



Asistencia Técnica para la Modernización de los Servicios Públicos en Uruguay

OPP-BM 4598-UR-PNUD-URU/01/010

“Estudios de base para el diseño de estrategias y políticas energéticas: relevamiento de consumos de energía sectoriales en términos de energía útil a nivel nacional”

INFORME DE OTROS SECTORES CAPITULO 3. MINERÍA

Informe Final

**Fundación Bariloche (FB) (Argentina)
Programa de Estudios e Investigaciones en Energía
(PRIEN) (Chile)**

Montevideo, Diciembre de 2008

EQUIPO DE TRABAJO

Por Fundación Bariloche:

Bravo, Gonzalo
Bravo, Víctor
Di Sbroiavacca, Nicolás
Groisman, Fernando
Kozulj, Roberto
Landaveri, Raúl (Director del proyecto)
Nadal, Gustavo
Pistonesi, Héctor
Vargas, Rodrigo

Por el Programa de Estudios e Investigaciones en Energía:

Córdova, Carlos
Domenech, Francisco
Esperguel, Eduardo
Flores, Carlos
López, Gonzalo
Maldonado, Pedro (Coordinador PRIEN)
Morales, Franco
Muñoz, Alfredo
Neuenschwander, Esteban
Román, Roberto
Salinas, Álvaro
Silva, Iris

Por Research Uruguay:

Díaz, Adriana
Forrisi, Diego
Gómez, Gabriel
Héctor Núñez Caviglia (Técnico responsable)
Martínez, Graciela
Pastor, Juan

Por la Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear:

Galione, Pedro
Gaudioso, Rossana
Mattos, Cristina (Coordinadora DNETN)
Mena, Carolina
Reyes, Alejandra

INDICE

1. Aspectos metodológicos	1
2. Diseño de la Muestra	3
3. Relevamiento de la información	5
4. Expansión de los resultados y ajuste al balance Energético Nacional	7
5. Caracterización del Consumo Total de Energía por Fuentes y Usos	9
5.1. Consumo de Energía Neta y Útil por Fuentes y Usos Total Sector Minería	9
5.2. Consumo de Energía Neta y Útil por Fuentes y Usos por Subsector.....	14
5.2.1. Grupo 1: Materiales para Construcción e Industriales	14
5.2.2. Grupo 2: Rocas de Aplicación, Metales y Piedras Preciosas.....	18
5.2.3. Grupo 3: Oro	22
5.3. Consumo de Energía Neta por Fuente, Uso, Tipo de Equipo y Antigüedad	25
5.3.1. Consumo de Energía Neta por Usos según Antigüedad de Equipos.....	25
5.3.2. Consumo de Energía Neta en los Usos Importantes por Tipo de Equipo según Antigüedad.....	27
5.4. Consumos no Energéticos por Subsector y Tipo.....	29
5.5. Autoproducción de Electricidad	29
6. Potencial de Ahorro Energético	31
6.1. Bases para la Estimación de los Potenciales de Ahorro de Energía Neta	31
6.2. Estimación de los potenciales de ahorro	34
6.3. Análisis Cualitativo de la Situación del Uso Racional de la Energía	36
7. Importancia de los Factores para los Procesos de Sustitución	40
8. Metodología de Actualización	41
8.1. Nueva Expansión de los Resultados de la Muestra.....	41
8.2. Ajuste al Balance Energético Nacional	42
Anexo 1: Rendimientos de Utilización por Tipo de Equipo y Fuente	43
Anexo 2: Guía para El Procesamiento de la Encuesta de Minería	45

1. Aspectos metodológicos

Para el estudio de los consumos de energía del Sector Minería de la República Oriental del Uruguay se analizó en primer lugar los principales minerales explotados en el país y en función de ello, y a partir de información de la DINAMIGE, se clasificó el sector en tres grupos:

Grupo 1: materiales para la construcción e industriales, dentro del cual se consideran:

- Calizas
- Balasto
- Arena
- Triturados
- Arena de cantera
- Tosca
- Arcillas caoliníticas
- Piedra en bruto
- Arcillas para cerámica
- Talco
- Piedra de descarte
- Bentonita

Grupo 2: rocas de aplicación, metales y piedras preciosas, dentro del cual se consideran:

- Piedras preciosas
- Hierro
- Lajas
- Granitos
- Mármoles
- Dolomita

Grupo 3: relacionado exclusivamente con la producción de oro.

La caracterización del consumo de energía del sector Minería, con la finalidad de utilizar modelos analíticos de prospectiva de los requerimientos energéticos y el diseño de políticas, implica:

- Conocer qué fuentes energéticas se utilizan y en qué cantidad;
- Identificar a qué finalidad se destina cada fuente, es decir, los usos finales de la energía;
- Conocer la eficiencia de utilización de cada fuente en cada uso
- Conocer la intensidad energética del sector.

Con la finalidad de obtener los consumos de energía neta y la energía útil por fuentes y usos se relevaron, básicamente, los consumos anuales de cada una de las fuentes energéticas y la dotación de la totalidad de equipos consumidores de energía que utiliza la cantera o mina encuestada. De cada equipo se releva, entre otros datos, su potencia, tipo de tecnología, fuente energética utilizada y las horas anuales de utilización, lo que permite luego asignar los consumos de las fuentes a cada equipo, y por lo tanto, obtener los consumos por usos. Luego, con el consumo de energía de cada equipo y con su rendimiento de utilización, se obtiene la energía útil de cada equipo.

Para el sector minería la unidad sobre la cual se capta la información es la cantera o yacimiento, y no la empresa.

Las principales fuentes energéticas consumidas por la minería de la República Oriental del Uruguay son las siguientes:

1. LE: Leña
2. SG: Supergás
3. NF: Nafta
4. GO: Gas Oil
5. EE: Electricidad

No se detectaron en la muestra encuestada el consumo de otras fuentes como Gas Propano, Biodiesel, u otras que pudieran utilizarse.

Se consideraron las siguientes categorías de usos en el sector minería

1. Iluminación
2. Calor
3. Fuerza motriz móvil
4. Fuerza motriz fija
5. Usos no productivos
6. Usos no energéticos

Iluminación: Luz artificial que permite prolongar el horario de las actividades humanas durante la noche y servir de complemento a la luz natural durante el día, cuando ésta no es suficiente por condicionantes climáticas o constructivas de los edificios.

Calor: Equipos destinados a elevar la temperatura de un proceso mediante calentamiento de un fluido térmico o calor directo mediante hornos.

Fuerza Motriz Fija: Equipos que transforman la energía eléctrica o térmica en energía mecánica. Normalmente motores diesel o eléctricos de inducción.

Fuerza Motriz Móvil: Equipos que utilizan la potencia de los motores para desplazar una carga de un punto a otro o que se desplazan para extraer material del área explotada de la cantera o yacimiento. También incluye vehículos destinados para transporte interno dentro del yacimiento.

Usos no productivos: Usos de la energía destinados a satisfacer requerimientos del yacimiento o cantera no vinculados a la extracción o refinación de los minerales, tales como cocinas, calefones o heladeras.

Usos no energéticos: Usos de combustibles, grasas o lubricantes destinados a limpieza o mantención de los equipos o maquinaria al interior del yacimiento.

Además, la información a relevar incluye la Autoproducción de Electricidad, tanto en la Electricidad generada como el correspondiente consumo de combustibles.

En cuanto a los rendimientos de utilización por tipo de equipo y fuente, a los fines de calcular el consumo de energía útil, se utilizan rendimientos estándar adecuados a las características del presente estudio. El relevamiento en campo de los rendimientos reales de los equipos requiere la realización de auditorías energéticas, lo que no está incluido dentro de los alcances de este trabajo.

2. Diseño de la Muestra

El universo de referencia para el diseño del muestreo en este sector fue construido en base a la producción promedio de minerales en el período 2003-2005 en toneladas por cantera proporcionada por Dirección Nacional de Minería y Geología (DINAMIGE).

Sobre la base de la lista de explotaciones mineras y su distribución por grupos especializados por tipo de productos se realizó la partición del universo de minería. En el Cuadro 2.1 se presenta dicha distribución.

Cuadro 2.1
Sector Minería
Partición por grupos del universo de Minería
Cantidad de yacimientos por grupo¹
Año 2006

	Grandes	Medianas	Pequeñas	Total
Grupo 1	15	36	127	178
Grupo 2	9	15	26	50
Grupo 3	7			7
Total	31	51	153	235

Fuente: elaboración propia sobre la base de información proporcionada por DINAMIGE

En el Grupo 1 las Grandes son aquellas con una producción promedio anual superior a 75.000 tn y las Pequeñas inferior a 20.000. En el Grupo 2 esos límites fueron 1.500 tn y 400 tn respectivamente.

Diseño del muestro y determinación del tamaño de la muestra

Con relación al universo de minería se adoptó un esquema de muestreo aleatorio estratificado, donde el tamaño de las muestras se determinó respetando el nivel de confiabilidad requerido en los Términos de Referencia (TdR) del Proyecto.

Las ecuaciones utilizadas para la determinación del tamaño de las muestras, con los niveles de confianza del 95% y errores aceptables, se incluyen a continuación. Es así como el tamaño muestral (n) queda expresado por la función (1)

$$(1) \quad n = (\sum_h W_h S_h)^2 / [(d^2/t^2) + (\sum_h W_h S_h^2 / N)]$$

Donde:

$$W_h = N_h / N$$

y,

N: Tamaño del sub-universo

N_h : Tamaño de grupo h en el subuniverso

S_h^2 : la varianza poblacional del grupo h

S_h : el desvío estándar poblacional del grupo h

d: es el grado de precisión de la estimación

t: la abscisa de la distribución normal correspondiente a una probabilidad de 0,975

¹ No se contabilizaron las minas y canteras con una producción promedio anual inferior a 1.000 tn en el Grupo 1 e inferior a 50 tn en el Grupo 2.

De modo tal, como se establece en los TdR del Proyecto, que:

$$(2) \quad P (| \bar{x}_{St} - \bar{X} | < d) = 0,95$$

Donde:

$$\bar{x}_{St} = \sum_h W_h \bar{x}_h ; \quad \bar{x}_h = (1/n_h) \sum_h x_{hi}; \quad \bar{X} = (1/N) \sum_{ih} x_{hi}$$

Son respectivamente

\bar{x}_{St} : Media estratificada (estimador insesgado de la media poblacional del sub-universo)

\bar{x}_h : Media muestral del grupo h del sub-universo

\bar{X} : Media poblacional

n_h : Tamaño de la muestra en el grupo h del sub-universo

La expresión (1) presupone que la asignación del tamaño de la muestra a cada grupo sea realizada de manera óptima. Es decir, tomando en cuenta el grado relativo de la diversidad en cada grupo. Esto es, utilizando la siguiente expresión:

$$(3) \quad n_h = n (W_h S_h / \sum_h W_h S_h)$$

Los tamaños totales de la muestra para el sector se establecieron sobre la base de una confiabilidad del 95%, tal como se exigía en los Términos de Referencia del Proyecto, y grados de precisión aceptables. Se definió que el error no supere el 14%; considerando, por una parte, la restricción presupuestaria y, por otra, que el sector tiene una participación relativamente baja en el consumo final total de energía.

Mediante la aplicación de ese esquema de muestreo y los requerimientos del proyecto, resultaron los grupos detallados en el Cuadro 2.2.

Cuadro 2.2
Sector Minería
Tamaño de las muestras correspondientes a Minería
Cantidad de yacimientos por grupo
Año 2006

	Grandes	Medianas	Pequeñas	Total
Grupo 1	15	6	7	28
Grupo 2	9	2	1	12
Grupo 3	4			4
Total	28	8	8	44

Fuente: elaboración propia.

3. Relevamiento de la información

En este punto se resumen los principales aspectos del desarrollo y resultados operativos del trabajo de campo; del procesamiento de los datos relevados; los resultados de la validación o cierre de las encuestas relevadas; y el error resultante con las encuestas finalmente aceptadas para la obtención de los resultados del estudio.

- a) El equipo de trabajo de campo para Minería incluyó: un responsable técnico, un jefe de campo, un crítico, un digitador y un grupo de encuestadores.
- b) La empresa responsable de la ejecución del trabajo de campo cumplió las siguientes funciones:
 - Selección y contratación del personal de campo y de oficina.
 - Coordinación y dirección del trabajo de campo.
 - Realización de una encuesta piloto a tres empresas (una por cada grupo) y análisis de los resultados, para evaluar la necesidad de realizar o no ajustes a los cuestionarios.
 - Planificación del trabajo de campo.
 - Realización del trabajo de campo.
 - Crítica primaria (revisión del supervisor) y secundaria (revisión del crítico) de la totalidad de los cuestionarios.
 - Recontacto de encuestados para los cuestionarios incompletos.
 - Sustitución de aquellos casos en que la unidad seleccionada originalmente no pueda ser encuestada por diversos motivos.
 - Digitación en los programas de captura de todos los cuestionarios relevados.
- c) El equipo consultor, por su parte, proporcionó los siguientes elementos para la realización del trabajo de campo:
 - Diseño de las muestras.
 - Diseño del cuestionario.
 - Confección del manual del encuestador
 - Confección de instrucciones de trabajo para el supervisor, crítico y digitador.
 - Capacitación del plantel de encuestadores.
 - Capacitación y asistencia a los supervisores, críticos y digitadores.
 - Diseño y desarrollo de los programas de captura de datos, procesamiento de encuestas (cálculos de consumo, eficiencia, energía útil, potencial de ahorro, etc.), análisis de consistencia (cierre de compras y consumo de los equipos) y obtención de las salidas de resultados.
- d) Previo a la capacitación de encuestadores y supervisores, el diseño de los cuestionarios fue consensuado con el equipo de contraparte de la DNETN.
- e) La capacitación de encuestadores y supervisores se realizó en una jornada de aproximadamente 3 horas de duración. La asistencia incluyó personal de la empresa y potenciales encuestadores seleccionados por ésta.

- f) La digitación de la información relevada no presentó inconvenientes por parte de los encuestadores.
- g) El programa requerido para la elaboración de la base de datos y procesamiento de las encuestas consideró una interfaz de digitación Excel, desarrollada a partir del mismo cuestionario Excel; esto hizo que la digitación fuese muy simple. Dado el número reducido de encuestas del sector minería el procesamiento se programó en base a planillas de cálculo Excel.
- h) Se realizaron efectivamente un total de 30 encuestas para todo el sector y se validaron todas. Dado que algunas empresas explotan más de una cantera/mina y no era factible desagregar el tiempo de uso de la maquinaria para cada una individualmente y en consecuencia su consumo de energía, estas encuestas se computaron por la cantidad de canteras/minas comprendidas. De este modo, 3 de las encuestas relevadas incluían 16 unidades, con lo que el total de canteras o minas relevadas asciende a 43.
- i) Si bien el diseño de la muestra considera una partición de acuerdo a los grupos especializados por tipos de mineral, el relevamiento de la información de más encuestas permitió subdividir las empresas según tamaño. Esto y el resultado en cuanto a la cantidad de minas/canteras relevadas, incluyendo la estratificación de las mismas se muestra en el Cuadro 3.1 junto con los errores resultantes. En el Grupo 2 no se pudo obtener respuesta de las 12 encuestas previstas en el diseño y, pasado un tiempo prolongado, se decidió cerrar el estudio con 8 encuestas y un error inferior al 20% dado que este grupo representa sólo el 1,9% del consumo de energía neta del sector Minería. En el Grupo 3 se encuestó al universo.

