

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“EVALUACIÓN DE LA RECONCILIACIÓN DE LEYES DE MINERAL ENTRE LA MINA Y EL PAD DE LIXIVIACIÓN DEL YACIMIENTO EPITERMAL DE ALTA SULFURACIÓN ANCOS, APURIMAC”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Jhoni Jamerlin Ispilco Ayay

Asesor:

M Sc. Ing. Danyer Stewart Girón Palomino

<https://orcid.org/0000-0001-9322-7236>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	DANIEL ALVA HUAMAN	43006890
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	VICTOR ALVAREZ LEON	18034429
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	OSCAR VASQUEZ MENDOZA	46795074
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

Tesis

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	moam.info Fuente de Internet	3%
2	revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	proactivo.com.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.udec.cl Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Ana G. Méndez University Trabajo del estudiante	1%
8	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
9	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

Dedico esta Tesis en primer lugar a Dios por permitirme tener vida, salud, y realizar uno de mis propósitos.

A mis padres Martin y Luisa, por brindarme su amor, apoyo, de forma incondicional a lo largo de toda mi carrera Universitaria y a lo largo de toda mi vida, que me acompañaron en esta etapa aportando a mi formación tanto profesional como ser humano.

Jhoni

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo de fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de la culminación de mi carrera profesional, por los consejos, sus enseñanzas y por darme valores, los cuáles me han hecho ser mejor persona para la sociedad.

Agradecer a los Docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Privada del Norte, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi formación profesional.

Jhoni

Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	10
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
1.1 Realidad problemática	12
1.2 Formulación del problema	19
1.3 Objetivos	19
1.3.1 Objetivo Principal	19
1.3.2 Objetivos Específicos	19
1.4 Hipótesis	20
1.4.1 Hipótesis Específicas	20
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	21
CAPÍTULO III: RESULTADOS	25
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	59
REFERENCIAS	63
ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tonelaje de mineral movido desde mina a pad, periodo 26/04 – 15/05.....	24
Tabla 2: Datos originales	26
Tabla 3: Incremento de 0.04 al menor valor si la diferencia es mayor o igual a 0.06.....	43
Tabla 4: Datos originales periodo 26/04 – 15/05.	44
Tabla 5: Aplicación de Regla N°1 a datos originales.....	45
Tabla 6: Aplicación de Regla N°2.....	32
Tabla 7: Datos originales periodo 05/10 – 25/10.	30
Tabla 8: Aplicación de Regla N°1 a datos originales.....	30
Tabla 9: Aplicación de Regla N°2.....	31
Tabla 10: Datos originales periodo 27/11 – 31/12	31
Tabla 11: Aplicación de Regla N°1 a datos originales.....	32
Tabla 12: Aplicación de Regla N°2.....	32
Tabla 13: Datos originales periodo 01/01 – 22/01	33
Tabla 14: Aplicación de Regla N°1 a datos originales.....	33
Tabla 15: Aplicación de Regla N°2.....	34
Tabla 16: Datos originales periodo 26/01 – 25/02	34
Tabla 17: Aplicación de Regla N°1 a datos originales.....	35
Tabla 18: Aplicación de Regla N°2.....	35
Tabla 19: Datos originales periodo 26/03 – 25/04.	36

Tabla 20: Aplicación de Regla N°1 a datos originales.....	36
Tabla 21: Aplicación de Regla N°2.....	37
Tabla 22: Datos originales periodo 26/05 – 15/06	37
Tabla 23: Aplicación de Regla N°1 a datos originales.....	50
Tabla 24: Aplicación de Regla N°2.....	37
Tabla 25: Consenso.	37
Tabla 26: Diferencia de la Ley (Au) de Mina (Datos originales) y el Consenso	40
Tabla 27: Diferencia de la Ley (Au) de Pad (Datos originales) y el Consenso.....	51
Tabla 28: Consenso	42
Tabla 29: Diferencia de la Ley (Au) de Mina (Datos originales) y el Consenso.	52
Tabla 30: Diferencia de la Ley (Au) de Pad (Datos originales) y el Consenso.....	38
Tabla 31: Consenso	44
Tabla 32: Diferencia de la Ley (Au) de Mina (Datos originales) y el Consenso	44
Tabla 33: Diferencia de la Ley (Au) de Pad (Datos originales) y el Consenso.....	45
Tabla 34: Consenso	45
Tabla 35: Diferencia de la Ley (Au) de Mina (Datos originales) y el Consenso.	46
Tabla 36: Diferencia de la Ley (Au) de Pad (Datos originales) y el Consenso.....	46
Tabla 37: Consenso	47
Tabla 38: Diferencia de la Ley (Au) de Mina (Datos originales) y el Consenso	48
Tabla 39: Diferencia de la Ley (Au) de Pad (Datos originales) y el Consenso.....	48

Tabla 40: Consenso	49
Tabla 41: Diferencia de la Ley (Au) de Mina (Datos originales) y el Consenso.	49
Tabla 42: Diferencia de la Ley (Au) de Pad (Datos originales) y el Consenso.....	50
Tabla 43: Consenso.	51
Tabla 44: Diferencia de la Ley (Au) de Mina (Datos originales) y el Consenso..	51
Tabla 45: Diferencia de la Ley (Au) de Pad (Datos originales) y el Consenso.....	52
Tabla 46: Consenso	52
Tabla 47: Diferencia de la Ley (Au) de Mina (Datos originales) y el Consenso.	53
Tabla 48: Diferencia de la Ley (Au) de Pad (Datos originales) y el Consenso.....	54

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Fórmula de la Media.....	13
Ilustración 2: Fórmula de la varianza para datos agrupados.....	13
Ilustración 3: Fórmulas de la desviación estándar según el tipo de datos.	14
Ilustración 4: Fórmula del coeficiente de variación.	15
Ilustración 5: Fórmula de la prueba Kruskal-Wallis.....	17

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se analizó la problemática de las reconciliación de leyes de mineral de mina y del Pad de lixiviación de un yacimiento epitermal de alta sulfuración, Ancos, en Apurímac. Este análisis se realizó a través de reportes diarios entre las dos áreas. Validando los siguientes datos: Densidad y humedad del mineral, leyes de Au al final del día, número de viajes por día, capacidad de los volquetes (22 m³). Se verificó que en campo se realicen el análisis y la toma de muestras de carguío y descarga en el Pad de lixiviación, de manera adecuado siguiendo los protocolos propuestos por la empresa. Para ello se realizó un consenso de las leyes de mineral de mina y el Pad de Lixiviación, para llegar a una reconciliación entre ambas áreas. Se analizó la variación de los resultados de la ley de mineral en mina y en el Pad de lixiviación, donde los datos originales mostraban una variación elevada, por lo que se trató dichos datos con las reglas N°1 y N°2 para poder determinar el consenso entre ambas leyes y así poder obtener una menor variación en un rango aceptable. Se estimó el consenso mediante la aplicación de la prueba Kruskal-Wallis, obteniéndose valores significativamente menores al momento de calcular las diferencias de leyes entre la mina y el Pad de lixiviación.

PALABRAS CLAVES: Leyes de Au, Reconciliación, ley de mina, ley de pad de lixiviación.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

La presente investigación analiza la problemática de las Reconciliaciones entre las leyes de mineral de mina y las leyes del Pad de Lixiviación en un yacimiento epitermal de alta sulfuración Ancos, Apurímac. Para poder llegar a una reconciliación entre las leyes de dichas áreas se compararán los resultados diarios, identificando: el promedio de la ley de Au, el coeficiente de variación, la desviación estándar. Es decir, analizar la diferencia existente entre el valor de ley de Au de mina y el valor de ley de Au del Pad de lixiviación.

En toda operación minera es necesario un sistema de reconciliación, el cual permita medir el desempeño de los procesos involucrados en la obtención del producto final, desde los modelos de reservas-recursos, pasando por el diseño de mina, planeamiento de minado, producción minera, hasta culminar en el proceso metalúrgico. Es mediante la relación entre el mineral recibido (mineral molido) con el mineral enviado a molienda (modelo corto plazo), que resultarán factores de reconciliación para tonelaje, ley y metal. Posteriormente, serán evaluados en un periodo de tiempo mensual, trimestral y/o anual, y servirán de ayuda para afinar los procesos y subprocesos del modelo de corto plazo, así como el proceso de minado y el proceso metalúrgico. Los resultados se verán reflejados en la reducción de las diferencias de los factores de reconciliación para el tonelaje, ley y metal, esta reducción debe ser soportada en el tiempo; es decir, un sistema de reconciliación minera debe ser parte de la mejora continua en toda la cadena de valor del proceso minero. Herrera y Mayorga (2020)

La reconciliación es una técnica que compara las toneladas, ley y metal pronosticados por las reservas contra las toneladas, ley y metal producidos, con el propósito de medir la calidad de la estimación, sostuvo el Ing. Rubén Díaz, durante la clase «Reconciliación

mensual, reservas y minado», en el marco del programa Cantera de Talentos para la Minería. Con esta técnica, agregó, se pueden realizar predicciones del comportamiento de la mineralización, mejorando las estimaciones de recursos de largo plazo y los cálculos de reservas para los planes de minado a corto y mediano plazo. En ese sentido, acotó que los modelos de recursos minerales deberán contener datos precisos del tonelaje, ley y metal para los planes de vida útil de la mina y los programas de producción, considerando para ello la dilución interna y externa y la pérdida de mineral. (Diaz, 2022).

A pesar de su aparente simplicidad como método de extracción de metales, la lixiviación en pilas (Extracción progresiva del metal contenido en las pilas de lixiviación, a través de la disolución química de componentes valiosos como oro o cobre) puede causar problemas reales para la reconciliación. La razón es simple y obvia, es debido a que el metal de interés, no se extrae inmediatamente, sino durante largos periodos de tiempo que consisten en 3, 6, 9 o más ciclos de lixiviación, los cuales deberían tener ejercicios de reconciliación, mientras que el metal parcialmente extraído aparece en la planta y es estimado en el balance metalúrgico, después es obtenido de manera física y finalmente como producto vendible. Durante este tiempo, la apariencia física de la plataforma de lixiviación no ha cambiado y aún contiene una cantidad (comúnmente desconocida) de metal in situ dentro de las pilas. Entonces, ¿cómo podemos lidiar con esto? Es difícil, pero trabajar a partir de una curva de agotamiento de lixiviación 'modelo' o 'teórica' en función del tiempo, con suerte basada en pruebas a escala de banco o más grandes, puede darnos una idea del metal restante. El muestreo del material de la pila a lo largo del tiempo a medida que se lixivía puede ayudar, pero esto plantea problemas con la representatividad y la escala del muestreo requerido para lograr los niveles de precisión requeridos. Snowen. (2021).

La reconciliación entre la producción de la mina y la planta debe hacerse de manera regular, pero monitoreada diariamente para garantizar la precisión del muestreo y el mantenimiento de registros. Las mejores prácticas actuales se consideran como una reconciliación mensual (Valencia , 2019)

Una reconciliación proporciona comprobaciones de discrepancias, que pueden requerir cambios en los procedimientos operativos o el modelo de estimación de recursos y reservas mineras (Valencia , 2019)

En minería, a través de la lixiviación, se extrae uno o varios solutos de un sólido, debido a la acción de un disolvente líquido. El soluto puede difundirse desde el sólido a la fase líquida, generando una separación de sus componentes originales. Las pilas (o acumulaciones de material mineralizado) son regadas con una solución ácida, la cual es distribuida por cañerías de drenaje de forma homogénea. La pila debe estar levemente inclinada para permitir el escurrimiento del coloide (Rumbo Minero, 2017)

El INEI menciona en su “Glosario básico de términos estadísticos” (2006), que la media es una medida de tendencia central. Se calcula multiplicando cada valor de los elementos por el número de veces que se repite. La suma de todos estos elementos se divide entre el total de datos. La media o también conocida como media aritmética de una variable se define como la suma ponderada de los valores de la variable por sus frecuencias relativas. Se denota por \bar{X} .

Ilustración 1

Fórmula de la Media

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^m x_i * n_i}{N}$$

x_i representa el valor de la marca de clase o punto medio del intervalo.
 n_i representa la frecuencia absoluta
 N representa el total de datos.

Fuente: “Glosario básico de términos estadísticos”, (INEI, 2006).

Conocida también como varianza, es indicador estadístico es una medida de dispersión de la información. Se obtiene como el promedio de los cuadrados de las desviaciones de los valores de la variable respecto de su media aritmética.

