

Aplicación de ratios de energía para la mejora de la ventilación en la Mina Huaron

Application of energy ratios to improve ventilation in the Huaron Mine

Alexis Baca Mena¹

Recibido: 21/07/2022 - Aprobado: 13/10/2022 – Publicado: 31/12/2022

RESUMEN

La presente investigación busca optimizar la ventilación en la industria minera utilizando el método de ratios de energía. Para ello, hace la estimación del consumo de energía en ventilación, obteniendo los ratios de producción en la unidad Huaron y aplicando los ratios de energía para determinar la eficiencia del consumo en cada zona, logrando un comparativo de costos para conseguir una distribución eficiente de la ventilación, así mismo recomienda formas de optimizar el consumo de energía por ventilación mediante el uso de los ratios de energía y producción. Mediante esta metodología se ha podido mantener el ratio de energía y producción por debajo de 2.9 US\$/TMS, optimizando el consumo de energía en las 3 zonas operativas de Huaron, así mismo, permitió una eficiencia en el consumo de cada zona de la mina, mediante el cual pudo generar un ahorro en el consumo de energía de 35 millones de kWh/mes a 30 millones de kWh/mes, que en términos económicos corresponde a un ahorro de US\$ 358 mil dólares a la unidad Huaron.

Palabras claves: ratios de energía; ventilación; Huaron; minería y ahorro de energía.

ABSTRACT

This research seeks to optimize production and ventilation in the mining industry using the energy and production ratios method. To do this, it estimates the energy consumption in ventilation, obtaining the production ratios in the Huaron unit and applying the energy and production ratios to determine the efficiency of consumption in each area, achieving a cost comparison to achieve an efficient distribution. of ventilation, it also recommends ways to optimize energy consumption for ventilation by using energy and production ratios. Through this methodology, it has been possible to maintain the energy and production ratio below 2.9 US\$/TMS, optimizing energy consumption in the 3 operating zones of Huaron, likewise, it allowed efficiency in the consumption of each zone of the mine. , through which it was able to generate savings in energy consumption of 35 million kWh/month to 30 million kWh/month, which in economic terms corresponds to a saving of US\$ 358,000 dollars for the unit Huaron.

Keywords: energy ratio; ventilation; Huaron; mining; energy saving.

¹ Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado. Lima, Perú.
E-mail: alexisbacamena@gmail.com - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6981-4905>

I. INTRODUCCIÓN

El proyecto de ventilación de una mina está ligado muy estrechamente a los costos operacionales, es por ello que se elaboran un sinnúmero de ratios para estimar la influencia de cada operación unitaria dentro de costos generales de una mina subterránea. A raíz de ello y pensando en mejorar la producción de una empresa minera se debe optimizar cada proceso en las operaciones mineras, identificando y luego reduciendo aquellos costos que sean innecesarios.

Es verdad que generalmente los requerimientos actuales no se daban en el pasado con tanta intensidad, ya que entonces los ritmos de explotación en las minas no eran como los actuales, y, por tanto, no podemos perder de vista que los niveles de confort y seguridad adoptados hoy día son mucho más exigentes, lo que trae como consecuencia el aumento del número y tamaño de los ventiladores para cada sistema de ventilación (Bardales et al., 2016), así como su optimización en el control de los mismos” (Zitron, 2010).

La importancia de optimizar el consumo de energía en ventilación en las operaciones mineras subterráneas proviene fundamentalmente desde que la tecnología nos permitió profundizar cada vez más en busca de minerales que satisfagan la ingente demanda por los metales en el mercado mundial, esto provocó que cada vez se fabriquen ventiladores de mayor caudal y presión, por lo tanto los motores eléctricos de estos ventiladores requerían una mayor potencia que a su vez genera un consumo importante de energía eléctrica.

“El costo de la ventilación no es entonces despreciable, merece que se le tenga en cuenta para controlarlo, pero él no da más que una idea muy fragmentaria de la importancia de esta operación en la explotación y de su incidencia en los costos totales” (Montes & Duque, 2008).

“Ratio es un vocablo reconocido por la Real Academia Española que se utiliza como sinónimo de razón, en el sentido del cociente de los números o de cantidades comparables. La razón aritmética es la diferencia constante entre dos términos consecutivos de una progresión geométrica.

Un ratio, en definitiva, es la razón o cociente de dos magnitudes relacionadas entre sí. Los ratios financieros o contables son los coeficientes que aportan unidades financieras de medida y comparación (Herrera Freire et al., 2016). A través de ellos, se establece la relación que presenta dos datos financieros y es posible analizar el estado de una organización en base de sus niveles óptimos. Para que la comparación de los datos resulte coherente, éstos deben corresponder a un mismo período de tiempo. Por otra parte, los datos a contrastar deben mantener una relación financiera, económica y administrativa” (Pérez Porto & Gardey, 2022).

II. MÉTODOS

Esta investigación tiene un nivel descriptivo y explicativo que utiliza el Método Cuantitativo complementado con el análisis estadístico y el desarrollo de diagramas elaborados usando herramientas informáticas. Con la información obtenida se desarrollan diagramas para estimar los ratios

de energía identificando los parámetros para la mejora de la producción y la ventilación.

Los datos utilizados en esta investigación fueron logrados, según se indica:

- Recolección de los Inventarios de Ventilación e Informes de Producción y Consumo de Energía para estimar los ratios de energía. La fuente principal fueron las Áreas de Planeamiento y Mantenimiento Eléctrico de la Unidad Huaron.
- Establecimiento de una base de datos para manejar la información registrada, desarrollar diagramas para evaluar y analizar los parámetros relacionados con los ratios de energía, utilizando herramientas informáticas. El Tesista fue quien dirigió este proceso de investigación, con la colaboración de personal especializado.
- Uso de Gráficos de Líneas para **delimitar el valor de una variable dependiente respecto a otra independiente** e identificar aquellos factores relevantes que están afectando la producción y la ventilación en la Unidad.
- Determinar las acciones o actividades concretas a ejecutar, identificadas producto del análisis de la información obtenida (Ramírez Osorio, 2015). Estas deben integrar planes de trabajo que permitirán mejorar la producción y la ventilación en la Unidad.