Cuadro 3.1
Sector Minería

Muestra relevada y error resultante

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Total
Grandes	10	5	7	22
Medianas	9	2	0	11
Pequeñas	9	1	0	10
Total	28	8	7	43
Error resultante	14 %	20 %	0 %	

Fuente. Elaboración propia

4. Expansión de los resultados y ajuste al balance Energético Nacional

La variable de expansión utilizada es el tonelaje de extracción de los distintos grupos.

El cuadro siguiente resume la estadística facilitada por DINAMIGE en cuanto a producción anual para el año 2006 del Sector Minería. Se presentan los valores de la variable de expansión para cada grupo de la muestra, definido en el capítulo 2, especificando la producción de la muestra y del universo para el grupo correspondiente, y definiendo con ello los Factores de Expansión (FE) como el cociente entre las respectivas producciones del universo y la muestra para cada uno de dichos grupos.

Cuadro 4.1
Sector Minería
Factores de Expansión (FE)
Año 2006 - datos de producción en Ton

Grupos	Producción por Grupos Muestra	Producción por Grupos Universo	Factores de Expansión
Grupo 1	1.798.530	6.039.595	3,36
Grupo 2	28.589	56.142	1,96
Grupo 3	1.280.248	1.280.248	1,00

Fuente: elaboración propia e información de la DINAMIGE

En este sector se decidió no expandir por estrato de tamaño de la mina/cantera debido a la gran variabilidad de su producción entre un año y otro; las encuestas que incluían información de más de una cantera de diferentes tamaños; y que, en algunos casos, las compras de combustibles informadas y utilización de la maquinaria fueron promedios anuales.

Una vez expandidos los resultados, es necesario ajustar estos valores a los consumos de cada fuente consignados en el Balance Energético Nacional (BEN) obtenidos de las estadísticas energéticas registradas.

Los Factores de Ajuste al Balance Energético Nacional (BEN) surgen, en líneas generales, como el cociente entre los valores de los consumos de energía por fuente obtenidos del BEN (Consumo Final + Consumo Intermedio en Autoproducción + Consumo No Energético) y los consumos de energía neta resultantes de la expansión de las encuestas.

Para algunas fuentes, el Factor de Ajuste al BEN se obtiene para cada sector independientemente; mientras que para otras en forma conjunta a otro sector o para la totalidad de los sectores de consumo.

En Minería, se obtienen los FA como se detalla a continuación:

Supergás, Nafta y Gas Oil:

FA = (consumo final No Energético + consumo final Energético + consumo final de Autoproducción) del BEN / (consumo de Autoproducción + consumo final No Energético + consumo final Energético) de las muestras expandidas.

Leña:

FA = 1, ya no se dispone de estadística registrada sobre los consumos de esta fuente.

Electricidad:

FA = ((consumo agro/pesca Energético) del BEN) – (consumo pesca Energético) de la muestras expandidas) / (consumo agropecuario Energético + consumo minería Energético) de las muestras expandidas

En el Cuadro 4.2 se presentan los Factores de Ajuste a aplicar a cada fuente del sector Minería.

Cuadro 4.2
Sector Minería
Factores de Ajuste al Balance Energético
Año 2006

Fuente	Factor de Ajuste
Supergás	0,601
Gas Oil	0,921
Nafta	1,022
Leña	1,000
Electricidad	1,204

Fuente: elaboración propia.

5. Caracterización del Consumo Total de Energía por Fuentes y Usos

Para el Sector Minería se analizará la estructura del consumo energético por fuentes y usos, tanto en Energía Neta como en Energía Útil, los rendimientos de utilización de cada fuente y uso, la importancia de cada uso en el conjunto de los usos, la participación de los usos en el consumo de las distintas fuentes y de las fuentes en el uso. En el punto 5.2 se presentan las matrices del consumo por fuentes y usos para los diferentes grupos del Sector Minería.

Para la estimación de la Energía Útil, se ha utilizado rendimientos estándar para cada tipo de equipo, haciendo en algunos casos diferencias por fuentes y usos. Todos estos rendimientos se detallan en el Anexo 1.

5.1. Consumo de Energía Neta y Útil por Fuentes y Usos Total Sector Minería

De acuerdo con el Cuadro 5.1.1 el consumo de Energía Neta para el Sector Minería alcanza 17,0 kTep, siendo las principales fuentes el Gas Oil y la Electricidad, las que aportan 10,4 kTep y 5,5 kTep, respectivamente.

A nivel de usos destacan la Fuerza Motriz Móvil y la Fuerza Motriz Fija con un consumo de 9,6 kTep y 6,0 kTep, respectivamente.

Cuadro 5.1.1
Sector Minería
Consumo de Energía Neta por Fuentes y Usos
Año 2006 – en Tep

Uso Energético	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					69,5	69,5
Calor	1.088,6	0,7		275,6		1.365,0
Fuerza motriz móvil				9.580,6		9.580,6
Fuerza motriz fija			18,7	549,1	5.439,2	6.006,9
Uso no productivo		3,6			13,2	16,8
Total	1.088,6	4,3	18,7	10.405,3	5.521,9	17.038,8

Fuente: elaboración propia

Nota: un 3,6% del abastecimiento eléctrico corresponde a autogeneración

De acuerdo con el Cuadro 5.1.2, en el abastecimiento de los usos finales destaca la participación del Gas Oil y la Electricidad con un 61,1% y un 32,4%, respectivamente.

Cuadro 5.1.2
Sector Minería
Participación de las Fuentes en el Consumo de Energía Neta por Usos
Año 2006 – en %

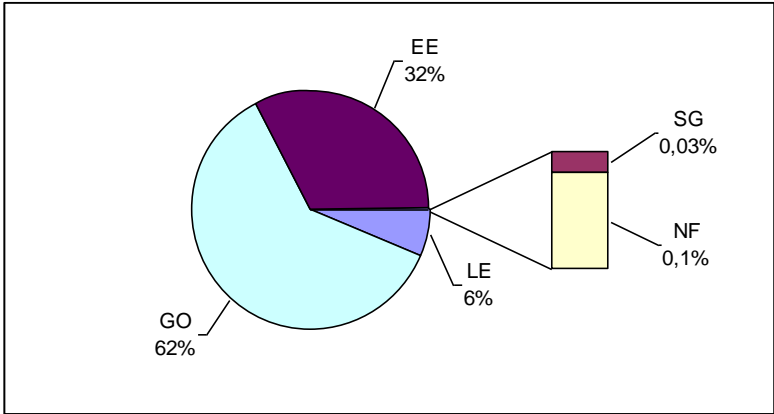
Uso Energético	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					100,0	100,0
Calor	79,8	0,1		20,2		100,0
Fuerza motriz móvil				100,0		100,0
Fuerza motriz fija			0,3	9,1	90,5	100,0
Uso no productivo		21,6			78,4	100,0
Total	6,4	0,0	0,1	61,1	32,4	100,0

Fuente: elaboración propia

Cabe destacar, que en los usos principales, la competencia es limitada; así, por ejemplo, en el Calor compiten la Leña y el Gas Oil, con un 79,8% y un 20,2%, respectivamente. En Fuerza Motriz Fija, la Electricidad tiene un 90,5% de participación, y el Gas Oil sólo un 9,1%.

El Gráfico 5.1.1 permite visualizar la importancia relativa de las distintas Fuentes, al nivel de la Energía Neta.

Gráfico 5.1.1
Sector Minería
Participación de las Fuentes en el consumo de Energía Neta



Fuente. Elaboración propia

De acuerdo al Cuadro 5.1.3, en la participación de los Usos en el Consumo de Energía Neta destacan la Fuerza Motriz Móvil y la Fuerza Motriz Fija, con un 56,2% y un 35,3%, respectivamente.

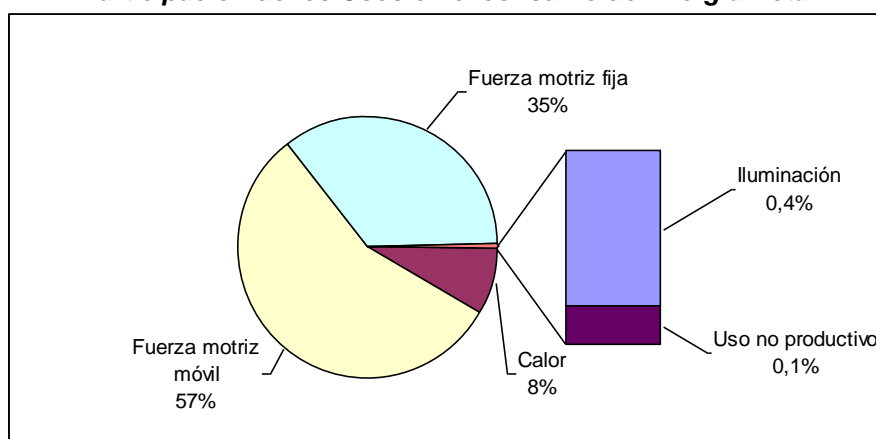
Cuadro 5.1.3
Sector Minería
Participación de los Usos en el Consumo de Energía Neta por Fuentes
Año 2006 – en %

Uso Energético	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					1,3	0,4
Calor	100,0	15,9		2,6		8,0
Fuerza motriz móvil				92,1		56,2
Fuerza motriz fija			100,0	5,3	98,5	35,3
Uso no productivo		84,1			0,2	0,1
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: elaboración propia

El Gráfico 5.1.2 permite visualizar la importancia relativa de los distintos Usos, al nivel de la Energía Neta.

Gráfico 5.1.2
Sector Minería
Participación de los Usos en el consumo de Energía Neta



Fuente. Elaboración propia

De acuerdo con el Cuadro 5.1.4 el Consumo de Energía Útil en el Sector Minería alcanza 9,1 kTep, lo que supone un rendimiento medio del sector de 53,7%. A nivel de las fuentes, como en el caso de la Energía Neta, destacan la Electricidad y el Gas Oil, con una Energía Útil de 5,1 kTep y 3,2 kTep, respectivamente, y a nivel de los usos, destacan la Fuerza Motriz Fija y la Fuerza Motriz Móvil, que consumen 5,2 kTep y 2,8 kTep, respectivamente.

Cuadro 5.1.4
Sector Minería
Consumo de Energía Útil por Fuentes y Usos
Año 2006 – en Tep

Uso Energético	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					16,8	16,8
Calor	816,5	0,5		206,7		1.023,7
Fuerza motriz móvil				2.848,9		2.848,9
Fuerza motriz fija			3,4	152,2	5.091,2	5.246,8
Uso no productivo		1,5			11,1	12,6
Total	816,5	2,0	3,4	3.207,9	5.119,1	9.148,9

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con el Cuadro 5.1.5 y el Cuadro 5.1.6, en el Consumo de Energía Útil destaca la participación de la Electricidad (56,0%) y el Gas Oil (35,1%)

Cuadro 5.1.5
Sector Minería
Participación de las Fuentes en el Consumo de Energía Útil por Usos
Año 2006 – en %

Uso Energético	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					100,0	100,0
Calor	79,8	0,1		20,2		100,0
Fuerza motriz móvil				100,0		100,0
Fuerza motriz fija			0,1	2,9	97,0	100,0
Uso no productivo		11,9			88,1	100,0
Total	8,9	0,0	0,0	35,1	56,0	100,0

Fuente: elaboración propia

Cuadro 5.1.6
Sector Minería
Participación de los Usos en el Consumo de Energía Útil por Fuentes
Año 2006 – en %

Uso Energético	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					0,3	0,2
Calor	100,0	25,5		6,4		11,2
Fuerza motriz móvil				88,8		31,1
Fuerza motriz fija			100,0	4,7	99,5	57,3
Uso no productivo		74,5			0,2	0,1
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con el Cuadro 5.1.7 las Fuentes que logran un mayor Rendimiento de Utilización en sus usos respectivos son la Electricidad, la Leña y el Supergás, los que alcanzan 92,7%, 75,0% y 46,8%, respectivamente. A nivel de los principales Usos destacan la Fuerza Motriz Fija y el Calor, con rendimientos de 87,3% y 75,0%, respectivamente.

Cuadro 5.1.7
Sector Minería
Rendimientos de Utilización
Año 2006 – en %

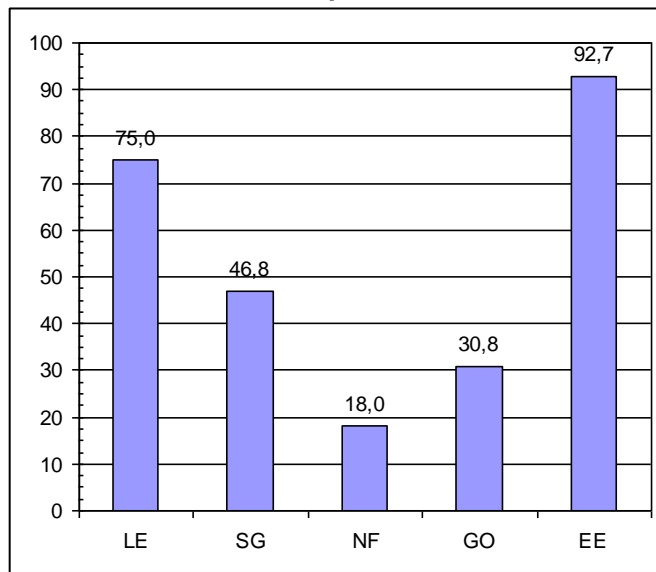
Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					24,2	24,2
Calor	75,0	75,0		75,0		75,0
Fuerza Motriz Móvil				29,7		29,7
Fuerza Motriz Fija			18,0	27,7	93,6	87,3
Uso no Productivo		41,5			84,4	75,1
Total	75,0	46,8	18,0	30,8	92,7	53,7

Fuente: elaboración propia

Nota: El presente cuadro se calcula como cociente entre la Energía Útil y la Energía Neta. La Energía Útil se calcula para cada equipo según los rendimientos indicados en el Anexo 2.

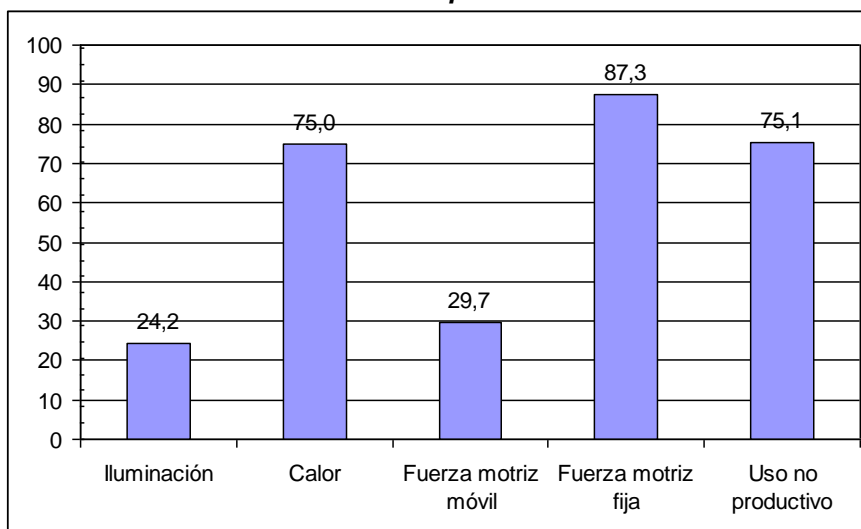
El Gráfico 5.1.3 y el Gráfico 5.1.4 presentan los rendimientos por uso y por fuente respectivamente, de los equipos del Sector Minería.

