

- of Ouro Preto, Ouro Preto, 2015.  
Available at  
<<http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/6238>> (accessed, July 2018).
- [11] Vale S.A. “Reserves and Resources evaluation”. Internal Report Vale. Belo Horizonte. 2011.
- [12] W Hustrulid, M Kuchta. “Open pit mine planning & design:

Fundamentals”. Two Volume Set. CRC Press. 2013. 1308 p. (ISBN-10: 9781466575127)

Artículo recibido en: 10.03.2022  
Artículo aceptado: 04.04.2022

## LIQ – MIN 1.0 ALGORITMO PARA CÁLCULO DE LIQUIDACIONES MINERAS

M.Sc. Ing. Rubén Medinaceli Tórrez, [r.medinaceli.torrez@gmail.com](mailto:r.medinaceli.torrez@gmail.com),  
Carrera de Ingeniería de Minas, Petróleos y Geotecnia - Universidad Técnica de Oruro  
Departamento de Geotecnia - Universidade de Sao Paulo

Proyecto que obtuvo el 3er lugar en la 8va Feria de Investigación, Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica de Oruro – FICyT 2021

### Resumen

La presente investigación ha desarrollado un algoritmo para el cálculo de las liquidaciones mineras, en Excel, sencillo de usar, desarrollado para que los mineros cooperativistas reciban un pago justo por la venta de sus minerales, además este algoritmo calcula el porcentaje de realización (porcentaje que gana la casa comercializadora) y el porcentaje que recibe el trabajador minero por la venta del mineral.

En base a este algoritmo, el minero cooperativista que comercializa cualquier mineral desde ahora va a recibir el pago que merece por el esfuerzo realizado.

El algoritmo ha sido convertido en una aplicación de celular “LIQMIN” de propiedad exclusiva del CISEP de descarga libre para que los mineros cooperativistas puedan acceder a la aplicación, se tiene una versión del algoritmo en un programa para computadoras que ha sido instalado en la mayoría de las oficinas de las cooperativas mineras del departamento de Oruro.

A partir de la implementación de este algoritmo, el SENARECOM ha subido a su WEB una versión propia del LIQMIN, esto indica la repercusión que ha tenido la investigación desarrollada, llegando a que instancias como el SENARECOM puedan generar este tipo de ayudas al sector.

Se han realizado capacitaciones a las cooperativas del departamento de Oruro sobre el uso del algoritmo LIQMIN con la ayuda del CISEP, fueron 11 las cooperativas que han recibido esa capacitación, el algoritmo en su versión de aplicación para celulares ha sido entregado a la comunidad minera en un acto llevado a cabo en la Universidad Técnica de Oruro.

### Palabras clave:

Algoritmo, comercialización, cooperativa, minería, liquidación.

### Abstract

The present research has developed an algorithm for the calculation of mining settlements, in Excel, easy to use, developed so that cooperative miners receive a fair payment for the sale of their minerals, in addition this algorithm calculates the percentage of realization (percentage that the trading house wins) and the percentage that the mining worker receives from the sale of the mineral.

Based on this algorithm, the cooperative miner who commercializes any mineral from now on will receive the payment he deserves for the effort made.

The algorithm has been converted into a free download "LIQMIN" cell phone application of exclusive property of CISEP so that cooperative miners can access the application. There is a version of the algorithm

**Rubén Medinaceli T.**

in a computer program that has been installed in most from the offices of the mining cooperatives in the department of Oruro.

From the implementation of this algorithm, SENARECOM has uploaded its own version of LIQMIN to its WEB, this indicates the repercussion that the research developed has had, leading to instances such as SENARECOM that can generate this type of aid to the sector.

Training has been carried out to cooperatives in the department of Oruro on the use of the LIQMIN algorithm with the help of CISEP, 11 cooperatives have received this training, the algorithm in its mobile application version has been delivered to the mining community in an act carried out at the Technical University of Oruro.

**Keywords:**

Algorithm, marketing, cooperative, mining, liquidation.

## **1. INTRODUCCIÓN**

En la actividad minera boliviana actualmente la minería cooperativista es la más activa, como bien se conoce esta minería llamada informal o pequeña minería tiene muchas dificultades para poder realizar la explotación de minerales, no cuentan con equipos de protección personal, muchas de ellas no tienen técnicos que guíen las operaciones. Esto sin duda alguna es una desventaja y pone en riesgo la salud y la vida de muchos mineros que día a día entran las labores subterráneas en busca de poder extraer el mayor mineral posible.

Es importante señalar que muchos de los trabajadores mineros son personas en su mayoría que no han terminado la escuela, muchos de ellos han dejado los estudios por entrar a trabajar en la mina, es por lo expuesto que en el mayor de los casos ellos no conocen y tampoco entienden los cálculos que se realizan para poder obtener el pago que deben recibir por comercializar el mineral que extraen con tanto esfuerzo, muchas veces exponiendo su salud y su vida.

El Servicio Nacional de Registro y Control de Comercialización de Minerales y Metales – SENARECOM es posiblemente la institución llamada a orientar a los mineros cooperativistas acerca de la comercialización de los minerales.

Muchas de las casas de comercialización (comercializadoras de mineral) mantienen de manera discreta la forma de calcular la liquidación por la venta de minerales, algunas de estas casas comercializadoras, por testimonio de los mineros cooperativistas ofrecen un pago mucho menor del real pese a que el cálculo de la liquidación por la venta de minerales está en la Ley 535 (Ley de minería y metalurgia).

