minas cada cuatro años o en el momento que ocurra un cambio sustancial en la oferta o demanda eléctrica y se precisa que se deben considerar criterios de seguridad, confiabilidad y economía en el abastecimiento de la demanda eléctrica al nivel de alta y muy alta tensión. Mediante Resolución Ministerial N° 197-2017MEM/DM, publicada el 24 de mayo del 2017, se fijó el Margen de Reserva (MR) del SEIN en 38,9% para el periodo Mayo 2017 - Abril 2018, además, se fijan los valores de Margen de Reserva (MR) del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), para el periodo que se inicia en mayo de 2018 y concluye en abril de 2021”, conforme a lo siguiente:

Tabla 4-4 Margen de Reserva por periodo MEM

Periodo	MR del SEIN
Mayo 2018- Abril 2019	38.90%
Mayo 2019 - Abril 2020	39.90%
Mayo 2020 - Abril 2021	36.70%

Fuente: Diario El Peruano

Para el presente trabajo de investigación, nos regiremos al valor promedio de los 4 periodos del Margen de Reserva del SEIN (38.5%) para analizar la data obtenida e identificar la brecha o el déficit de energía respecto a este valor.

Con la data obtenida, se puede apreciar en la Figura 4-2 que la demanda total minera (demanda de operaciones mineras y proyectos nuevos mineros), es aproximadamente un 30% de la demanda máxima total, lo cual corrobora lo mencionado por Estela Ramírez. Para el año 2020 la demanda total minera que se estimó es de 1,962 MW y podría llegar a 4,161 MW en el año 2028 dependiendo del ingreso de nuevos proyectos mineros.

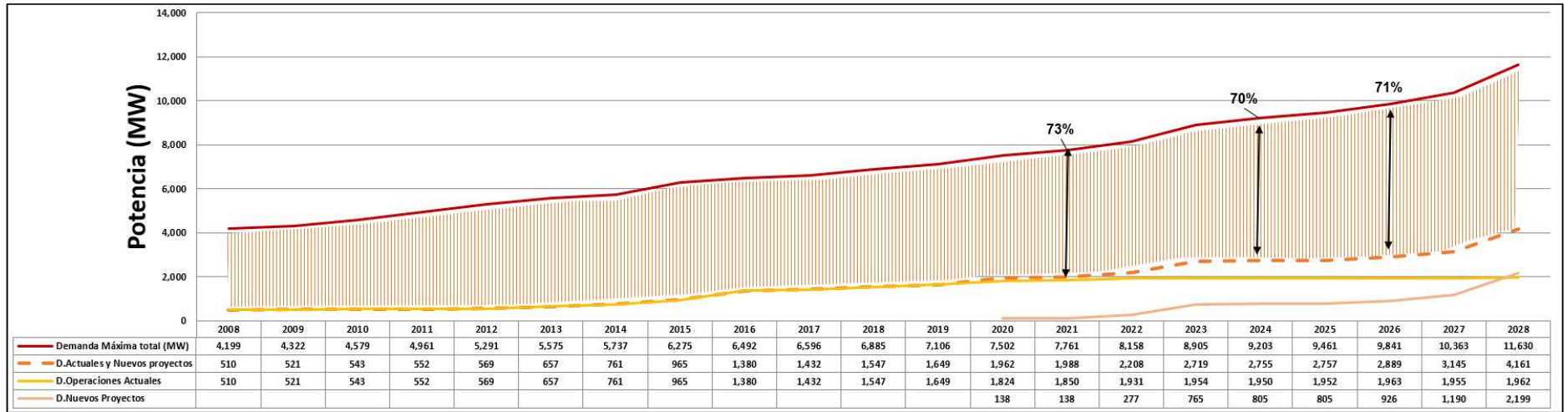


Figura 4-2 Demanda máxima total (MW) vs Demanda minera total (MW).

Fuente: COES. Elaboración propia

Analizando la información obtenida de la oferta (MW), la cual se obtuvo de la potencia efectiva y adicionando el ingreso de nuevos proyectos de generación de energía y comparándola con la demanda máxima, se aprecia que la tendencia es acercarse (líneas achuradas en rojo). Esto es debido a que no se tienen nuevos proyectos de abastecimiento de energía a partir del año 2024, lo cual puede hacer que ambas líneas (oferta y demanda) lleguen a encontrarse. En la Figura 4-3 se ha colocado la línea punteada magenta (MR 38.5%), la cual representa el Margen de reserva (MR) reglamentado por el MEM el cual se ha proyectado hasta el año 2028, con fines de análisis del presente estudio. El área por encima de la oferta (líneas achuradas en azul) ver Tabla 4-5, representa el porcentaje (brecha) que debe incrementarse a la oferta para cumplir con el margen de reserva proyectado hasta el año 2028.