Gráfico 5.1.3
Rendimientos por fuente en %



Fuente. Elaboración propia

Gráfico 5.1.4
Rendimientos por uso en %



Fuente. Elaboración propia

5.2. Consumo de Energía Neta y Útil por Fuentes y Usos por Subsector

5.2.1. Grupo 1: Materiales para Construcción e Industriales

La producción de este grupo alcanzó en el año 2006 a 6.039.595 tn y el consumo total de Energía Neta del grupo es de 8,0 kTep, representando un 47,1% del total del sector Minería. El consumo específico de energía por tonelada extraída es de 1,33 kep/tn.

El Cuadro 5.2.1.1 muestra el consumo de Energía Neta por fuente y uso, siendo las principales fuentes el Gas Oil, con 6,0 kTep, y la Leña, con 1,1 kTep.

En cuanto a los usos destacan la Fuerza Motriz Móvil, con 5,4 kTep, la Fuerza Motriz Fija, con 1,5 kTep, y el Calor, con 1,1 kTep.

Cuadro 5.2.1.1
Grupo 1 Sector Minería
Consumo de Energía Neta por Fuentes y Usos
Año 2006 - en Tep

Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					46,4	46,4
Calor	1.088,6	0,7				1.089,3
Fuerza Motriz Móvil				5.424,8		5.424,8
Fuerza Motriz Fija				537,0	916,0	1.453,0
Uso No Productivo		3,1			13,0	16,2
Total	1.088,6	3,8		5.961,8	975,5	8.029,8

Fuente: elaboración propia

Nota: la autogeneración representa un 0,4% del abastecimiento de electricidad.

De acuerdo al Cuadro 5.2.1.2, en el abastecimiento de los usos finales destaca la participación del Gas Oil (74,2%) y la Leña (13,6%).

Cuadro 5.2.1.2
Grupo 1 Sector Minería
Participación de las Fuentes en el Consumo de Energía Neta por Usos
Año 2006 – en %

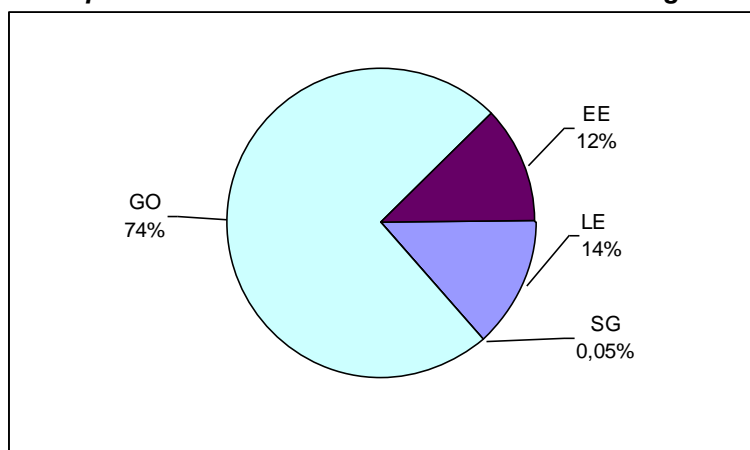
Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					100,0	100,0
Calor	99,9	0,1				100,0
Fuerza Motriz Móvil				100,0		100,0
Fuerza Motriz Fija				37,0	63,0	100,0
Uso No Productivo		19,4			80,6	100,0
Total	13,6	0,05		74,2	12,1	100,0

Fuente: elaboración propia

Prácticamente no existe competencia entre las fuentes para el abastecimiento de los distintos usos, salvo en el caso de la Fuerza Motriz Fija, donde la Electricidad compite con el GO con un 63,0% y un 37,0%, respectivamente.

El Gráfico 5.2.1.1 permite visualizar la importancia relativa de las distintas Fuentes, al nivel de la Energía Neta.

Gráfico 5.2.1.1
 Grupo 1 Sector Minería
Participación de las Fuentes en el consumo de Energía Neta



Fuente. Elaboración propia

El Cuadro 5.2.1.3 muestra la participación de los usos en el consumo de las fuentes al nivel de Energía Neta, destacando la Fuerza Motriz Móvil (67,6%) y la Fuerza Motriz Fija (18,1%).

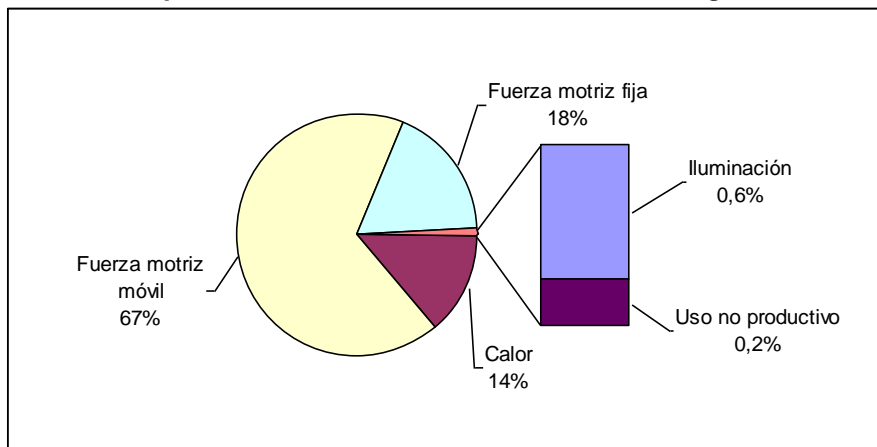
Cuadro 5.2.1.3
 Grupo 1 Sector Minería
Participación de los Usos en el Consumo de Energía Neta por Fuentes
 Año 2006 – en %

Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					4,8	0,6
Calor	100,0	18,0				13,6
Fuerza Motriz Móvil				91,0		67,6
Fuerza Motriz Fija				9,0	93,9	18,1
Uso No Productivo		82,0			1,3	0,2
Total	100,0	100,0		100,0	100,0	100,0

Fuente: elaboración propia

El Gráfico 5.2.1.2 permite visualizar la importancia relativa de los distintos usos, al nivel de la Energía Neta.

Gráfico 5.2.1.2
 Grupo 1 Sector Minería
Participación de los Usos en el consumo de Energía Neta



Fuente. Elaboración propia

De acuerdo al Cuadro 5.2.1.4, el consumo de Energía Útil del Grupo 1 alcanza los 3,4 kTep, representando el 37,4% del total del sector Minería. El rendimiento de utilización total del grupo es de un 42,6%.

Cuadro 5.2.1.4
Grupo 1 Sector Minería
Consumo de Energía Útil por Fuentes y Usos
Año 2006 - en Tep

Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					9,1	9,1
Calor	816,5	0,5				817,0
Fuerza Motriz Móvil				1.607,8		1.607,8
Fuerza Motriz Fija				148,9	827,6	976,4
Uso No Productivo		1,3			11,0	12,3
Total	816,5	1,8		1.756,6	847,7	3.422,6

Fuente: elaboración propia

En el Cuadro 5.2.1.5, el cual muestra la participación de las fuentes en el consumo de Energía Útil, se puede apreciar que el bajo rendimiento del Gas Oil, en sus respectivos usos, hace que éste pierda importancia relativa al nivel de la Energía Útil, pasando de un 74,2% de participación al nivel de Energía Neta, a 51,3%. Caso contrario ocurre con la Electricidad, la que duplica su participación con respecto a la Energía Neta, alcanzando un 24,8%.

Cuadro 5.2.1.5
Grupo 1 Sector Minería
Participación de las Fuentes en el Consumo de Energía Útil por Usos
Año 2006 - en %

Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					100,0	100,0
Calor	99,9	0,1				100,0
Fuerza Motriz Móvil				100,0		100,0
Fuerza Motriz Fija				15,2	84,8	100,0
Uso No Productivo		10,4			89,6	100,0
Total	23,9	0,1		51,3	24,8	100,0

Fuente: elaboración propia

A su vez, de acuerdo con el Cuadro 5.2.1.6, al nivel de Energía Útil los usos que destacan en el consumo de las distintas fuentes son la Fuerza Motriz Móvil (47,0%), la Fuerza Motriz Fija (28,5%) y el Calor (23,9%).

Cuadro 5.2.1.6
Grupo 1 Sector Minería
Participación de los Usos en el Consumo de Energía Útil por Fuentes
Año 2006 - en %

Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					1,1	0,3
Calor	100,0	28,7				23,9
Fuerza Motriz Móvil				91,5		47,0
Fuerza Motriz Fija				8,5	97,6	28,5
Uso No Productivo		71,3			1,3	0,4
Total	100,0	100,0		100,0	100,0	100,0

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con el Cuadro 5.2.1.7, el rendimiento del Grupo es de 42,6%, siendo las fuentes que logran un mayor rendimiento, en sus usos respectivos, la Electricidad (86,9%) y la Leña (75%). Al nivel de usos destacan el Calor (75,0%) y la Fuerza Motriz Fija (67,2%).

Cuadro 5.2.1.7
Grupo 1 Sector Minería
Rendimientos de Utilización
Año 2006 - en %

Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					19,7	19,7
Calor	75,0	75,0				75,0
Fuerza Motriz Móvil				29,6		29,6
Fuerza Motriz Fija				27,7	90,3	67,2
Uso No Productivo		40,9			84,3	75,9
Total	75,0	47,1		29,5	86,9	42,6

Fuente: elaboración propia

5.2.2. Grupo 2: Rocas de Aplicación, Metales y Piedras Preciosas

La producción de este grupo alcanzó en el año 2006 a 56.142 tn y el consumo total de Energía Neta del grupo a 0,3 kTep, representando un 1,9% del total del sector minería. El consumo de energía por tonelada extraída es de 5,85 kep/tn.

El Cuadro 5.2.2.1 muestra el consumo de Energía Neta por fuente y uso, siendo las principales fuentes el Gas Oil, con 0,3 kTep.

En cuanto a los usos destaca la Fuerza Motriz Móvil, con 0,29 kTep.

Cuadro 5.2.2.1
Grupo 2 Sector Minería
Consumo de Energía Neta por Fuentes y Usos
Año 2006 - en Tep

Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					0,01	0,01
Calor						
Fuerza Motriz Móvil				292,9		292,9
Fuerza Motriz Fija			18,7	12,0	4,5	35,1
Uso No Productivo		0,5			0,1	0,6
Total		0,5	18,7	304,9	4,6	328,6

Fuente: elaboración propia

Nota: la autogeneración representa un 30,7% del abastecimiento de la electricidad.

De acuerdo al Cuadro 5.2.2.2, en el abastecimiento de los usos finales destaca ampliamente la participación del Gas Oil (92,8%).

Cuadro 5.2.2.2
Grupo 2 Sector Minería
Participación de las Fuentes en el Consumo de Energía Neta por Usos
Año 2006 - en %

Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					100,0	100,0
Calor						
Fuerza Motriz Móvil				100,0		100,0
Fuerza Motriz Fija			53,1	34,3	12,7	100,0
Uso No Productivo		80,3			19,7	100,0
Total		0,2	5,7	92,8	1,4	100,0

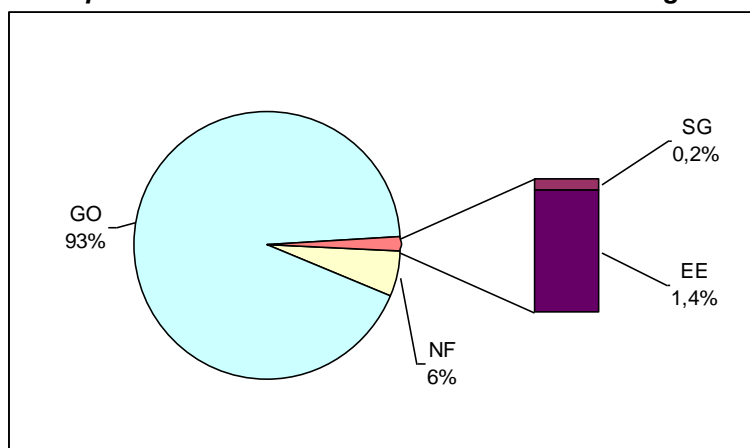
Fuente: elaboración propia

En este Grupo prácticamente no existe competencia entre las fuentes para el abastecimiento de los distintos usos, salvo en el caso de la Fuerza Motriz Fija, donde una posible sustitución podría darse en el largo plazo como resultado del reemplazo de los equipos por obsolescencia y en función de los precios relativos de las distintas fuentes, aumentando la importancia de la Electricidad.

El Gráfico 5.2.2.1 permite visualizar la importancia relativa de las distintas Fuentes, al nivel de la Energía Neta.

Gráfico 5.2.2.1
Grupo 2 Sector Minería

Participación de las Fuentes en el consumo de Energía Neta



Fuente. Elaboración propia

De acuerdo al Cuadro 5.2.2.3, al nivel de la Energía Neta, destacan en el consumo de las distintas fuentes, los usos Fuerza Motriz Móvil (89,1%) y Fuerza Motriz Fija (10,7%).

Cuadro 5.2.2.3
Grupo 2 Sector Minería

Participación de los Usos en el Consumo de Energía Neta por Fuentes

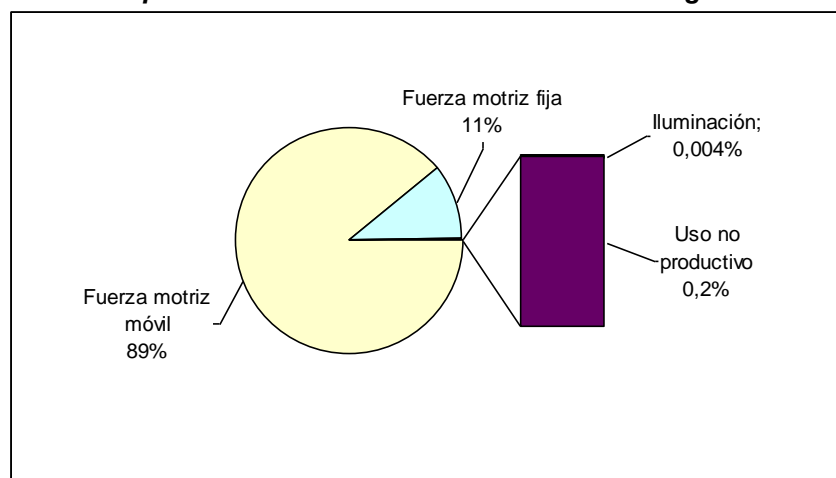
Año 2006 – en %

Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					0,3	0,004
Calor						
Fuerza Motriz Móvil				96,1		89,1
Fuerza Motriz Fija			100,0	3,9	97,1	10,7
Uso No Productivo		100,0			2,7	0,2
Total		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: elaboración propia

El Gráfico 5.2.2.2 permite visualizar la importancia relativa de los distintos Usos, al nivel de la Energía Neta.