La presente investigación ha desarrollado un algoritmo para el cálculo de las liquidaciones

mineras, en Excel, sencillo de usar, desarrollado para que los mineros cooperativistas reciban un pago justo por la venta de sus minerales, además este algoritmo calcula el porcentaje de realización (porcentaje que gana la casa comercializadora) y el porcentaje que recibe el trabajador minero por la venta del mineral.

En base a este algoritmo, el minero cooperativista que comercializa cualquier mineral desde ahora va a recibir el pago que merece por el esfuerzo realizado.

Esta investigación ha tenido el apoyo de la Carrera de Ingeniería de Minas, Petróleos y Geotecnia y del Centro de Investigación y Servicio Popular CISEP, instituciones muy ligadas a la actividad minera en nuestro departamento.

El algoritmo ha sido convertido en una aplicación de celular “LIQMIN” de propiedad exclusiva del CISEP que actualmente cuenta con dos versiones y es de descarga libre para que los mineros cooperativistas puedan acceder a la aplicación, se tiene una versión del algoritmo en un programa para computadoras para mayor facilidad de su uso, este ha sido instalado en la mayoría de las oficinas de las cooperativas mineras del departamento de Oruro.

A partir de la implementación de este algoritmo, el SENARECOM ha subido a su página una versión propia del LIQMIN para que pueda ser usada por los mineros, este hecho indica la repercusión que ha tenido la investigación desarrollada, ha llegado a que instancias como el Servicio Nacional de Registro y Control de Comercialización de Minerales y Metales puedan generar este tipo de ayudas al sector, trabajo que sin duda debería haber partido primeramente de ellos.

## 2. METODOLOGIA

A continuación, se van a definir y mostrar detalladamente los cálculos que desarrolla el algoritmo para el cálculo de las liquidaciones mineras, en base al análisis mostrado de las planillas de liquidación.

### 1. Cantidades

1.1 **Sacos:** Este valor se refiere a la cantidad de mineral que llega a la comercializadora, en algunas planillas no se tiene este valor porque no se lleva en gran cantidad en caso de contener la planilla este valor debe ser definido en un rango mayor a 0.

- *Insertar el valor*

1.2 **Peso tara (Kg):** El peso de la tara es generalmente el peso del saó que se tiene aproximadamente 50 kg, si no se tiene el valor o la cantidad no es suficiente para hacer sacos el valor debe ser anotado como 1,00.

- *Insertar el valor*

1.3 **Peso Bruto Húmedo (PBH):** Este valor se determina multiplicando el número de sacos por el peso de la tara, si no existen estos valores se puede anotar directamente el peso bruto en esta celda, en algunas planillas este valor puede ir definido directamente.

- $PBH (Kg) = Sacos * Peso\ tara (Kg)$

1.4 **Agua (%):** Es la cantidad de humedad presente en el material, es definida en laboratorio y su valor deber insertado en porcentaje en el algoritmo.

- *Insertar el valor*

1.5 **Peso Bruto Seco (PBS):** Es el peso bruto húmedo menos el porcentaje de agua.

- $PBS (Kg) = PBH - (PBH * (Agua (\%) / 100))$

1.6 **Merma (%):** La merma es la perdida física del proceso, generalmente definida en 1%, su valor deber insertado en porcentaje en el algoritmo.

- *Insertar valor*

1.7 **Peso Neto Seco (PNS):** Es el peso bruto seco menos el porcentaje de merma.

- $PNS (Kg) = PBS - (PBS * (Merma (\%) / 100))$

Estos valores se encuentran en la sección “Cantidades” del algoritmo y deben ser insertadas en caso de necesario las demás son calculadas

automáticamente en base a las fórmulas mostradas.

### 2. Leyes

en la sección “Leyes” del algoritmo se deben insertar valores de las leyes de cada uno de los minerales que contiene la muestra, habíamos señalado que estos valores vienen dados por el laboratorio, el algoritmo puede calcular la liquidación para los siguientes minerales: Estaño – Zinc – Plomo – Plata – Oro.

Todos los valores de leyes son expresados en porcentaje menos la plata que se expresa en decimarcos (DM).

- *Insertar valores*

### 3. Kilos finos

En esta sección del algoritmo lo que se hace es calcular el peso fino de cada mineral que contiene la muestra, es un cálculo ya definido por el algoritmo en base a la siguiente formula:

- $Kilos\ finos (Kg) = PNS * (Ley / 100)$

### 4. Cotización diaria / cotización quincenal

Los valores de esta sección deben ser introducidos en base a las cotizaciones diarias y quincenales, la información se encuentra en la página web del Ministerio de Minería y Metalurgia: <http://www.mineria.gob.bo/> o en la página web del SENARECOM: <https://www.senarecom.gob.bo/> o en su defecto buscar en algún periódico de circulación nacional, ese valor es actualizado diariamente.

- *Insertar valores*

### 5. Cotización del dólar

Esos valores también deben ser insertados al algoritmo, la cotización comercial y la oficial, dichos valores están también en los periódicos de circulación nacional, o en la página web del Banco Central de Bolivia: <https://www.bcb.gob.bo/>

- *Insertar valores*

### 6. Elemento

En esta sección se muestran el orden de los elementos para los cálculos siguientes, solo es referencial: Estaño – Zinc – Plomo – Plata – Oro estado natural – Oro estado sulfuroso – Oro de yacimiento marginal.

### 7. Valor económico oficial (VEO) o Valor oficial bruto (VOB) para Regalía minera.

Aquí se muestran los valores en bolivianos de cada mineral presente en la muestra calculado a partir de los kilos finos, la cotización quincenal y la cotización del dólar oficial, bajo la siguiente fórmula:

- $VEO = VOB = ((\text{Kilos finos} / 0,45359) * \text{Cotización quincenal}) * \text{Cotización dólar Oficial}$

Se dividen los kilos finos entre 0,45359 por que la cotización está en \$us/Libra Fina, es solo una conversión de unidades.