Tabla 4-5 Brecha (%) entre MR regulado (38.5%) vs oferta (MW)

	2023	2024	2025	2026	2027	2028
% Brecha	7%	9%	11%	14%	18%	28%

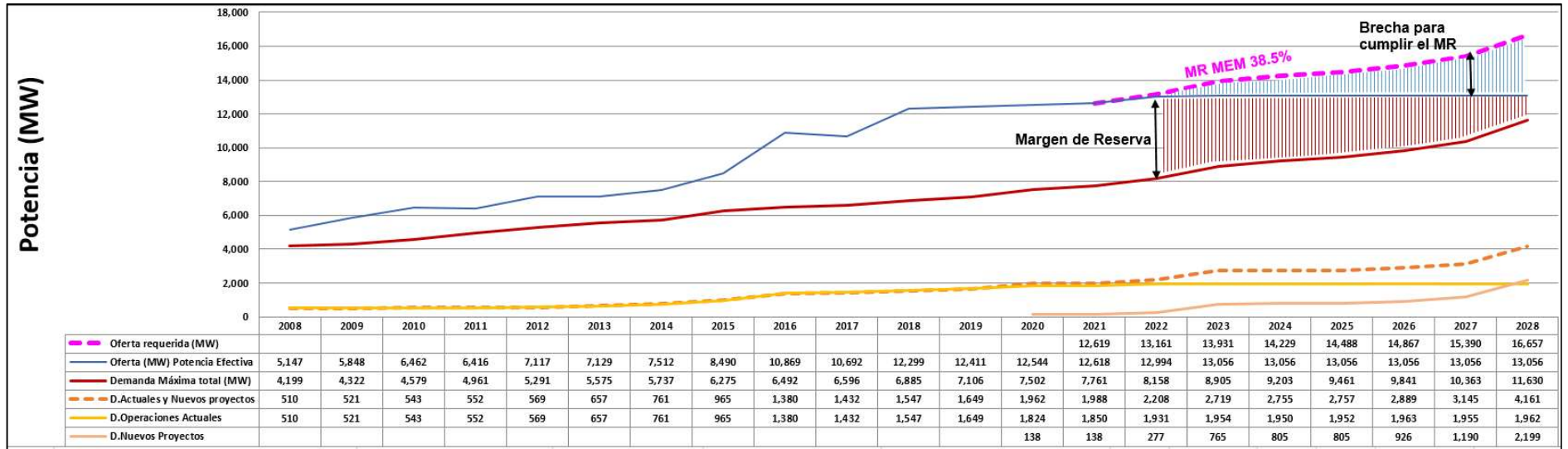


Figura 4-3 Margen de reserva.

Elaboración propia.



Analizando la Figura 4-3 se puede observar que el porcentaje que se requiere para cumplir con el Margen de Reserva promedio (38.5%) con el que se está trabajando, tiene una tendencia ascendente, que para el año 2028 la cantidad de potencia requerida es de 3,601MW (28%). En la siguiente Figura 4-4 se puede apreciar la cantidad de potencia en MW, requerida por año para cumplir con el MR establecido.

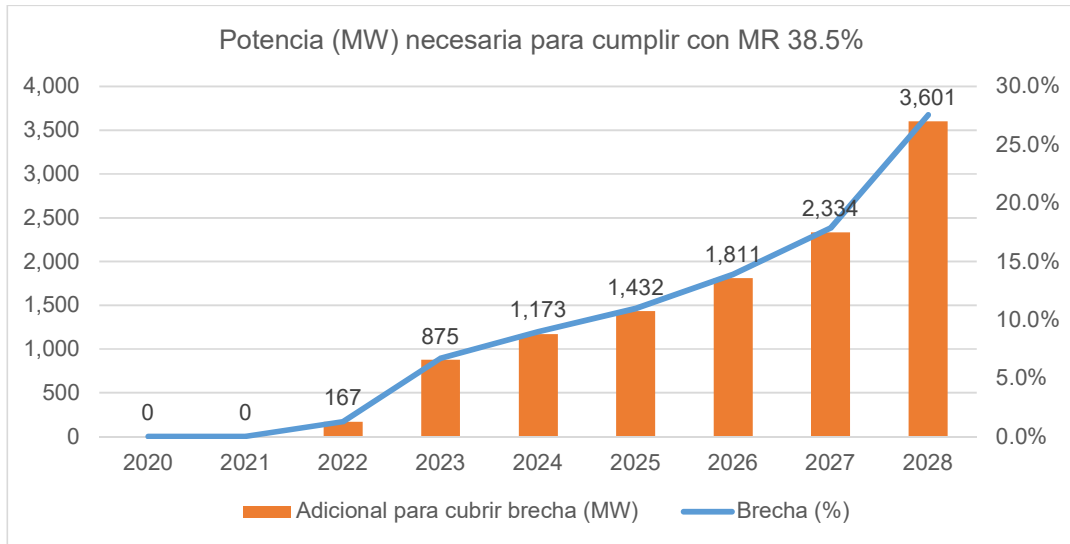


Figura 4-4 Potencia (MW) requerida para cumplir con el MR 38.5%.  
Elaboración propia

En la Figura 4-5 se puede apreciar la comparación en porcentajes de la oferta actual y la brecha requerida para llegar al MR promedio.