III. RESULTADOS

3.1. Ratios de Energía en la Unidad Huaron el año 2015

Para elaborar los ratios de energía en la Unidad Huaron del año 2015, se necesita obtener los siguientes datos:

- Consumo de Energía.
- Consumo de Energía por Ventilación.
- Producción.

3.2. Consumo de Energía mensual en la Unidad Huaron el año 2015

Para conocer el consumo de energía mensual en la Unidad Huaron durante el año 2015, se ha obtenido la información de Mina, Planta y Servicios, los cuales en conjunto reflejan la totalidad del consumo de energía en la Unidad Huaron.

El cuadro de consumo de energía contiene la siguiente información:

- **Mina**

El consumo de Mina es referido a la energía utilizada para los equipos de interior mina (Jumbos, Bombas, Ventiladores, etc.) que hacen posible la ejecución de todas las operaciones unitarias propias de la minería subterránea (Torres Salas, 2015).

- **Planta**

El consumo de Planta consiste en la energía requerida por los equipos de Planta Concentradora (chancadoras, celdas,

laboratorio metalúrgico, etc.) que hace posible la obtención del concentrado como producto final de venta.

- **Servicios**

El consumo de Servicios se refiere a la energía utilizada por los equipos administrativos (computadoras, teléfonos, impresoras, etc.) que realizan funciones auxiliares en la Unidad.

Por lo tanto, se presenta a continuación el cuadro de consumo de energía y su respectivo gráfico lineal (Ver Tabla 1 y Figura 1).

Se puede observar en el gráfico que el consumo de energía de Mina inicia el año 2015 con casi 3 millones de kWh/mes, se reduce en el mes de febrero a 2,5 millones y culmina el año con un incremento de 3,2 millones de kWh/mes en diciembre.

Respecto al consumo de energía de Planta, el gráfico muestra un consumo a inicios de año de 1,9 millones de kWh/mes, se incrementa en el mes de marzo a 2,2 millones, tiene un pico negativo en Setiembre de 1,6 millones y finalmente culmina el año incrementándose a 2,2 millones.

En el caso del consumo de energía de Servicios, inicia el año con 709 mil kWh/mes, se mantiene hasta el mes de agosto en el que inicia un declive del consumo hasta llegar en el mes de noviembre a 544 mil kWh/mes para terminar el año con 642 mil kWh/mes.

3.3. Consumo de Energía por Ventilación en la Unidad Huaron el año 2015

En el cuadro de consumo de energía por Ventilación se muestra el consumo de energía de los ventiladores por cada Zona de la Mina (Norte, Sur y Norte 500). Para ello se realizó el inventario mensual de los ventiladores usados en cada Zona de interior mina durante el año 2015.

El cuadro de consumo de energía, por lo tanto, refleja la cantidad total de energía utilizada por los ventiladores de cada Zona (Ver Tabla 2 y Figura 2).

Se puede observar en el gráfico que el consumo de energía por Ventilación en las Zonas Norte y Sur inicia el año bordeando los 1,6 millones de kWh/mes y gradualmente van disminuyendo hasta acabar el año con 1,3 y 1,1 millones de kWh/mes respectivamente.

En el caso del Norte 500, inicia el año por encima de 400 mil kWh/mes y gradualmente disminuye hasta finalizar el año en casi 290 mil kWh/mes.

3.4. Producción en la Unidad Huaron el año 2015

Para el caso de la producción, en la Unidad Huaron se ha realizado la medición del tonelaje de mineral de los camiones que ingresan a la balanza de la Unidad Huaron, calculándose las toneladas métricas secas (TMS) de mineral que ingresan a planta concentradora, de esta forma se muestra a continuación el cuadro de producción por Zonas

Tabla 1. Consumo de energía en la unidad Huaron año 2015

Consumo Energía Huaron 2015 (kWh/mes)													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Mina	2,962,181	2,552,524	2,955,604	2,860,802	2,746,540	2,748,952	2,897,418	3,001,678	2,948,488	3,203,513	2,995,804	3,203,513	35,077,017
Planta	1,931,979	2,091,735	2,224,282	2,116,246	2,155,187	2,191,487	2,141,485	2,199,095	1,610,182	2,291,383	1,977,586	2,291,383	25,222,030
Servicios	709,430	707,334	779,827	776,771	757,977	768,656	784,335	779,220	692,782	642,916	544,986	642,916	8,587,150
Total	5,603,590	5,351,593	5,959,713	5,753,819	5,659,704	5,709,095	5,823,238	5,979,993	5,251,452	6,137,812	5,518,376	6,137,812	68,886,197

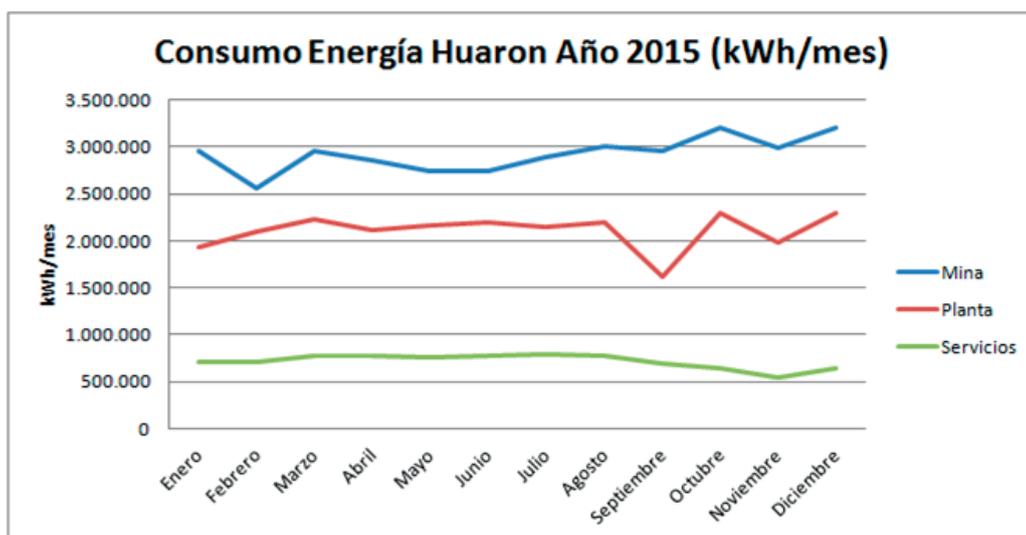


Figura 1. Consumo energía Huaron año 2015.