Ilustración 2

Fórmula de la varianza para datos agrupados.

$$S^2 = \frac{\sum (x_j - \bar{X})^2 * n_j}{N}$$

Fuente: “Glosario básico de términos estadísticos”, (INEI, 2006).

La varianza mide la distancia existente entre los valores de la serie y la media. La varianza siempre será mayor que cero. Mientras más se aproxime a cero, más concentrados están los valores de la serie alrededor de la media. Por el contrario, mientras mayor sea la varianza, más dispersos están los datos. Este estadístico tiene el inconveniente de ser poco significativo, pues se mide en el cuadrado de la unidad de la variable.

La Desviación Estándar o conocida también como desviación típica, es una medida de dispersión que se obtiene como la raíz cuadrada de la varianza (INEI, 2006).

Ilustración 3

Fórmulas de la desviación estándar según el tipo de datos.

$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 n_i}{n}}$	Datos agrupados
$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}$	Datos simples o sin agrupar

Fuente: “Glosario básico de términos estadísticos”, (INEI, 2006).

Este indicador estadístico se mide en la misma unidad que la variable, por lo que se puede interpretar mejor que la varianza (INEI, 2006).

Según el (INEI, 2006), el Coeficiente de Variación es una medida de dispersión relativa y se calcula dividiendo la Desviación Estándar entre la Media. La ventaja de este coeficiente es que no tiene vinculado ninguna unidad de medida, por lo que se interpreta como un porcentaje, permitiendo decidir entre dos muestras, cuál es la que presenta mayor dispersión. Se denota simbólicamente por CV.

Ilustración 4

Fórmula del coeficiente de variación.

$CV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$

Fuente: “Glosario básico de términos estadísticos”, (INEI, 2006).

Según Murphy y Morrison, 2014, la prueba de Kruskal-Wallis es método en el que estamos comparando la suma de rangos aplicados a los datos. El estadístico de prueba se calcula como:

Ilustración 5:

Fórmula de la prueba Kruskal-Wallis

$$K = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

donde R_i es la suma de los rangos para el i -ésimo grupo.

Fuente: Murphy, B., Morrison, R., “Introduction to Environmental Forensics”

Según (García, 2020), en su tesis para el grado de Ingeniero Civil de Minas titulada “Metodología Para El Modelamiento y Caracterización Geoestadística De Relaves como Método De Revalorización De Pasivos Ambientales”, menciona el método de Kruskal mide el rango de correlación entre dos secuencias ordinales de números, números que pueden ser obtenidos de la matriz de similitud, así como mediante el estadístico de Hubert.

Después de haberse realizado la voladura, el mineral fragmentado es transportado en volquetes de 22m³ hacia el Pad de lixiviación, el cual es recepcionado en una zona determinada que pertenece a celda, sector y lift. Esta tarea es realizada por un cuadrador autorizado y entrenado.

Las áreas de planeamiento, geología, mina y planta, están en continua coordinación con la finalidad de cuantificar la cantidad de mineral económicamente rentable que es ingresado al Pad de lixiviación para ser procesado.

En el proceso de lixiviación al inicio de la operación se utiliza una fuerza de 250 ppm de cianuro de sodio en la solución de riego de mineral. Dicha concentración va disminuyendo conforme pasa el tiempo de lixiviación y el mineral se agota.

Una vez realizado el proceso de lixiviación se realiza el balance metalúrgico y evalúa el porcentaje de extracción de Au. El mineral está constituido por óxidos con alteraciones de sílice (masiva, alunita y granular). Su pH natural está entre 4 - 6, por ello se tiene que dosificar cal (Kg cal/Tm Mineral) antes de realizar el proceso de lixiviación para subir el pH entre 10.5 – 11.

El laboratorio metalúrgico debe realizar pruebas de alcalinidad constantemente para obtener un radio de cal adecuado, para la adición al mineral cuando se realiza la descarga de este. (Salazar & Pacheco, 2010).

La reconciliación de ley de Au al terminar el día se hace a través de un promedio ponderado entre la ley de mina y la ley del Pad de Lixiviación, obteniendo los datos del reporte diario y este enviarlo a Lima. En el reporte diario se puede apreciar que la ley de mina sufre un decremento de cifras significativas con respecto al promedio, esta ley favorece al Pad de lixiviación, para ello se necesita realizar un consenso en base a métodos estadísticos. Calculando la media, mediana, desviación estándar y el coeficiente de variación tanto de las leyes de mina como las leyes del Pad de Lixiviación.

Esta investigación es un aporte muy valioso para las minas a tajo abierto, ya que no se cuenta actualmente con investigaciones sobre el tema a investigar.

1.2 Formulación del problema

¿De qué manera es posible evaluar la problemática de las reconciliaciones de leyes de mineral entre la mina y la planta de lixiviación en el yacimiento epitermal de alta sulfuración Ancos, Apurímac?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Principal

- Evaluar la problemática de las reconciliaciones de leyes de mineral entre la mina y el Pad de Lixiviación en el yacimiento epitermal de alta sulfuración Ancos, Apurímac.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar información actual y revisar las teorías de los procesos de reconciliación que se están realizando entre mina y planta.
- Estimar el tonelaje diario que envía mina al Pad de lixiviación en función de la humedad y densidad del mineral.
- Analizar la variación de los resultados de la ley de mineral en mina y en el Pad de lixiviación en yacimiento epitermal de alta sulfuración en Apurímac.
- Estimar con métodos estadísticos la reconciliación de las leyes de mineral para obtener un mejor control de los inventarios de Au en mina y Pad de lixiviación.

1.4 Hipótesis

Al evaluar la problemática de las reconciliaciones de leyes de Au entre la mina y el Pad de Lixiviación, se logrará identificar la diferencia existente entre ambas áreas, llegando a un consenso, logrando balancear de manera ponderada las leyes de Au para cada área. Esta evaluación se realizará con la prueba de Kruskall Wallis.

1.4.1 Hipótesis Específicas

El tonelaje diario es estimado a través del número de viajes hacia el Pad de Lixiviación que realizan los volquetes, los cuales tienen una capacidad de 22 m³. Este tonelaje se calcula en función a la densidad y humedad del mineral.

Al analizar los resultados de la ley de Au en mina y Pad de lixiviación se halló un decremento significativo en el área de Mina, siendo beneficiado el Pad de Lixiviación.

Al momento de estimar la reconciliación de las leyes de mineral con el método de Kruskall Wallis, se obtuvo los datos estadísticos (Media, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación) para llegar a un consenso entre las leyes de Au en mina y las leyes de Au en el Pad de Lixiviación. Balanceando de manera ponderada las leyes de Au para ambas áreas.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

El presente proyecto corresponde a una investigación aplicada - No experimental descriptiva con diseño longitudinal, debido a que busca evaluar la problemática de las reconciliaciones de leyes de mineral entre la mina y la planta de lixiviación. Para lo cual se realiza una comparación entre las leyes de Au de mina y el Pad de lixiviación, identificando la diferencia entre ambas leyes.

Según Salinas (2010), la definición clásica de la investigación aplicada es "La investigación que resuelve un problema de inmediato". Se basa sobre los descubrimientos, hallazgos y soluciones de la investigación orientada. Se le llama aplicada porque sus resultados se pueden aplicar para la solución directa e inmediata de los problemas que les atañe. Tiene objetivos utilitarios. Ejemplos de este tipo de investigaciones son las usadas en ciencias tales como la agronomía, la medicina, la ingeniería, mineralogía, galénica, arquitectura, veterinaria, etc.

La investigación No experimental se caracteriza porque no hay manipulación de la variable independiente, no se asignan al azar los grupos. Solo se observan los cambios que ocurren. (Salinas, 2010)

En la investigación longitudinal las mediciones se hacen durante un periodo de tiempo, por ejemplo, un mes, un año, varios años. (Salinas, 2010) El diseño es longitudinal porque los datos e han tomado en diferentes periodos de tiempos:

- 26/04/2019 al 15/05/2019
- 05/10/2019 al 25/10/2019
- 27/11/2019 al 31/12/2019
- 01/01/2020 al 22/01/2020

- 26/01/2020 al 25/02/2020
- 26/03/2020 al 25/04/2020
- 26/05/2020 al 15/06/2020

La población que se ha considerado en el trabajo de investigación, son las leyes de Au en mina y Pad de lixiviación desde el año 2019 hasta el año 2020 en el yacimiento epitermal de alta sulfuración Ancos, en Apurímac. Y la muestra que se ha asumido esta conformada por las leyes de Au en mina y Pad de lixiviación en el yacimiento Ancos, Apurímac, en los periodos:

- 26/04/2019 al 15/05/2019
- 05/10/2019 al 25/10/2019
- 27/11/2019 al 31/12/2019
- 01/01/2020 al 22/01/2020
- 26/01/2020 al 25/02/2020
- 26/03/2020 al 25/04/2020
- 26/05/2020 al 15/06/2020

NOTA: Las muestras proporcionadas son tomadas por una empresa contratista de Apurímac.

Una de las técnicas empleadas inicialmente fue la observación directa en campo, en donde se pudo evaluar la problemática existente entre las leyes de mineral tanto en mina como en el Pad de Lixiviación. Se visualizó el carguío del material el cual se realiza en volquetes de 22 m³, así como el número de viajes/día, la densidad y humedad del mineral y las leyes al finalizar la jornada de trabajo.

La otra técnica utilizada fue el análisis documental. Aquí se realizó una búsqueda de antecedentes previos de trabajos de investigación relacionados a la problemática de las reconciliaciones de leyes de mineral entre la mina y la planta Pad de lixiviación en una mina de oro a tajo abierto para ello se utilizó los buscadores y bibliotecas virtuales, los cuales carecen de información relacionada al trabajo de investigación.

El procedimiento de análisis de datos se realizó de la siguiente manera: Una vez recolectados los datos necesarios para evaluar la problemática existente entre las leyes de Au en mina y el Pad de Lixiviación, se los introdujo en una hoja de cálculo de Excel para todos los procedimientos a continuación. Luego se calculó el tonelaje diario del mineral, en función a la humedad y densidad del mismo. Posteriormente se calculó la diferencia de la Ley de Au en mina y en el Pad de Lixiviación. Se halló la media, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación de las leyes de Au tanto en mina como en el Pad de Lixiviación. Con los datos anteriores se pudo calcular al promedio ponderado existente entre las Leyes de Au de mina y el Pad de Lixiviación. Con el método de KrussKall Wallis se halló el consenso de ambas leyes, logrando balancear de manera ponderada las leyes de Au de mina y el Pad de Lixiviación.

Los aspectos éticos que se tomarán en cuenta en el desarrollo de nuestra investigación constan principalmente en tres items: El primero se relaciona que tenemos un Consentimiento Informado. Este aspecto nos ayuda a aceptar críticas externas de conocedores del tema, pudiendo identificar las fortalezas, valores y debilidades del investigador. Lo segundo es la Validez científica, en la cuál se busca una validez científica,

utilizando un método de investigación coherente con el problema y la necesidad social, económica. Un lenguaje cuidadoso, capaz de reflejar el proceso de investigación, cultivando los valores científicos tanto en su estructura como en su estilo. Por ultimo el aspecto ético de Valor Social. Este aspecto es importante por el uso responsable de los recursos limitados (tiempo, espacio, dinero). Ya que se obtendrá un beneficio económico, social y ambiental.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1 Análisis de información actual y teórica de los procesos de reconciliación que se entan realizando entre mina y planta.

El proceso de identificar, analizar y gerenciar las variaciones entre lo planeado y los resultados actuales, se conoce como reconciliación minera, son las oportunidades de mejora en el desempeño de una operación minera. Este proceso, involucra la recolección de data de tonelajes, leyes y contenido metal; data idealmente de fuentes independientes, ejemplos son: data de exploraciones, data de muestreo de perforación de blastholes (pozos de producción), data del proceso minero, data del proceso metalúrgico, entre otros. Esta data puede ser comparada por factores y límites o rangos permisibles. La medición y el análisis de la data de una manera detallada permitirán en una operación minera, diseñar e implementar procesos de mejora en toda la cadena de valor del proceso minero, como en la estimación de reservas-recursos, el diseño de mina, el planeamiento de minado, el control de leyes, el movimiento del mineral y el procesamiento para el producto final. Herrera y Mayorga (2020)

3.1.1 Metodos de reconciliación entre el mineral recibido y el enviado a planta.

Tal como se comentó anteriormente, la reconciliación es una etapa muy importante en el negocio minero, la cual permite analizar las predicciones que se realizan en los modelos geológicos frente a las distintas etapas por donde se mueve el mineral y sus correspondientes tonelajes, leyes y valores metálicos.