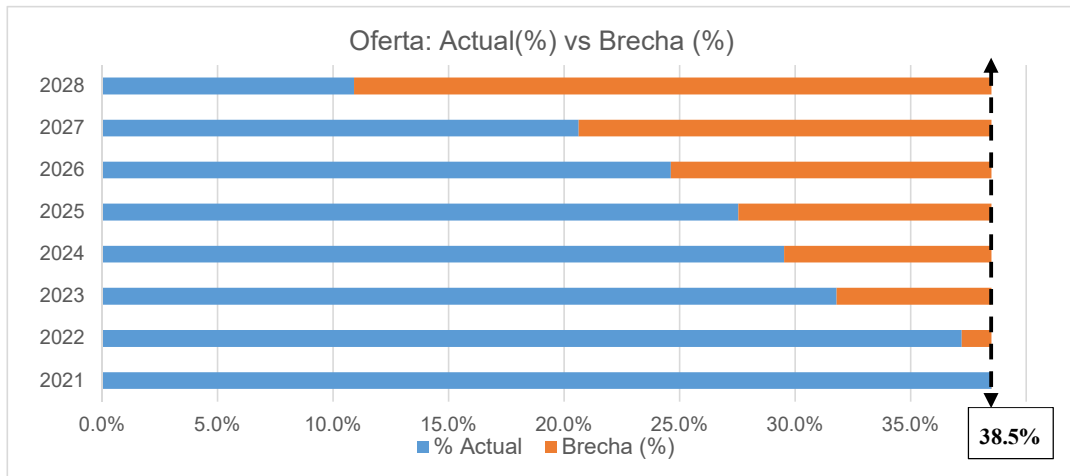


Figura 4-5 Oferta: Actual % vs Brecha (%).  
Elaboración propia

## 5 Conclusiones

- En los próximos 10 años la demanda de energía se incrementará en 112% con respecto a la demanda actual, este incremento se debe a la puesta en operación de 24 proyectos cupríferos que están descritos en el análisis del trabajo de investigación.
- Existe una brecha de 27.6% entre el margen de reserva proyectado al 2028 (obtenido en este estudio) y el margen de reserva reglamentado por el SEIN (10.9% vs 38.5%).
- Existe una relación directamente proporcional entre el consumo de energía y las toneladas de cobre fino producidas debido a la profundización y dureza del mineral, el cual está asociado al envejecimiento y tipo del yacimiento mineralizado (pórfido o pórfido-skarn).
- De acuerdo a la matriz de viabilidad de proyectos elaborada en el trabajo de investigación, solo un proyecto (Michiquillay) no se ejecutaría dentro de los próximos 10 años (hasta el 2028). La producción de cobre fino aumentará en un 108% respecto a la producción del año 2019, superando las 4,900 KTMF en el año 2028, quedando muy próximo a la producción de Chile y manteniendo el segundo lugar en la producción mundial de cobre.
- El margen de reserva proyectado obtenido en el trabajo de investigación (10.9%) si puede satisfacer la demanda máxima de energía que se necesitaría al año 2028 una vez puesta en marcha los 24 proyectos cupríferos y de mantenerse constante la demanda de energía industrial, residencial y rural en el Perú, pero no podría satisfacer o asegurar demandas incrementales súbitas de energía puesto que se tiene un MR menor al estipulado por el SEIN (38.5%), así también no podría sostener súbitas paradas por mantenimientos o fallas de principales unidades de generación eléctrica.
- Debido a la contingencia del COVID ocurrido en el 2020, los proyectos cupríferos del presente trabajo de investigación podrían tener un retraso de 1 a 2 años en el inicio de construcción.