Ese valor es el precio bruto del mineral que se está vendiendo, la sumatoria total de los minerales presentes en la muestra, es decir sin descuentos de regalías ni descuentos de ley etc., este es el monto que vale la muestra de minerales llevada a la casa comercializadora.

### 8. Alícuota interna (%)

En esa sección el algoritmo calcula la alícuota en base a la Ley 535 de Minería y metalurgia, a continuación, se mostrará un ejemplo de cómo se calcula este valor para el estaño.

Según la ley 535, la alícuota del estaño se calcula de esta manera:

Tabla No. 2: Alícuota interna Sn

Para el Estaño en concentrado o metálico:

Cotización Oficial del Estaño por Libra fina (Dólares Estadounidenses)	Alícuota (%)
Mayor a 5.00	5
Desde 2.50 hasta 5	1.60 (CO) - 3
Menor a 2.50	1

Fuente: Ley 535 de minería y metalurgia

Este valor tiene relación directa con la cotización oficial del mineral, si la cotización oficial (CO) es mayor a 5,00 la alícuota es 5, pero si es menor a 2,5 esta es 1, para un valor intermedio entre esos dos límites se tiene una expresión la cual es mostrada en la tabla para el cálculo de la alícuota. En la mayoría de las planillas el valor de la alícuota siempre es 3% para cotizaciones mayores a 5\$us/L.F esto no coincide con el cálculo establecido por la ley 535, esto se debe a que la alícuota para comercio interno debe ser castigada con 0,6, es decir que solo se toma el 60% e la alícuota calculada.

Este valor está programado en el algoritmo para que en base a la cotización de cada mineral se calcule la alícuota automáticamente.

### 9. Regalía minera

Esa sección del algoritmo es importante puesto que al VEO se debe hacer un descuento por regalías mineras de todos los minerales contenido en la muestra.

Como establece la Ley 535 la Regalía Minera, por el aprovechamiento de los recursos minerales y metales no renovables, es un derecho y una compensación por su explotación y se regulan por la Constitución Política del Estado y la Ley.

Esta se calcula de multiplicar el valor económico oficial por la alícuota, con la siguiente expresión:

- $\text{Regalía Minera R.M} = \text{VEO} * (\text{Alícuota} / 100)$

El algoritmo calcula automáticamente este valor, también calcula la sumatoria de todas las regalías de los minerales presentes en la muestra, valor que serpa usado en los descuentos.

### 10. Valor económico de Mercado (VEM) o Valor al 100%

Este es un valor comercial del mineral contenido en la muestra relaciona a los kilos finos de mineral, a la cotización diaria y a la cotización del de dólar oficial, se calcula con la siguiente fórmula:

- $VEM = ((\text{Kilos finos} / 0,45359) * \text{Cotización diaria}) * \text{Cotización dólar comercial}$

Este valor es calculado automáticamente por el algoritmo.

Este valor es menor al VEM, porque los valores utilizados son menores, la cotización de dólar oficial y comercial varían y esto hace que el monto sea menor.

Este es el valor del mineral que los cooperativistas llevan a las casas comercializadoras, a este valor se le hacen los descuentos por ley y los otros descuentos propios de cada cooperativa.

### 11. Descuentos de ley

Estos son los descuentos que son obligatorios, todas las planillas analizadas los tiene y estos son:

- Regalía minera (Valor calculado anteriormente)

- Caja nacional de salud (1,8% del VEM)
- COMIBOL (1,0% del VEM)

El algoritmo calcula estos descuentos automáticamente y los porcentajes no pueden ser modificados tampoco el valor de la regalía minera.

### **12. Otros descuentos**

Existen otros descuentos sobre el VEM que son propios de las cooperativas mineras, varían en nombres y porcentajes, el algoritmo aplica los descuentos en base a los porcentajes de cada uno de ellos, el valor del porcentaje de descuento debe ser introducido al algoritmo por el usuario.

- *Insertar valores*

En caso de tener otros descuentos el usuario puede introducir los valores y nombres de esos al algoritmo, entre los más comunes están:

- |                       |       |
|-----------------------|-------|
| • FENCOMIN            | 0,40% |
| • FEDECOMIN ORURO     | 1,50% |
| • Administración      | 6,00% |
| • Pro deporte         | 1,00% |
| • Maquinaria y equipo | 1,00% |

### **13. Líquido pagable (1)**

Este es el valor que necesita conocer el cooperativista minero, es el valor por la venta de su mineral, este valor es calculado en base a leyes actuales, este valor tiene los descuentos de regalías, C.N.S, COMIBOL y otros, con este valor es que los cooperativistas pueden hacer la comparación con el monto que reciben por parte de las casas comercializadoras, con este valor ellos pueden negociar un mejor pago, se calcula en base a la siguiente ecuación:

- ***Líquido pagable (1) = VEM – (R.M – Descuentos de ley – Otros descuentos)***

El algoritmo es capaz de calcular este valor del líquido pagable, a continuación, se muestra el procedimiento utilizado por las comercializadoras para el determinar el líquido pagable, esta segunda parte también es posible calcularla con el algoritmo para al final sacar la comparación de valores.

Para iniciar el cálculo necesitamos conocer el precio por tonelada que utiliza la casa comercializadora para hacer el cálculo, todas las planillas de liquidación tienen este valor, en algunas es más visible que en otras, como se ha

indicado anteriormente este valor es a partir de las leyes de los minerales que componen la muestra.