El mineral que sale de mina, presenta un estimado de tonelaje (Tonelaje estimado por el modelo geológico), ley (Leyes estimadas por el modelo geológico) y contenido metal (Es el producto de los tonelajes por las leyes de cada polígono o unidad que proponga el modelo geológico).

Los procesos y subprocesos que intervienen en la ejecución de la reconciliación y las relaciones entre ellas se muestran en la Fig 1.

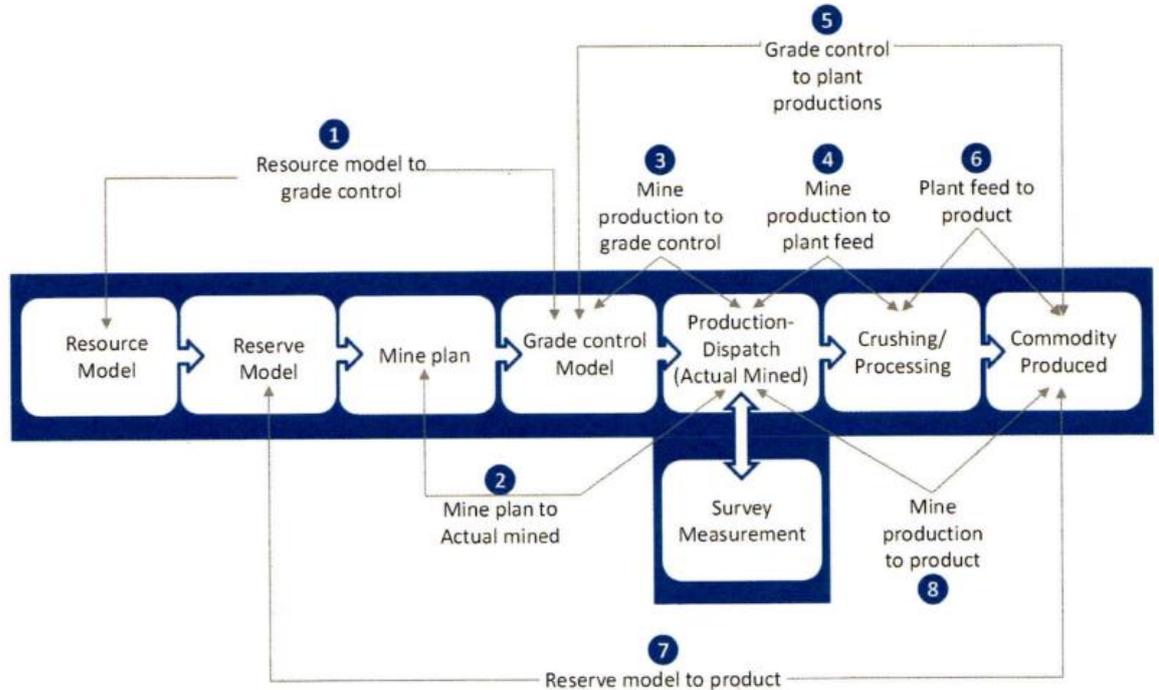


Fig. 1. Reconciliación a través de la cadena de valor de la mina y un rango de comparaciones Morley Hargreaves (2014).

En la presente tesis se evaluará la relación entre el mineral que sale de mina en camiones (Mineral enviado de mina a los pads) y el mineral recibido en los pads (Mineral recibido y apilado en los pads de lixiviación).

Las relaciones de tonelaje (t), ley (g) y contenido metal (m) entre el mineral enviado de mina a los pads y el mineral enviado a los pads, son usados para desarrollar factores de reconciliación: F2t, F2g, F2m (Parker, H., 2013).

$$F2 = \text{Mineral recibido en los pads} / \text{Mineral enviado de mina}$$

o

F2 = Planta Metalurgica / Modelo de Corto Plazo o Muestras tomadas en los camiones

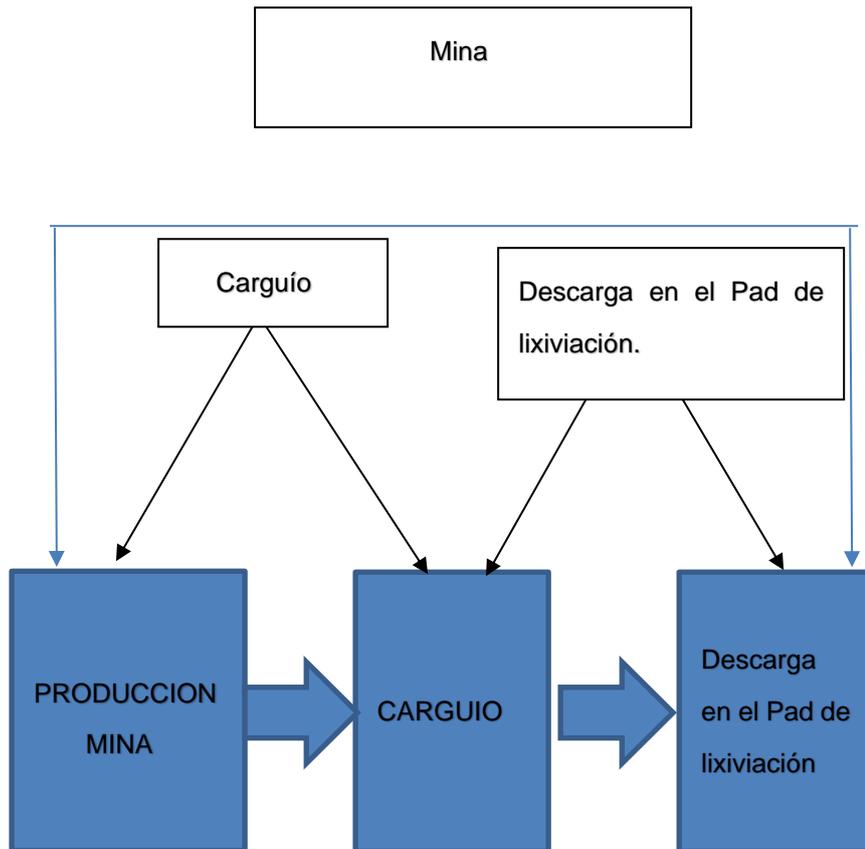


Fig. 2. Reconciliación a través del mienral de mina y el mineral que se descarga en los pads de lixiviación. Fuente Elvavoración propia, modificado de Morley Hargreaves (2014).

3.2 Tonelaje diario que envía mina al Pad de lixiviación en función de la humedad y densidad del mineral

A continuación, se muestran los datos obtenidos en el transporte de mineral desde Mina al Pad de Lixiviación, para estimar el tonelaje de material acarreado, poniendo como ejemplo el primer periodo, desde el 26 de abril al 15 de mayo de 2019.

Tabla 1

Tonelaje de mineral movido desde mina a pad, periodo 26/04 – 15/05.

SEMANA	FECHA	VIAJES	VOLUMEN	DENS.	% HUM	TONELAJE TMS*
1° Sem	26-Abr	400	8,800.00	1.57	4%	13,263.36
	27-Abr	400	8,800.00	1.54	4%	13,009.92
	28-Abr	400	8,800.00	1.51	5%	12,623.60
	29-Abr	458	10,076.00	1.49	4%	14,412.71
	30-Abr	493	10,846.00	1.48	5%	15,249.48
	1-May	430	9,460.00	1.56	5%	14,019.72
	2-May	410	9,020.00	1.52	5%	13,024.88
Total 1° Sem		2,991	65,802.00			95,603.67
2° Sem	3-May	427	9,394.00	1.43	5%	12,761.75
	4-May	422	9,284.00	1.36	6%	11,868.67
	5-May	395	8,690.00	1.45	4%	12,096.48
	6-May	412	9,064.00	1.54	5%	13,260.63
	7-May	403	8,866.00	1.47	6%	12,251.04
	8-May	440	9,680.00	1.51	6%	13,739.79
	9-May	411	9,042.00	1.53	8%	12,727.52
Total 2° Sem		2,910	64,020.00			88,705.88
3° Sem	10-May	460	10,120.00	1.54	7%	14,493.86
	11-May	401	8,822.00	1.49	7%	12,224.65
	12-May	461	10,142.00	1.48	6%	14,109.55
	13-May	432	9,504.00	1.51	4%	13,777.00
	14-May	762	16,764.00	1.47	5%	23,410.93

	15-May	458	10,076.00	1.41	4%	13,638.87
Total 3° Sem		2,974	65,428			91,654.86
TOTAL GENERAL		8,875	195,250			275,964.41

Fuente: Datos tomados en campo

El resto de las tablas en los siguientes periodos se muestran en la sección de Anexos.

La tabla 1 muestra que en un periodo de poco más de tres semanas, se realizan diferentes cantidades de viajes, en este caso, la primera semana se realizan un total de 2,991 viajes (promedio de 427 viajes por día) y 95,603.67 toneladas de mineral (13,657.67 toneladas promedio por día), en la segunda semana se hacen 2,910 viajes (promedio de 416 viajes por día) y 88,705.88 toneladas de mineral (12,672.27 toneladas promedio por día), y en la tercera semana se realizan 2,974 viajes (promedio de 496 viajes por día) y 91,654.86 toneladas de mineral (15,275.81 toneladas promedio por día), dando como total 8,875 viajes y 275,964.41 toneladas de mineral transportado en un periodo de 24 días de operaciones de transporte en camiones de 22m³ de capacidad.

3.3 Variaciones de Leyes de Mineral en Mina y en el Pad de Lixiviación

Para poder llegar a una conciliación óptima entre las leyes (Au) de mina y Pad de lixiviación, se aplicó la siguiente regla:

1. Regla N°1: Incrementar al menor valor 0,04 si la diferencia es mayor o igual 0,06.
2. Regla N°2: Si la siguiente diferencia con el nuevo valor luego de aplicar la Regla N°1 sigue siendo mayor a 0,06 incrementar al menor valor 0,03 y así sucesivamente.
3. Proseguir con el promedio ponderado considerando promedios anteriores (a,b).

3.2.1 Periodo 26/03 – 18/04

Tabla 2

Datos Originales

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
26/03/2019	0.513	0.486	0.027
27/03/2019	0.494	0.494	0.000
28/03/2019	0.509	0.570	-0.060
29/03/2019	0.484	0.489	-0.005
30/03/2019	0.451	0.512	-0.060
31/03/2019	0.491	0.468	0.023
01/04/2019	0.496	0.394	0.102
02/04/2019	0.587	0.616	-0.029
03/04/2019	0.503	0.587	-0.084
04/04/2019	0.402	0.474	-0.072
05/04/2019	0.548	0.569	-0.021
06/04/2019	0.447	0.417	0.029
07/04/2019	0.475	0.584	-0.109
08/04/2019	0.582	0.514	0.069
09/04/2019	0.790	0.636	0.154
10/04/2019	0.512	0.454	0.059
11/04/2019	0.729	0.634	0.095
12/04/2019	0.488	0.561	-0.073
13/04/2019	0.410	0.424	-0.015
14/04/2019	0.463	0.441	0.022
15/04/2019	0.511	0.372	0.139
16/04/2019	0.482	0.528	-0.046
17/04/2019	0.500	0.506	-0.006
18/04/2019	0.510	0.481	0.029
	a	b	a-b
Media	0.516	0.509	0.007
Des Estándar	0.087	0.074	0.070
CV%	17%	15%	1003%

Fuente: Datos tomados en campo

En la tabla 2 podemos apreciar: Los datos de Ley (Au) Mina presentan un promedio 0.516 desviación estándar 0.087 y coeficiente de variación porcentual (que tanto por ciento es la desviación estándar respecto a su media o promedio aritmético) de 17%.

Los datos de Ley (Au) PAD presentan un promedio 0.509 desviación estándar 0.074 y coeficiente de variación porcentual de 15%

La diferencia entre Ley (Au) Mina y Ley (Au) PAD presentan un promedio 0.007, desviación estándar 0.07 y coeficiente de variación porcentual de 1003%.