Gráfico 5.2.2.2
Grupo 2 Sector Minería
Participación de los Usos en el consumo de Energía Neta



Fuente. Elaboración propia

De acuerdo al Cuadro 5.2.2.4, el consumo de Energía Útil del Grupo alcanza los 0,1 kTep, representando un 1,02% del total del sector Minería, con lo cual el rendimiento de utilización total del grupo es de un 28,4%.

Cuadro 5.2.2.4
Grupo 2 Sector Minería
Consumo de Energía Útil por Fuentes y Usos
Año 2006 - en Tep

Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					0,001	0,001
Calor						
Fuerza Motriz Móvil				82,3		82,3
Fuerza Motriz Fija			3,4	3,4	3,8	10,5
Uso No Productivo		0,2			0,1	0,3
Total		0,2	3,4	85,7	3,9	93,2

Fuente: elaboración propia

En el Cuadro 5.2.2.5, el cual muestra la participación de las fuentes en el consumo de Energía Útil, se puede apreciar que el Gas Oil prácticamente mantiene el destacado nivel de participación que presenta al nivel de Energía Neta, a pesar del bajo rendimiento que presenta en sus usos respectivos.

Cuadro 5.2.2.5
Grupo 2 Sector Minería
Participación de las Fuentes en el Consumo de Energía Útil por Usos
Año 2006 - en %

Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					100,0	100,0
Calor						
Fuerza Motriz Móvil				100,0		100,0
Fuerza Motriz Fija			31,9	32,1	36,1	100,0
Uso No Productivo		65,8			34,2	100,0
Total		0,2	3,6	91,9	4,2	100,0

Fuente: elaboración propia

A su vez, de acuerdo con el Cuadro 5.2.2.6, al nivel de Energía Útil los usos que destacan en el consumo de las distintas fuentes son la Fuerza Motriz Móvil (88,3%) y la Fuerza Motriz Fija (11,3%).

Cuadro 5.2.2.6
Grupo 2 Sector Minería
Participación de los Usos en el Consumo de Energía Útil por Fuentes
Año 2006 - en Tep

Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					0,02	0,001
Calor						
Fuerza Motriz Móvil				96,1		88,3
Fuerza Motriz Fija			100,0	3,9	97,0	11,3
Uso No Productivo		100,0			3,0	0,4
Total		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con el Cuadro 5.2.2.7, el rendimiento del Grupo es de 28,4%, siendo las fuentes que logran un mayor rendimiento, en sus usos respectivos, la Electricidad (85,4%) y el Supergás (45,0%). A nivel de los usos destacan el Uso No Productivo (54,9%) y la Fuerza Motriz Fija (30,0%).

Cuadro 5.2.2.7
Grupo 2 Sector Minería
Rendimientos de Utilización
Año 2006 - en %

Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					5,0	5,0
Calor						
Fuerza Motriz Móvil				28,1		28,1
Fuerza Motriz Fija			18,0	28,1	85,4	30,0
Uso No Productivo		45,0			95,0	54,9
Total		45,0	18,0	28,1	85,4	28,4

Fuente: elaboración propia

5.2.3. Grupo 3: Oro

La producción de este Grupo alcanzó en el año 2006 a 1.280.248 tn y el consumo total de Energía Neta del grupo es de 8,7 kTep, representando un 50,9% del total del sector minería. El consumo de energía por tonelada extraída es de 6,8 kep/tn.

El Cuadro 5.2.3.1 muestra el consumo de Energía Neta por fuente y uso, siendo la principal fuente la Electricidad, con 4,5 kTep.

En cuanto a los usos destaca la Fuerza Motriz Fija, con 4,5 kTep, y la Fuerza Motriz Móvil, con 3,9 kTep.

Cuadro 5.2.3.1
Grupo 3 Sector Minería
Consumo de Energía Neta por Fuentes y Usos
Año 2006 - en Tep

Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					23,1	23,1
Calor				275,6		275,6
Fuerza Motriz Móvil				3.863,0		3.863,0
Fuerza Motriz Fija					4.518,7	4.518,7
Uso No Productivo					0,0	0,0
Total				4.138,6	4.541,8	8.680,4

Fuente: elaboración propia

Nota: la autogeneración representa un 3,5% del abastecimiento de la electricidad.

De acuerdo con el Cuadro 5.2.3.2, en el abastecimiento de los usos finales se encuentran equiparadas las participaciones de la Electricidad (52,3%) y el Gas Oil (47,7%).

Cuadro 5.2.3.2
Grupo 3 Sector Minería
Participación de las Fuentes en el Consumo de Energía Neta por Usos
Año 2006 – en %

Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					100,0	100,0
Calor				100,0		100,0
Fuerza Motriz Móvil				100,0		100,0
Fuerza Motriz Fija					100,0	100,0
Uso No Productivo					100,0	100,0
Total				47,7	52,3	100,0

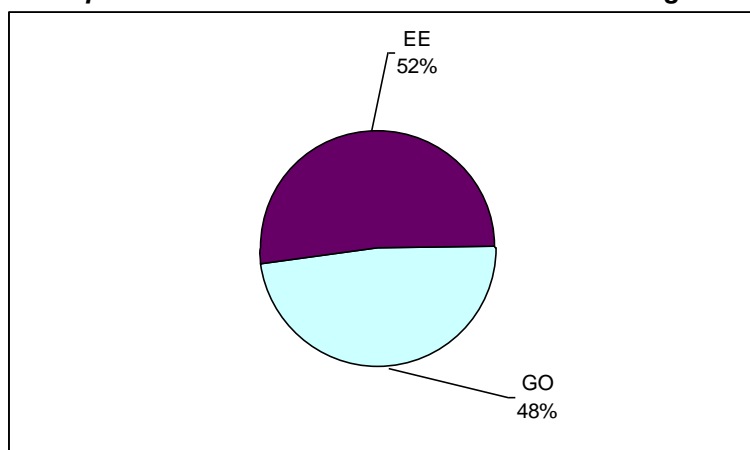
Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior se desprende que no existe competencia entre las fuentes para el abastecimiento de los distintos usos.

El Gráfico 5.2.3.1 permite visualizar la importancia relativa de las distintas Fuentes, al nivel de la Energía Neta.

Gráfico 5.2.3.1
Grupo 3 Sector Minería

Participación de las Fuentes en el consumo de Energía Neta



Fuente. Elaboración propia

De acuerdo con el Cuadro 5.2.3.3, al nivel de la Energía Neta, destacan en el consumo de las distintas fuentes, los usos Fuerza Motriz Fija (52,1%) y Fuerza Motriz Móvil (44,5%).

Cuadro 5.2.3.3
Grupo 3 Sector Minería

Participación de los Usos en el Consumo de Energía Neta por Fuentes

Año 2006 – en %

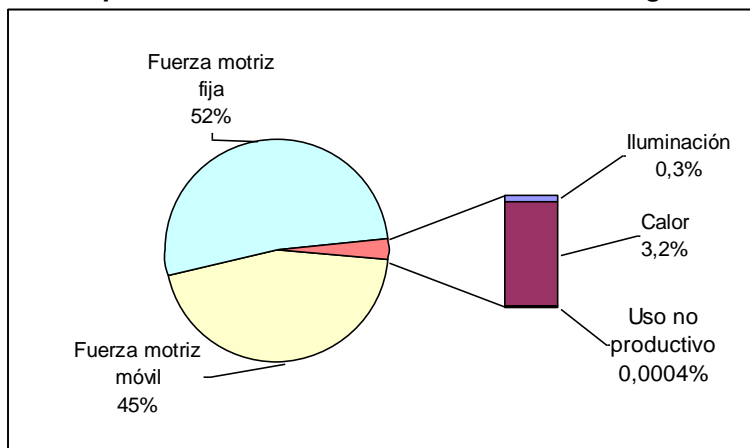
Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					0,5	0,3
Calor				6,7		3,2
Fuerza Motriz Móvil				93,3		44,5
Fuerza Motriz Fija					99,5	52,1
Uso No Productivo					0,0	0,0
Total				100,0	100,0	100,0

Fuente: elaboración propia

El Gráfico 5.2.3.2 permite visualizar la importancia relativa de los distintos usos, al nivel de la Energía Neta.

Gráfico 5.2.3.2
Grupo 3 Sector Minería

Participación de los Usos en el consumo de Energía Neta



Fuente. Elaboración propia

El Cuadro 5.2.3.4 muestra el consumo de Energía Útil del Grupo 3, el que alcanza 5,6 kTep, siendo la principal fuente la Electricidad, con 4,3 kTep. Al nivel de usos destacan la Fuerza Motriz Fija, con 4,3 kTep, y la Fuerza Motriz Móvil, con 1,2 kTep.

Cuadro 5.2.3.4
Grupo 3 Sector Minería
Consumo de Energía Útil por Fuentes y Usos
Año 2006 - en Tep

Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					7,7	7,7
Calor				206,7		206,7
Fuerza Motriz Móvil				1.158,9		1.158,9
Fuerza Motriz Fija					4.259,8	4.259,8
Uso No Productivo					0,0	0,0
Total				1.365,6	4.267,5	5.633,1

Fuente: elaboración propia

En el Cuadro 5.2.3.5 se puede apreciar que el bajo rendimiento del Gas Oil, en sus respectivos usos, hace que éste pierda importancia relativa al nivel de la Energía Útil, pasando de un 47,7% de participación al nivel de Energía Neta, a 24,2%. Caso contrario ocurre con la Electricidad, la que aumenta su participación con respecto a la Energía Neta, alcanzando un 75,8%.

Cuadro 5.2.3.5
Grupo 3 Sector Minería
Participación de las Fuentes en el Consumo de Energía Útil por Usos
Año 2006 - en Tep

Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					100,0	100,0
Calor				100,0		100,0
Fuerza Motriz Móvil				100,0		100,0
Fuerza Motriz Fija					100,0	100,0
Uso No Productivo					100,0	100,0
Total				24,2	75,8	100,0

Fuente: elaboración propia

A su vez, de acuerdo con el Cuadro 5.2.3.6, al nivel de Energía Útil, los usos que destacan en el consumo de las distintas fuentes son la Fuerza Motriz Fija (75,6%) y la Fuerza Motriz Móvil (20,6%).

Cuadro 5.2.3.6
Grupo 3 Sector Minería
Participación de los Usos en el Consumo de Energía Útil por Fuentes
Año 2006 - en Tep

Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					0,2	0,1
Calor				15,1		3,7
Fuerza Motriz Móvil				84,9		20,6
Fuerza Motriz Fija					99,8	75,6
Uso No Productivo					0,0	0,0
Total				100,0	100,0	100,0

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con el Cuadro 5.2.3.7, el rendimiento del Grupo es de 64,9%, siendo la fuente que logra un mayor rendimiento, en sus usos respectivos, la Electricidad (94,0%). A nivel de usos destacan la Fuerza Motriz Fija (94,3%) y el Uso No Productivo (80,0%).

Cuadro 5.2.3.7
Grupo 3 Sector Minería
Rendimientos de Utilización
Año 2006 - en %

Usos	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación					33,2	33,2
Calor				75,0		75,0
Fuerza Motriz Móvil				30,0		30,0
Fuerza Motriz Fija					94,3	94,3
Uso No Productivo					80,0	80,0
Total				33,0	94,0	64,9

Fuente: elaboración propia

5.3. Consumo de Energía Neta por Fuente, Uso, Tipo de Equipo y Antigüedad

Para el Sector Minería, en su conjunto y por grupos, se analizará la estructura del consumo de energía neta en relación a la antigüedad de los equipos, distinguiendo dicha antigüedad para los distintos usos de la energía, tipos de equipos para los usos energéticos más importantes. No se analizan los consumos de energía útil ni los rendimientos según la antigüedad de los equipos, porque en la estimación de los rendimientos no se consideró la variable antigüedad.

En la encuesta se definieron rangos de antigüedad de los equipos en intervalos de 5 años hasta los 50 años de antigüedad, luego un intervalo 51-60 años y finalmente más de 60 años. No obstante, desde una perspectiva de política pública de eficiencia energética no se justifica un desglose tan detallado, a partir de una cierta antigüedad. Los rangos de edad que se consideraron fueron cada 5 años hasta los 20 años, cada 10 años hasta los 40 años, y más de 40 años.

5.3.1. Consumo de Energía Neta por Usos según Antigüedad de Equipos

En los cuadros que se presentan más adelante, en la columna "Antigüedad NO Definida" se presentan los consumos de energía neta de los Usos Iluminación y Usos No Productivos, porque en ambos no se preguntó la antigüedad de los equipos. En Iluminación no tiene sentido la Antigüedad, dada la reducida vida útil de las luminarias o que desde el punto de vista de los consumos ellos no son relevantes, como los Usos no Productivos. En la columna "Antigüedad NO Informada" se presentan los consumos de los equipos cuya antigüedad no se informó en la encuesta, a pesar de haberse preguntado. En la última columna y fila del cuadro se presentan los porcentajes correspondientes a los totales.

En el Cuadro 5.3.1.1 se presentan los consumos de energía neta en Tep/año por Usos según la antigüedad de sus equipos en todo el Sector Minería.

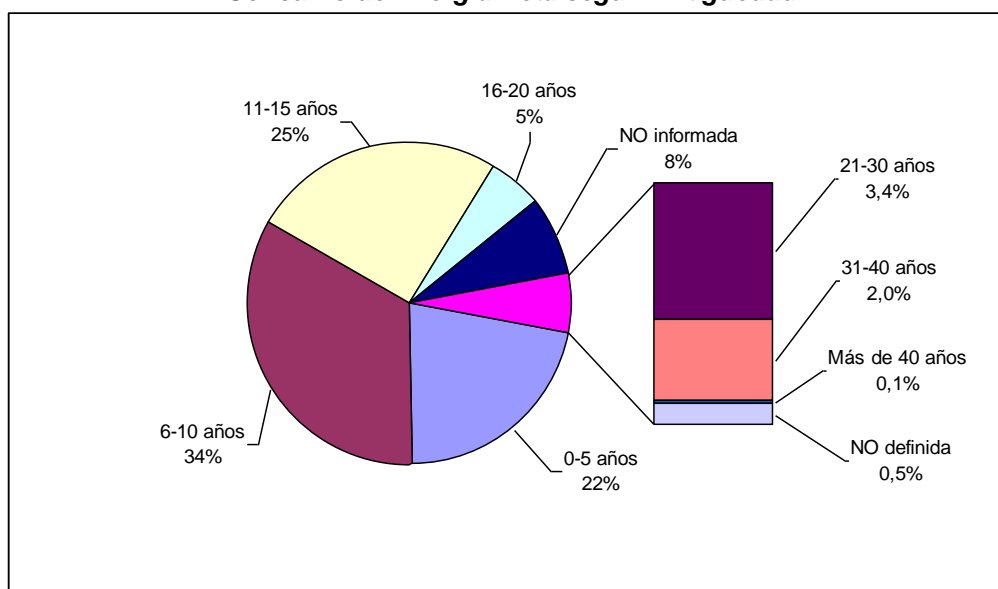
Cuadro 5.3.1.1
Sector Minería
Consumo de Energía Neta por Usos según Antigüedad
Año 2006 - en Tep/Año

Usos	0-5 años	6-10 años	11-15 años	16-20 años	21-30 años	31-40 años	Más de 40 años	NO definida	NO informada	Total	Total Porcentaje
Iluminación								70		70	0,4%
Calor		276							1.089	1.365	8,0%
Fuerza Motriz Móvil	3.432	762	3.855	836	352	109	3		233	9.581	56,2%
Fuerza Motriz Fija	241	4.731	453	73	224	228	11		46	6.007	35,3%
Uso no Productivo								17		17	0,1%
Total	3.673	5.769	4.308	909	576	337	14	86	1.368	17.039	100%
Total Porcentaje	21,6%	33,9%	25,3%	5,3%	3,4%	2,0%	0,1%	0,5%	8,0%	100%	

Fuente: elaboración propia

El consumo de energía se concentra en su mayoría en los equipos con antigüedad en el rango 6-10 años, con 5,8 kTep equivalentes al 33,9%, seguido por los equipos en el rango 11-15 años, con 4,3 kTep, equivalentes al 25,3%. Los equipos con más de 40 años de antigüedad concentran el 0,1% del consumo de energía neta (0,01 kTep). Los equipos con antigüedad no informada concentran el 8,0% del consumo del Sector Minería (1,4 kTep). Estos resultados porcentuales se ilustran en el Gráfico 5.3.1.