Tabla 2. Consumo de energía por ventilación en la unidad Huaron año 2015

Consumo de Energía por Ventilación Unidad Huaron Año 2015 (kWh/mes)													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Norte	1,602,650	1,529,548	1,492,997	1,432,078	1,402,837	1,373,596	1,332,171	1,339,481	1,332,171	1,307,803	1,301,712	1,289,858	16,736,902
Sur	1,561,957	1,293,914	1,198,881	1,164,767	1,140,399	1,116,032	1,092,881	1,079,480	1,079,480	1,074,674	1,069,733	1,069,733	13,941,931
Norte 500	441,539	422,045	428,127	391,586	367,218	367,218	342,851	348,943	330,677	324,575	294,116	288,024	4,346,919
Total	3,606,146	3,245,507	3,120,005	2,988,431	2,910,454	2,856,846	2,767,903	2,767,904	2,742,328	2,707,052	2,665,561	2,647,615	35,025,752

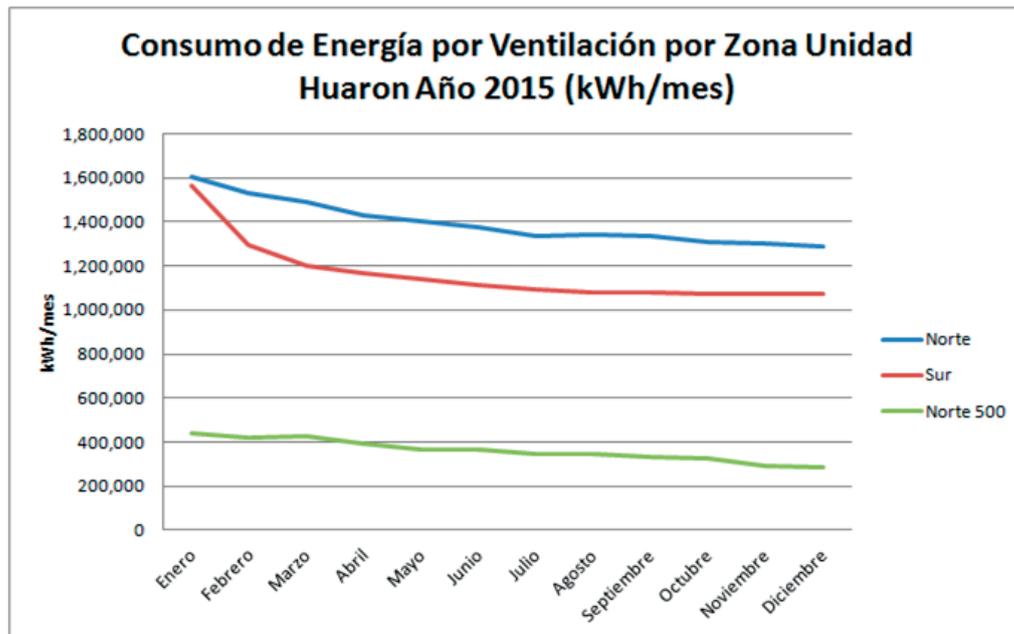


Figura 2. Consumo de energía por ventilación Huaron año 2015

de la Unidad Huaron con su respectivo gráfico comparativo (Ver Tabla 3 y Figura 3).

En el gráfico puede observarse que la Zona Norte inicia el año con una producción de mineral de 37 mil TMS, tiene caídas fuertes durante los meses de febrero y abril (33 y 34 mil respectivamente), se incrementa en el mes de mayo a 38 mil TMS para luego continuar con su declive y terminar el año en 31 mil TMS. Esta caída de la producción en el Norte es ocasionada por la escasez de tajos de reemplazo, lo cual provoca que las demás zonas cubran el tonelaje como se podrá ver a continuación.

Respecto a la Zona Sur, arranca el año con 25 mil TMS, para luego tener fuertes caídas de producción durante los meses de febrero a mayo, hacia el mes de junio logra una recuperación de 24 mil TMS y los meses restantes subir y bajar la producción, culminando el año con un alza de 24 mil TMS. Esta incesante fluctuación entre el alza y baja de la producción en el Sur se debió principalmente al tipo de mineralización en toda la zona, caracterizado por ser de vetas angostas, las leyes de mineral jugaron un rol importante para que la producción no sea estable en todo el año 2015 (Ames Ramírez & Lovera Dávila, 2012).

En la Zona Norte 500, inicia el año con una producción de mineral de 15 mil TMS, luego tiene un incremento durante marzo, abril y mayo llegando a 26 mil TMS, sufre una caída de producción hacia el mes de junio de 17 mil TMS, para restablecerse en los siguientes meses llegando a 25 mil TMS, culminando el año en 18 mil TMS. Esta zona tuvo que cubrir en gran medida el tonelaje de la Zona Norte, para mantener los niveles de producción por encima de 70 mil TMS.