Tabla 3

Incremento de 0.04 al menor valor si la diferencia es mayor o igual a 0.06

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
26/03/2019	0.513	0.486	0.027
27/03/2019	0.494	0.494	0.000
28/03/2019	0.549	0.570	-0.020
29/03/2019	0.484	0.489	-0.005
30/03/2019	0.491	0.512	-0.020
31/03/2019	0.491	0.468	0.023
01/04/2019	0.496	0.464	0.032
02/04/2019	0.587	0.616	-0.029
03/04/2019	0.573	0.587	-0.014
04/04/2019	0.442	0.474	-0.032
05/04/2019	0.548	0.569	-0.021
06/04/2019	0.447	0.417	0.029
07/04/2019	0.545	0.584	-0.039
08/04/2019	0.582	0.544	0.039
09/04/2019	0.790	0.736	0.054
10/04/2019	0.512	0.454	0.059
11/04/2019	0.729	0.674	0.055
12/04/2019	0.528	0.561	-0.033
13/04/2019	0.410	0.424	-0.015
14/04/2019	0.463	0.441	0.022
15/04/2019	0.511	0.472	0.039
16/04/2019	0.482	0.528	-0.046
17/04/2019	0.500	0.506	-0.006
18/04/2019	0.510	0.481	0.029
	a	b	a-b
MEDIA	0.528	0.523	0.005

DES ESTÁNDAR	0.084	0.078	0.033
CV%	16%	15%	613%

Fuente: Datos tomados en campo

En la tabla 3 podemos observar que: La media es de 0.528 y 0.523 para la ley de mina y Pad respectivamente, la desviación estándar de ley de mina es de 0.084 y de ley de Pad es de 0.078. Para el coeficiente de variación disminuye a un 613% en la diferencia de leyes y 16 y 15 % en las leyes de mina y Pad. Aplicando la regla 1 y 2.

Las tablas anteriores presentan datos obtenidos durante el periodo del 26 de marzo al 18 de abril del 2019. A continuación, presentaremos la tabla con los valores estadísticos (media, desviación estándar y coeficiente de variación) de los periodos siguientes, adjuntando las tablas completas en Anexos.

3.2.2 Periodo 26/04 – 15/05

Tabla 4

Datos originales periodo 26/04 – 15/05

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
26/04 – 15/05	a	b	a-b
Media	0.384	0.393	0.032
Des Estándar	0.144	0.149	0.026
CV%	37.54%	37.83%	82.00%

En la tabla 4 podemos apreciar: Los datos de Ley (Au) Mina presentan un promedio 0.384, desviación estándar 0.144 y coeficiente de variación porcentual de 37.54%. Los datos de Ley (Au) PAD presentan un promedio 0.393, desviación estándar 0.149 y coeficiente de variación porcentual de 37.83%.

Tabla 5

Aplicación de Regla N°1 a datos originales

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
26/04 – 15/05	a	b	a-b
Media	0.388	0.395	0.026
Des Estándar	0.143	0.147	0.018
CV%	36.85%	37.31%	68.12%

En la tabla 5 podemos observar que: La media es de 0.388 y 0.395 para la ley de mina y Pad, respectivamente, la desviación estándar de ley de mina es de 0.143 y de ley de Pad es de 0.147. Para el coeficiente de variación disminuye a un 68.12% en la diferencia de leyes y 38.85% y 37.31% en las leyes de mina y Pad aplicando la regla N°1.

Tabla 6

Aplicación de Regla N°2

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
26/04 – 15/05	a	b	a-b
Media	0.389	0.395	0.025
Des Estándar	0.142	0.147	0.016
CV%	36.61%	37.31%	62.93%

En la tabla 6 podemos observar que la media es de 0.389 y 0.395 para la ley de mina y Pad, respectivamente, la desviación estándar de ley de mina es de 0.142 y de ley de Pad es

de 0.147. Para el Coeficiente de Var. disminuye a un 62.93% en la diferencia de leyes y 36.61% y 37.31 % en las leyes de mina y Pad aplicando la regla N°2.

3.2.3 Periodo 05/10 – 25/10

Tabla 7

Datos originales periodo 05/10 – 25/10

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
05/10 – 25/10	a	b	a-b
Media	0.263	0.263	0.051
Des Estándar	0.070	0.099	0.055
CV%	26%	38%	108%

En la tabla 7 podemos apreciar: Los datos de Ley (Au) Mina presentan un promedio 0.263, desviación estándar 0.07 y coeficiente de variación porcentual de 26%. Los datos de Ley (Au) PAD presentan un promedio 0.263, desviación estándar 0.099 y coeficiente de variación porcentual de 38%.

Tabla 8

Aplicación de Regla N°1 a datos originales

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
05/10 – 25/10	a	b	a-b
Media	0.271	0.271	0.035
Des Estándar	0.072	0.092	0.040203376
CV%	26%	34%	114%

En la tabla 8 podemos observar que: La media es de 0.271 para ambas leyes, la ley de mina y Pad, respectivamente, la desviación estándar de ley de mina es de 0.072 y de ley de Pad es de 0.092. Para el coeficiente de variación aumentó a un 114% en la diferencia de leyes y 26% y 34% en las leyes de mina y Pad aplicando la regla 1.

Tabla 9

Aplicación de Regla N°2

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
05/10 – 25/10	a	b	a-b
Media	0.273	0.281	0.023
Des Estándar	0.075	0.085	0.018
CV%	27%	30%	77%

En la tabla 9 podemos observar que: La media es de 0.273 y 0.281 para la ley de mina y Pad, respectivamente, la desviación estándar de ley de mina es de 0.075 y de ley de Pad es de 0.085. Para el coeficiente de variación disminuye drásticamente a un 77% en la diferencia de leyes y 27% y 30% en las leyes de mina y Pad aplicando la regla 2.

3.2.4 Periodo 27/11 – 31/12

Tabla 10

Datos originales periodo 27/11 – 31/12

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
27/11 – 31/12	a	b	a-b
Media	0.424	0.428	0.076
Des Estándar	0.103	0.161	0.066
CV%	24%	38%	87%

En la tabla 10 podemos apreciar: Los datos de Ley (Au) Mina presentan un promedio 0.424, desviación estándar 0.103 y coeficiente de variación porcentual de 24%. Los datos de Ley (Au) PAD presentan un promedio 0.428, desviación estándar 0.161 y coeficiente de variación porcentual de 38%.

Tabla 11

Aplicación de Regla N°1 a datos originales.

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
27/11 – 31/12	a	b	a-b
Media	0.432	0.441	0.055
Des Estándar	0.103	0.149	0.06
CV%	24%	34%	85%

En la tabla 11 podemos observar que: La media es de 0.432 y 0.441 la ley de mina y Pad, respectivamente, la desviación estándar de ley de mina es de 0.103 y de ley de Pad es de 0.149. Para el coeficiente de variación disminuyó a un 85% en la diferencia de leyes y 24% y 34% en las leyes de mina y Pad aplicando la regla 1.

Tabla 12

Aplicación de Regla N°2.

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
27/11 – 31/12	a	b	a-b
Media	0.448	0.449	0.031
Des Estándar	0.133	0.143	0.014
CV%	30%	32%	46%

En la tabla 12 podemos observar que: La media es de 0.448 y 0.449 para la ley de mina y Pad, respectivamente, la desviación estándar de ley de mina es de 0.133 y de ley de Pad es de 0.143. Para el coeficiente de variación disminuye drásticamente a un 46% en la diferencia de leyes y 30% y 32% en las leyes de mina y Pad aplicando la regla 2.

3.2.5 Periodo 01/01 – 22/01

Tabla 13

Datos originales periodo 01/01 – 22/01

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
01/01 – 22/01	a	b	a-b
Media	0.350	0.319	0.059
Des Estándar	0.123	0.124	0.044
CV%	35%	39%	76%

En la tabla 13 podemos apreciar: Los datos de Ley (Au) Mina presentan un promedio 0.350, desviación estándar 0.123 y coeficiente de variación porcentual de 35%. Los datos de Ley (Au) PAD presentan un promedio 0.319, desviación estándar 0.124 y coeficiente de variación porcentual de 39%.

Tabla 14

Aplicación de Regla N°1 a datos originales

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
01/01 – 22/01	a	b	a-b
Media	0.355	0.330	0.043
Des Estándar	0.124	0.123	0.029
CV%	35%	37%	68%

En la tabla 14 podemos observar que: La media es de 0.355 y 0.330 la ley de mina y Pad, respectivamente, la desviación estándar de ley de mina es de 0.124 y de ley de Pad es de 0.123. Para el coeficiente de variación disminuyó a un 68% en la diferencia de leyes y 35% y 37% en las leyes de mina y Pad aplicando la regla 1.

Tabla 15

Aplicación de Regla N°2

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
01/01 – 22/01	a	b	a-b
Media	0.355	0.338	0.035
Des Estándar	0.124	0.125	0.017
CV%	35%	37%	50%

En la tabla 15 podemos observar que: La media es de 0.355 y 0.338 para la ley de mina y Pad, respectivamente, la desviación estándar de ley de mina es de 0.124 y de ley de Pad es de 0.125. Para el coeficiente de variación disminuye drásticamente a un 50% en la diferencia de leyes y 35% y 37% en las leyes de mina y Pad aplicando la regla 2.

3.2.6 Periodo 26/01 – 25/02

Tabla 16

Datos originales periodo 26/01 – 25/02

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
26/01 – 25/02	a	b	a-b
Media	0.498	0.493	0.068
Des Estándar	0.247	0.284	0.077
CV%	50%	58%	113%

En la tabla 16 podemos apreciar: Los datos de Ley (Au) Mina presentan un promedio 0.498, desviación estándar 0.247 y coeficiente de variación porcentual de 50%. Los datos de

Ley (Au) PAD presentan un promedio 0.493, desviación estándar 0.284 y coeficiente de variación porcentual de 58%.

Tabla 17

Aplicación de Regla N°1 a datos originales.

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
26/01 – 25/02	a	b	a-b
Media	0.506	0.498	0.055
Des Estándar	0.256	0.280	0.064
CV%	51%	56%	115%

En la tabla 17 podemos observar que: La media es de 0.506 y 0.498 la ley de mina y Pad, respectivamente, la desviación estándar de ley de mina es de 0.256 y de ley de Pad es de 0.280. Para el coeficiente de variación aumentó a un 115% en la diferencia de leyes y 51% y 56% en las leyes de mina y Pad aplicando la regla 1.

Tabla 18

Aplicación de Regla N°2.

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
26/01 – 25/02	a	b	a-b
Media	0.514	0.512	0.033
Des Estándar	0.266	0.275	0.018
CV%	52%	54%	56%

En la tabla 18 podemos observar que: La media es de 0.514 y 0.512 para la ley de mina y Pad, respectivamente, la desviación estándar de ley de mina es de 0.266 y de ley de Pad es de 0.275. Para el coeficiente de variación disminuye drásticamente a un 56% en la diferencia de leyes y 52% y 54% en las leyes de mina y Pad aplicando la regla 2.

3.2.7 Periodo 26/03 – 25/04

Tabla 19

Datos originales periodo 26/03 – 25/04

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
26/03 – 25/04	a	b	a-b
Media	0.524	0.519	0.059
Des Estándar	0.090	0.108	0.051
CV%	17%	21%	86%

En la tabla 19 podemos apreciar: Los datos de Ley (Au) Mina presentan un promedio 0.524, desviación estándar 0.090 y coeficiente de variación porcentual de 17%. Los datos de Ley (Au) PAD presentan un promedio 0.519, desviación estándar 0.108 y coeficiente de variación porcentual de 21%.

Tabla 20

Aplicación de Regla N°1 a datos originales.

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
26/03 – 25/04	a	b	a-b
Media	0.532	0.527	0.043
Des Estándar	0.092	0.102	0.039
CV%	17%	19%	90%

En la tabla 20 podemos observar que: La media es de 0.532 y 0.527 la ley de mina y Pad, respectivamente, la desviación estándar de ley de mina es de 0.092 y de ley de Pad es

de 0.102. Para el coeficiente de variación aumentó a un 90% en la diferencia de leyes y 17% y 19% en las leyes de mina y Pad aplicando la regla N°1.