## 6 Recomendaciones

- Con los resultados del presente estudio, se recomienda impulsar el inicio de los proyectos de la cartera que tiene el país, con ello se tendría una producción adicional estimada de 2,481 KTMF de cobre respecto al 2019, posicionando al país como el segundo productor mundial de cobre.
- Se requiere el ingreso de nuevas fuentes de energía eléctrica dentro de los próximos 5 años, pues existe una brecha por cerrar para que la oferta logre cumplir el margen de reserva regulado por el SEIN (38.5%). Se debe realizar nuevas proyecciones después de los 5 años, debido a que la reserva energética va disminuyendo con el ingreso de nuevos proyectos mineros o el retraso de ejecución de los proyectos de generación eléctrica planeados.
- La brecha de energía identificada en el estudio (27.6% al año 2028) podría reducirse si el Estado incentiva la puesta en marcha de centrales de generación eléctricas en la zona centro y sur del Perú impulsando la reactivación del gasoducto del sur.
- Las empresas mineras deben seguir comprometidas con el desarrollo de una minería sostenible con el medio ambiente, reduciendo sus emisiones de carbono e implementando nuevas fuentes de energía renovable. Se recomienda hacerlo en las etapas iniciales de un proyecto como la exploración y construcción.
- El Gobierno Peruano debe continuar revisando el marco regulatorio vigente para que las empresas privadas y nacionales impulsen políticas de inversión que desarrolle e incremente la oferta actual de energía a través del uso de Recursos Energéticos Renovables (RER) como la energía solar y eólica.
- Evaluar y proponer proyectos tecnológicos de mejora en las plantas concentradoras que optimicen el consumo de energía y evitar de esta forma incremento de demanda de energía por mayor tonelaje de cobre fino producido.

## 7 Anexos

Resumen de status de proyectos mineros cupríferos al 2028 evaluados en la matriz, cuyos datos se han obtenido del reporte de nuevos proyectos del Ministerio de Energía y Minas y de reportes técnicos públicos de las diversas empresas.

Proyecto	Ampliación Toromocho
Operador	Minera Chinalco Perú S.A.
Tipo de Proyecto	Brownfield (Ampliación)
Inicio estimado construcción	2018
Inicio estimado producción	2021
Estudio Ambiental	EIAd Aprobado el 2010.
Estudio Técnico	Construcción
Región	Junin
Potencia Energética	66 MW
Inicio de actividades de explotación	Aprobado
Concesión de beneficio	Aprobado
Inversión global	1,355 MM US\$



Proyecto	Mina Justa
Operador	Marcobre SAC
Tipo de Proyecto	Greenfield (Nuevo)
Inicio estimado construcción	2018
Inicio estimado producción	2020
Estudio Ambiental	EIAd y MEIA Aprobado el 2017
Estudio Técnico	Construcción
Región	Ica
Potencia Energética	72 MW
Inicio de actividades de explotación	Aprobado
Concesión de beneficio	Aprobado
Inversión global	1,600 MM US\$



Proyecto	Quellaveco
Operador	Angloamerican
Tipo de Proyecto	Greenfield (Nuevo)
Inicio estimado construcción	2018
Inicio estimado producción	2022
Estudio Ambiental	EIA d aprobado
Estudio Técnico	Construcción
Región	Moquegua
Potencia Energética	139 MW
Inicio de actividades de explotación	Aprobado
Concesión de beneficio	Aprobado
Inversión global	5,300 MM US\$



Proyecto	Yanacocha Sulfuros
Operador	Minera Yanacocha SRL.
Inicio estimado construcción	2020
Inicio estimado producción	2023
Estudio Ambiental	Modificatoria 2EIA
Estudio Técnico	Factibilidad
Región	Cajamarca
Potencia Energética	78MW
Social	Aceptación social media
Inversión global	US\$ 2,100 millones



Proyecto	Magistral
Operador	Nexa Resources Peru S.A.A.
Inicio estimado construcción	2022
Inicio estimado producción	2023
Estudio Ambiental	EIAd aprobado
Estudio Técnico	Factibilidad
Región	Ancash
Potencia Energética	38 MW
Social	Convenio Marco
Inversión global	US\$ 480 millones



Proyecto	Integración Corcohuayco
Operador	Minera Antapaccay
Tipo de Proyecto	Brownfield (Reposición)
Inicio estimado construcción	2020
Inicio estimado producción	2022
Estudio Ambiental	EIAsd Aprobado el 2014.
Estudio Técnico	Factibilidad
Región	Cusco
Potencia Energética	39 MW
Concesión de beneficio	Aprobado
Inversión global	590MM US\$



Proyecto	Pukaqaga
Operador	Nexa Resources Peru S.A.A.
Inicio estimado construcción	Por definir
Inicio estimado producción	Por definir
Estudio Ambiental	EIAd aprobado para explotación el 2015
Estudio Técnico	Factibilidad
Región	Huancavelica
Potencia Energética	38 MW
Social	Fortalecimiento de Aspectos comunitarios
Inversión global	US\$706.3 millones



Proyecto	Quechua
Operador	Cia. Minera Quechua S.A.
Inicio estimado construcción	Por definir
Inicio estimado producción	Por definir
Estudio Ambiental	No ha presentado
Estudio Técnico	Factibilidad
Región	Cusco
Potencia Energética	74 MW
Social	Fortalecimiento de Aspectos comunitarios
Inversión global	US\$ 1,290 millones