3.5. Ratios de Energía en la Unidad Huaron el año 2016

Para elaborar los ratios de energía en la Unidad Huaron del año 2016, se necesita obtener los siguientes datos:

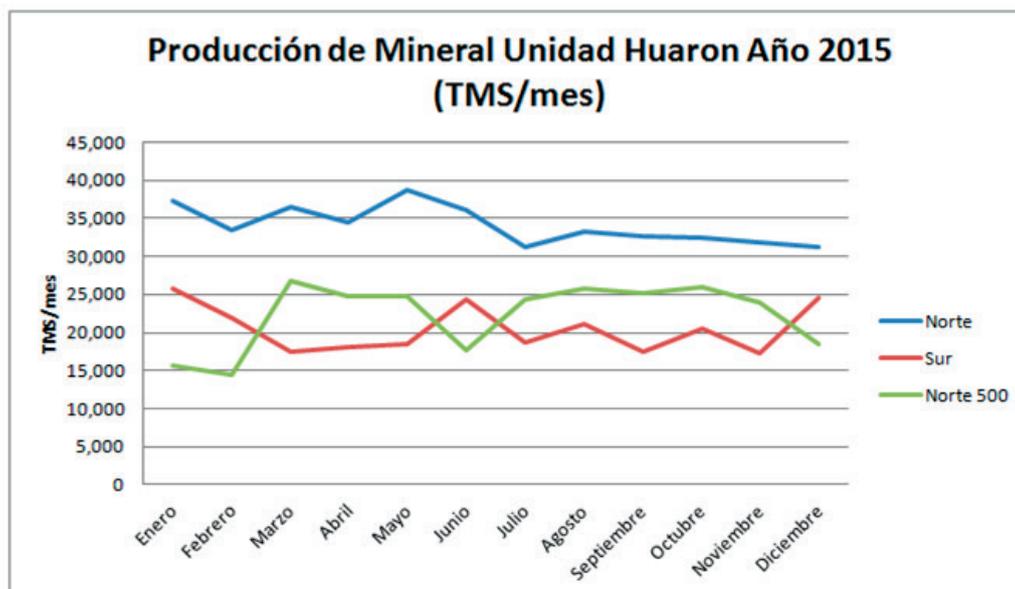
- Consumo de Energía.
- Consumo de Energía por Ventilación.
- Producción.

3.6. Consumo de Energía mensual en la Unidad Huaron el año 2016

Para conocer el consumo de energía mensual en la Unidad Huaron durante el año 2016, se ha obtenido la información de Mina, Planta y Servicios, los cuales en conjunto reflejan la totalidad del consumo de energía en la Unidad Huaron.

Tabla 3. Producción de mineral en la unidad Huaron año 2015

	Producción de Mineral Unidad Huaron Año 2015 (TMS/mes)												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Norte	37,364	33,483	36,483	34,559	38,695	36,126	31,307	33,232	32,704	32,455	31,849	31,232	409,489
Sur	25,765	21,991	17,442	18,093	18,503	24,365	18,611	21,186	17,440	20,413	17,346	24,576	245,731
Norte 500	15,672	14,470	26,758	24,742	24,704	17,746	24,346	25,862	25,076	25,960	23,990	18,583	267,909
Total	78,801	69,944	80,683	77,394	81,902	78,237	74,264	80,280	75,220	78,828	73,185	74,391	923,129

**Figura 3.** Producción de mineral unidad Huaron año 2015

El cuadro de consumo de energía contiene la siguiente información:

- **Mina**

El consumo de Mina es referido a la energía utilizada para los equipos de interior mina (Jumbos, Bombas, Ventiladores, etc.) que hacen posible la ejecución de todas las operaciones unitarias propias de la minería subterránea.

- **Planta**

El consumo de Planta consiste en la energía requerida por los equipos de Planta Concentradora (chancadoras, celdas, laboratorio metalúrgico, etc.) que hace posible la obtención del concentrado como producto final de venta.

- **Servicios**

El consumo de Servicios se refiere a la energía utilizada por los equipos administrativos (computadoras, teléfonos, impresoras, etc.) que realizan funciones auxiliares en la Unidad.

Por lo tanto, se presenta a continuación el cuadro de consumo de energía y su respectivo gráfico lineal (Ver Tabla 4 y Figura 4).

Se puede observar en el gráfico que el consumo de energía de Mina inicia el año 2016 con 3.3 millones de kWh/mes, se reduce en el mes de marzo a 2,9 millones y culmina el año con 3 millones de kWh/mes en diciembre.

Respecto al consumo de energía de Planta, el gráfico muestra un consumo a inicios de año de 2.2 millones de kWh/mes, se reduce en el mes de marzo a 1.8 millones, se incrementa gradualmente a 2 millones de kWh/mes en el mes de setiembre y finalmente culmina el año incrementándose a 2,1 millones de kWh/mes en diciembre.

En el caso del consumo de energía de Servicios, inicia el año con 709 mil kWh/mes, se mantiene hasta el mes de agosto en el que inicia un declive del consumo hasta llegar en el mes de noviembre a 544 mil kWh/mes para terminar el año con 642 mil kWh/mes.

3.7. Consumo de Energía por Ventilación en la Unidad Huaron el año 2016

En el cuadro de consumo de energía por Ventilación se muestra el consumo de energía de los ventiladores por cada Zona de la Mina (Norte, Sur y Norte 500). Para ello se realizó el inventario mensual de los ventiladores usados en cada Zona de interior mina durante el año 2016.