Tabla 21

Aplicación de Regla N°2

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
26/03 – 25/04	a	b	a-b
Media	0.532	0.529	0.041
Des Estándar	0.092	0.102	0.032
CV%	17%	19%	77%

En la tabla 21 podemos observar que: La media es de 0.532 y 0.529 para la ley de mina y Pad, respectivamente, la desviación estándar de ley de mina es de 0.092 y de ley de Pad es de 0.102. Para el coeficiente de variación disminuye a un 77% en la diferencia de leyes y 17% y 19% en las leyes de mina y Pad aplicando la regla 2.

3.2.8 Periodo 26/05 – 15/06

Tabla 22

Datos originales periodo 26/05 – 15/06

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
26/05 – 15/06	a	b	a-b
Media	0.524	0.519	0.059
Des Estándar	0.090	0.108	0.051
CV%	17%	21%	86%

En la tabla 22 podemos apreciar: Los datos de Ley (Au) Mina presentan un promedio 0.524, desviación estándar 0.090 y coeficiente de variación porcentual de 17%. Los datos de

Ley (Au) PAD presentan un promedio 0.519, desviación estándar 0.108 y coeficiente de variación porcentual de 21%.

Tabla 23

Aplicación de Regla N°1 a datos originales

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
26/05 – 15/06	a	b	a-b
Media	0.566	0.583	0.048
Des Estándar	0.228	0.269	0.049
CV%	40%	46%	101%

En la tabla 23 podemos observar que: La media es de 0.566 y 0.583 la ley de mina y Pad, respectivamente, la desviación estándar de ley de mina es de 0.228 y de ley de Pad es de 0.269. Para el coeficiente de variación aumentó a un 101% en la diferencia de leyes y 40% y 46% en las leyes de mina y Pad aplicando la regla 1.

Tabla 24

Aplicación de Regla N°2

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Dif_Mina_menos PAD
26/05 – 15/06	a	b	a-b
Media	0.580	0.583	0.034
Des Estándar	0.250	0.269	0.015
CV%	43%	46%	43%

En la tabla 24 podemos observar que: La media es de 0.580 y 0.583 para la ley de mina y Pad, respectivamente, la desviación estándar de ley de mina es de 0.250 y de ley de

Pad es de 0.269. Para el coeficiente de variación disminuye drásticamente a un 43% en la diferencia de leyes y 43% y 46% en las leyes de mina y Pad aplicando la regla 2.

3.4 Reconciliación de las Leyes de Mineral

3.4.1 Periodo 26/04 – 15/05

Tabla 25

Consenso

FECHA	Mina*a	PAD*b	Media o Promedio ponderado
			Consenso $*(mina*a+PAD*b)/(a+b)$
26/03/2019	0.271	0.254	0.499
27/03/2019	0.261	0.258	0.494
28/03/2019	0.290	0.298	0.560
29/03/2019	0.256	0.255	0.486
30/03/2019	0.259	0.268	0.501
31/03/2019	0.260	0.245	0.480
01/04/2019	0.262	0.243	0.480
02/04/2019	0.310	0.322	0.601
03/04/2019	0.303	0.307	0.580
04/04/2019	0.233	0.248	0.458
05/04/2019	0.290	0.298	0.559
06/04/2019	0.236	0.218	0.432
07/04/2019	0.288	0.306	0.565
08/04/2019	0.308	0.284	0.563
09/04/2019	0.417	0.385	0.763
10/04/2019	0.271	0.237	0.483
11/04/2019	0.385	0.353	0.702
12/04/2019	0.279	0.294	0.545
13/04/2019	0.216	0.222	0.417
14/04/2019	0.245	0.231	0.452
15/04/2019	0.270	0.247	0.492
16/04/2019	0.255	0.276	0.505
17/04/2019	0.264	0.264	0.503
18/04/2019	0.269	0.251	0.495
Media	0.279	0.273	0.526
Des estándar	0.044	0.041	0.079

CV%	16%	15%	15%
------------	-----	-----	-----

En la tabla 25 podemos observar los datos de consenso que presentan un promedio 0.526 con una desviación estándar de 0.079 y un coeficiente de variación porcentual de 15%. Siendo calculados por la sumatoria de la multiplicación de las leyes de mina y Pad con su media correspondiente (a y b respectivamente) entre la suma de las medias de ambas leyes.

Tabla 26

Diferencia de la Ley (Au) de mina (Datos originales) y el Consenso

FECHA	_LEY_mina_AU	CONSENSO	CONSENSO MENOS LEY MINA
26/03/2019	0.513	0.499	-0.013
27/03/2019	0.494	0.494	0.000
28/03/2019	0.509	0.560	0.050
29/03/2019	0.484	0.486	0.002
30/03/2019	0.451	0.501	0.050
31/03/2019	0.491	0.480	-0.012
01/04/2019	0.496	0.480	-0.016
02/04/2019	0.587	0.601	0.015
03/04/2019	0.503	0.580	0.077
04/04/2019	0.402	0.458	0.056
05/04/2019	0.548	0.559	0.010
06/04/2019	0.447	0.432	-0.015
07/04/2019	0.475	0.565	0.090
08/04/2019	0.582	0.563	-0.019
09/04/2019	0.790	0.763	-0.027
10/04/2019	0.512	0.483	-0.029
11/04/2019	0.729	0.702	-0.027
12/04/2019	0.488	0.545	0.056
13/04/2019	0.410	0.417	0.007
14/04/2019	0.463	0.452	-0.011
15/04/2019	0.511	0.492	-0.020
16/04/2019	0.482	0.505	0.023
17/04/2019	0.500	0.503	0.003
18/04/2019	0.510	0.495	-0.014
MEDIA	0.516	0.526	0.010
DES ESTÁNDAR	0.087	0.079	0.035
CV%	17%	15%	355%

Podemos observar en la tabla 26 la diferencia de las leyes de mina (Datos originales) y el consenso hallado anteriormente. Los datos de ley (Au) mina presentan un promedio 0,516 desviación estándar 0.087 y un coeficiente de variación porcentual de 17%. Los datos de consenso presentan un promedio de 0.526, una desviación estándar de 0.079 y un coeficiente de variación porcentual de 15%. La diferencia entre Ley (Au) Mina y consenso presentan un promedio o media de 0.01 con una desviación estándar de 0.035 y un coeficiente de variación porcentual de 335%.

Tabla 27

Diferencia de la Ley (Au) de Pad (Datos originales) y el Consenso

FECHA	_LEY_PAD_AU	CONSENSO	CONSENSO MENOS LEY PAD
26/03/2019	0.486	0.499	0.014
27/03/2019	0.494	0.494	0.000
28/03/2019	0.570	0.560	-0.010
29/03/2019	0.489	0.486	-0.002
30/03/2019	0.512	0.501	-0.010
31/03/2019	0.468	0.480	0.012
01/04/2019	0.394	0.480	0.086
02/04/2019	0.616	0.601	-0.015
03/04/2019	0.587	0.580	-0.007
04/04/2019	0.474	0.458	-0.016
05/04/2019	0.569	0.559	-0.010
06/04/2019	0.417	0.432	0.015
07/04/2019	0.584	0.565	-0.020
08/04/2019	0.514	0.563	0.049
09/04/2019	0.636	0.763	0.127
10/04/2019	0.454	0.483	0.029
11/04/2019	0.634	0.702	0.067
12/04/2019	0.561	0.545	-0.017
13/04/2019	0.424	0.417	-0.007
14/04/2019	0.441	0.452	0.011
15/04/2019	0.372	0.492	0.120
16/04/2019	0.528	0.505	-0.023
17/04/2019	0.506	0.503	-0.003
18/04/2019	0.481	0.495	0.015
Media	0.509	0.526	0.017

Des estándar	0.074	0.079	0.043
CV%	15%	15%	254%

La tabla 27 muestra la diferencia de las leyes de Pad (Datos originales) y el consenso hallado anteriormente. Los datos de ley (Au) de PAD presentan un promedio 0.509 con una desviación estándar de 0.074 y un coeficiente de variación porcentual de 15%. Los datos de consenso presentan un promedio 0.526 con una desviación estándar de 0.079 y un coeficiente de variación porcentual de 15%. La diferencia entre Ley (Au) PAD y consenso presentan un promedio 0.017 con una desviación estándar de 0.043 y un coeficiente de variación porcentual de 254%.

3.4.2 Periodo 26/04 – 15/05

Tabla 28

Consenso

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Consenso *(mina*a+PAD*b)/(a+b)
26/04 – 15/05	a	b	a-b
Media	0.151	0.156	0.392
Des Estándar	0.055	0.058	0.144
CV%	37%	37%	37%

En la tabla 28 podemos observar los datos de consenso que presentan un promedio 0.392 con una desviación estándar de 0.144 y un coeficiente de variación porcentual de 37%. Siendo calculados por la sumatoria de la multiplicación de las leyes de mina y Pad con su media correspondiente (a y b respectivamente) entre la suma de las medias de ambas leyes.

Tabla 29

Diferencia de la Ley (Au) de Mina (Datos originales) y el Consenso

FECHA	_LEY_mina_AU	CONSENSO	CONSENSO MENOS LEY MINA
26/04 – 15/05	a	b	a-b
Media	0.389	0.392	-0.003
Des Estándar	0.142	0.144	0.015
CV%	36.61%	36.77%	-475.12%

Podemos observar en la tabla 29 la diferencia de las leyes de mina (Datos originales) y el consenso hallado anteriormente. Los datos de ley (Au) mina presentan un promedio 0.389 desviación estándar 0.142 y un coeficiente de variación porcentual de 36.61%. Los datos de consenso presentan un promedio de 0.392, una desviación estándar de 0.144 y un coeficiente de variación porcentual de 36.77%. La diferencia entre Ley (Au) Mina y consenso presentan un promedio o media de -0.003 con una desviación estándar de 0.015 y un coeficiente de variación porcentual de -475.12%.

Tabla 30

Diferencia de la Ley (Au) de Pad (Datos originales) y el Consenso

FECHA	_LEY_PAD_AU	CONSENSO	CONSENSO MENOS LEY PAD
26/04 – 15/05	a	b	a-b
Media	0.395	0.392	0.003
Des Estándar	0.147	0.144	0.014
CV%	37.31%	36.77%	471.58%

La tabla 30 muestra la diferencia de las leyes de Pad (Datos originales) y el consenso hallado anteriormente. Los datos de ley (Au) de PAD presentan un promedio 0.395 con una desviación estándar de 0.147 y un coeficiente de variación porcentual de 37.31%. Los datos de consenso presentan un promedio 0.392 con una desviación estándar de 0.144 y un coeficiente de variación porcentual de 36.77%. La diferencia entre Ley (Au) PAD y

consenso presentan un promedio 0.003 con una desviación estándar de 0.014 y un coeficiente de variación porcentual de 471.58%.

3.4.3 Periodo 05/10 – 25/10

Tabla 31

Consenso

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Consenso $*(mina*a+PAD*b)/(a+b)$
05/10 – 25/10	a	b	a-b
Media	0.075	0.079	0.277
Des Estándar	0.020	0.024	0.079
CV%	27%	30%	28%

En la tabla 31 podemos observar los datos de consenso que presentan un promedio 0.277 con una desviación estándar de 0.079 y un coeficiente de variación porcentual de 28%. Siendo calculados por la sumatoria de la multiplicación de las leyes de mina y Pad con su media correspondiente (a y b respectivamente) entre la suma de las medias de ambas leyes.

Tabla 32

Diferencia de la Ley (Au) de Mina (Datos originales) y el Consenso

FECHA	_LEY_mina_AU	CONSENSO	CONSENSO MENOS LEY MINA
05/10 – 25/10	a	b	a-b
Media	0.273	0.277	-0.004
Des Estándar	0.075	0.079	0.015
CV%	27%	28%	-385%

Podemos observar en la tabla 32 la diferencia de las leyes de mina (Datos originales) y el consenso hallado anteriormente. Los datos de ley (Au) mina presentan un promedio

0.273 desviación estándar 0.075 y un coeficiente de variación porcentual de 27%. Los datos de consenso presentan un promedio de 0.277, una desviación estándar de 0.079 y un coeficiente de variación porcentual de 28%.

La diferencia entre Ley (Au) Mina y consenso presentan un promedio o media de - 0.004 con una desviación estándar de 0.015 y un coeficiente de variación porcentual de - 385%.