<b>Proyecto</b>	<b>Racaycocha sur</b>
Operador	Minera Peñoles de Perú S.A.
Inicio estimado construcción	Por definir
Inicio estimado producción	Por definir
Estudio Ambiental	No cuenta con EIA
Estudio Técnico	Pre Factibilidad
Región	Áncash
Potencia Energética	65MW
Social	Conversaciones con las comunidades
Inversión global	US\$1,000 millones



<b>Proyecto</b>	<b>Rondoni</b>
Operador	Cía. Minera Vichaycocha S.A.
Inicio estimado construcción	Por definir
Inicio estimado producción	Por definir
Estudio Ambiental	No presentado
Estudio Técnico	Pre factibilidad
Región	Huánuco
Potencia Energética	
Social	Se consiguió acuerdo con la comunidad solo para actividades de exploración
Inversión global	US\$250 millones



<b>Proyecto</b>	<b>Trapiche</b>
Operador	El Molle Verde S.A.C.
Inicio estimado construcción	Por definir
Inicio estimado producción	Por definir
Estudio Ambiental	No presentado
Estudio Técnico	Pre Factibilidad
Región	Apurímac
Potencia Energética	54MW
Social	Con acuerdos comunales
Inversión global	US\$ 1,000 millones



Proyecto	Rio Blanco
Operador	Rio Blanco Copper S.A.
Inicio estimado construcción	Por definir
Inicio estimado producción	Por definir
Estudio Ambiental	No presentado
Estudio Técnico	Factibilidad
Región	Piura
Potencia Energética	75 MW
Social	En realización de línea base
Inversión global	US\$2,500 millones



Proyecto	Tía María
Operador	Southern Perú Copper Corporation
Inicio estimado construcción	Por definir
Inicio estimado producción	Por definir
Estudio Ambiental	EIA aprobado
Estudio Técnico	Ingeniería de Detalle
Región	Arequipa
Potencia Energética	88 MW
Social	Sin aceptación social
Inversión global	US\$ 1,400 millones



Proyecto	Zafranal
Operador	Cía. Minera Zafranal
Inicio estimado construcción	2021
Inicio estimado producción	2024
Estudio Ambiental	EIA sd para exploraciones, está preparando el EIA con su estudio de factibilidad
Estudio Técnico	Factibilidad
Región	Arequipa
Potencia Energética	87 MW
Social	Alejado de áreas agrícolas y población
Inversión global	US\$ 1,157 millones





<b>Proyecto</b>	<b>Haquira</b>
Operador	Minera Antares Perú S.A.C.
Inicio estimado construcción	2022
Inicio estimado producción	2025
Estudio Ambiental	En elaboración de línea base para presentación del EIA
Estudio Técnico	Pre Factibilidad
Región	Apurímac
Potencia Energética	91 MW
Social	Fortalecimiento de Aspectos comunitarios
Inversión global	US\$ 1,860 millones



<b>Proyecto</b>	<b>Los Chancas</b>
Operador	Southern Perú Copper Corporation
Inicio estimado construcción	2022
Inicio estimado producción	2025
Estudio Ambiental	En desarrollo del EIA
Estudio Técnico	Pre Factibilidad
Región	Apurímac
Potencia Energética	95 MW
Social	Desarrollo de programas con las comunidades
Inversión global	US\$ 2,800 millones



<b>Proyecto</b>	<b>Antilla</b>
Operador	Panoro Apurímac S.A.
Tipo de Proyecto	Greenfield (Nuevo)
Inicio estimado construcción	Por definir
Inicio estimado producción	Por definir
Estudio Ambiental	No presentado
Estudio Técnico	Pre Factibilidad
Región	Apurímac
Potencia Energética	33MW
Inicio de actividades de explotación	No ha presentado solicitud de actividades de explotación.
Concesión de beneficio	Aprobado
Inversión global	250 MM US\$



Proyecto	Cañariaco
Operador	Cañariaco Copper Perú S.A.
Tipo de Proyecto	Greenfield (Nuevo)
Inicio estimado construcción	Por definir
Inicio estimado producción	Por definir
Estudio Ambiental	No cuenta con EIAd para explotac.
Estudio Técnico	Factibilidad
Región	Lambayeque
Potencia Energética	86 MW
Inicio de actividades de explotación	No ha presentado solicitud de actividades de explotación.
Concesión de beneficio	No presentado
Inversión global	1,437 MM US\$



Proyecto	Cotabambas
Operador	Panoro Apurímac S.A.
Tipo de Proyecto	Greenfield (Nuevo)
Inicio estimado construcción	Por definir
Inicio estimado producción	Por definir
Estudio Ambiental	En elaboración.
Estudio Técnico	Pre Factibilidad
Región	Apurímac
Potencia Energética	196 MW
Inicio de actividades de explotación	No ha presentado solicitud de actividades de explotación.
Concesión de beneficio	No presentado
Inversión global	1533 MM US\$