### **14. Precio por tonelada - \$US**

Este valor debe ser introducido por el usuario al algoritmo, se puede pedir una pre cotización a la comercializadora para obtenerlo.

- *Insertar valores*

### **15. Valor neto comercializadora \$US**

Este es el valor neto que calcula la comercializadora y a la que le aplica los descuentos, este valor es calculado por la siguiente expresión:

- ***Valor neto comercializadora \$US = PNS \* (Precio por tonelada / 1000)***

### **16. Valor neto comercializadora Bs.**

Este valor es el equivalente en bolivianos del valor anterior, calculado con la siguiente formula:

- ***Valor neto comercializadora Bs = Valor neto comercializadora \$US \* cotización del dólar comercial***

Este es el valor que se muestran en las planillas, es mucho menor al VEM que está calculado en base a la normativa actual, a este valor bajo se le aplican los descuentos haciendo que reduzca un poco más.

### **17. Descuentos**

Los descuentos por regalías mineras, impuestos de ley y otros propios de cada cooperativa, son sumados y mostrado en esta celda del algoritmo.

### **18. Líquido pagable (2) comercializadora**

Este valor es obtenido a restando al valor neto comercializadora los descuentos sumados en el punto anterior, este valor es el que aparece en la planilla de liquidación, es este el valor pagado por la comercializadora al trabajador minero, este monto es mucho menor que el Líquido pagable (1), y está en función del precio por tonelada, valor que ya fue ampliamente analizado anteriormente.

Al no tener un valor con cual ser comparado los mineros aceptaban este pago a sabiendas que su venta valía más, por el miedo a perder la oportunidad de vender su mineral.

El algoritmo, calcula este valor y ahora el minero cooperativista tiene dos valores (*Líquido pagable (1)* y *Líquido pagable (2)*), con los cuales puede

realizar la comparación y negociar un mejor monto por la venta.

### **19. Porcentaje de realización**

Es necesario determinar el porcentaje de realización, es aquel porcentaje que sale de la comparación del líquido pagable (1) y el líquido pagable (2), este porcentaje va en favor de la casa comercializadora y está en función nuevamente del precio por tonelada, se calcula mediante la siguiente expresión:

- **Porcentaje de realización =  $100 - (\text{líquido pagable (2)} * 100 / \text{Líquido pagable (1)})$**

Es necesario aclarar un poco más acerca de este porcentaje, este porcentaje que se traduce como una ganancia para la casa comercializadora es sin duda lo que la comercializadora necesita para funcionar, es decir, que con esta ganancia ellos pueden alquilar una oficina, pueden pagar a sus trabajadores, etc, es un valor que no puede ser visto de mala manera, porque ellos también necesitan generar ingresos por su trabajo.

En varias planillas se ha evidenciado con la ayuda del algoritmo que este valor es muy variable, para minerales de baja ley es demasiado alto y para minerales de alta ley es conservador.

Se debe señalar también que hay comercializadoras que manejan un valor estándar de este porcentaje es decir no varía de liquidación en liquidación, son las casas que como se dice “pagan mejor” o desarrollan un trabajo honesto, en otras este valor es muy alto y afecta mucho a los trabajadores.

Hay que recordar que no son pocos los kilos finos de mineral que se comercializan, en ocasiones toda la cooperativa lleva el mineral a una sola comercializadora, y este porcentaje debería ser mucho más bajo porque la ganancia está asegurada, pero esto no ocurre.

El algoritmo calcula este porcentaje para que el minero conozca cuando está ganando la casa comercializadora.

### **20. Porcentaje de realización definido**

Para que el minero pueda realizar una negociación es vital que él pueda definir un porcentaje de realización y proponer a la casa

comercializadora aplicar este valor y así poder recibir un monto mayor por la venta del mineral. Este porcentaje se tiene que insertar al algoritmo, pero tiene un valor predefinido en 20% valor que se considera apropiado para que pueda ser la ganancia de la casa comercializadora.

- *Insertar valores*

### **21. Líquido pagable a favor del cooperativista**

Con el porcentaje de realización definido se puede calcular un nuevo valor de venta el cual servirá para la negociación con la comercializadora, este valor se calcula con la siguiente formula:

- **Líquido pagable a favor del cooperativista =  $\text{Líquido pagable (1)} - (\text{Líquido pagable (1)} * (\text{porcentaje de realización definido} / 100))$**

El cooperativista puede definir el valor del porcentaje e ir variando este valor hasta llegar a un acuerdo que beneficie a ambas partes.

### **22. Diferencia**

Este es el último de los valores del algoritmo, calcula la diferencia entre el líquido pagable (2) y el Líquido pagable a favor del cooperativista, así el minero puede conocer cuando de más o de menos le están pagando y poder elegir la mejor casa comercializadora para vender su mineral.

Todos estos cálculos se encuentran en el algoritmo de cálculo de las liquidaciones mineras, con los mismos números para que esta explicación pueda servir de manual para el uso del algoritmo, este algoritmo se encuentra en Excel porque se ha considerado que este programa es de acceso libre y no es complicado de manejar menos aun con el manual del algoritmo mostrado arriba.

Puede ser llevado en un celular y utilizado en cualquier momento por los mineros cooperativistas, las oficinas de las cooperativas pueden tenerlo en sus computadoras y de esta manera realizar los cálculos para todos los miembros de la cooperativa, y elegir entre todos la mejor comercializadora o tratar de negociar mejores precios. Los resultados de aplicación del algoritmo se muestran a continuación:

LIQ – MIN 1.0 algoritmo para cálculos de liquidaciones mineras

Tabla No. 3: Algoritmo para el cálculo de liquidaciones mineras.