Tabla 33

Diferencia de la Ley (Au) de Pad (Datos originales) y el Consenso

FECHA	_LEY_PAD_AU	CONSENSO	CONSENSO MENOS LEY PAD
05/10 – 25/10	a	b	a-b
Media	0.281	0.277	0.004
Des Estándar	0.085	0.079	0.014
CV%	30%	28%	369%

La tabla 33 muestra la diferencia de las leyes de Pad (Datos originales) y el consenso hallado anteriormente. Los datos de ley (Au) de PAD presentan un promedio 0.281 con una desviación estándar de 0.085 y un coeficiente de variación porcentual de 30%. Los datos de consenso presentan un promedio 0.277 con una desviación estándar de 0.079 y un coeficiente de variación porcentual de 28%.

La diferencia entre Ley (Au) PAD y consenso presentan un promedio 0.004 con una desviación estándar de 0.014 y un coeficiente de variación porcentual de 369%.

3.4.4 Periodo 27/11 – 31/12

Tabla 34

Consenso

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Consenso *(mina*a+PAD*b)/(a+b)
--------------	---------------------	--------------------	---

27/11 – 31/12	a	b	a-b
Media	0.201	0.202	0.382
Des Estándar	0.060	0.064	0.137
CV%	30%	32%	36%

En la tabla 34 podemos observar los datos de consenso que presentan un promedio 0.382 con una desviación estándar de 0.137 y un coeficiente de variación porcentual de 36%. Siendo calculados por la sumatoria de la multiplicación de las leyes de mina y Pad con su media correspondiente (a y b respectivamente) entre la suma de las medias de ambas leyes.

Tabla 35

Diferencia de la Ley (Au) de Mina (Datos originales) y el Consenso

FECHA	_LEY_mina_AU	CONSENSO	CONSENSO MENOS LEY MINA
27/11 – 31/12	a	b	a-b
Media	0.381	0.382	-0.001
Des Estándar	0.122	0.121	0.017
CV%	32%	32%	-1407%

Podemos observar en la tabla 35 la diferencia de las leyes de mina (Datos originales) y el consenso hallado anteriormente. Los datos de ley (Au) mina presentan un promedio 0.381 desviación estándar 0.122 y un coeficiente de variación porcentual de 32%. Los datos de consenso presentan un promedio de 0.382, una desviación estándar de 0.121 y un coeficiente de variación porcentual de 32%. La diferencia entre Ley (Au) Mina y consenso presentan un promedio o media de -0.001 con una desviación estándar de 0.017 y un coeficiente de variación porcentual de -1407%.

Tabla 36

Diferencia de la Ley (Au) de Pad (Datos originales) y el Consenso

FECHA	_LEY_PAD_AU	CONSENSO	CONSENSO MENOS LEY PAD
27/11 – 31/12	a	b	a-b

Media	0.383	0.382	0.001
Des Estándar	0.123	0.121	0.017
CV%	32%	32%	1628%

La tabla 36 muestra la diferencia de las leyes de Pad (Datos originales) y el consenso hallado anteriormente. Los datos de ley (Au) de PAD presentan un promedio 0.383 con una desviación estándar de 0.123 y un coeficiente de variación porcentual de 32%.

Los datos de consenso presentan un promedio 0.382 con una desviación estándar de 0.121 y un coeficiente de variación porcentual de 32%. La diferencia entre Ley (Au) PAD y consenso presentan un promedio 0.001 con una desviación estándar de 0.017 y un coeficiente de variación porcentual de 1628%.

3.4.5 Periodo 01/01 – 22/01

Tabla 37

Consenso

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Consenso *(mina*a+PAD*b)/(a+b)
01/01 – 22/01	a	b	a-b
Media	0.126	0.114	0.347
Des Estándar	0.044	0.042	0.123
CV%	35%	37%	36%

En la tabla 37 podemos observar los datos de consenso que presentan un promedio 0.347 con una desviación estándar de 0.123 y un coeficiente de variación porcentual de 36%. Siendo calculados por la sumatoria de la multiplicación de las leyes de mina y Pad con su media correspondiente (a y b respectivamente) entre la suma de las medias de ambas leyes.

Tabla 38

Diferencia de la Ley (Au) de Mina (Datos originales) y el Consenso

FECHA	_LEY_mina_AU	CONSENSO	CONSENSO MENOS LEY MINA
01/01 – 22/01	a	b	a-b
Media	0.345	0.340	0.005
Des Estándar	0.106	0.104	0.018
CV%	31%	31%	348%

Podemos observar en la tabla 38 la diferencia de las leyes de mina (Datos originales) y el consenso hallado anteriormente. Los datos de ley (Au) mina presentan un promedio 0.345 desviación estándar 0.106 y un coeficiente de variación porcentual de 31%. Los datos de consenso presentan un promedio de 0.340, una desviación estándar de 0.104 y un coeficiente de variación porcentual de 31%. La diferencia entre Ley (Au) Mina y consenso presentan un promedio o media de 0.005 con una desviación estándar de 0.018 y un coeficiente de variación porcentual de 348%.

Tabla 39

Diferencia de la Ley (AU) de Pad (Datos originales) y el Consenso

FECHA	_LEY_PAD_AU	CONSENSO	CONSENSO MENOS LEY PAD
01/01 – 22/01	a	b	a-b
Media	0.334	0.340	-0.006
Des Estándar	0.106	0.104	0.019
CV%	32%	31%	-339%

La tabla 39 muestra la diferencia de las leyes de Pad (Datos originales) y el consenso hallado anteriormente. Los datos de ley (Au) de PAD presentan un promedio 0.334 con una desviación estándar de 0.106 y un coeficiente de variación porcentual de 32%. Los datos de consenso presentan un promedio 0.340 con una desviación estándar de 0.104 y un coeficiente de variación porcentual de 31%. La diferencia entre Ley (Au) PAD y consenso presentan un promedio -0.006 con una desviación estándar de 0.019 y un coeficiente de variación porcentual de -339%.

3.4.6 Periodo 26/01 – 25/02

Tabla 40

Consenso

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Consenso $*(mina*a+PAD*b)/(a+b)$
26/01 – 25/02	a	b	a-b
Media	0.264	0.262	0.513
Des Estándar	0.137	0.141	0.270
CV%	52%	54%	53%

En la tabla 40 podemos observar los datos de consenso que presentan un promedio 0.513 con una desviación estándar de 0.270 y un coeficiente de variación porcentual de 53%. Siendo calculados por la sumatoria de la multiplicación de las leyes de mina y Pad con su media correspondiente (a y b respectivamente) entre la suma de las medias de ambas leyes.

Tabla 41

Diferencia de la Ley (Au) de Mina (Datos originales) y el Consenso

FECHA	_LEY_mina_AU	CONSENSO	CONSENSO MENOS LEY MINA
26/01 – 25/02	a	b	a-b
Media	0.435	0.432	0.003

Des Estándar	0.239	0.240	0.019
CV%	55%	56%	45%

Podemos observar en la tabla 41 la diferencia de las leyes de mina (Datos originales) y el consenso hallado anteriormente. Los datos de ley (Au) mina presentan un promedio 0.435 desviación estándar 0.239 y un coeficiente de variación porcentual de 55%. Los datos de consenso presentan un promedio de 0.432, una desviación estándar de 0.240 y un coeficiente de variación porcentual de 56%.

La diferencia entre Ley (Au) Mina y consenso presentan un promedio o media de 0.003 con una desviación estándar de 0.019 y un coeficiente de variación porcentual del 45%.

Tabla 42

Diferencia de la Ley (Au) de Pad (Datos originales) y el Consenso

FECHA	_LEY_PAD_AU	CONSENSO	CONSENSO MENOS LEY PAD
26/01 – 25/02	a	b	a-b
Media	0.428	0.432	-0.004
Des Estándar	0.242	0.240	0.019
CV%	56%	56%	-40%

La tabla 42 muestra la diferencia de las leyes de Pad (Datos originales) y el consenso hallado anteriormente. Los datos de ley (Au) de PAD presentan un promedio 0.428 con una desviación estándar de 0.242 y un coeficiente de variación porcentual de 56%. Los datos de consenso presentan un promedio 0.432 con una desviación estándar 0.24 y un coeficiente de variación porcentual de 56%. La diferencia entre Ley (Au) PAD y consenso presentan un promedio -0.004 con una desviación estándar de 0.019 y un coeficiente de variación porcentual de -40%.

3.4.7 Periodo 26/03 – 25/04

Tabla 43

Consenso

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Consenso $*(mina*a+PAD*b)/(a+b)$
26/03 – 25/04	a	b	a-b
Media	0.283	0.279	0.530
Des Estándar	0.049	0.054	0.094
CV%	17%	19%	18%

En la tabla 43 podemos observar los datos de consenso que presentan un promedio 0.530 con una desviación estándar de 0.094 y un coeficiente de variación porcentual de 18%. Siendo calculados por la sumatoria de la multiplicación de las leyes de mina y Pad con su media correspondiente (a y b respectivamente) entre la suma de las medias de ambas leyes.

Tabla 44

Diferencia de la Ley (Au) de Mina (Datos originales) y el Consenso

FECHA	_LEY_mina_AU	CONSENSO	CONSENSO MENOS LEY MINA
26/03 – 25/04	a	b	a-b
Media	0.511	0.508	0.003
Des Estándar	0.073	0.079	0.023
CV%	14%	16%	124%

Podemos observar en la tabla 44 la diferencia de las leyes de mina (Datos originales) y el consenso hallado anteriormente. Los datos de ley (Au) mina presentan un promedio 0.511 desviación estándar 0.073 y un coeficiente de variación porcentual de 14%. Los datos de consenso presentan un promedio de 0.508, una desviación estándar de 0.079 y un coeficiente de variación porcentual de 16%. La diferencia entre Ley (Au) Mina y consenso

presentan un promedio o media de 0.003 con una desviación estándar de 0.023 y un coeficiente de variación porcentual de 124%.

Tabla 45

Diferencia de la Ley (Au) de Pad (Datos originales) y el Consenso

FECHA	_LEY_PAD_AU	CONSENSO	CONSENSO MENOS LEY PAD
26/03 – 25/04	a	b	a-b
Media	0.504	0.508	-0.003
Des Estándar	0.091	0.079	0.023
CV%	18%	16%	-102%

La tabla 45 muestra la diferencia de las leyes de Pad (Datos originales) y el consenso hallado anteriormente. Los datos de ley (Au) de PAD presentan un promedio 0.504 con una desviación estándar de 0.091 y un coeficiente de variación porcentual de 18%.

Los datos de consenso presentan un promedio 0.508 con una desviación estándar 0.079 y un coeficiente de variación porcentual de 16%. La diferencia entre Ley (Au) PAD y consenso presentan un promedio -0.003 con una desviación estándar de 0.023 y un coeficiente de variación porcentual de -102%.

3.4.8 Periodo 26/05 – 15/06

Tabla 46

Consenso

FECHA	_LEY_mina_AU	_LEY_PAD_AU	Consenso *(mina*a+PAD*b)/(a+b)
26/05 – 15/06	a	b	a-b
Media	0.337	0.340	0.582
Des Estándar	0.145	0.157	0.259
CV%	43%	46%	45%

En la tabla 46 podemos observar los datos de consenso que presentan un promedio 0.582 con una desviación estándar de 0.259 y un coeficiente de variación porcentual de 45%. Siendo calculados por la sumatoria de la multiplicación de las leyes de mina y Pad con su media correspondiente (a y b respectivamente) entre la suma de las medias de ambas leyes.

Tabla 47

Diferencia de la Ley (Au) de Mina (Datos originales) y el Consenso.

FECHA	_LEY_mina_AU	CONSENSO	CONSENSO MENOS LEY MINA
26/05 – 15/06	a	b	a-b
Media	0.606	0.637	-0.031
Des Estándar	0.235	0.277	0.068
CV%	39%	43%	-221%

Podemos observar en la tabla 47 la diferencia de las leyes de mina (Datos originales) y el consenso hallado anteriormente. Los datos de ley (Au) mina presentan un promedio 0.606 desviación estándar 0.235 y un coeficiente de variación porcentual de 39%. Los datos de consenso presentan un promedio de 0.637, una desviación estándar de 0.277 y un coeficiente de variación porcentual de 43%. La diferencia entre Ley (Au) Mina y consenso presentan un promedio o media de -0.031 con una desviación estándar de 0.068 y un coeficiente de variación porcentual de -221%.

Tabla 48

Diferencia de la Ley (Au) de Pad (Datos originales) y el Consenso.