Proyecto	Don Javier
Operador	Junefield Group S.A.
Tipo de Proyecto	Greenfield (Nuevo)
Inicio estimado construcción	Por definir
Inicio estimado producción	Por definir
Estudio Ambiental	No cuenta con EIAd para act. Explotación. Tiene una modificatoria de EIAsd del 2014
Estudio Técnico	Pre Factibilidad
Región	Arequipa
Potencia Energética	31 MW
Inicio de actividades de explotación	No ha presentado solicitud de actividades de explotación.
Concesión de beneficio	No presentado
Inversión global	600 MM US\$



Proyecto	El Galeno
Operador	Lumina Copper S.A.C.
Tipo de Proyecto	Greenfield (Nuevo)
Inicio estimado construcción	Por definir
Inicio estimado producción	Por definir
Estudio Ambiental	No cuenta con EIAd para act. Explotación. Tiene una 4ta modificatoria de EIAsd del 2014 y ha presentado la 5ta MEIA sd el 2018.
Estudio Técnico	Pre Factibilidad
Región	Cajamarca
Potencia Energética	No disponible
Inicio de actividades de explotación	No ha presentado solicitud de actividades de explotación.
Concesión de beneficio	No presentado
Inversión global	3,500 MM US\$



Proyecto	La Granja
Operador	Rio Tinto Minera Perú Limitada
Tipo de Proyecto	Greenfield (Nuevo)
Inicio estimado construcción	Por definir
Inicio estimado producción	Por definir
Estudio Ambiental	No cuenta con EIAd para act. Explotación. Tiene un ITS de la 12va modificatoria de EIAsd del 2018, fue aprobado el 2019.
Estudio Técnico	Pre Factibilidad
Región	Cajamarca
Potencia Energética	278 MW
Inicio de actividades de explotación	No ha presentado solicitud de actividades de explotación.
Concesión de beneficio	No presentado
Inversión global	5,000 MM US\$



Proyecto	Los Calatos
Operador	Minera Hampton Perú SAC
Tipo de Proyecto	Greenfield (Nuevo)
Inicio estimado construcción	Por definir
Inicio estimado producción	Por definir
Estudio Ambiental	El EIAd se encuentra elaboración.
Estudio Técnico	Pre Factibilidad
Región	Moquegua
Potencia Energética	60 MW
Inicio de actividades de explotación	No ha presentado solicitud de actividades de explotación.
Concesión de beneficio	No presentado
Inversión global	655 MM US\$



<b>Proyecto</b>	<b>Michiquillay</b>
Operador	Southern Perú Copper Corporation
Tipo de Proyecto	Greenfield (Nuevo)
Inicio estimado construcción	Por definir
Inicio estimado producción	Por definir
Estudio Ambiental	No cuenta con un EIAd para la explotación.
Estudio Técnico	Pre Factibilidad / Scoping
Región	Cajamarca
Potencia Energética	189 MW
Inicio de actividades de explotación	No ha presentado solicitud de actividades de explotación.
Concesión de beneficio	No presentado
Inversión global	2,500 MM US\$



## Referencias Bibliográficas

Bautista, J. (2009). *Sistema fotovoltaico: Gestión adecuada de sistemas de energía solar*. Soluciones Prácticas-ITDG.

<https://solucionespracticas.org.pe/Descargar/6493/36960>

BiodiSol. (s. f.). ¿Qué son las Energías Renovables? [Publicación en blog]. *BiodiSol*.

Recuperado 21 de julio de 2018, de <https://www.biodisol.com/que-son-las-energias-renovables-clasificacion-evolucion-historica-las-fuentes-de-energias-renovables>

BP. (2018). *Statistical Review of World Energy 2018* (N.º 66). BP.

<https://www.bp.com/worldenergystatistics2017>

Butrón F., C. (2018, febrero). *Sector eléctrico: Situación actual y perspectivas*.

[https://www.comexperu.org.pe/upload/seminars/foro/seminario\\_22022018/Presentaci%C3%B3n%20del%20Sr.%20Cesar%20Butron.pdf](https://www.comexperu.org.pe/upload/seminars/foro/seminario_22022018/Presentaci%C3%B3n%20del%20Sr.%20Cesar%20Butron.pdf)

*Calefacción solar térmica: Energía renovable y rentable económicamente*. (2017, diciembre 19). Inarquía. <https://inarquia.es/calefaccion-solar-termica-energia-renovable>

Calle Maraví, J. L. (2017, junio 21). *Energía Renovable* (B. R. Valer Cruces) [Archivo de audio].

CLOU GLOBAL. (30 de Julio de 2019). ¿Qué es la medición de demanda máxima?