Tabla 4. Ratios de energía unidad Huaron año 2015

	Consumo Energía Huaron Año 2016 (kWh/mes)												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Mina	3,312,623	3,202,924	2,954,688	2,905,071	2,938,392	3,141,194	3,155,377	3,048,509	3,062,960	3,055,387	3,042,849	3,042,849	36,862,822
Planta	2,258,333	2,134,168	1,857,226	2,087,874	1,869,571	2,093,267	2,029,454	1,994,637	2,054,153	2,174,942	2,125,584	2,125,584	24,804,791
Servicios	589,593	542,507	559,018	552,285	542,890	546,366	613,813	598,051	577,233	632,121	570,000	570,000	6,893,877
Total	6,160,549	5,879,599	5,370,931	5,545,229	5,350,853	5,780,827	5,798,644	5,641,196	5,694,346	5,862,449	5,738,433	5,738,433	68,561,490

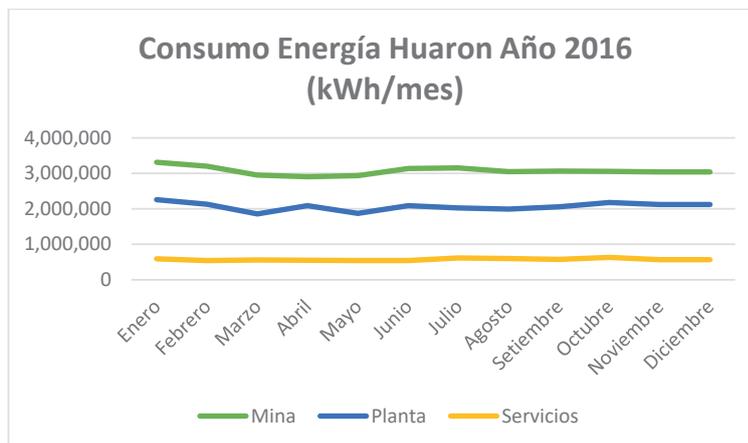


Figura 4. Consumo energía Huaron año 2016

El cuadro de consumo de energía, por lo tanto, refleja la cantidad total de energía utilizada por los ventiladores de cada Zona (Ver Tabla 5 y Figura 5).

Se puede observar en el gráfico que el consumo de energía por Ventilación en las Zona Norte inicia el año con 1,2 millones de kWh/mes, gradualmente va disminuyendo hasta el mes de Julio que llega reducirse hasta 970 mil de kWh/mes, para luego incrementar nuevamente y culminar el año con 1,0 millón de kWh/mes.

En la Zona Sur inicia el año con 1,0 millón de kWh/mes, en el transcurso de los meses tiene un incremento del consumo hasta el mes de agosto donde se estabiliza y culmina el año con 1,1 millones de kWh/mes.

En el caso del Norte 500, inicia el año por encima de 288 mil kWh/mes, tiene caídas de consumo en los meses de abril y mayo con 253 mil kWh/mes y gradualmente se incrementa en los meses posteriores hasta finalizar el año en 392 mil kWh/mes.

3.8 Producción en la Unidad Huaron el año 2016

Para el caso de la producción, en la Unidad Huaron se ha realizado la medición del tonelaje de mineral de los camiones que ingresan a la balanza de la Unidad Huaron, calculándose las toneladas métricas secas (TMS) de mineral que ingresan a planta concentradora, de esta forma se muestra a continuación el cuadro de producción por Zonas de la Unidad Huaron con su respectivo gráfico comparativo (Ver Tabla 6 y Figura 6).

En el gráfico puede observarse que la Zona Norte inicia el año con una producción de mineral de 34 mil

TMS, tiene un declive hacia el mes de Setiembre con 31 mil TMS y se incrementa progresivamente hasta terminar el año en 35 mil TMS.

Respecto a la Zona Sur, arranca el año con 24 mil TMS, tiene incrementos mínimos a lo largo del año culminando con 26 mil TMS.

En la Zona Norte 500, inicia el año con una producción de mineral de 19 mil TMS, no tiene cambios sustanciales a lo largo del año, culminando el año en 17 mil TMS.

IV. DISCUSIÓN

4.1 Ratios de Energía Unidad Huaron el año 2015

Con la información del consumo de energía y el tonelaje de mineral extraído, se ha elaborado los cuadros de ratios de energía con su respectivo gráfico comparativo (Ver Tabla 7 y Figura 7).

En el caso de Zona Norte observamos que inicia el año con 42.9 kWh/TMS, hacia el mes de febrero tiene un pico de 45.7 debido al incremento del consumo de energía y la caída de la producción en dicha zona, sin embargo, se reduce gradualmente en los meses siguientes por la reducción en el consumo de energía hasta terminar el año con 41.3 kWh/TMS y un promedio de 40.9 kWh/TMS.

Con respecto a la Zona Sur inicia el año con 60.6 kWh/TMS por el gran consumo de energía que se tenía en ese mes, en los meses de marzo y abril se tienen picos de 68.7 y 64.4 kWh/TMS respectivamente, por la caída en la producción de mineral, sin embargo, esta situación

Tabla 5. Consumo de energía unidad Huaron año 2016

Consumo de Energía por Ventilación Unidad Huaron Año 2016 (kWh/mes)													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Norte	1,289,528	1,282,218	1,276,126	1,270,034	1,263,942	1,071,439	975,187	975,187	1,002,723	1,002,723	1,002,723	1,002,723	13,414,552
Sur	1,069,733	1,063,641	1,057,550	1,050,239	1,030,745	1,094,588	1,105,553	1,111,645	1,123,342	1,123,342	1,123,342	1,123,342	13,077,062
Norte 500	288,024	266,093	266,093	253,909	253,909	287,537	343,582	343,582	392,317	392,317	392,317	392,317	3,871,995
Total	2,647,285	2,611,952	2,599,769	2,574,182	2,548,596	2,453,564	2,424,323	2,430,414	2,518,381	2,518,381	2,518,381	2,518,381	30,363,609