LIQ – MIN 1.0 - ALGORITMO PARA CÁLCULO DE LIQUIDACIONES MINERAS

1 Cantidades			2 Leyes		3 Kilos Finos	4 Cotización Diaria		4 Cotización Quincenal/Oficial	5 Cotización Dólar		
1.1	Número de Sacos	17,00	Sn (%)	0,00	0,00	7,29	Sus/LF	7,29	Sus/LF	Comercial	6,86
1.2	Peso Taras (kg)	49,59	Zn (%)	0,00	0,00	1,15	Sus/LF	1,19	Sus/LF		
1.3	Peso Bruto Húmedo (PBH) con saco	Numero de sacos * Peso tara	Pb (%)	65,78	529,76	0,87	Sus/LF	0,89	Sus/LF	Oficial	6,96
1.4	Agua (H <sub>2</sub> O) (%)	3,50	Ag (DM)	21,34	1,72	14,96	Sus/OT	15,14	Sus/OT		
1.5	Peso Bruto Seco (PBS)	813,49	Au Nat (%)	0,00	0,00	1252,00	Sus/OT	1297,85	Sus/OT		
1.6	Merma (%)	1,00	Au Sulf (%)	0,00	0,00	0,00	Sus/OT	1514,17	Sus/OT		
1.7	Peso Neto Seco (PNS)	805,36	Au Marg (%)	0,00	0,00	0,00	Sus/OT	1514,17	Sus/OT		
6 Elemento			7 Valor Económico Oficial (VEO)		8 Alícuota interna (%)	9 Regalía Minera		10 Valor Económico Mercado (VEM)			
Estaño (Sn)	Sn (%)		Bs	0,00	3,000	0,0000	Bs.	0,00			
Zinc (Zn)	Zn (%)		Bs	0,00	3,000	0,0000	Bs.	0,00			
Piomo (Pb)	Pb (%)		Bs	7234,65	3,000	217,0396	Bs.	6970,47			
Plata (Ag)	Ag (DM)		Bs	5822,48	3,600	209,6094	Bs.	5670,60			
Oro (Au)	Estado Natural		Bs	0,00	4,200	0,0000	Bs.	0,00			
Oro (Au)	Oro Sulfurosa		Bs	0,00	3,000	0,0000	Bs.	0,00			
Oro (Au)	Oro de yacimiento marginal		Bs	0,00	1,500	0,0000	Bs.	0,00			
			Bs.	13057,14	Bs.	426,6490	Bs.	12641,06			
11 DESCUENTOS DE LEY											
Descuento		%	Bs.		%	Bs.					
REGALIA MINERA				426,65		426,65					
Caja Nacional de Salud	De Ley	1,80%		227,54	1,80%	162,77					
COMIBOL	De Ley	1,00%		126,41	1,00%	90,43					
12 OTROS DESCUENTOS											
Descuento		%	Bs.		%	Bs.					
FENCOMIN	Otra	0,40%		50,56	FENCOMIN	0,40%		36,17			
FEDECOMIN ORURO	Otra	1,50%		189,62	FEDECOMIN ORURO	1,50%		135,64			
ADMINISTRACIÓN	Otra	6,00%		758,46	ADMINISTRACIÓN	6,00%		542,57			
PRO DEPORTE	Otra	1,00%		126,41	PRO DEPORTE	1,00%		90,43			
MAQUINARIA Y EQUIPO	Otra	1,00%		126,41	MAQUINARIA Y EQUIPO	1,00%		90,43			
AFP s	Otra	0,00%		0,00	AFP s	0,00%		0,00			
ENERGÍA ELECTRICA	Otra	0,00%		0,00	ENERGÍA ELECTRICA	0,00%		0,00			
MANTENIMIENTO COMPRESORA	Otra	0,00%		0,00	MANTENIMIENTO COMPRESORA	0,00%		0,00			
BOMBEO	Otra	0,00%		0,00	BOMBEO	0,00%		0,00			
Otra	Otra	0,00%		0,00	Otra	0,00%		0,00			
Otra	Otra	0,00%		0,00	Otra	0,00%		0,00			
Otra	Otra	0,00%		0,00	Otra	0,00%		0,00			
Otra	Otra	0,00%		0,00	Otra	0,00%		0,00			
Otra	Otra	0,00%		0,00	Otra	0,00%		0,00			
Otra	Otra	0,00%		0,00	Otra	0,00%		0,00			
Otra	Otra	0,00%		0,00	Otra	0,00%		0,00			
Otra	Otra	0,00%		0,00	Otra	0,00%		0,00			
TOTAL DESCUENTOS			Bs.	2032,06	TOTAL DESCUENTOS			Bs.	1575,09		
13 LIQUIDO PAGABLE (1)			Bs.	10609,00	16 LIQUIDO PAGABLE			Bs.	7467,75		
14 Precio Sus TIM (Comercializadora)		Sus	1636,79								
15 Valor Neto Comercializadora		Sus	1318,20								
16 Valor Neto Comercializadora		Bs	9042,85								
17 Descuentos		Bs	1575,09								
18 Liquido Pagable (Comercializadora)		Bs	7467,75								
19 PORCENTAJE DE REALIZACIÓN		%	30								
20 PORCENTAJE DE REALIZACIÓN DEFINIDO		%	20								
21 Liquido pagable a favor del cooperativista		Bs	8487,200								
22 Diferencia		Bs	-1019,445								

Fuente: Elaboración propia.