Obtenido de Cloud Global: <https://clouglobal.com/es/que-es-la-medicion-de-demanda-maxima>

COES. (2019). *Estadística de operación 2018*. Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.

<https://es.scribd.com/document/422299103/Estadistica-de-Operaciones-2018>

COES-Sinac. (2017). *Informe de diagnóstico de las condiciones operativas del SEIN, periodo 2019-2028* (COES/DP-01-2017). Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.

<https://es.scribd.com/document/390670610/ResumenEjecutivo-InfDiagnostico2019-2028>

*¿Cuál es la diferencia entre la energía solar fotovoltaica y la energía solar térmica?*

(2018). Intelec Ingeniería Energética. <http://www.intelec-ingenieria.com/index.php/blog/82-cual-es-la-diferencia-entre-la-energia-solar-fotovoltaica-y-la-energia-solar-termica>

*¿Cuáles son las principales fuentes de energías del mundo?* (2018). Erenovable.com.

<https://erenovable.com/principales-fuentes-de-energia-del-mundo/>

*Déficit en obras de transmisión eléctrica en Perú supera los US\$ 400 mlls.* (2019, octubre 29). Revista ProActivo. <https://proactivo.com.pe/deficit-en-obras-de-transmision-electrica-en-peru-supera-los-us-400-mlls/>

EL PERUANO. (1 de Junio de 2018). RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 196-2018-MEM/dM. 21. Lima, Lima, Perú.

Energía «verde» para la minería. (2017, mayo). *Energiminas*, 9(55), 84-87.

<https://es.calameo.com/read/0022040516966b78666c1>

Escuela de Postgrado GĔRENS. (2015, diciembre 15). Stakeholders en gestión de proyectos mineros: Importancia [Publicación en blog]. *Blog GERENS Escuela de*

*Postgrado.* <https://gerens.pe/blog/importancia-stakeholders-gestion-de-proyectos-mineros/>

Estela Ramírez, J. (2015). Importante sinergia entre la minería y las renovables.

*Energía y Negocios*, 16(98), 30-35.

<https://es.slideshare.net/JosEstelaRamrez/importante-sinergia-entre-la-mineria-y-las-renovables>

Estela Ramírez, J. (2016, noviembre 30). *La minería peruana y las energías renovables* [Presentaciones y charlas públicas].

<https://es.slideshare.net/JosEstelaRamrez/la-minera-peruana-y-las-energias-renovables-por-jos-estela-ramirez-ceo-de-sami-energy>

Estela Ramírez, J. (2017). Cierre de mina: Un activo energético. *Energía y Negocios*, 18(113), 39-43. <https://es.slideshare.net/JosEstelaRamrez/cierre-de-mina-oportunidad-de-activo-energtico>

Fernández, P. (2017, febrero 13). *Desarrollo de negocios y energías renovables: La minería como espejo*. i-ambiente. <http://www.i-ambiente.es/?q=blogs/desarrollo-de-negocios-y-energias-renovables-la-mineria-como-espejo>

*Fuentes de energía.* (s.f). <https://tiposdeenergia.info/fuentes-de-energia/>

García, F. (01 de Junio de 2020). Construcción Minera y Energía. Obtenido de

Compañía Minera Antamina, Perú: Gigante peruano:

<https://www.construccionminera.cl/compania-minera-antamina-peru-gigante-peruano/#.X1UWTGhKjct>

- Guerra, J. (2016, febrero 25). *Situación actual y perspectivas del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional*. Reunión almuerzo IEEE, Lima. <https://site.ieee.org/peru-pes/files/2015/01/Situaci%C3%B3n-SEIN-2016.pdf>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.
- Hillig, T., & Watson, J. (2016, enero 28). *Solar, storage and mining: New opportunities for solar power development*. Energy and Mines Conference, Londres. [https://www.th-energy.net/app/download/12303426024/20160126\\_Solar\\_storage\\_and\\_mining\\_final\\_1.pdf?t=1579778327](https://www.th-energy.net/app/download/12303426024/20160126_Solar_storage_and_mining_final_1.pdf?t=1579778327)
- Horn, M. (2006, noviembre). El estado actual del uso de la energía solar en el Perú. *Perú económico*, 29(11), 10-11.
- Horn, M. (2010). Aprovechamiento descentralizado de fuentes renovables de energía. En *Matriz energética en el Perú y energías renovables* (pp. 27-43). Fundación Friedrich Ebert. <http://fc.uni.edu.pe/mhorn/Aprovechamiento%20descentralizado.pdf>
- INEI. (Diciembre de 2019). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Obtenido de Evolución de las Exportaciones e Importaciones: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/02-informe-tecnico-n02\\_exportaciones-e-importaciones-dic201](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/02-informe-tecnico-n02_exportaciones-e-importaciones-dic201)
- Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. (07 de Julio de 2020). *Instituto de Ingenieros de Minas del Perú*. Obtenido de Minera Antapaccay con luz verde para proyecto Coroccohuayco:



<http://www.iimp.org.pe/actualidad/minera-antapaccay-con-luz-verde-para-proyecto-coroccohuayco>

Ministerio de Energía y Minas. (2014). *Plan Energético Nacional 2014-2025*

(Documento de Trabajo, p. 14). MEM.

