

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



**TESIS**

**IMPLICANCIAS DE LA EVALUACIÓN DE KPIS OPERATIVOS EN LAS  
LABORES DE AVANCE DE LA ZONA ESPERANZA, MINA SAN JUAN DE  
CHORUNGA, AREQUIPA-2021**

PRESENTADO POR:

**BACH. SUKER NICOLAY FLORES HUAMAN**

PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE  
**INGENIERO DE MINAS**

ASESOR:

**MGT. JOSE ALFREDO OLAVE APAZA**

CUSCO - PERU

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

VICE RECTORADO DE INVESTIGACIÓN

**INFORME DE ORIGINALIDAD**

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe asesor del trabajo de investigación titulado: **“IMPLICANCIAS DE LA EVALUACIÓN DE KPIS OPERATIVOS EN LAS LABORES DE AVANCE DE LA ZONA ESPERANZA, MINA SAN JUAN DE CHORUNGA, AREQUIPA-2021”**

Presentado por **SUKER NICOLAY FLORES HUAMÁN**, con DNI 70243671 y código universitario Nro. **151296** para optar al Título Profesional de: **INGENIERO DE MINAS**. Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 03 (Tres) veces, mediante el software antiplagio Turnitin, conforme al Artículo 6° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de: **10 % (Diez por ciento)**.

**Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación, tesis, textos, libros, revistas, artículos científicos, material de enseñanza y otros (Art. 7, inc. 2 y 3)**

Porcentaje	Evaluación y acciones.	Marque con una X
Del 1 al 10 %	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30%	Devolver al usuario para las correcciones.	-----
Mayores a 31 %	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a ley.	-----

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software antiplagio.

Cusco, 29 de mayo de 2024.

FIRMA

POST FIRMA: Mgt. Ing. José Alfredo Olave Apaza  
DNI Nro.: 23929435

ORCID ID: 0009-0001-3581-8959

Se adjunta:

1. Reporte Generado por el sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio:  
<https://unsaac.turnitin.com/viewer/submissions/oid:27259:357911272?locale=es-MX>

NOMBRE DEL TRABAJO

**IMPLICANCIAS DE LA EVALUACIÓN DE  
KPIs OPERATIVOS EN LAS LABORES DE  
AVANCE DE LA ZONA ESPERANZA, MIN  
A**

AUTOR

**SUKER NICOLAY FLORES HUAMAN**

RECUENTO DE PALABRAS

**21253 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**124348 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**124 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**4.7MB**

FECHA DE ENTREGA

**May 28, 2024 6:30 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**May 28, 2024 6:32 PM GMT-5****● 10% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de publicaciones
- 5% Base de datos de trabajos entregados

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 30 palabras)
- Material bibliográfico
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente

## **DEDICATORIA**

Comienzo dedicando este trabajo de tesis a mis papas y mi hermano por haber hecho de mí una persona mejor dándome consejos, amor y ejemplo. A ti mi bonita por haber sido mi sustento emocional en todo el periodo de tiempo que me tomo la elaboración de mi tesis, gracias por tu amor incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecer a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco el apoyo incondicional de mis papas y mi hermano que siempre confiaron en mi para que todo me vaya bien y cumpla todos mis metas.

A mi bonita por apoyarme durante este proceso. No podría haberlo hecho sin su constante apoyo y cariño. Gracias de todo corazón.

A mis familiares y amigos que me apoyan incondicionalmente para poder cumplir esta meta más en vida profesional.

A mi Alma Máter, la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, lo cual estoy orgulloso de pertenecer a esta universidad.

Debo agradecer de manera especial y sincera al Ing. Jose Alfredo Olave Apaza por acceder asesorar mi tema de tesis, y brindarme su apoyo y dirección en todas las etapas de elaboración, orientándome para fortalecer mi investigación.

## INTRODUCCIÓN

En el entorno de la industria minera, la evaluación del rendimiento operativo se ha convertido en un aspecto crucial para garantizar la eficiencia y la sostenibilidad de las operaciones. En este contexto, la aplicación de Kpis operativos se ha vuelto indispensable para medir y controlar diversos aspectos de la producción minera.

La Mina San Juan de Chorunga, ubicada en la región de Arequipa, no es ajena a esta necesidad de evaluación. En este sentido, surge la interrogante sobre las implicancias de evaluar los KPIs operativos en las labores de avance de la zona Esperanza de esta mina. ¿Cuáles son las implicancias de evaluar los KPIS operativos en las labores de avance de la zona Esperanza, mina San Juan de Chorunga, Arequipa 2021? ¿Cuál es el diagnóstico actual de las labores de avance de la Zona Esperanza Mina San Juan de Chorunga Arequipa 2021? ¿Cuáles son los parámetros a analizar para identificar deficiencias en las labores de avance de la Zona Esperanza de la Mina San Juan de Chorunga Arequipa 2021? ¿Cuál es la influencia en los costos al identificar las deficiencias mediante la evaluación de Kpis operativos?