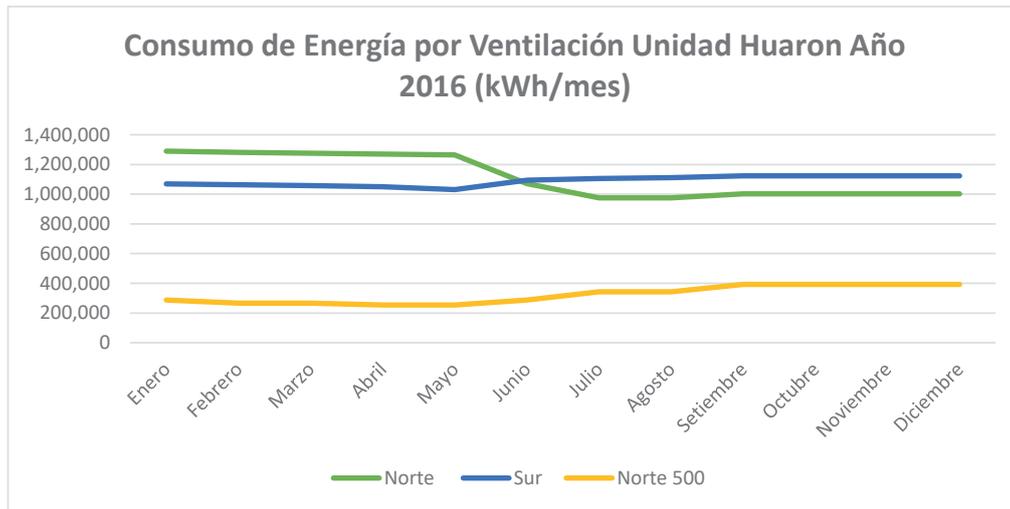


Figura 5. Consumo de energía por ventilación unidad Huaron año 2016

Tabla 6. Producción de mineral unidad Huaron año 2016

Producción de Mineral Unidad Huaron Año 2016 (TMS/mes)													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Norte	34,221	32,667	34,505	34,537	34,729	33,143	34,533	33,850	31,279	34,334	33,948	35,531	407,277
Sur	24,544	24,831	26,348	24,188	24,306	25,758	25,967	24,811	25,860	26,357	25,427	26,375	304,772
Norte 500	19,146	18,537	18,623	18,150	19,508	18,188	18,667	18,845	18,030	18,357	18,892	17,267	222,210
Total	77,911	76,035	79,476	76,875	78,543	77,089	79,167	77,506	75,169	79,048	78,267	79,173	934,259

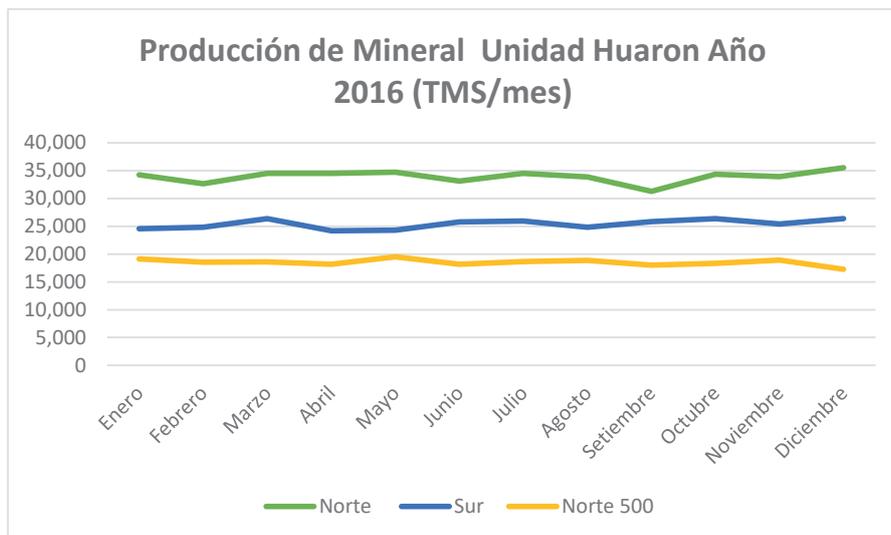


Figura 6. Producción de mineral unidad Huaron año 2016

Tabla 7. Ratios de energía unidad Huaron año 2015

Ratios de Energía Unidad Huaron Año 2015 (kWh/TMS)													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Norte	42.9	45.7	40.9	41.4	36.3	38.0	42.6	40.3	40.7	40.3	40.9	41.3	40.9
Sur	60.6	58.8	68.7	64.4	61.6	45.8	58.7	51.0	61.9	52.6	61.7	43.5	57.5
Norte 500	28.2	29.2	16.0	15.8	14.9	20.7	14.1	13.5	13.2	12.5	12.3	15.5	17.1
Promedio	43.9	44.6	41.9	40.5	37.6	34.8	38.5	34.9	38.6	35.1	38.3	33.4	38.5