<http://www.minem.gob.pe/detalle.php?idSector=10&idTitular=6397>

Ministerio de Energía y Minas. (2019a). *Boletín estadístico minero* (N.º 12). MEM.

<https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/VARIABLES/2019/BEMDIC2019.pdf>

Ministerio de Energía y Minas. (2019b). *Anuario Minero*. Minem.

<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/ANUARIOS/2019/AM2019.pdf>

MMG Las Bambas. (01 de Junio de 2020). *LasBambas.com*. Obtenido de

CONOCIENDO LAS BAMBAS:

<http://www.lasbambas.com/conociendo-las-bambas>

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (s.f.). *Quiénes Somos*

[Institucional]. Osinergmin.

[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/acerca\\_osinergmin/quienes\\_somos](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/acerca_osinergmin/quienes_somos)

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2017a). *La industria de la*

*electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país* (J.

Tamayo, J. Salvador, A. Vásquez, & C. Vilchez, Eds.). Osinergmin.

[http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anos.pdf](http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anos.pdf)

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2017b). *La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático* (A. Vásquez, J. Tamayo, & J. Salvador, Eds.). Osinergmin.

[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf)

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2017c). *La industria de la minería en el Perú: 20 años de contribución al crecimiento y desarrollo económico del país* (J. Tamayo, J. Salvador, A. Vásquez, & V. Zurita, Eds.). Osinergmin.

[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Osinergmin-Industria-Mineria-Peru-20anios.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Osinergmin-Industria-Mineria-Peru-20anios.pdf)

Perú cartera de proyectos mineros asciende a US\$ 57,772 millones. (2019, octubre 23). [Publicación en blog]. *DIPROMIN*.

<https://www.dipromin.com/noticias/notiempresas/peru-cartera-de-proyectos-mineros-asciende-a-us-57772-millones/>

*Perú, el país con mayor radiación solar del mundo, alcanza niveles históricos*. (2016, enero 8). [Portal de noticias]. Agencia EFE.

<https://www.efe.com/efe/america/cronicas/peru-el-pais-con-mayor-radiacion-solar-del-mundo-alcanza-niveles-historicos/50000490-2806126>

Perú registró US\$ 27,745 millones en exportaciones mineras en 2017 y crecen 24%.

(2018, febrero 8). *Diario Gestión*. <https://gestion.pe/economia/peru-registro-us-27-745-millones-exportaciones-mineras-2017-y-crecen-24-226822-noticia/>

*Portal Web del COES*. (s.f.). [Institucional]. Comité de Operación Económica del

Sistema Interconectado Nacional. <https://www.coes.org.pe/portal/>

- Ruiz, M., & Vera Tudela, R. (2013). Sector eléctrico: Balance oferta demanda 2013-2018. *Revista Moneda*, 155. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Moneda/moneda-155/moneda-155-06.pdf>
- Sánchez, P. (2017, diciembre 13). *Creada la Sociedad Peruana de Energías Renovables (SPR)*. PV magazine Latin America. <https://www.pv-magazine-latam.com/2017/12/13/creada-la-sociedad-peruana-de-energias-renovables-spr/>
- Schallenberg, J., Piernavieja, G., Hernández, C., & Unamunzaga, P. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Instituto Tecnológico de Canarias. <http://uprid2.up.ac.pa:8080/xmlui/handle/123456789/1459>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2003). *Atlas de energía solar del Perú: Proyecto PER/98/G31, electrificación rural a base de energía fotovoltaica en el Perú*. (s/n; p. 31). Senamhi. [https://www.senamhi.gob.pe/pdf/atlas\\_solar.pdf](https://www.senamhi.gob.pe/pdf/atlas_solar.pdf)
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2018, enero 29). *Pronóstico de radiación UV máximo*. SENAMHI. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=radiacion-uv>
- Slack, K. (2009). *Conflictos mineros en el Perú: Condición crítica* (p. 14). Oxfam América. <https://oxf.am/29fD4wk>
- Southern Copper. (2018). *Informe Anual 2018*. Southern Copper
- Vásquez Chigne, L. C. de F., & Zúñiga Anticona, B. M. (2016). *Proyecto de prefactibilidad para la implementación de energía solar fotovoltaica y térmica en el campamento minero Comihuasa* [Tesis de Licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/593339>