Gráfico 5.3.1
Sector Minería
Consumo de Energía Neta según Antigüedad



Fuente. Elaboración propia

5.3.2. Consumo de Energía Neta en los Usos Importantes por Tipo de Equipo según Antigüedad

Para efectos de este análisis de consumo de Energía Neta por tipo de equipo según antigüedad, en los Usos energéticos importantes, los tipos de equipos se definieron distinguiendo equipos cuyas diferencias técnicas tienen alguna relación con su rendimiento y por ende, con las políticas energéticas que pudiesen surgir posteriores a este estudio. Dada la mayor especificidad de este análisis de consumos de Energía Neta según antigüedad en cada Uso importante, se distinguen más rangos de antigüedad que en la sección anterior.

Uso: Fuerza Motriz Móvil

En Fuerza Motriz Móvil se definieron doce tipos de equipos distintos: Camiones, Camiones Dumper, Cargadores Frontales, Excavadoras, Martillos Neumáticos, Motoniveladoras, Perforadoras, Retroexcavadoras, Retroexcavadoras-Cargadores y Tractores, Otros equipos o maquinaria y Equipos no definidos. Esta clasificación se hizo basándose en el amplio rango de equipos definidos para el sector y equipos que cabían en más de una clasificación o equipos que no eran detallados se agregaron a las dos últimas categorías mencionadas.

Se debe señalar que todos los equipos móviles señalados corresponden a vehículos cuyo uso de da exclusivamente al interior del yacimiento, es decir, se incluyen en esta categoría vehículos de transporte interno.

En el Cuadro 5.3.2.1 se presentan los resultados obtenidos para los tipos de equipos definidos según antigüedad.

Cuadro 5.3.2.1
Sector Minería
Uso: Fuerza Motriz Móvil
Consumo de Energía Neta por Tipo de Equipo según Antigüedad
Año 2006 - en Tep/año

Tipos clasificados	0-5 años	6-10 años	11-15 años	16-20 años	21-30 años	31-40 años	Más de 40 años	NO informada	Total	Total Porcentaje
Camiones	1.500		1.862	589	113	67			4.130	43,1%
Camiones Dumper			43					182	225	2,4%
Cargadores Frontales		238	514	63	178	32		16	1.041	10,9%
Equipos no especificados	149					4			153	1,6%
Excavadoras	268	78			5				351	3,7%
Martillos neumáticos		30	73	9	6			14	132	1,4%
Motoniveladoras			266	1					267	2,8%
Otros equipos o maquinaria	1.011	111	19	3				7	1.151	12,0%
Perforadoras			425						425	4,4%
Retroexcavadoras	504	201	611	171	14	6	3	13	1.524	15,9%
Retroexcavadoras -Cargadores		103							103	1,1%
Tractores			41		36				78	0,8%
Total	3.432	762	3.855	836	352	109	3	233	9.581	100%
Total Porcentaje	35,8%	8,0%	40,2%	8,7%	3,7%	1,1%	0,03%	2,4%	100%	

Fuente: Elaboración Propia

El consumo total de energía neta en Fuerza Motriz Móvil es de 9,6 kTep, de los cuales el 43,1% del consumo es debido al uso de Camiones, un 15,9% es debido al uso de

Retroexcavadoras, un 12,0% corresponde a Otros Equipos y Maquinarias y un 10,9% corresponde al uso de Cargadores Frontales.

Uso: Fuerza Motriz Fija

En Fuerza Motriz Fija se definieron diez tipos de equipos distintos: Bombas, Celdas Electrolíticas, Compresores de Aire, Correas Transportadoras, Hormigoneras, Molinos, Montacargas, Trituradores, Zaranda y Otros Equipos y Maquinaria. Esta clasificación se hizo basándose en el amplio rango de equipos definidos para el sector.

En el Cuadro 5.3.2.2 se presentan los resultados obtenidos para los tipos de equipos definidos según antigüedad.

Cuadro 5.3.2.2
Sector Minería
Uso: Fuerza Motriz Fija
Consumo de Energía Neta por Tipo de Equipo según Antigüedad
Año 2006 - en Tep/año

Tipos clasificados	0-5 años	6-10 años	11-15 años	16-20 años	21-30 años	31-40 años	Más de 40 años	Antigüedad NO informada	Total	Total Porcentaje
Bombas	213	697	335		23			25	1.293	21,5%
Celdas Electrolíticas		23							23	0,4%
Compresores de aire	28		28						55	0,9%
Correas transportadoras		98	30	70		15			213	3,6%
Hormigoneras					2				2	0,04%
Molinos		3.459				158	8	2	3.627	60,4%
Montacargas			1						1	0,0%
Otros equipos o maquinaria	0	307	60			8			375	6,2%
Trituradores		123		3	185	47	2	19	377	6,3%
Zaranda		25			14		1		40	0,7%
Total	241	4.731	453	73	224	228	11	46	6.007	100%
Total Porcentaje	4,0%	78,8%	7,5%	1,2%	3,7%	3,8%	0,2%	0,8%	100%	

Fuente: Elaboración Propia

El consumo total de energía neta en Fuerza Motriz Móvil es de 6,0 kTep, de los cuales el 60,4% del consumo es debido al uso de Molinos, un 21,5% es debido al uso de Bombas, un 6,3% es debido al uso de Trituradores, y un 6,2% corresponde al uso de Otros Equipos y Maquinarias.

5.4. Consumos no Energéticos por Subsector y Tipo

De acuerdo con el Cuadro 5.4.1, el Consumo No Energético en el Sector Minería alcanza 0,5 Tep, presentando consumos de esta naturaleza solamente en el Grupo 1, donde se utiliza Nafta.

Cuadro 5.4.1
Sector Minería
Consumos No Energéticos por Grupo y Tipo
Año 2006 – en Tep

Grupo	NF	Total
1	0,5	0,5
2		
3		
Total	0,5	0,5

Fuente. Elaboración propia

5.5. Autoproducción de Electricidad

De acuerdo con el Cuadro 5.5.1, la Potencia Instalada en Equipos de Autoproducción de Electricidad en el Sector Minería alcanza 3 MW, siendo el Grupo 3 poseedor del 65,0% de esta capacidad.

Cuadro 5.5.1
Sector Minería
Potencia instalada en Autogeneración
Año 2006 – en kW

Grupo	GO	Total
1	672,0	672,0
2	362,6	362,6
3	1.920,0	1.920,0
Total	2.954,6	2.954,6

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo con el Cuadro 5.5.2 la Electricidad generada en el sector Minería alcanza 1,9 GWh, correspondiendo prácticamente toda al Grupo 3 (97,0%).

Cuadro 5.5.2
Sector Minería
Energía eléctrica generada
Año 2006 – en MWh/año

Grupo	GO	Total
1	41,2	41,2
2	16,4	16,4
3	1.848,8	1.848,8
Total	1.906,4	1.906,4

Fuente. Elaboración propia

En cuanto a la importancia relativa de la autoproducción de electricidad, ésta sólo es importante para el grupo 2, donde se genera el 31% de la electricidad consumida, pero no se justifica hacer un mayor análisis de esto pues el consumo del grupo 2 representa sólo el 1,9% del total de electricidad del sector.

De acuerdo al Cuadro 5.5.3 el Consumo de Combustible destinado a los Equipos de Autoproducción de Electricidad es de 0,5 kTep, correspondiendo prácticamente el total al Grupo 3 (97,0%).

Cuadro 5.5.3
Sector Minería
Consumo por fuentes para autogeneración
Año 2006 – en Tep/año

Grupo	GO	Total
1	10,9	10,9
2	4,3	4,3
3	488,1	488,1
Total	503,3	503,3

Fuente. Elaboración propia

6. Potencial de Ahorro Energético

6.1. Bases para la Estimación de los Potenciales de Ahorro de Energía Neta

Se estimó un potencial de ahorro de energía neta para el sector Minería a partir de una estimación del ahorro potencial en cada equipo en los distintos usos energéticos.

Se definió un rendimiento óptimo para cada tipo de equipo en los usos energéticos, el cual determina el respectivo potencial de ahorro.

El consumo óptimo de un equipo k , usando la fuente de energía i , se calcula con la ecuación siguiente:

$$\text{Consumo}_{i,k}^{\text{óptimo}} \text{ [ep]} = \frac{EU_{i,k} \text{ [ep]}}{\eta_k^{\text{óptimo}} \left[\frac{\%}{100} \right]}$$

El ahorro de energía en cada equipo se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{Ahorro}_{i,k} \text{ [ep]} = \text{Consumo}_{i,k} \text{ [ep]} - \text{Consumo}_{i,k}^{\text{óptimo}} \text{ [ep]}$$

Los rendimientos óptimos considerados para cada uso, fueron los siguientes:

Iluminación:

Se usó como rendimiento óptimo, el rendimiento de la lámpara más eficiente típicamente usada en la Minería:

- 25% que es el rendimiento de las lámparas fluorescentes y de bajo consumo, aplicable de reemplazo para lámparas incandescentes, halógenas y vapor de mercurio
- Las lámparas de sodio de alta presión, que tienen un rendimiento del 30% no se consideró un reemplazo más eficiente, dadas las características de este tipo de lámparas, cuyo reemplazo por otro tipo de lámpara depende directamente de las necesidades del usuario.
- Las lámparas de sodio de baja presión, que tienen un rendimiento del 50% no se consideró un reemplazo más eficiente, dadas las características de este tipo de lámparas, cuyo reemplazo por otro tipo de lámpara depende directamente de las necesidades del usuario.

Calor

En el caso de Calderas se consideró como rendimiento óptimo el rendimiento de una caldera de vapor en muy buenas condiciones de funcionamiento: 85%.

Para los Hornos se utilizó el rendimiento de un horno eficiente, estimándose este valor en 80%².

² Ambos valores estimados en base a la experiencia PRIEN y las siguientes referencias:

Fuerza Motriz Fija:

En el caso de motores eléctricos, el rendimiento óptimo se obtuvo a partir de los rendimientos según la NORMA IEC para motores eficientes EFF1, definida en función de la potencia del motor en HP o kW. Estos datos de potencia se expresaron en kep/hr y se obtuvo la siguiente ecuación para estimar el rendimiento óptimo de motores eléctricos, donde P es la potencia del motor:

$$\eta_k^{\text{óptimo}} \left[\frac{\%}{100} \right] = \frac{2,49 \cdot \ln \left(P \left[\frac{\text{kep}}{\text{hr}} \right] \right) + 90,65}{100}$$

Dado que la fórmula es siempre creciente, se ha acotado el rendimiento óptimo por 96%.

Por el momento no se ha hecho análisis alguno sobre la viabilidad de reemplazar un motor eléctrico estándar por uno eficiente, ni tampoco se ha evaluado el potencial de ahorro mediante la incorporación de variadores de frecuencia en motores que accionan equipos de flujo variable, como bombas, ventiladores, corras transportadoras, etc.

En el caso de motores de combustión interna³ la estimación de la eficiencia óptima depende de la fuente, considerando dos casos:

- Gas Oil:
 - Para potencias menores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 29%.
 - Para potencias mayores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 37%.
- Nafta:
 - Para potencias menores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 21%.
 - Para potencias mayores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 23%.

Fuerza Motriz Móvil:

En este uso no existen equipos eléctricos, por lo cual para los equipos a combustible, se consideran, según la fuente, dos casos⁴:

- Gas Oil:
 - Para potencias menores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 27%.

-Perry's Chemical Engineers' Handbook, Sixth Edition, Table 20-14 Representative Materials Dried in Direct-Heat Rotatory Dryers.

- Técnicas de Conservación Energética en la Industria, Tomo I Fundamentos y Ahorros en Operaciones, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE España).

³ Valores estimados en base a la experiencia PRIEN y la publicación Diesel Engine Design Academy 1999.

⁴ Idem anterior.

- Para potencias mayores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 35%.
- Nafta:
 - Para potencias menores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 21%.
 - Para potencias mayores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 23%.

Uso No Productivo:

En estos usos no se consideraron potencialidades de ahorro de energía.

Autoproducción de Electricidad:

En el caso de la autoproducción de electricidad, la estimación del potencial de ahorro se realizó de manera similar a las anteriores, esto es, considerando un rendimiento óptimo para estimar el ahorro de igual manera que los demás usos. Sin embargo, aquí se consideraron tres formas de obtener ahorros en el consumo:

1. Ahorro por generación óptima
2. Ahorro por consumo óptimo
3. Ahorro conjunto

● **Ahorro por generación óptima:**

Este considera un ahorro de combustible del equipo generador debido a su reemplazo por uno más eficiente, considerando además que los equipos eléctricos alimentados no se han reemplazado por otros más eficientes.

El rendimiento óptimo utilizado corresponde a la multiplicación del rendimiento de un motor a Gas Oil de eficiencia máxima (estimado en 37%), y el rendimiento máximo de un alternador eficiente (estimado en 98%). Ambos valores son válidos para equipos de más de 100 HP, que son los cuales se estima existe potencial de ahorro.

Multiplicando ambas eficiencias, se estima que la eficiencia óptima de un grupo electrógeno es de un 36%.

$$\eta_k^{optimo} \left[\frac{\%}{100} \right] = 0,37 \cdot 0,98 = 0,36$$

● **Ahorro por consumo óptimo:**

Este considera un ahorro de combustible del equipo generador debido al reemplazo de los equipos eléctricos alimentados por unos más eficientes (las eficiencias óptimas de éstos se vieron con anterioridad), considerando además que el equipo generador no se ha reemplazado por uno más eficiente.

El ahorro de combustible se obtiene como la diferencia entre el consumo original por generador y el consumo óptimo. Este último se calcula como la proporción de energía

entregada por cada generador (dependiendo de la cantidad de generadores y de la energía generada y la entregada por UTE inicialmente) para el caso que todos los equipos eléctricos se reemplacen por equipos eficientes, dividiendo este consumo eléctrico óptimo (proporcional a cada generador) por el rendimiento estándar del generador, obteniendo así el ahorro de combustible.