FECHA	_LEY_PAD_AU	CONSENSO	CONSENSO MENOS LEY PAD
26/05 – 15/06	a	b	a-b
Media	0.637	0.637	0.000
Des Estándar	0.289	0.277	0.022
CV%	45%	43%	202%

La tabla 48 muestra la diferencia de las leyes de Pad (Datos originales) y el consenso hallado anteriormente. Los datos de ley (Au) de PAD presentan un promedio 0.637 con una desviación estándar de 0.289 y un coeficiente de variación porcentual de 45%. Los datos de consenso presentan un promedio 0.637 con una desviación estándar 0.277 y un coeficiente de variación porcentual de 43%. La diferencia entre Ley (Au) PAD y consenso presentan un promedio 0 con una desviación estándar de 0.022 y un coeficiente de variación porcentual de 202%.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN

En los resultados de tonelaje diario, si bien los camiones tienen limitada la capacidad en términos de volumen, el peso del mineral transportado también será punto significativo a evaluar, por lo cual se determina que el porcentaje de humedad y la densidad del material que se quiere transportar son factores relevantes a la hora de realizar los cálculos de estimación. A mayor porcentaje de humedad que tenga el mineral, la densidad tiende a variar, ya que el agua se filtra en las porosidades del material, generando esponjamiento y una menor capacidad de carga de mineral del camión.

Los resultados en relación a la aplicación de las Reglas N°1 y N°2 para las leyes de minas y las leyes del pad de lixiviación indicaron en algunas instancias que el coeficiente de variación aumentaba como primera instancia aplicando la regla N°1, en otras veces disminuía, pero luego, al aplicar la regla N°2, si es que el coeficiente aumentaba en la regla anterior, bajaba significativamente aplicando la segunda regla, lo que quiere decir que mediante la aplicación de estas reglas para disminuir la diferencia de leyes entre mina y Pad a un rango menor de 0.06 gr/ton, se obtiene un mejor análisis estadístico para la planificación de un proceso posterior como es el transporte de mineral. Como concluyó García (2020) en su tesis de pregrado, el método de Kruskal-Wallis logró cumplir con el objetivo propuesto de cuantificar las variables de interés (leyes) minimizando el error de la diferencia, viéndose disminuido en alrededor de un orden de magnitud con respecto de los datos originales. Esto también se evidenció cuando se analizaron los resultados del consenso y el porcentaje obtenido en los nuevos valores del coeficiente de variación.

La variación de los resultados de la ley mineral en mina y en el Pad de lixiviación mejora luego de la aplicación de las reglas N°1 y N° 2, por lo que se obtiene el consenso de las leyes de mineral en ambos sectores con una estimación más aproximada y válida. Con aquellos resultados, se puede mejorar el control de los inventarios de mineral de oro en mina y en el Pad de lixiviación. Como menciona García (2020) en las conclusiones de su tesis, una vez definido el modelo más óptimo, la prueba de Kruskal-Wallis permitió la sectorización de las variables facilitando el cálculo de las leyes promedio de los involucrados, mina y Pad, además de sus localizaciones preferentes, generando así porciones de mayor o menor interés para cualquiera de las variables objetivo que componen ambos sectores.

Según los antecedentes de la investigación de Vargas, 2011, en su tesis titulada “Modelo de planificación minera de corto y mediano plazo incorporando restricciones operacionales y de mezcla”, concluye que la influencia de la planificación a corto y mediano plazo es de vital importancia para la toma de decisiones que conlleven a hacer modelos de optimización, lo que es fundamental para el cálculo de la conciliación entre leyes de mina y leyes del Pad.

Según la investigación de Valencia, 2019, en su tesis titulada “Planeamiento de minado a corto plazo del mes de abril de 2013 en la Unidad Minera Arasi S.A.C. Proyecto Jesica, ubicado en el Distrito de Ocuwiri, Provincia de Lampa en el Departamento de Puno” nos dice: En el presente trabajo de investigación se tiene como uno de sus propósitos determinar la variación de leyes planificadas con las leyes puestas en el pad de lixiviación, y según el reporte mensual para el mes de abril es de 17.9% en promedio entre la ley planificada corto plazo (blastholes) y la ley puesta en el pad de lixiviación, esto debido a que las fechas 31 de marzo y 1 de abril se registró una lectura anormal de las leyes del pad,

haciendo que el promedio global sea desproporcional, también se tiene una comparación entre la ley planificada largo plazo (diamantinos) y la ley puesta en el pad de lixiviación que es de 33.6% en promedio, la cual claramente tiene la desventaja de ser comparada con leyes de los taladros diamantinos que presentan mayor espaciamiento de 93 taladro a taladro (>50 m) y usa métodos geoestadístico para la estimación. Podemos discernir que la dilución planificada va relacionada con la comparación de leyes.

CONCLUSIONES

Se estimó el tonelaje diario que va desde la mina al Pad de lixiviación en función de la humedad y densidad de material, siendo factores relevantes al momento de calcular la cantidad de viajes necesarios por día y la cantidad de toneladas que se podría transportar.

Se evaluó la problemática de las Reconciliaciones de leyes de mineral entre la mina y el Pad de lixiviación en una mina de oro a tajo abierto, disminuyendo parámetros clave como son los valores estadísticos, en particular coeficiente de variación, ya que es el valor más relevante para la medición de la diferencia de leyes que hay entre la mina y el Pad de lixiviación. A medida que el coeficiente de variación de la diferencia de leyes disminuye, implica que el rango es similar entre dichos valores, es decir, no existe una diferencia significativa.

Se analizó la variación de los resultados de la ley de mineral en mina y en el Pad de lixiviación en una mina de oro a tajo abierto, donde los datos originales mostraban una variación elevada, por lo que se trató dichos datos con las reglas N°1 y N°2 para poder determinar el consenso entre ambas leyes y así poder obtener una menor variación en un rango aceptable.

Se estimó el consenso mediante la aplicación de la prueba Kruskal-Wallis, obteniéndose valores significativamente menores al momento de calcular las diferencias de leyes entre la mina y el Pad de lixiviación.

Las limitaciones que se presentaron en el desarrollo de la investigación, se debe en primer lugar, a la falta de información sobre estudios que respalden el problema principal de la investigación. En segundo lugar la limitación en estudios estadísticos para interpretar y analizar las leyes de mineral

REFERENCIAS

- Bautista Condori J. (2017). *“Diseño y planeamiento de minado subterráneo para incrementar la producción diaria de la Unidad operativa Pallancata – Proyecto Pablo – Compañía minera Ares S.A.C. Puno”* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano Facultad de Ingeniería de Minas, Puno, Perú.
- Bustillo Revuelta, M. y Lopez Jimeno, C. (1997). *“Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras”*. Madrid, España: Entorno Grafico S.I.
- Chambilla Pacoticona L. (2013). *“Planeamiento de minado a corto plazo con la aplicación del software Vulcan 3d maptek en la unidad minera Anabi S.A.C. Puno”* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano Facultad de Ingeniería de Minas, Puno, Perú.
- García Vega, R. (2020). *“Metodología para el modelamiento y caracterización geoestadística de relaves como método de revalorización de pasivos ambientales”* (tesis pregrado). Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Gonzales Paihua, T. (2010). *“Diseño de Minas a Tajo Abierto”* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Herrera y Mayorga (2020) “*Acciones para reducir diferencias de reconciliación entre el mineral recibido y el enviado a molienda*” Rev. del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM vol 23 n° 45, 2020: 29 - 36

Quispe Aguilar A. (2013). “*Plan de minado subterráneo aplicado en la corporación minera Ananea S.A. Lima*” (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica, Lima, Perú.

Salinas, P. (2010). “*Metodología de la investigación científica*”. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

Salazar y Pachecho. (2010). “*Evaluación De La Fuerza De Cianuro En La Solución De Riego Y La Solución De Drenado Del Mineral Para Mantener Constante La Reposición Diaria De Cianuro De Sodio En El Pad Lixiviación*” UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE. Cajamarca-Perú

Snowen. (2021). “*Reconciliation and heap leach mining*” SNOWDEN OPTIRO PODCASTS & NEWS, TECH TALK · MARCH 13, 2021, <https://snowdenoptiro.com/weeks-30-seconds-reconciliation-info/>

Valencia Tapia, R. (2019). “*Planeamiento de minado a corto plazo del mes de abril de 2013 en la Unidad Minera Arasi S.A.C. Proyecto Jesica, ubicado en el Distrito de Ocuwiri, Provincia de Lampa en el Departamento de Puno*” Universidad Nacional Del Altiplano, Puno

ANEXOS

Anexo 1

Tonelaje en el periodo 26/03/19 al 15/04/19

SEMANA	FECHA	VIAJES	VOLUMEN	DENS.	% HUM	TONELAJE TMS*
1° Sem	26-Mar	400	8,800.00	1.57	4%	13,263.36
	27-Mar	400	8,800.00	1.54	4%	13,009.92
	28-Mar	400	8,800.00	1.51	5%	12,623.60
	29-Mar	458	10,076.00	1.49	4%	14,412.71
	30-Mar	493	10,846.00	1.48	5%	15,249.48
	31-Mar	430	9,460.00	1.56	5%	14,019.72
	1-Abr	410	9,020.00	1.52	5%	13,024.88
Total 1° Sem		2,991	65,802.00			95,603.67
2° Sem	2-Abr	427	9,394.00	1.43	5%	12,761.75
	3-Abr	422	9,284.00	1.36	6%	11,868.67
	4-Abr	395	8,690.00	1.45	4%	12,096.48
	5-Abr	412	9,064.00	1.54	5%	13,260.63
	6-Abr	403	8,866.00	1.47	6%	12,251.04
	7-Abr	440	9,680.00	1.51	6%	13,739.79
	8-Abr	411	9,042.00	1.53	8%	12,727.52
	Total 2° Sem		2,910	64,020.00		
3° Sem	9-Abr	460	10,120.00	1.54	7%	14,493.86
	10-Abr	401	8,822.00	1.49	7%	12,224.65
	11-Abr	461	10,142.00	1.48	6%	14,109.55
	12-Abr	432	9,504.00	1.51	4%	13,777.00
	13-Abr	762	16,764.00	1.47	5%	23,410.93
	14-Abr	458	10,076.00	1.41	4%	13,638.87
	15-Abr	422	13,399.00	1.52	5%	19,348.16
	Total 3° Sem		2,974	78,827		
TOTAL GENERAL		8,875	208,649			295,312.57

Fuente: Datos de la mina

Anexo 2

Tonelaje en el periodo 5/10/19 al 25/10/19

SEMANA	FECHA	VIAJES	VOLUMEN	DENS.	% HUM	TONELAJE TMS*
1° Sem	5-Oct	446	8,913.00	1.56	4%	13,348.11
	6-Oct	499	8,712.00	1.55	5%	12,828.42
	7-Oct	471	8,939.00	1.58	6%	13,276.20
	8-Oct	454	9,164.00	1.57	7%	13,380.36
	9-Oct	419	8,911.00	1.59	4%	13,601.75
	10-Oct	423	8,709.00	1.55	3%	13,093.98
	11-Oct	495	9,327.00	1.40	5%	12,404.91
Total 1° Sem		3,207	62,675.00			91,933.73
2° Sem	12-Oct	443	9,296.00	1.42	5%	12,540.30
	13-Oct	406	8,838.00	1.44	6%	11,963.12
	14-Oct	400	9,495.00	1.42	4%	12,943.58
	15-Oct	484	9,031.00	1.58	5%	13,555.53
	16-Oct	479	9,068.00	1.43	6%	12,189.21
	17-Oct	450	8,780.00	1.56	6%	12,874.99
	18-Oct	452	9,060.00	1.4	8%	11,669.28
Total 2° Sem		3,114	63,568.00			87,736.01
3° Sem	19-Oct	445	9,529.00	1.42	3%	13,125.24
	20-Oct	521	9,060.00	1.49	4%	12,959.42
	21-Oct	402	9,161.00	1.48	7%	12,609.20
	22-Oct	420	8,842.00	1.51	4%	12,817.36
	23-Oct	505	8,783.00	1.52	5%	12,682.65
	24-Oct	524	8,770.00	1.42	4%	11,955.26
	25-Oct	472	8,954.00	1.42	4%	12,206.09
Total 3° Sem		3,289	63,099			88,355.24
TOTAL GENERAL		9,610	189,342			268,024.98