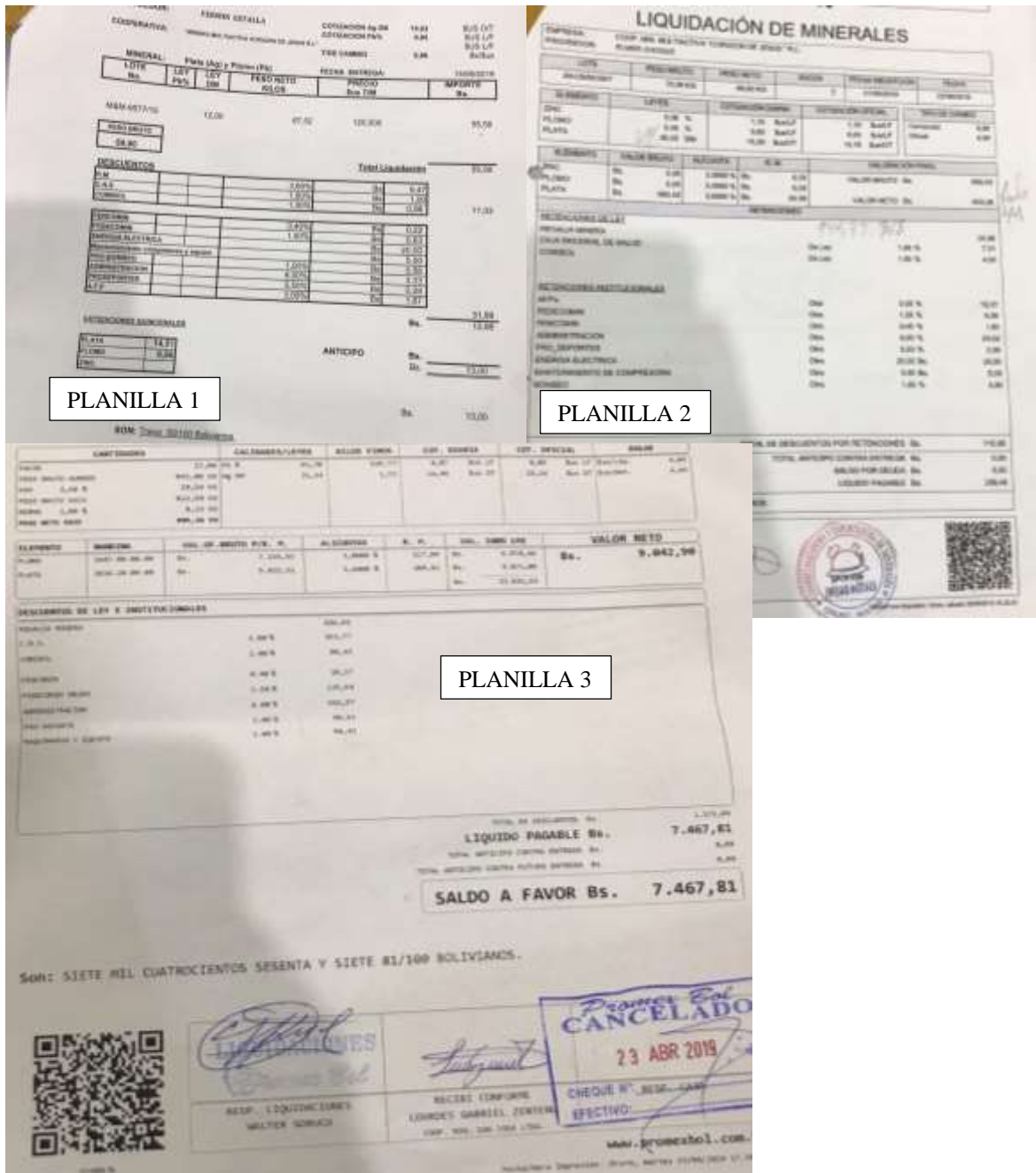
### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Validación del algoritmo.

Una vez realizado el algoritmo se debe validar, es decir ver si cálculo los valores que necesitamos de manera correcta. La mejor forma de validar es probando el algoritmo con 3 planillas de liquidación.



Figura No. 1: Planillas de liquidación



Fuente: Cooperativas mineras  
Figura No. 2: Algoritmo LIQMIN 1.0

PLANILLA 1			PLANILLA 2			PLANILLA 3		
14 Precio Sus TM (Comercializadora)	Sus	120	14 Precio Sus TM (Comercializadora)	Sus	850,52	14 Precio Sus TM (Comercializadora)	Sus	1636,79
15 Valor Neto Comercializadora	Sus	8,10	15 Valor Neto Comercializadora	Sus	58,35	15 Valor Neto Comercializadora	Sus	1318,20
16 Valor Neto Comercializadora	Bs	55,59	16 Valor Neto Comercializadora	Bs	400,25	16 Valor Neto Comercializadora	Bs	9042,85
17 Descuentos	Bs	42,92	17 Descuentos	Bs	110,33	17 Descuentos	Bs	1575,09
18 Liquido Pagable (Comercializadora)	Bs	12,67	18 Liquido Pagable (Comercializadora)	Bs	289,92	18 Liquido Pagable (Comercializadora)	Bs	7467,75
19 PORCENTAJE DE REALIZACIÓN	%	93	19 PORCENTAJE DE REALIZACIÓN	%	46	19 PORCENTAJE DE REALIZACIÓN	%	30
20 PORCENTAJE DE REALIZACIÓN DEFINIDO	%	20	20 PORCENTAJE DE REALIZACIÓN DEFINIDO	%	20	20 PORCENTAJE DE REALIZACIÓN DEFINIDO	%	20
21 Liquido pagable a favor del cooperativista	Bs	154.524	21 Liquido pagable a favor del cooperativista	Bs	431.694	21 Liquido pagable a favor del cooperativista	Bs	8487.200
22 Diferencia	Bs	-141.858	22 Diferencia	Bs	-141,775	22 Diferencia	Bs	-1019,445

Fuente: elaboración propia



- **Planilla 1.**

Análisis de resultados planilla 1: Se puede observar que el valor de la ley de Plata es bajo, también se puede observar que existe plomo, pero en la planilla no se muestra la ley de este mineral, posiblemente porque es muy bajo.