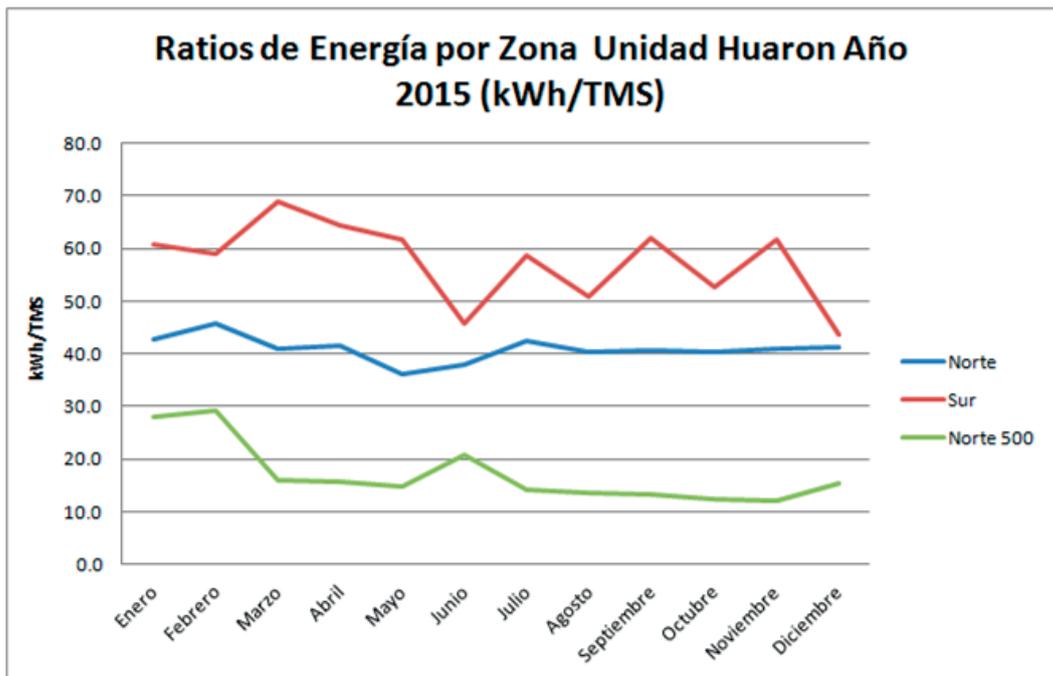


Figura 7. Ratios de energía por zona unidad Huaron año 2015

mejora en el mes de junio y de ahí en adelante el consumo de energía se reduce para no impactar negativamente en el ratio de ventilación hasta culminar el año con 43.5 kWh/TMS y un promedio de 57.5 kWh/TMS (Aldazábal Contreras & Napán Vera, 2014).

En la Zona Norte 500 se inicia el año con 28.2 kWh/TMS debido principalmente a problemas de producción durante enero, luego mejora notablemente el ritmo productivo de mineral a partir del mes de marzo, bajando el ratio a 16 kWh/TMS hasta finalizar el año con 15.5 kWh/TMS y un promedio de 17.1 kWh/TMS.

4.2. Ratios de Energía Unidad Huaron el año 2016

Con la información del consumo de energía y el tonelaje de mineral extraído, se ha elaborado los cuadros de ratios de energía con su respectivo gráfico comparativo (Ver Tabla 8 y Figura 8).

En el caso de Zona Norte observamos que inicia el año con 37.7 kWh/TMS, hacia el mes de febrero tiene un pico de 39.3 debido a la caída de la producción en dicha zona, sin embargo, se reduce gradualmente en los meses siguientes por la reducción en el consumo de energía hasta

terminar el año con 28.2 kWh/TMS y un promedio de 33 kWh/TMS.

Con respecto a la Zona Sur inicia el año con 43.6 kWh/TMS, en los meses de febrero y marzo cae a 42.8 y 40.1 kWh/TMS respectivamente, por el incremento en la producción de mineral durante esos meses, sin embargo, esta situación cambia en los meses posteriores debido al incremento del consumo de energía, hasta culminar el año con 42.6 kWh/TMS y un promedio de 42.9 kWh/TMS.

En la Zona Norte 500 se inicia el año con 15 kWh/TMS, luego se reduce notablemente en los meses de febrero a mayo hasta llegar a 13 kWh/TMS, debido principalmente a la reducción del consumo de energía de la Zona, a partir de junio tiene un incremento sustancial debido al incremento progresivo en el consumo de energía hasta finalizar el año con 22.7 kWh/TMS y un promedio de 17.5 kWh/TMS.

4.3. Impacto Económico en el Presupuesto de la Unidad Huaron Año: 2015 – 2016 (Budget)

A continuación, se muestra el presupuesto anual de energía y producción de la unidad Huaron Año: 2015 – 2016 (Budget) en US\$/TMS (Ver Tabla 9 y Figura 9):

Tabla 8. Ratios de energía unidad Huaron año 2016

Ratios de Energía Unidad Huaron Año 2016 (kWh/TMS)													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Norte	37.7	39.3	37.0	36.8	36.4	32.3	28.2	28.8	32.1	29.2	29.5	28.2	33.0
Sur	43.6	42.8	40.1	43.4	42.4	42.5	42.6	44.8	43.4	42.6	44.2	42.6	42.9
Norte 500	15.0	14.4	14.3	14.0	13.0	15.8	18.4	18.2	21.8	21.4	20.8	22.7	17.5
Promedio	32.1	32.1	30.5	31.4	30.6	30.2	29.7	30.6	32.4	31.1	31.5	31.2	31.1

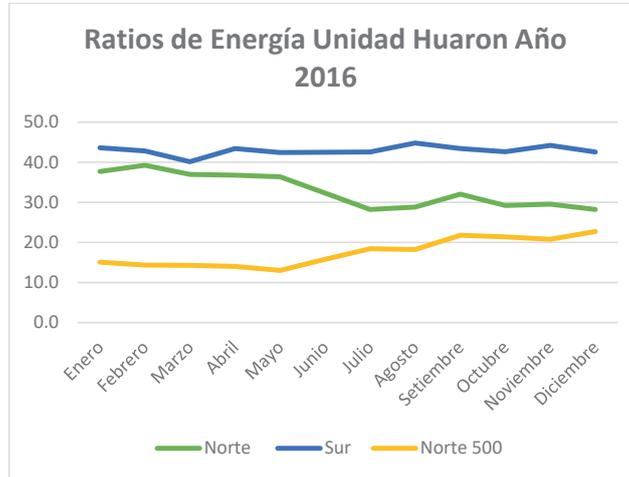


Figura 8. Ratios de energía unidad Huaron año 2016 **Tabla 9.** Budget de energía unidad Huaron año 2015 - 2016

Tabla 9. Budget de energía unidad Huaron año 2015 - 2016

Budget de Energía Unidad Huaron Año 2015 - 2016 (US\$/TMS)													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Norte	3.1	3.3	2.8	2.8	2.5	2.7	3.0	2.9	3.0	2.9	3.0	3.0	2.9
Sur	4.4	4.3	4.8	4.4	4.2	3.2	4.2	3.7	4.6	3.8	4.5	3.2	4.0
Norte 500	2.0	2.1	1.1	1.1	1.0	1.4	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	1.1	1.2
Norte BUDGET	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Sur BUDGET	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Norte 500 BUDGET	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
Promedio BUDGET	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
Promedio REAL	3.3	3.4	2.7	2.7	2.4	2.5	2.7	2.5	2.7	2.5	2.7	2.6	2.7