- **Ahorro conjunto:**

Este considera un ahorro de combustible del equipo generador debido al reemplazo tanto de los equipos eléctricos alimentados por unos más eficientes (las eficiencias óptimas de éstos se vieron con anterioridad), y del equipo generador por uno más eficiente.

Esta metodología abarca en forma simultánea las dos mencionadas anteriormente, calculando primero el consumo eléctrico óptimo (proporcional a cada generador), pero dividiendo por la eficiencia óptima del generador.

Haciendo la diferencia entre el consumo original de combustible y el consumo óptimo calculado, se obtiene el ahorro de combustible.

El potencial de ahorro estimado al nivel de la muestra se expande al universo con el mismo factor con que se expanden los consumos de Energía Neta.

6.2. Estimación de los potenciales de ahorro

En el Cuadro 6.2.1 se presentan el ahorro potencial calculado, en Energía Neta, por Usos y por Fuentes, para el Sector Minería.

Cuadro 6.2.1
Sector Minería
Potencial de Ahorro de Energía Neta por Fuentes y Usos
Año 2006 – en Tep

Usos	LE	NF	GO	EE	Total
Iluminación				15,6	15,6
Calor	71,2		30,4		101,6
Fuerza Motriz Móvil			1.471,6		1.471,6
Fuerza Motriz Fija		2,7	132,9	103,1	238,6
Total	71,2	2,7	1.634,8	118,7	1.827,4

Fuente: elaboración propia

El ahorro potencial calculado alcanza a 1,8 kTep. El mayor ahorro potencial corresponde a Fuerza Motriz Móvil, con un ahorro de 1,5 kTep. En relación a las fuentes, el ahorro se concentra en el Gas Oil con 1,6 kTep.

El Cuadro 6.2.2 presenta la estimación de la importancia relativa de los Potenciales de Ahorro, la que alcanza a un total de 10,7%, destacando entre los usos los ahorros porcentuales en Iluminación y Fuerza Motriz Móvil, con un 22,5% y 15,4%, respectivamente. En relación a las fuentes, se estiman los mayores ahorros porcentuales para el Gas Oil y la Nafta, con un 15,7% y un 14,3% respectivamente.

Cuadro 6.2.2
Sector Minería
Potencial de Ahorro de Energía Neta por Fuentes y Usos
Año 2006 – en %

Usos	LE	NF	GO	EE	Total
Iluminación				22,5	22,5
Calor	6,5		11,0		7,4
Fuerza Motriz Móvil			15,4		15,4
Fuerza Motriz Fija		14,3	24,2	1,9	4,0
Total	6,5	14,3	15,7	2,1	10,7

Fuente: elaboración propia

El Cuadro 6.2.3 muestra el ahorro en Autoproducción de Electricidad por generación óptima del Sector Minería, el que alcanza 0,1 kTep, siendo el Grupo 3 el que presenta un ahorro potencial mayor.

Cuadro 6.2.3
Sector Minería
Potencial de ahorro en Autoproducción por generación óptima
Año 2006 – en Tep

Grupo	GO	Total
1	1,9	1,9
2	0,6	0,6
3	84,3	84,3
Total	86,7	86,7

Fuente: elaboración propia

El Cuadro 6.2.4 muestra el ahorro en Autoproducción de Electricidad por consumo óptimo del Sector Minería, el que alcanza 7,9 Tep, siendo el Grupo 3 el mayor responsable de este ahorro.

Cuadro 6.2.4
Sector Minería
Potencial de ahorro en Autoproducción por consumo óptimo
Año 2006 – en Tep

Grupo	GO	Total
1	0,1	0,1
2	0,2	0,2
3	7,7	7,7
Total	7,9	7,9

Fuente: elaboración propia

El Cuadro 6.2.5 muestra el ahorro en Autoproducción de Electricidad por Ahorro conjunto del Sector Minería, el que alcanza 0,1 kTep, siendo el Grupo 3 el que presenta un mayor ahorro potencial con 90,6 Tep.

Cuadro 6.2.5
Sector Minería
Potencial de ahorro en Autoproducción por Ahorro conjunto
Año 2006 – en Tep

Grupo	GO	Total
1	1,9	1,9
2	0,7	0,7
3	90,6	90,6
Total	93,3	93,3

Fuente: elaboración propia

Nota: El ahorro conjunto NO corresponde a la suma de los dos ahorros (autogeneración y uso)

6.3. Análisis Cualitativo de la Situación del Uso Racional de la Energía

a) Encargados de la Energía

En el Cuadro 6.3.1 se presentan los resultados a la pregunta sobre la existencia de una persona encargada de la Energía en el establecimiento minero.

Cuadro 6.3.1
Sector Minería
Respuesta a la pregunta de encargados de energía

¿Tienen un Encargado de la Energía?	No	Sí	Total
Cantidad de Encuestas	26	4	30
Porcentaje de Encuestas	86,6	13,3	100

Fuente: elaboración propia

Un 87% de las encuestas declara no tener un encargado de la energía. El 100% de las encuestas correspondientes a los grupos 2 y 3 no poseen un encargado de energía. Sólo 4 de las encuestas (13,3%) declara tener algún encargado de energía y todas corresponden al grupo 1.

b) Importancia del Costo de la Energía en los Costos de Producción

El 97% de las encuestas afirma que la energía es importante dentro de los costos de producción, como se puede apreciar en el Cuadro 6.3.2. Sólo una encuesta respondió que no era importante. Resulta contrastante ver como es importante el costo de la energía para prácticamente la totalidad de las canteras y sin embargo sólo el 13,3% de ellas cuenta con un encargado de energía.

Cuadro 6.3.2
Sector Minería
Respuesta a la pregunta si es importante la energía dentro de los costos de producción

¿Es importante el costo de la Energía?	No	Si	Total
Cantidad de Encuestas	1	29	30
Porcentaje de encuestas	3,3	96,6	100

Fuente: elaboración propia

El Cuadro 6.3.3 cuantifica la importancia del costo de la energía en porcentaje respecto a los costos totales de producción, agrupados en rangos de importancia, según la respuesta de los encuestados.

Cuadro 6.3.3
Sector Minería

Importancia del costo de la energía en los costos de producción

Importancia Costo Energía	Cantidad de Encuestas	Porcentaje de Encuestas
0 – 20%	4	13,3
21 – 40%	10	33,3
41 – 60%	8	26,6
61 – 75%	5	16,6
En blanco	3	10,0
Total	30	100

Fuente: elaboración propia

Para el 13,3% de las encuestas, la importancia del costo de la energía no sobrepasa un 20% respecto a sus costos de producción; hay que aclarar que en este rango las importancias están mucho más cercanas al 20% que a valores menores (el valor más bajo es de un 12%). Por otro lado, un tercio de las encuestas declara que los costos de la energía representan entre un 20 y un 40% de sus costos de producción. Un 26,6% de las encuestas declara que sus costos están en el rango 40 – 60% y por último el 16,6% declara que sus costos están entre un 60 y un 75%. El máximo porcentaje declarado fue de 75% y ocurrió para 3 de las encuestas

c) Medidas de ahorro implementadas o con intención de hacerlo

Un 63,3% de las encuestas declara no tener implementada ni tiene intención de implementar medidas de ahorro de energía, como se puede apreciar en el Cuadro 6.3.4. Esto, al igual que lo indicado en los puntos a) y b) parece indicar que existe poco interés en el sector por el tema energético, a pesar de que representa una gran parte de los costos de producción.

Cuadro 6.3.4
Sector Minería

Respuesta a la pregunta de implementación de medidas de ahorro de energía

¿Ha implementado o tiene intención de implementar medidas de ahorro de energía?	No	Si	En Blanco	Total
Total	19	9	2	30
Porcentajes	63,3	30	6,6	100

Fuente: elaboración propia

En el Cuadro 6.3.5 se presentan las medidas de ahorro de energía informadas por los encuestados. De las 9 encuestas que declararon haber implementado o tener intención de implementar medidas para ahorrar energía, sólo 8 mencionaron dichas medidas. Para simplificar las diversas medidas mencionadas en las encuestas, se resumieron en 5 categorías: Cambio de Equipos, Cambio de Fuentes de Energía, Manutención de Equipos, Optimización de producción y Automatización de procesos. Los porcentajes indicados en el cuadro son en relación a las 30 encuestas que contestaron.

Se debe destacar que la encuesta permite indicar más de una medida de ahorro de energía, ya sea implementada o con intención de implementar, por lo cual en base a las 9 encuestas que contestaron afirmativamente ese punto, la cantidad de medidas implementadas o con intención de implementar no suman este total de encuestas.

Cuadro 6.3.5
Sector Minería

Medidas de ahorro implementadas o con intención de implementar

Medidas	Implementada		Intención		Total	
	Cantidad Encuestas	Porcentaje Encuestas	Cantidad Encuestas	Porcentaje Encuestas	Cantidad Encuestas	Porcentaje Encuestas
Cambio de Equipos	2	7	2	7	4	13,3
Cambio de Fuentes de Energía			2	7	2	6,6
Manutención de Equipos	2	7		7	2	6,6
Optimización de producción	2	7			2	6,6
Automatización de procesos	1	3			1	3,3

Fuente: elaboración propia

La medida mayormente mencionada como implementada o con intención de implementar corresponde al cambio o modernización de equipos, medida que conduce a un ahorro inmediato de energía, suponiendo equipos más eficientes.

Del resto de medidas, no existe ninguna que sobresalga mayormente por sobre el resto, pero es importante mencionar que son todas medidas de efecto inmediato en cuanto al menor consumo de energía.

En cuanto a los grupos de mineras, las medidas analizadas corresponden mayoritariamente al grupo 1 de yacimientos, y una parte por el grupo 2. El grupo 3 no ha implementado ni tiene intenciones de implementar ningún tipo de medidas.

d) Obstáculos para el Ahorro de Energía

En el Cuadro 6.3.6 se presentan los obstáculos al ahorro de energía, informados por los encuestados del sector. Los obstáculos se han escrito en orden decreciente de acuerdo a la cantidad de encuestas que afirmaron tener dicho obstáculo.

En general, en cada encuesta se cita más de un obstáculo, es por esto que la cantidad de encuestas mencionadas en el Cuadro 6.3.6 es mayor que la cantidad de encuestas totales del sector. Los porcentajes presentados en el cuadro se calcularon sobre las 30 encuestas que contestaron este punto.

El obstáculo más citado, con un 40% de encuestas, es el Costo de implementación de las medidas e inversión en equipos. Esto puede explicar en parte el bajo interés que existe en general en el sector por implementar medidas de ahorro de energía, a pesar de que muy posiblemente la inversión sea rentable a largo plazo.

Un 23% de los encuestados señaló como obstáculo la falta de difusión acerca de las tecnologías o equipos para ahorrar energía. Este obstáculo está muy ligado al primero porque las inversiones en equipos son muy posteriores a varias medidas de ahorro de energía que no requieren nuevas tecnologías ni equipos; tales medidas son del ámbito de la gestión energética.

La falta de financiamiento y otros obstáculos también son mencionados en un 23% de las encuestas. Entre los obstáculos mencionados como "Otros", los más recurrentes son:

- La falta de mercado de equipos que reemplacen a los equipos que funcionen a Gas Oil, con 2 encuestas. Esta información resulta relevante ya que indica que existe el interés por hacer mejoras pero hace falta una mayor oferta de alternativas a los equipos actuales.
- Dos encuestas señalan como impedimento el costo del Gas Oil, lo que se puede interpretar como una mala interpretación de la pregunta, al confundir ahorro de energía con ahorro de costos, o bien se puede interpretar como que el Gas Oil es considerado más económico que otras alternativas de combustibles.
- Otras dos encuestas señalan como obstáculo la falta de tiempo (señalan textualmente “falta de tiempo” y “no se considera prioritario implementar medidas de ahorro”).

Un 17% de los encuestados señaló que no existe ningún impedimento para tomar medidas de ahorro energético, lo que se puede traducir como una falta de interés por el tema de parte de las empresas explotadoras. También un 17% mencionó como obstáculo la falta de conocimiento sobre el tema, lo que puede implicar que sea necesaria una mayor difusión de temas relacionados con el ahorro energético en el sector.

Por último, sólo una encuesta mencionó como obstáculo la ausencia de empresas o profesionales capacitados, lo que se puede interpretar como que existen en el sector suficientes profesionales con la capacidad y el conocimiento para emprender iniciativas dirigidas a un gasto de energía menor.

Cuadro 6.3.6
Sector Minería

Obstáculos para el Ahorro de Energía

Obstáculos	Cantidad de encuestas	Porcentaje de Encuestas
Costo de implementación de las medidas e inversión en equipos	12	40
Falta de difusión acerca de las tecnologías/equipos para ahorrar energía	7	23
Falta de financiamiento	7	23
Otros	7	23
Ninguno	5	17
Falta de conocimiento suficiente sobre el tema	5	17
Ausencia de empresas o profesionales capacitados	1	3

Fuente: elaboración propia

7. Importancia de los Factores para los Procesos de Sustitución

De las 30 encuestas realizadas (correspondientes a 43 yacimientos mineros), 29 contestaron esta pregunta. La pregunta pedía ordenar por importancia los factores que influyen en la elección de las fuentes de energía. Los factores que se incluyeron en la pregunta se indican a continuación:

- Costo de la fuente de energía
- Costo del equipamiento nuevo y su instalación
- Seguridad, comodidad y limpieza de la fuente de energía
- Daño sobre el medio ambiente exterior

A continuación se presentan los resultados obtenidos, calculando los porcentajes sobre el total de encuestas que contestaron esta pregunta (29 encuestas).

- Costo de la fuente de energía: un 72% le asignó la primera importancia, un 21% la segunda, y un 3% la tercera y cuarta.
- Costo de equipamiento nuevo y su instalación: un 14% de las encuestas le asignó la primera importancia, un 45% la segunda, un 17% la tercera y un 24% la última.
- Seguridad, comodidad y limpieza de la fuente de energía: un 10% le asignó la primera importancia, otro 10% la segunda, un 52% la tercera y un 28% la cuarta.
- Daño sobre el medio ambiente exterior: un 3% le asignó la primera importancia, un 28% la segunda, un 21% la tercera y un 48% la cuarta.

Dados los resultados obtenidos, es posible ordenar los factores según la prioridad asignada que obtuvo mayor porcentaje en cada uno. De esta manera, los factores quedan ordenados como siguen:

1. Costo de la fuente de energía
2. Costo del equipamiento nuevo y su instalación
3. Seguridad, comodidad y limpieza de la fuente de energía
4. Daño sobre el medio ambiente exterior

8. Metodología de Actualización

Se presenta en este punto la metodología general para la actualización de los resultados de este estudio para los años posteriores al 2006.

El método parte de mantener las relaciones estructurales del consumo energético, obtenidas para el año 2006, que sólo se modifican apreciablemente en el largo plazo. Ello implica suponer que las principales características del consumo energético de la muestra relevada, dentro de un mismo módulo homogéneo, siguen siendo válidas. Estas características se resumen en los siguientes parámetros:

- Intensidad energética
- Estructura por usos del consumo energético
- Estructura por fuentes del consumo energético
- Rendimientos de utilización por fuentes y usos

Si bien no se puede establecer a priori un plazo en el que será necesario volver a realizar las encuestas, se considera que este método de actualización tiene una validez razonable, atendiendo a la finalidad para la que se realizó este estudio, de unos 5 a 10 años, dependiendo ello de los cambios que ocurran en las pautas de consumo de energía del sector. Será en definitiva el analista energético quien decida el momento para la realización de una nueva encuesta si dispone de fondos para ello.