Este estudio se propone abordar estas interrogantes mediante un análisis de los indicadores operativos utilizados en la Mina San Juan de Chorunga, A través de la evaluación de estos indicadores y la identificación de posibles áreas de mejora, se busca ofrecer recomendaciones prácticas y estratégicas para mejorar la eficiencia y la productividad en la operación minera.

Para lograr este objetivo, se emplearon herramientas, incluyendo algoritmos de machine learning, para obtener una comprensión del rendimiento operativo y las oportunidades de mejora. Este estudio no solo contribuirá al conocimiento académico en el campo de la minería, sino que también proporcionará insights prácticos y aplicables para la gestión y operación de la Mina San Juan de Chorunga, como se podrá apreciar en el desarrollo del capítulo iv.

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación es determinar las implicancias de evaluar los KPIs operativos en las labores de avance de la Zona Esperanza de la mina San Juan de Chorunga en Arequipa durante el 2021. La metodología se basó en un análisis exhaustivo de datos recopilados entre enero y abril de 2021, utilizando técnicas tanto cuantitativas como cualitativas para identificar deficiencias y oportunidades de mejora. Se seleccionaron 38 columnas de datos base, centradas en la seguridad, eficiencia operativa y producción de mineral. Los resultados indican que la evaluación y optimización de KPIs operativos pueden llevar a una reducción significativa de costos por tonelada. La investigación corresponde a un tipo básico y cuantitativo, al tener una base de datos cuantificable, también está caracterizada por tener un nivel evaluativo y correlacional, ya que la investigación analiza la identificación de Kpis mediante una evaluación con Phyton, además la investigación tiene un diseño no experimental de corte transversal, ya que la recolección de datos se hizo en un solo periodo de tiempo. Los resultados específicamente, se identificó que la implementación de un análisis de clustering y la selección óptima de KPIs redujeron los costos en aproximadamente un 41% en trabajos de perforación y voladura, mejorando la productividad y la calidad del trabajo debido a una supervisión y control más efectivos.

**Palabras Claves:** Kpis Operativos, Evaluación, Eficiencia, Productividad, Optimización.

## **ABSTRACT**

The objective of this research is to determine the implications of evaluating operational KPIs in the advancement work of the Esperanza Zone of the San Juan de Chorunga mine in Arequipa during 2021. The methodology was based on an exhaustive analysis of data collected between January and April 2021, using both quantitative and qualitative techniques to identify deficiencies and opportunities for improvement. 38 columns of base data were selected, focused on safety, operational efficiency and mineral production. The results indicate that the evaluation and optimization of operational KPIs can lead to a significant reduction in costs per ton. The research corresponds to a basic and quantitative type, having a quantifiable database, it is also characterized by having an evaluative and correlational level, since the research analyzes the identification of KPIs through an evaluation with Python, in addition the research has a non-experimental cross-sectional design, since the data collection was done in a single period of time. Specifically, the results identified that the implementation of a clustering analysis and the optimal selection of KPIs reduced costs by approximately 41% in drilling and blasting jobs, improving productivity and quality of work due to more effective supervision and control.

Keywords: Operational KPIs, Evaluation, Efficiency, Productivity, Optimization.



## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
INTRODUCCIÓN .....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
1.    CAPÍTULO I .....	16
PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
1.2.    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.2.1.  PROBLEMA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.2.2.  PROBLEMAS ESPECÍFICOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
1.3.    JUSTIFICACIÓN.....	17
1.4.    OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
1.4.1.  OBJETIVO GENERAL.....	17
1.4.2.  OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.5.    DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
1.5.1.  DELIMITACIÓN.....	18
2.    CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.1.    ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	19

2.1.1.	ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	19
2.1.2.	ANTECEDENTES NACIONALES .....	20
2.1.3.	ANTECEDENTES LOCALES.....	21
2.2.	BASES TEÓRICAS .....	22
2.2.1.	OPERACIONES UNITARIAS DEL CICLO DE MINADO .....	22
2.2.2.	KPIs CORPORATIVOS DE LA EMPRESA .....	22
2.2.3.	COSTOS.....	24
2.2.4.	MINERÍA SUBTERRÁNEA.....	24
2.2.5.	PERFORACIÓN .....	25
2.2.6.	PERFORACIÓN CONVENCIONAL .....	28
2.2.7.	VOLADURA .....	28
2.2.8.	PHYTON.....	29
2.2.9.	MINERÍA DE DATOS DISTRIBUIDA.....	30
2.2.10.	CLUSTERING.....	30
2.2.11.	ALGORITMO KMEANS .....	30
2.3.	MARCO CONCEPTUAL .....	31
2.4.	HIPÓTESIS .....	32
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL .....	32
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....	32
2.5.	VARIABLES E INDICADORES .....	32