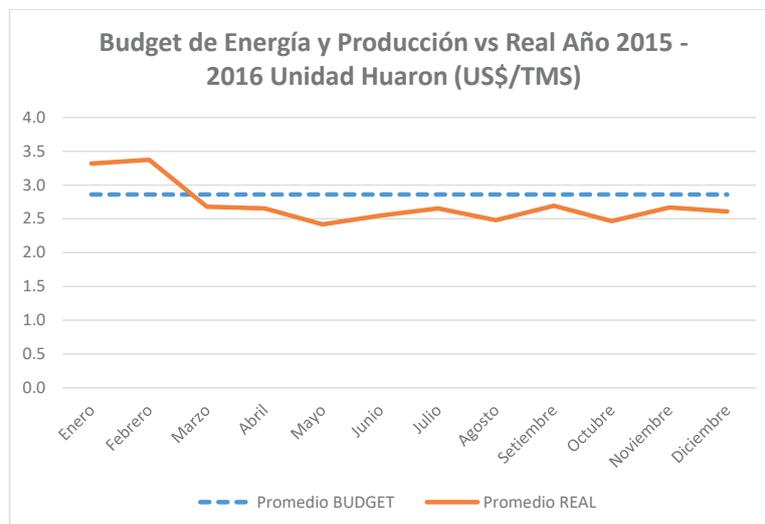


Figura 9. Budget de energía y producción vs real unidad Huaron año 2015 - 2016

En la Figura 9 se puede observar que durante los meses de enero y febrero se ha superado el presupuesto del año 2015 – 2016, sin embargo, se tomaron las medidas necesarias para que los meses siguientes ya no vuelva a ocurrir lo mismo y se mantengan los valores por debajo de lo presupuestado.

V. CONCLUSIONES

- La aplicación del método de ratios de energía para la mejora de la producción y la ventilación ha demostrado ser eficaz para optimizar la productividad y la ventilación en la mina Huaron en el año 2015 – 2016, manteniendo el ratio de energía y producción por debajo de 2.9 US\$/TMS.
- Se ha demostrado que el método de ratios de energía y producción redujo el consumo de energía excesivo en ventilación en las zonas Sur y Norte 500 en los meses de enero y febrero en las cuales no se tuvo una producción sostenida, lo cual permitió optimizar el consumo de energía, reubicando los ventiladores hacia las zonas donde se tiene una mayor producción de mineral.
- La obtención de los ratios de producción en la mina Huaron permitió una estimación rápida de las zonas en las cuáles se tuvieron que retirar los ventiladores para evitar un alto consumo de energía y consecuentemente un incremento en el ratio de energía y producción.
- La aplicación de los ratios de energía y producción durante los años 2015 y 2016 permitió una eficiencia en el consumo de cada zona de la mina, mediante el cual pudo generar un ahorro en el consumo de energía de 35 millones de kWh/mes a 30 millones de kWh/mes gracias al uso del método de ratios de energía y producción, generando un ahorro económico de US\$ 358 mil dólares en consumo de energía en la mina Huaron.
- Gracias al uso de los ratios de energía y producción durante los años 2015 y 2016 se pudo lograr un comparativo de costos que permitió establecer metas operacionales tangibles, con el objetivo de reducir el consumo de energía por ventilación.
- Se ha permitido una distribución eficiente de la ventilación en las 3 zonas de la unidad Huaron gracias al uso de los ratios de energía y producción reubicando los ventiladores de las zonas con menos producción de mineral hacia las zonas con mayor extracción de mineral, generando un mejor uso de los ventiladores.
- Se encontró que la reubicación de los ventiladores de una zona a otra es la mejor forma de optimizar el consumo de energía por ventilación, gracias al uso del método de ratios de energía y producción.

VI. REFERENCIAS

- Aldazábal Contreras, J. C., & Napán Vera, A. F. (2014). Análisis discriminante aplicado a modelos de predicción de quiebra. *QUIPUKAMAYOC. Revista de La Facultad de Ciencias Contables*, 22(42), 53–59. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quipu/article/view/11035/9925>
- Ames Ramírez, C., & Lovera Dávila, D. (2012). *Control de variables en el espesador de cono profundo en la recuperación de relaves altamente fluibles*. 14(26). <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/671/525>
- Bardales, J., de la Cruz, E., & Cabrera C., C. (2016). *Propuesta de un sistema de información ambiental en la recolección de residuos sólidos en el distrito de San Luis, Lima, Perú*. 19(38), 1–6. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/13574/11985>
- Herrera Freire, A. G., Betancourt Gonzaga, V. A., Herrera Freire, A. H., Vega Rodríguez, S. R., & Vivanco Granda, E. C. (2016). Razones financieras de liquidez en la gestión empresarial para toma de decisiones. *Quipukamayoc Revista de La Facultad de Ciencias Contables*, 24(46), 153–162. <https://doi.org/10.15381/quipu.v24i46.13249>
- Montes, & Duque. (2008). *Ventilación de minas, Medellín*. https://www.academia.edu/12282174/VENTILACION_DE_MINAS
- PérezPorto, J., & Gardey, A. (2022). *Definición de ratio. Significado y Concepto*. <https://definicion.de/ratio/#:~:text=Ratio%20es%20un%20vocablo%20latino,consecutivos%20de%20una%20progresi%C3%B3n%20aritm%C3%A9tica.%3C>
- Ramírez Osorio, A. (2015). Deficiencias en las actividades de control de las cajas municipales del norte del Perú. *Quipukamayoc Revista de La Facultad de Ciencias Contables*, 23(43), 111–118. <https://doi.org/10.15381/quipu.v23i43.11605>
- Torres Salas, T. C. (2015). Estrategia para usar racionalmente el agua: experiencia de una entidad de educación técnica industrial, certificada bajo la norma ISO 14001:2004. *Industrial Data*, 18(2), 46–54. <https://doi.org/10.15381/idata.v18i2.12096>
- Zitron. (2010). *Sistemas de ventilación para la mina*. <https://zitron.com/industrias/mineria/?lang=es>