Básicamente, la actualización se divide en dos etapas:

1. Nueva expansión de los resultados de la muestra al año de actualización
2. Ajuste de la nueva expansión al Balance Energético Nacional

8.1. Nueva Expansión de los Resultados de la Muestra

La variable de expansión para el Sector es la producción anual del respectivo año (en toneladas). Los pasos a seguir para la nueva expansión de los resultados son los siguientes:

1. Obtener los datos de producción anual de cada grupo para el año de actualización
2. Obtener los nuevos Factores de Expansión, por grupo, dividiendo el valor de la producción anual del grupo con el valor de la producción anual del total de la muestra del grupo correspondiente.
3. Volver a expandir las matrices de consumo por fuentes y usos en energía neta para cada grupo (presentadas en el punto 5.2).

La forma más práctica de realizar la nueva expansión es dividir cada elemento de las matrices de fuentes y usos por el correspondiente Factor de Expansión del año 2006 y luego multiplicarlos por los Factores de Expansión actualizados.

4. Para actualizar las matrices de consumo de energía útil por fuentes y usos por grupo, se dividen las correspondientes matrices en energía neta actualizadas por las matrices de rendimientos del punto 5.2. Aunque esta operación es conveniente hacerla luego de realizar el ajuste al Balance Energético Nacional que se explica en el siguiente punto.

5. En el caso del Consumo No Energético y de Autoproducción se utilizan los mismos Factores de Expansión calculados en el paso 2, no haciéndose una distinción especial para estos usos.

8.2. Ajuste al Balance Energético Nacional

Esta segunda etapa del proceso de actualización consiste en ajustar los resultados de las nuevas expansiones de las muestras al Balance Energético Nacional (BEN) del año actualizado.

Los nuevos Factores de Ajuste al BEN para cada fuente consumida en el sector Minería deben calcularse repitiendo el procedimiento detallado en el Capítulo 4.

Los nuevos Factores de Ajuste deben aplicarse a todos los resultados obtenidos en el punto anterior, concluyendo así el proceso de actualización.

Anexo 1: Rendimientos de Utilización por Tipo de Equipo y Fuente

Debido al diseño de la encuesta, y entendiendo que los datos entregados por los encuestados en cuanto a aspectos técnicos no resulta lo suficientemente confiable, se optó por no incluir dentro de las preguntas el rendimiento de los equipos, de modo que todos los rendimientos utilizados en el procesamiento de las encuestas son valores promedio estándar. Estos valores se presentan, para cada uso, a continuación:

Iluminación:

Los valores utilizados por tipo de lámpara se presentan en la siguiente tabla:

Cuadro A2.1
Sector Minería
Rendimientos de utilización Iluminación
Año 2006 – en %

Tipo de lámpara	Rendimiento [%]
Incandescente	5%
De bajo consumo	25%
Halógena	5%
Haluro metálico	25%
Fluorescente	25%
Vapor de mercurio	17,5%
Sodio alta presión	30%
Sodio baja presión	50%

Fuente: FB-PRIEN

Calor:

Se consideró un rendimiento de 75%⁵ tanto para Hornos como Calderas.

Fuerza Motriz Fija:

El valor depende de la fuente de energía:

En el caso de motores eléctricos, el rendimiento se obtuvo a partir de una regresión aplicada una tabla de valores medios de rendimientos para motores estándar⁶, definida en función de la potencia del motor en HP o kW. Estos datos de potencia se expresaron en kep/hr y se obtuvo la siguiente ecuación para estimar el rendimiento de los motores eléctricos, donde P es la potencia del motor:

$$\eta_k^{Motor-e} \left[\frac{\%}{100} \right] = \frac{3,59 \cdot \ln \left(P_k \left[\frac{kep}{hr} \right] \right) + 85,26}{100}$$

⁵ Valor estimado a partir de la experiencia PRIEN y las siguientes referencias:

- Perry's Chemical Engineers' Handbook, Sixth Edition, Table 20-14 Representative Materials Dried in Direct-Heat Rotatory Dryers.

- Técnicas de Conservación Energética en la Industria, Tomo I Fundamentos y Ahorros en Operaciones, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE España).

⁶ Ref. John C. Andreas: Energy Efficient Electric Motors, Ed. Decker, 1992.

El resultado de aplicar esta fórmula tiene validez entre el rango 70%-95%, de modo que el rendimiento obtenido queda acotado por estos valores.

En el caso de los equipos a combustión interna⁷, la estimación de la eficiencia óptima depende de la fuente, considerándose dos casos:

- Gas Oil:
 - Para potencias menores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 24%.
 - Para potencias mayores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 30%.
- Nafta:
 - Para potencias menores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 18%.
 - Para potencias mayores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 20%.

Fuerza Motriz Móvil:

Se utilizan los mismos rendimientos de Fuerza Motriz Fija.

Uso No Productivo:

En uso No Productivo se encuentran básicamente equipos electrodomésticos o de transferencia de calor (cocinas, calefones). Los rendimientos utilizados en este caso corresponden a rendimientos promedio utilizados en el sector residencial⁸. A continuación se indican los valores según uso:

- Para los equipos eléctricos como Microondas, Heladeras⁹ y Aire Acondicionado se estimó un rendimiento de 80%.
- Para los Calefones y duchas a Electricidad se estimó un rendimiento de 95%.
- Para los equipos de Calor a Supergás (Cocinas, Calefones) se estimó un rendimiento de 45%.

Autogeneración de Electricidad:

Para los equipos generadores a Gas Oil se estimó un rendimiento de 30%¹⁰, siendo los únicos existentes en el Sector Minería.

⁷ Valores obtenidos en base a la experiencia PRIEN, Fundación Bariloche y la publicación Diesel Engine Design Academy 1999.

⁸ Valores estimados en base a la experiencia de Fundación Bariloche.

⁹ En el caso de heladeras a Supergás se consideró un rendimiento de 8%. Caso muy poco común.

¹⁰ Valores estimados en base a la experiencia PRIEN.

Anexo 2: Guía para El Procesamiento de la Encuesta de Minería

1. INTRODUCCION Y CONCEPTOS BASICOS

Esta guía contiene una descripción del procesamiento de la información relevada en la encuestas sobre Consumo y Usos de la Energía en el sector Minería. Abarca el tratamiento que deben recibir los datos e información desde el momento en que ya se ha realizado la crítica y codificación de cada cuestionario relevado, hasta los resultados finales a obtener de la encuesta.

Los resultados a obtener son los siguientes:

- Las matrices de consumo de energía neta y energía útil por fuentes y usos (Balance Nacional de Energía Útil - BNEU).
- Características del parque de equipos y modalidad de uso, eficiencia en el consumo de energía y oportunidades de sustitución de energéticos.
- Estimación de potenciales de mejoramiento de la eficiencia.
- Y la información necesaria para la posterior utilización de los modelos analíticos de prospectiva energética.

Estos resultados se obtendrán por subsector minero, los cuales se diferencian por sus productos, por ejemplo: áridos, calizas, oro, etc.

1.1 Fuentes y Usos Energéticos

El listado de fuentes energéticas consideradas en el sector minería es el siguiente:

1. Leña
2. Supergás
3. Nafta
4. Gas Oil
5. Electricidad

Se relevaron también otras fuentes como Gas Propano o Biodiesel, pero no se detectaron consumos de estos combustibles.

Se distinguen los siguientes usos de la energía en minería, los cuales se pueden dar en distintos equipos:

1. Iluminación (distintos tipos de luminarias)
2. Calor.
3. Fuerza motriz móvil y transporte interno (diversos vehículos de trabajo)
4. Fuerza motriz fija (motores eléctricos y a combustible)
5. Uso no productivo
6. Uso no energético

Aparte de estos usos de la energía, en las encuestas se pregunta por la producción de electricidad mediante Autoproducción de electricidad con grupos electrógenos.

Los consumos de energía de estos equipos asociados a la producción de electricidad no se contabilizan en las matrices de fuentes y usos, ya que en el BEN estos consumos se incluyen en los centros de transformación.

1.2 Energía Neta y Energía Útil

Para la elaboración del BNEU es necesario determinar los consumos de energía por fuente y uso, a nivel de energía neta y energía útil. Esta última se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Energía Útil} = \text{Energía Neta} * \eta$$

Donde η es el rendimiento del equipo de utilización de las fuentes de energía.

1.3 Grupos Mineros

Para realizar el diseño muestral de la encuesta minera se distinguen los siguientes grupos mineros:

Grupo 1: materiales para la construcción e industriales, dentro del cual se consideran:

- Calizas
- Balasto
- Arena
- Triturados
- Arena de cantera
- Tosca
- Arcillas caoliníticas
- Piedra en bruto
- Arcillas para cerámica
- Talco
- Piedra de descarte
- Bentonita

Grupo 2: rocas de aplicación, metales y piedras preciosas, dentro del cual se consideran:

- Piedras preciosas
- Hierro
- Lajas
- Granitos
- Mármoles
- Dolomita

Grupo 3: relacionado exclusivamente con la producción de oro.

2. OBJETIVOS DEL PROCESAMIENTO

El procesamiento de los datos relevados en la encuesta persigue los siguientes objetivos:

- a) Analizar la consistencia de los datos obtenidos en cada cuestionario y validarlos, esto es el cierre de cada cuestionario. Después de este análisis cada cuestionario puede ser aceptado, devuelto para su re-pregunta o rechazado.
- b) Obtención de los resultados de la muestra encuestada.

- c) Expansión de los resultados al universo de empresas mineras que integran cada subsector usando una variable de expansión.
- d) Ajuste de los resultados al BEN.

3. SALIDAS O RESULTADOS A OBTENER

Los siguientes resultados se obtienen expandiendo los resultados de la muestra al universo de cada subsector minero, una vez realizado el cierre de cada cuestionario de la muestra.

3.1 Matriz de Consumo Neto por fuentes y usos en Tep

Esta salida muestra las cantidades de energía neta consumida de cada una de las fuentes y las cantidades que se destinan a los diferentes usos, en cada subsector minero.

En el Cuadro 3.1 se presenta esta matriz y la unidad de medida en que están expresadas las cantidades es la tonelada equivalente de petróleo (Tep).

Cuadro 3.1
Sector Minería
Consumo de Energía Neta por Fuentes y Usos
Año 2006 – en Tep

Uso Energético	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación						
Calor						
Fuerza motriz móvil						
Fuerza motriz fija						
Uso no productivo						
Total						

3.2 Matriz de Consumo Útil por fuentes y usos en Tep

Esta salida (Cuadro 3.2) tiene las mismas características que la anterior, pero en este caso se muestran los consumos de energía útil por fuentes y usos, para cada subsector minero.

Este cuadro de resultados se obtiene multiplicando el consumo de energía neta de cada equipo por su rendimiento, para los equipos de cada uso energético con cada fuente.

Cuadro 3.2
Sector Minería
Consumo de Energía Útil por Fuentes y Usos
Año 2006 – en Tep

Uso Energético	LE	SG	NF	GO	EE	Total
Iluminación						
Calor						
Fuerza motriz móvil						
Fuerza motriz fija						
Uso no productivo						

Total						
-------	--	--	--	--	--	--

3.3 Otros Resultados

Otras salidas a obtener son:

- **Oportunidades de sustitución de energéticos:** porcentaje de participación de cada respuesta en el total de empresas mineras encuestadas.

Cuadro 3.3
Sustitución de Energéticos

IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS FACTORES DE SUSTITUCIÓN DE ENERGÉTICOS (%)

Sector: MINERÍA

Factor de Sustitución	Importancia			
	1	2	3	4
Precio de la fuente				
Inversión en instalaciones				
Calidad del servicio				
Impacto ambiental				

Nota: Corresponde al porcentaje (%) de encuestados que calificó cada factor de sustitución.

- **Uso Racional de la Energía:** porcentaje de participación de cada respuesta en el total de empresas mineras encuestadas.

Cuadro 3.4
Sector Minería

Respuesta a la pregunta de encargados de energía

¿Tienen un Encargado de la Energía?	No	Sí	Total
Cantidad de Encuestas			
Porcentaje de Encuestas			

Nota: Corresponde al número de encuestados que contestó cada una de las respuestas.

Cuadro 3.5
Sector Minería

Respuesta a la pregunta si es importante la energía dentro de los costos de producción

¿Es importante el costo de la Energía?	No	Si	Total
Cantidad de Encuestas			
Porcentaje de encuestas			

Nota: Corresponde al número de encuestados que contestó cada una de las respuestas.

Cuadro 3.6
Sector Minería

Importancia del costo de la energía en los costos de producción

Importancia Costo Energía	Cantidad de Encuestas	Porcentaje de Encuestas
0 – 20%		
21 – 40%		
41 – 60%		
61 – 75%		
En blanco		
Total		

Nota: *Corresponde al número de encuestados que contestó cada una de las respuestas.*

Cuadro 3.7
Sector Minería

Respuesta a la pregunta de implementación de medidas de ahorro de energía

¿Ha implementado o tiene intención de implementar medidas de ahorro de energía?	No	Si	En Blanco	Total
Total				
Porcentajes				

Nota: Corresponde al número de encuestados que contestó cada una de las respuestas.

Cuadro 3.8
Sector Minería

Medidas de ahorro implementadas o con intención de implementar

Medidas	Implementada		Intención		Total	
	Cantidad Encuestas	Porcentaje Encuestas	Cantidad Encuestas	Porcentaje Encuestas	Cantidad Encuestas	Porcentaje Encuestas
Cambio de Equipos						
Cambio de Fuentes de Energía						
Manutención de Equipos						
Optimización de producción						
Automatización de procesos						

Nota: Corresponde al número de encuestados que contestó cada una de las respuestas.

Cuadro 3.9
Sector Minería

Obstáculos para el Ahorro de Energía

Obstáculos	Cantidad de encuestas	Porcentaje de Encuestas
Costo de implementación de las medidas e inversión en equipos		
Falta de difusión acerca de las tecnologías/equipos para ahorrar energía		
Falta de financiamiento		
Otros		
Ninguno		
Falta de conocimiento suficiente sobre el tema		
Ausencia de empresas o profesionales capacitados		

Nota: Corresponde al número de encuestados que contestó cada una de las respuestas.

- **Consumo de energía por equipos - tecnologías y antigüedad:** para cada fuente y uso se desagregará el consumo de energía neta y útil por tipo de equipo y rango de antigüedad.

Cuadro 3.10
Sector Minería

Consumo de Energía Neta por Usos según Antigüedad

Año 2006 - en Tep/Año

Uso energético	0-20 años	21-40 años	40 y más	Antigüedad NO definida	Antigüedad NO informada	Total	Total Porcentaje
Iluminación							
Calor							
Fuerza motriz móvil							
Fuerza motriz fija							
Uso no productivo							
Total							
Total Porcentaje							

Nota: Este cuadro se debe realizar para cada fuente energética y para cada tipo de Uso.

4. IDENTIFICACION DE TABLAS DE DATOS PARA EL PROCESAMIENTO

En este punto se indican las principales tablas de datos que son necesarios para el procesamiento de las encuestas, su estructura y el tipo de los campos. Se deja como tarea para el programador el diseño de las tablas auxiliares y sus relaciones a los fines de la programación del procesamiento.