Fuente: Datos de la mina

Anexo 3

Tonelaje en el periodo 27/11/19 al 31/12/19

SEMANA	FECHA	VIAJES	VOLUMEN	DENS.	% HUM	TONELAJE TMS*
1° Sem	27-Nov	463	8,700.00	1.49	4%	12,444.48
	28-Nov	454	9,271.00	1.50	5%	13,211.18
	29-Nov	443	8,667.00	1.54	6%	12,546.35
	30-Nov	402	9,079.00	1.45	7%	12,243.03
	1-Dic	462	9,289.00	1.50	4%	13,376.16
	2-Dic	491	8,665.00	1.52	3%	12,775.68
	3-Dic	430	9,014.00	1.44	5%	12,331.15
Total 1° Sem		3,145	62,685.00			88,928.02
2° Sem	4-Dic	460	8,740.00	1.51	5%	12,537.53
	5-Dic	428	9,905.00	1.51	6%	14,059.16
	6-Dic	452	8,964.00	1.47	4%	12,650.00
	7-Dic	427	9,011.00	1.45	5%	12,412.65
	8-Dic	411	8,760.00	1.48	6%	12,186.91
	9-Dic	463	8,628.00	1.41	6%	11,435.55
	10-Dic	465	9,151.00	1.55	8%	13,049.33
Total 2° Sem		3,106	63,159.00			88,331.13
3° Sem	11-Dic	455	9,522.00	1.52	3%	14,039.24
	12-Dic	543	9,030.00	1.58	4%	13,696.70
	13-Dic	447	9,123.00	1.51	7%	12,811.43
	14-Dic	527	8,953.00	1.51	4%	12,978.27
	15-Dic	432	9,256.00	1.52	5%	13,365.66
	16-Dic	524	9,583.00	1.41	4%	12,971.55
	17-Dic	434	9,284.00	1.6	4%	14,260.22
Total 3° Sem		3,362	64,751			94,123.08
4° Sem	18-Dic	517	8,718.00	1.51	8%	12,111.05
	19-Dic	402	8,733.00	1.44	4%	12,072.50
	20-Dic	526	9,186.00	1.42	5%	12,391.91
	21-Dic	516	9,157.00	1.45	4%	12,746.54
	22-Dic	423	9,323.00	1.48	6%	12,970.16
	23-Dic	470	9,419.00	1.56	7%	13,665.09
	24-Dic	460	9,826.00	1.58	3%	15,059.33
Total 4° Sem		3,314	64,362			91,016.57
5° Sem	25-Dic	464	9,373.00	1.49	6%	13,127.82
	26-Dic	428	9,901.00	1.52	3%	14,598.03
	27-Dic	488	9,719.00	1.41	5%	13,018.60
	28-Dic	458	9,285.00	1.55	5%	13,672.16
	29-Dic	414	8,835.00	1.56	6%	12,955.64

	30-Dic	447	8,573.00	1.49	4%	12,262.82
	31-Dic	549	9,999.00	1.53	7%	14,227.58
Total 5° Sem		3,248	65,685			93,862.66
TOTAL GENERAL		16,175	320,642			456,261.46

Fuente: Datos de la mina

Anexo 4

Tonelaje en el periodo 1/01/20 al 21/01/20

SEMANA	FECHA	VIAJES	VOLUMEN	DENS.	% HUM	TONELAJE TMS*
1° Sem	1-Ene	401	9,637.33	1.43	4%	13,230.13
	2-Ene	427	9,551.03	1.60	5%	14,517.57
	3-Ene	438	9,563.52	1.47	6%	13,214.87
	4-Ene	440	9,172.65	1.50	7%	12,795.85
	5-Ene	473	9,789.31	1.43	4%	13,438.76
	6-Ene	402	9,144.00	1.58	3%	14,014.09
	7-Ene	445	8,925.38	1.54	5%	13,057.83
Total 1° Sem		3,026	65,783.22			94,269.10
2° Sem	8-Ene	419	9,135.46	1.51	5%	13,104.82
	9-Ene	432	9,184.35	1.5	6%	12,949.93
	10-Ene	492	8,962.51	1.51	4%	12,992.05
	11-Ene	495	9,369.50	1.4	5%	12,461.44
	12-Ene	468	9,679.55	1.52	6%	13,830.14
	13-Ene	403	8,782.26	1.43	6%	11,805.11
	14-Ene	416	9,857.54	1.4	8%	12,696.51
Total 2° Sem		3,125	64,971.17			89,840.01
3° Sem	15-Ene	437	9,692.81	1.4	3%	13,162.84
	16-Ene	521	9,404.86	1.42	4%	12,820.71
	17-Ene	442	9,597.01	1.53	7%	13,655.59
	18-Ene	514	9,091.69	1.41	4%	12,306.51
	19-Ene	510	8,788.23	1.41	5%	11,771.83
	20-Ene	467	9,541.47	1.47	4%	13,464.92
	21-Ene	478	9,491.26	1.56	4%	14,214.11
Total 3° Sem		3,369	65,607.33			91,396.51
TOTAL GENERAL		9,520	196,362			275,505.61

Fuente: Datos de la mina

Anexo 5

Tonelaje en el periodo 26/01/20 al 25/02/20

SEMANA	FECHA	VIAJES	VOLUMEN	DENS.	% HUM	TONELAJE TMS*
1° Sem	26-Ene	482	8,569.00	1.57	4%	12,915.20
	27-Ene	492	9,798.00	1.53	5%	14,241.39
	28-Ene	453	8,648.00	1.49	6%	12,112.39
	29-Ene	433	8,927.00	1.49	7%	12,370.14
	30-Ene	411	8,892.00	1.48	4%	12,633.75
	31-Ene	433	9,123.00	1.49	3%	13,185.47
	1-Feb	441	9,228.00	1.51	5%	13,237.57
Total 1° Sem		3,145	63,185.00			90,695.91
2° Sem	2-Feb	480	9,115.00	1.6	5%	13,854.80
	3-Feb	400	9,871.00	1.52	6%	14,103.68
	4-Feb	446	9,800.00	1.54	4%	14,488.32
	5-Feb	476	8,713.00	1.54	5%	12,747.12
	6-Feb	481	9,457.00	1.47	6%	13,067.68
	7-Feb	425	8,639.00	1.6	6%	12,993.06
	8-Feb	451	9,825.00	1.59	8%	14,372.01
Total 2° Sem		3,159	65,420.00			95,626.67
3° Sem	9-Feb	445	9,616.00	1.52	3%	14,177.83
	10-Feb	494	9,260.00	1.46	4%	12,978.82
	11-Feb	521	8,989.00	1.56	7%	13,041.24
	12-Feb	462	8,940.00	1.4	4%	12,015.36
	13-Feb	543	8,609.00	1.44	5%	11,777.11
	14-Feb	439	8,581.00	1.55	4%	12,768.53
	15-Feb	508	9,432.00	1.47	4%	13,310.44
Total 3° Sem		3,412	63,427			90,069.33
4° Sem	16-Feb	434	9,034.00	1.59	8%	13,214.94
	17-Feb	475	9,562.00	1.5	4%	13,769.28
	18-Feb	523	8,685.00	1.41	5%	11,633.56
	19-Feb	486	8,894.00	1.52	4%	12,978.12
	20-Feb	475	9,773.00	1.47	6%	13,504.33
	21-Feb	426	9,598.00	1.51	7%	13,478.47
	22-Feb	406	8,548.00	1.48	3%	12,271.51
Total 4° Sem		3,225	64,094			90,850.21
5° Sem	23-Feb	450	9,236.00	1.47	6%	12,762.30
	24-Feb	429	9,642.00	1.58	3%	14,777.33
	25-Feb	472	9,428.00	1.56	5%	13,972.30
Total 5° Sem		1,351	28,306			41,511.93

**TOTAL
GENERAL**

14,292

284,432

408,754.05

Fuente: Datos de la mina

Anexo 6

Tonelaje en el periodo 26/03/20 al 25/04/20

SEMANA	FECHA	VIAJES	VOLUMEN	DENS.	% HUM	TONELAJE TMS*
1° Sem	26-Mar	482	9,272.00	1.44	4%	12,817.61
	27-Mar	402	9,995.00	1.48	5%	14,052.97
	28-Mar	465	9,224.00	1.53	6%	13,265.96
	29-Mar	439	9,858.00	1.45	7%	13,293.51
	30-Mar	419	9,847.00	1.56	4%	14,746.87
	31-Mar	411	8,618.00	1.43	3%	11,954.03
	1-Abr	467	9,868.00	1.52	5%	14,249.39
Total 1° Sem		3,085	66,682.00			94,380.34
2° Sem	2-Abr	401	9,293.00	1.43	3%	12,890.32
	3-Abr	430	9,918.00	1.45	5%	13,662.05
	4-Abr	407	8,629.00	1.41	4%	11,680.21
	5-Abr	433	9,076.00	1.54	7%	12,998.65
	6-Abr	431	9,055.00	1.47	3%	12,911.52
	7-Abr	472	9,302.00	1.46	4%	13,037.68
	8-Abr	433	9,131.00	1.57	8%	13,188.82
Total 2° Sem		3,007	64,404.00			90,369.25
3° Sem	9-Abr	508	8,964.00	1.43	3%	12,433.96
	10-Abr	404	8,555.00	1.42	3%	11,783.66
	11-Abr	407	9,191.00	1.51	5%	13,184.49
	12-Abr	537	8,994.00	1.43	4%	12,346.96
	13-Abr	539	9,380.00	1.57	6%	13,843.00
	14-Abr	431	8,603.00	1.47	4%	12,140.55
	15-Abr	503	9,853.00	1.56	4%	14,755.85
Total 3° Sem		3,329	63,540			90,488.48
4° Sem	16-Abr	435	8,812.00	1.47	5%	12,305.96
	17-Abr	504	9,442.00	1.46	4%	13,233.91
	18-Abr	490	9,894.00	1.55	3%	14,875.63
	19-Abr	485	9,804.00	1.59	7%	14,497.17
	20-Abr	410	9,146.00	1.43	6%	12,294.05
	21-Abr	445	9,277.00	1.45	5%	12,779.07
	22-Abr	522	8,888.00	1.42	4%	12,116.12
Total 4° Sem		3,291	65,263			92,101.91
5° Sem	23-Abr	531	8,847.00	1.51	5%	12,691.02
	24-Abr	457	8,657.00	1.43	4%	11,884.33
	25-Abr	498	9,289.00	1.49	4%	13,286.99
Total 5° Sem		1,486	26,793			37,862.34
TOTAL GENERAL		14,198	286,682			405,202.32

Anexo 7

Tonelaje en el periodo 26/05/20 al 15/06/20

SEMANA	FECHA	VIAJES	VOLUMEN	DENS.	% HUM	TONELAJE TMS*
1° Sem	26-May	440	9,071.00	1.51	4%	13,149.32
	27-May	405	9,612.00	1.48	5%	13,514.47
	28-May	438	9,469.00	1.53	6%	13,618.32
	29-May	498	9,430.00	1.43	7%	12,540.96
	30-May	461	8,552.00	1.47	4%	12,068.58
	31-May	498	9,714.00	1.55	3%	14,605.00
	1-Jun	411	9,353.00	1.59	5%	14,127.71
Total 1° Sem		3,151	65,201.00			93,624.35
2° Sem	2-Jun	457	9,871.00	1.57	3%	15,032.55
	3-Jun	403	8,811.00	1.52	5%	12,723.08
	4-Jun	493	9,196.00	1.6	4%	14,125.06
	5-Jun	431	9,556.00	1.54	7%	13,686.10
	6-Jun	452	9,343.00	1.47	3%	13,322.18
	7-Jun	405	8,714.00	1.43	4%	11,962.58
	8-Jun	465	8,552.00	1.51	8%	11,880.44
Total 2° Sem		3,106	64,043.00			92,731.99
3° Sem	9-Jun	500	9,420.00	1.47	3%	13,431.98
	10-Jun	492	9,853.00	1.51	3%	14,431.69
	11-Jun	434	9,547.00	1.43	5%	12,969.60
	12-Jun	428	9,534.00	1.5	4%	13,728.96
	13-Jun	517	9,971.00	1.42	6%	13,309.29
	14-Jun	544	9,031.00	1.43	4%	12,397.76
	15-Jun	403	8,789.00	1.42	4%	11,981.16
Total 3° Sem		3,318	66,145			92,250.44
TOTAL GENERAL		9,575	195,389			278,606.78

Fuente: Elaboración propia.