La regalía minera se la misma en el algoritmo y en la planilla esto ayuda a validar el mismo, el líquido pagable en la panilla es de Bs. 12,66 y del algoritmo es de 12,67, esto valida plenamente el algoritmo porque si calcula los valores que necesitamos.

- **Planilla 2.**

Análisis de resultados planilla 2: En esta planilla se tienen todos los datos que necesitamos para realizar la liquidación minera con el algoritmo creado, se tiene las leyes, cotizaciones diarias, quincenales, cotización del dólar y el precio por tonelada.

Mostrar toda la información es vital, es decir es un acto de honestidad hacia el trabajador, ya que no se oculta ningún dato, con la información mostrada el minero tiene la oportunidad de calcular con el algoritmo y verificar los resultados.

El valor de la regalía calculada en la planilla y con el algoritmo es muy parecida solo varían algunos centavos.

El líquido pagable también es muy parecido varían por menos de 50 centavos, es decir que esta planilla sirve para validar el algoritmo ya que nos Este es el aporte de la investigación, ayudar al sector cooperativista a que pueda recibir mejores precios por la venta de su mineral, poder negociar conociendo lo que puede ganar, algo que antes no

- **Planilla 3.**

Análisis de resultados planilla 3: En esta planilla se tienen todos los datos que necesitamos para utilizar el algoritmo, están el peso bruto, el porcentaje de agua y merma, las leyes, cotizaciones y cotización del dólar, como la anterior comercializadora está también da el acceso al minero a que pueda consultar y conocer los datos de su mineral.

El valor de la regalía minera es el mismo tanto en la planilla como en el algoritmo, así como el valor del líquido pagable, esta planilla sirve para validar el algoritmo, es decir se obtienen resultados iguales a los que obtiene la

Se puede observar que el porcentaje de realización es del 93% a favor de la comercializadora y tan solo el 7% es a favor del cooperativista, es un porcentaje demasiado alto posiblemente sea por la Ley baja de la plata. Si se define por ejemplo el porcentaje de realización en 20%, el pago debiera ser de Bs. 154,524 más de 10 veces lo pagado.

Con el algoritmo el minero podría negociar este porcentaje de realización hasta alcanzar un precio un poco más elevado por la venta del mineral.

muestra resultado parecidos a los obtenidos por la casa comercializadora.

El porcentaje de realización a favor de la comercializadora es de 46%, aun cuando se trata de un mineral de alta ley de plata, este porcentaje es alto. Si fijamos el porcentaje realización en 20% observamos que el minero cooperativista podría recibir Bs. 141 más por la venta, es decir 2 veces más de lo que recibió, entonces ahora el minero puede negociar ese porcentaje de realización con la comercializadora. Si por ejemplo el fijara este porcentaje en 30% un valor medio entre ambos límites, el recibiría aproximadamente Bs. 87 más por la venta del mineral, o en su defecto decidir ir a otra comercializadora que pague un poco mejor, es decir tenga un porcentaje de realización menor.

conocían y por esto eran víctimas de abusos por parte de las comercializadoras.

comercializadora, la metodología de cálculo del algoritmo es la correcta.

En este caso se puede observar un porcentaje de realización de 30%, es un porcentaje bueno ya que se tiene un mineral con alta ley de plata, pero más baja que la anterior planilla, hay que recordar que el porcentaje de realización anterior era de 46%, es por eso que se afirma que este porcentaje de realización no tiene un comportamiento lógico, mayor ley mayor porcentaje, cuando a mayor ley el porcentaje debería ser menor.

En esta compra si fijamos el porcentaje de realización en 20% el minero podrá recibir aproximadamente Bs. 1020 por la venta del mineral, y ahora se puede negociar este

porcentaje con la comercializadora, tratando de conseguir el mejor pago por la venta.

En base a los resultados expuestos en esta sección el algoritmo LIQ – MIN 1.0 para cálculo de

### **ALCANCE**

El algoritmo ha sido validado, es decir realiza los cálculos que necesitamos para solicitar un pago justo por la venta del mineral por parte de los cooperativistas mineros, a partir de este hecho el Centro de Investigación y Servicio Popular CISEP-ORURO, planteó que en base al algoritmo se pueda crear un programa para computadoras y una aplicación de celular.

Se ha repartido con la ayuda de CISEP el CD con el instalador del programa a la mayoría de las cooperativas mineras del departamento de Oruro, y la aplicación se encuentra en el Google Play para ser descargado de manera gratuita por todos los mineros cooperativistas para que puedan llevarlo en sus celulares a cualquier lugar.

Posiblemente la mayor repercusión es que a partir de que salieron el programa computacional y la aplicación para celulares del algoritmo LIQMIN 1.0, El SENARECOM, institución que por ley debiera realizar el control a la comercialización e minerales ha subido a su página WEB la “Calculadora de liquidación”, que es otra versión del algoritmo LIQMIN 1.0 es decir basado en esta investigación, algo que se considera bueno, porque lo que se quiere es que la institución que debe hacer esto, lo haga, en beneficio de los trabajadores mineros.