4.1 Tabla de Unidades

Esta Tabla contiene las unidades de medida (kilogramos, litros, botellas, bolsas, kWh, etc.) en que se expresan corrientemente las compras de las distintas fuentes energéticas en las empresas mineras del país y sus factores de conversión a kep (kilogramo equivalente de petróleo).

El kep es la unidad común que se utilizará para el procesamiento y también para presentar los resultados. Para los resultados se utilizará también un múltiplo, la Tep (tonelada equivalente de petróleo; 1 Tep = 1.000 kep).

Cuadro 4.1
Estructura de la Tabla de Unidades

CAMPO	TIPO	LONGITUD
Código de la fuente	Texto	2
Nombre de la fuente	Texto	15
Código de la unidad	Texto	2
Nombre de la unidad	Texto	15
Coficiente de conversión a kep	Numérico	xx,xxxx

Esta tabla tendrá alrededor de 50 registros y se entregará al programador con los datos ya ingresados en archivo de Excel.

4.2 Tablas de Rendimientos por tipo de Equipo

En caso de que los datos relevados en los cuestionarios no proporcionen un valor al rendimiento de los equipos, se usará una tabla de rendimientos elaborada para cada tipo de equipo.

Algunos tipos de equipos que se consideran son los siguientes:

- Autogeneradores
- Maquinaria
- Motores eléctricos.
- Etc.

Estas tablas se elaborarán para cada tipo de equipo que consume energía en el sector minería del país. Para cada tipo equipo se indicará en la tabla el uso energético al cual está asociado, la fente energética que consume y una eficiencia o rendimiento de acuerdo a ciertas características generales y de operación relevadas en los cuestionarios que son determinantes de su rendimiento.

Esta tabla tendrá la estructura de campos mostrada en el Cuadro 4.2 y se entregará al programador con los datos ya ingresados en archivo de Excel.

Cuadro 4.2
Estructura de la Tabla Rendimientos por Tipo de Equipo

Campo	Tipo	Longitud
Código tipo de equipo	Texto	3
Nombre tipo de equipo	Texto	20
Uso	Texto	2
Fuente	Texto	2
Rendimiento caso A	Numérico	3 (xx,x)
Rendimiento caso B	Numérico	3 (xx,x)
Rendimiento caso C	Numérico	3 (xx,x)
Rendimiento caso D	Numérico	3 (xx,x)

4.3 Tabla de Datos del Cuestionario

Esta tabla contendrá todos los datos relevados por el cuestionario de la encuesta del Sector Minería sobre Consumos y Usos de la Energía.

La estructura de campos de la Tabla de Datos del Cuestionario está definida por el formulario de la encuesta anexa a este informe.

Es de mencionar que dicho cuestionario tiene todas las posibilidades de consumo de energía de las diversas fuentes y equipos que pueden utilizar las mineras en Uruguay.

El programador en forma conjunta con el responsable del procesamiento de la encuesta diseñará las pantallas de ingreso de datos a partir del cuestionario de la encuesta.

Se deja a criterio del analista de sistemas y/o programador definir la estructura más adecuada de esta tabla, pudiendo recomendar subdividir la tabla de forma de optimizar el almacenamiento de datos y su procesamiento.

5. RECEPCIÓN Y REVISIÓN DE CUESTIONARIOS

La recepción de los cuestionarios la realizará un “Supervisor”. Sus funciones serán las siguientes:

- Supervisar que los encuestadores lleguen a los lugares en que se aplicará la encuesta y que los cuestionarios sean contestados por personas idóneas.
- Revisar que las preguntas básicas o fundamentales de los cuestionarios estén respondidas.
- Revisar cualitativamente que en el caso de haber compras de un energético hayan equipos de consumo de ese energético en el interior del cuestionario.
- En caso de haber inconsistencias, se realizarán consultas telefónicas a quienes hayan respondido los cuestionarios y/o se reenviarán los cuestionarios para que sean corregidos.

Los cuestionarios que sean aprobados por el Supervisor pasan a las manos de un “Crítico” o un “Especialista” cuya labor es más técnica. Las funciones de esta persona son las siguientes:

- Da una segunda revisión cualitativa a la existencia de equipos de consumo de algún energético cuando se registran compras del mismo.
- Revisa que el consumo de equipos eléctricos esté en kWh y no en litros, etc.

- Convierte las unidades usadas por los encuestados a las unidades en que se procesarán los datos en Excel. En los cuestionarios hay espacios para responder en la unidad más comúnmente usada y también hay espacio para que se responda en las unidades que cada encuestado usa normalmente.
- En caso de haber inconsistencias, se realizarán consultas telefónicas a quienes hayan respondido los cuestionarios y/o se reenviarán los cuestionarios para que sean corregidos.

Los cuestionarios que sean aprobados por el Crítico” pasan a la etapa de ingreso de los cuestionarios al programa Excel para su procesamiento.

Nota: se sugiere indicar a quienes respondan los cuestionarios que sería bueno que revisen si las compras de energéticos cuadran con los consumos de los distintos equipos.

6. DESCRIPCION DEL PROCESAMIENTO

En las ecuaciones que se indique se utilizarán los siguientes subíndices:

- s: subsector minero
- h: encuesta o empresa minera
- i: fuente energética
- j: uso energético
- k: equipo

6.1 Cálculo del Consumo Neto Anual de cada Energético

El consumo anual de energía neta de cada fuente en una minera se obtiene directamente a partir de las compras que realizadas durante el año. En el cuestionario se pregunta por este dato anual. Si en una minera no existen comprobantes de compra, por ejemplo en el caso de usar residuos como combustibles, los encuestados deben estimar su consumo anual. Esta es la información más fiable de la encuesta:

$$CNT_{shi} = \text{Compras Anuales}$$

Para el Gas Natural y la Electricidad estas compras están registradas en las bases de datos de los distribuidores correspondientes y se cuenta con esta información para todas las mineras abastecidas. De todas formas se pregunta en los cuestionarios por sus consumos anuales y se pide una factura como verificación.

6.2 Cálculo del Consumo Neto Anual de cada Energético por Equipo

Se contemplan distintas posibilidades para determinar los consumos netos anuales de los equipos. Estas son las siguientes, listadas en orden jerárquico:

- Primero se da la posibilidad al encuestado de dar el consumo neto anual de cada equipo. Previamente se pregunta si realiza mediciones de estos consumos. Se considera que los datos medidos son confiables:

$$CN_{shjk} = \text{Consumo medido}$$

Si responde el consumo neto anual de un equipo y no mide, se verificará la validez de esta información en el proceso de cierre de los cuestionarios:

$$CN_{shijk} = \text{Consumo estimado por Encuestado y verificado por Crítico}$$

- b. La segunda opción es determinar el consumo neto anual de un equipo a partir de la energía útil y rendimiento de un equipo, los cuales también se preguntan, preguntando previamente si realizan las mediciones respectivas. Esto se hace en algunos equipos como calderas y autoprodutores de electricidad, no en hornos de fusión ni en motores eléctricos. En caso de no responder rendimientos, estos se obtendrán de una tabla elaborada para cada tipo de equipo. En este caso el consumo de energía neta de un equipo se calcula usando la fórmula siguiente:

$$CN_{shijk} = \frac{\text{Energía útil}_{shijk}}{\eta_{ijk}}$$

- c. Si no se dispone del consumo neto anual de un equipo, ni de su energía útil, para calcular el consumo neto del equipo se usará su potencia nominal, la cual es preguntada y se considera un dato fiable, junto con un factor de carga también preguntado o usando valores razonables, y sus horas de operación anual también preguntadas. En el caso de combustible, también se incluye en el cálculo el poder calorífico inferior (PCI) respectivo. Con esta opción el consumo de energía neta de un equipo se calcula de la manera siguiente:

$$CN_{shijk} = \frac{P.Nom_{shijk} \cdot Fc_{shijk} \cdot Hr_{shijk}}{PCI_i}$$

- d. Para los equipos en que no se tiene su factor de carga, se usará $Fc = 0,75$, considerando que el rango típico es entre 0,5 y 1,0. Para los equipos en que no se informó sus horas de operación se aplicará un factor de utilización $Fu = 0,75$ aplicado a las horas de operación de la planta, preguntadas al principio del cuestionario. considerando que el rango típico es entre 0,5 y 1,0, ó 0,95 en los casos de plantas que operan 8.760 horas al año. Tanto el Fc como el Fu finalmente se ajustarán para hacer el cierre de los cuestionarios.
- e. En el caso de los equipos de autogeneración, de usarse su potencia nominal, ella está referida a la salida del equipo, por ende, para calcular sus consumos netos se dividirán las potencias por rendimientos típicos acordes al equipo de autogeneración, considerando sus horas de operación o factores de utilización como se indicó. Estos consumos de energía neta se restan al sector minero, pues se contabilizan como Centros de Transformación, los cuales no son parte de este proyecto.

6.3 Cierre de los Consumos Netos

El cierre de los cuestionarios es realizado por un “Especialista”. Para ello, el programa de procesamiento de los cuestionarios genera una Lista de Control en un cuadro resumen en el que se calcula un factor α para cada energético en cada cuestionario. Este factor cuantifica el error porcentual entre la suma de los consumos netos (CN) de un energético en distintos equipos con las compras o consumos netos totales (CNT) de dicho energético, es decir:

$$\alpha_{shi} = \left| \frac{CNT_{shi} - \sum_k CN_{shik}}{CNT_{shi}} \right|$$

El cuadro con la lista de control tendrá un formato como el siguiente:

Cuadro 6.1
Análisis de Consistencia - Desvíos

ANALISIS DE CONSISTENCIA - DESVIOS (α_i)

Año: 2006

Sector: MINERÍA

Nº de Encuesta	Electricidad	Nafta	Diesel Oil	Gas Oil	Fuel Oil	...
1						
2						
3						
4						
...						
...						
...						
n						

Si en un cuestionario los α_i de cada energético están dentro de cierto margen de error, el que se definirá una vez elaborada la lista de control, el cuestionario será aprobado.

Si uno o más α_i están fuera de este margen, el "Especialista" revisará el cuestionario, ajustará los factores de carga y de uso que estime apropiado dentro de ciertos rangos entre 0,5 y 1,0. Si con ello los α_i caen dentro del margen de error especificado, se aprueba el cuestionario. En el caso que aún esos α_i estén fuera del margen de error, el cuestionario respectivo será consultado vía telefónica con el encuestado o será reenviado para su revisión y corrección.

Si finalmente no es posible cuadrar un cuestionario, este será rechazado. Para cumplir con el tamaño de la muestra, se efectuarán encuestas adicionales en igual cantidad a los cuestionarios que sean rechazados.

Los cuestionarios que sean aprobados serán sometidos al procedimiento de cierre de cada energético, el cual consiste en multiplicar por un factor de ajuste la sumatoria de los consumos netos de un energético para que sea igual a las compras o consumo neto total.

Este factor de ajuste β_i se calcula a partir de α_i . En la ecuación siguiente se usa signo (+) en el denominador cuando: $\sum_k CN_{shik} > CNT_{shi}$, de lo contrario se usa (-).

$$\beta_{shi} = \frac{1}{\pm \alpha_{shi}}$$

Luego, el cierre de cada energético en cada cuestionario se realiza multiplicando sus consumos netos en los distintos equipos por β_i para cumplir con la siguiente igualdad:

$$CNT_{shi} = \sum_k \beta_{shi} \cdot CN_{shik}$$

Finalmente, los consumos netos ajustados para el cierre, de cada equipo y para cada energético quedan determinados por la ecuación siguiente:

$$CN_{shjk}^* = \beta_{shi} \cdot CN_{shjk}$$

6.4 Cálculo de la Energía Útil de cada Equipo

Primero se realiza un cálculo provisorio de la energía útil de cada equipo con los cuestionarios “cerrados”, considerando los ajustes con β_{shi} . El cálculo final de la energía útil, por fuentes y usos, se realiza aplicando el factor de expansión de la muestra de encuestas al universo y el factor de ajuste al BEN, como se explica en las secciones 6.7, 6.8 y 6.9.

La energía útil del cálculo provisorio queda determinada por la siguiente expresión:

$$EU_{shjk}^* = CN_{shjk}^* \cdot \eta_{shjk}$$

Es decir, se calcula a partir del consumo neto ajustado y del rendimiento del equipo.

6.5 Determinación de Rendimientos de los Equipos

Para determinar los rendimientos de los equipos se usarán rendimientos prefijados de una tabla elaborada a partir de referencias bibliográficas y la experiencia.

6.6 Cálculo del Consumo Neto por Fuentes y Usos

El consumo neto por fuente i y uso j de cada minera h , se obtendrá sumando los consumos netos ajustados de todos los equipos k que consumen la fuente i y que corresponden a un mismo uso energético j :

$$CN_{shij}^* = \sum_k CN_{shijk}^*$$

El resultado para la muestra del subsector minero se obtiene sumando este resultado en las minas encuestadas:

$$CN_{sij}^* = \sum_h CN_{shij}^*$$

6.7 Cálculo de la Energía Útil por Fuentes y Usos

La energía útil por fuente i y uso j de cada minera h , se obtendrá sumando la energía útil ajustada de todos los equipos k que consumen la fuente i y que corresponden a un mismo uso energético j :

$$EU_{shij}^* = \sum_k EU_{shijk}^*$$

El resultado para la muestra del subsector minero se obtiene sumando este resultado en las minas encuestadas:

$$EU_{sij}^* = \sum_h EU_{shij}^*$$

6.8 Expansión de los Resultados al Universo del Subsector Minero

Una vez calculados los consumos de energía neta y la energía útil en todas las empresas mineras encuestadas, por fuente de energía y por uso energético, se expanden los resultados obtenidos al universo del subsector minero multiplicándolos por el factor de expansión ε_s del subsector minero.

El factor de expansión corresponde a la razón entre el valor de la variable de expansión para el universo del subsector minero (VE_U) y su valor para la muestra del subsector minero (VE_m):

$$\varepsilon_s = \frac{VE_{Us}}{VE_{ms}}$$

La variable de expansión para los subsectores mineros será las toneladas de mineral producido. El valor de la variable de expansión para el universo del subsector es conocido. El valor para la muestra se obtiene sumando los valores de las minas encuestadas.

Luego los consumos de energía neta y energía útil expandidos al universo de cada subsector minero son los siguientes:

$$CN_{sij}^{*e} = \varepsilon_s \cdot CN_{sij}^*$$

$$EU_{sij}^{*e} = \varepsilon_s \cdot EU_{sij}^*$$

6.9 Ajuste del Consumo Neto por Fuentes al BEN

Ya que los consumos de energía neta de la Minería, están incluidos en Industria o Transporte, según la fuente que se trate, este proyecto agrega este sector al BEN y no se requiere usar un factor de expansión.

Por lo tanto las matrices de consumos de energía neta y útil por fuentes y usos en cada subsector minero estarán conformadas por los valores que definen las dos expresiones anteriores. Si se suman las matrices de los distintos subsectores se obtienen las respectivas matrices para la totalidad del sector minero:

$$CN_{ij} = \sum_s CN_{sij}$$

$$EU_{ij} = \sum_s EU_{sij}$$