Seguramente hubiera sido más satisfactorio para el sector minero que la iniciativa sea propia del SENARECOM. Nuevamente la Universidad Técnica de Oruro ha colaborado a la sociedad por medio de esta investigación y ha solucionado un problema que afectaba a un sector muy importante.

Seguramente el alcance de la investigación mostrado en el punto anterior no habría sido posible si no se hubiera mostrado el algoritmo a la sociedad, eso se hizo en las capacitaciones se mostraron las ventajas del algoritmo para el cálculo de las liquidaciones mineras, la manera de como el minero puede negociar el precio y como puede elegir entre una o varias comercializadoras.

liquidaciones mineras, ha sido validado y puede ser utilizado por los mineros cooperativistas como una herramienta que ayuda a que la venta de su mineral sea a precios justos.

La capacitación fue con la ayuda del CISEP, y se capacitó sobre el uso del algoritmo en la aplicación de celular que se creó.

El CISEP y la UTO hicieron la entrega oficial de este programa computacional y la aplicación de celular construidos en base al algoritmo LIQMIN 1.0 al sector minero en un acto llevado a cabo en el Honorable Consejo Universitario.

Se debe señalar para finalizar que este algoritmo resuelve un problema puntual del sector minero cooperativista, ahora está en manos de muchos mineros, ellos pueden calcular sus liquidaciones, exigir pagos justos por su sacrificado trabajo, pueden elegir que comercializadora es la que paga mejor, es importante señalar esto, ya que como Universidad Técnica de Oruro estamos llamados a solucionar problemas de la sociedad y eso es lo que hace que esta investigación tenga un alcance y una repercusión bastante grande.

### **CONCLUSIONES**

Se citan las siguientes conclusiones.

- El problema que originó esta investigación ha sido resuelto ya que se puede ayudar al sector minero cooperativista a recibir un pago justo por la venta del mineral a partir del uso del algoritmo LIQMIN 1.0.
- Se han definido todas las variables que se utilizan para el cálculo de las liquidaciones mineras y se han mostrado todos los cálculos, creando de esa manera un manual para el cálculo de las liquidaciones mineras.
- Se ha diseñado el algoritmo en Excel y se ha mostrado detalladamente como se usa, que datos necesita y que resultados se obtienen.
- Se ha validado el algoritmo comparando este con planillas de liquidación reales, se ha evidenciado que los resultados son los mismo o muy cercanos a los mostrados en las planillas.

- A partir del algoritmo se puede negociar el precio de la venta del mineral cambiando el porcentaje de realización.
- Se puede identificar que comercializadoras son las que pagan mejor por la venta de minerales, cuáles son las que ocultan información y cuales tienen porcentajes de realización altos.
- Se han desarrollado a partir del algoritmo LIQMIN 1.0 un programa computacional y una aplicación de celular para que los usuarios puedan tener facilidades al momento de calcular y negociar el pago por la venta de minerales.
- Se ha evidenciado que la repercusión e la investigación es alto y que ha dado lugar a nuevas versiones basadas todas en el algoritmo LIQMIN 1.0.
- Se ha realizado capacitaciones al sector minero para que puedan utilizar esta herramienta de la mejor manera y en beneficio de ellos mismos.
- El algoritmo LIQMIN 1.0 resuelve un problema puntual en el sector minero cooperativista, ayuda a que este sector pueda recibir un rato justo y que su trabajo sea valorado en términos de un

pago justo por la venta del mineral que obtiene día a día arriesgando en muchas ocasiones su vida.

## REFERENCIAS

- Ministerio de minería y metalurgia. (2020). “Marco Normativo Minero - SENARECOM 2020”
- Amelot, M. (2016). VBA Excel 2016: Programación en Excel: Macros y lenguaje VBA. Ediciones ENI.
- Prieto Martínez, J. J. (2003). La programación lineal con la hoja de cálculo Excel: una apuesta por las nuevas tecnologías. Suma: Revista sobre Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas, 43, 73-78.
- Gutarra, N. (2017). Sílabo de Economía minera y evaluación de minas.
- Guzmán Juan Ignacio. (2019). Fundamentos de economía minera, Edit. REVERTE.

Artículo recibido en: 05.05.2022

Artículo aceptado: 04.04.2022

## **SAN CRISTÓBAL II. UN CASO DE INVENTARIO, CARACTERIZACIÓN, EVALUACIÓN DE RIESGOS, PRIORIZACIÓN Y REHABILITACIÓN DE UNA PRESA MINERA EN ESPAÑA**

Julio César Arranz-González, Francisco Javier Fernández-Naranjo, Virginia Rodríguez-Gómez

Grupo de Residuos Mineros y Geoquímica Ambiental. Instituto Geológico y Minero de España (IGME), CSIC

e-mail: [jc.arranz@igme.es](mailto:jc.arranz@igme.es)

### **RESUMEN**

La presa de relaves conocida como San Cristóbal II fue incluida en el año 2012 en el reciente inventario de instalaciones abandonadas de residuos mineros realizado en España por el IGME. Para pertenecer al inventario, una instalación de residuos mineros ha de haber alcanzado un mínimo de nivel de riesgo según una metodología preliminar de evaluación de riesgos desarrollada expresamente. El establecimiento de prioridades de actuación llevó a esta presa minera a ocupar la primera posición del listado de prioridades. Durante el año 2018 se aplicaron diferentes actuaciones de remediación, con un presupuesto de ejecución material de 1.241.584 €. Este trabajo explica todo el proceso seguido y concluye que, cuando se plantean acciones de remediación, puede ser interesante realizar una nueva evaluación de riesgos más refinada, detallada y cuantitativa.