2.5.1.	VARIABLE DEPENDIENTE .....	32
2.5.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE .....	32
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	32
3.	CAPÍTULO III.....	34
	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	34
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.2.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
3.4.	POBLACIÓN .....	34
3.5.	MUESTRA .....	35
3.6.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE CAPTURA DE INFORMACIÓN.....	35
3.6.1.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	35
3.6.2.	INSTRUMENTOS.....	35
3.7.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS .....	35
4.	CAPÍTULO IV.....	36
	EVALUACIÓN DE LOS KPIS .....	36
4.1.	DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD Y RECOPIACIÓN DE DATOS .....	36
4.1.1.	CONTEXTO DE LA MINA SAN JUAN DE CHORUNGA.....	37
4.1.2.	LABORES DE AVANCE EN LA ZONA ESPERANZA.....	44
4.1.3.	MÉTODOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS .....	49

4.1.4.	DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS RECOPIRADOS .....	51
4.2.	EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE KPIS OPERATIVOS .....	52
4.2.1.	IDENTIFICACIÓN DE KPIS OPERATIVOS RELEVANTES .....	57
4.2.2.	ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE KPIS EN LA ZONA ESPERANZA ....	58
4.3.	OPTIMIZACIÓN DE KPIS Y MEJORAS .....	61
4.3.1.	IMPUTACIÓN DE VARIABLES .....	70
4.3.2.	PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE KPI'S .....	77
4.3.3.	EMPLEO DE LAS HERRAMIENTAS AVANZADAS .....	81
5.	CAPITULO V .....	89
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	89
5.1.	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	89
5.2.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	93
	CONCLUSIONES .....	96
	RECOMENDACIONES .....	97
	BIBLIOGRAFÍA .....	98
	ANEXOS .....	100
	ANEXO 1.....	100
1.	ÁMBITO DE ESTUDIO Y GEOLOGÍA.....	100
1.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	100
1.2.	ACCESIBILIDAD.....	100

1.3.	CLIMA Y VEGETACIÓN.....	102
1.4.	TOPOGRAFÍA Y DRENAJE .....	103
1.5.	GEOMORFOLOGÍA .....	104
	ESCARPA COSTERA .....	105
	MESETA COSTANERA.....	105
1.6.	GEOLOGÍA GENERAL.....	105
1.7.	GEOLOGIA REGIONAL .....	105
	COMPLEJO BASAL (PE-gn).....	106
	GRUPO YURA (JsKi-yu).....	106
	FORMACIÓN CACHIOS LABRA (Js-laca).....	107
	ROCAS INTRUSIVAS VOLCÁNICAS.....	107
	COMPLEJO BELLA UNIÓN (Kms-bu).....	107
	ROCAS INTRUSIVAS PLUTÓNICAS.....	108
	BATOLITO DE LA COSTA.....	108
	SÚPER UNIDAD LINGA (ks-gd/mz-li).....	108
1.8.	GEOLOGIA LOCAL .....	109
	GNEIS (PE-gn).....	109
	ROCAS INTRUSIVAS .....	109
	INTRUSIONES MENORES .....	109
1.9.	GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	110

GENERALIDADES .....	110
ZONA ALTAMENTE FRACTURADA.....	111
ZONA FALLADA.....	111
ZONA DE EMPLAZAMIENTO DEL BATOLITO DE LA COSTA .....	111
ZONA DE LA DEPRESION DE CARAVELI .....	112
1.10 . GEOLOGIA ECONÓMICA .....	112
ANÁLISIS GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LAS VETAS SAN JUAN Y MERCEDES .....	114
TIPO Y GÉNESIS DEL YACIMIENTO .....	115
1.10. ASPECTOS GENERALES DE LA MINA.....	115
1.10.1. CORTE Y RELLENO ASCENDENTE –BREASTING.....	115
1.11. EQUIPOS Y MAQUINARIA UTILIZADA.....	116
1.12. CICLO DE MINADO .....	117
1.13. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN.....	117
1.14. PLANTA DE TRATAMIENTO. ....	118
ANEXO 2.....	119
ANEXO 3.....	130
ANEXO 4.....	131

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tabla de operacionalización de variables .....	32
Tabla 2	Especificaciones técnicas del equipo Scooptram.....	40
Tabla 3	Especificaciones técnicas del equipo Jack leg.....	41
Tabla 4	Tabla de origen de datos de labores de avance .....	43
Tabla 5	Gestión de KPI's de las zona Esperanza.....	54
Tabla 6	Mano de obra de las zona Esperanza .....	55
Tabla 7	Indicadores de sostenimiento de las zona Esperanza.....	56
Tabla 8	Indicadores de consumo de materiales de sostenimiento de las zona Esperanza .....	57
Tabla 9	KPI's operativos de las zona Esperanza, Mercedes e Intermedio .....	58
Tabla 10	Mapa de calor preliminar .....	67
Tabla 11	Mapa de calor preliminar de variables con datos faltantes .....	68
Tabla 12	Mapa de calor preliminar de variables con datos faltantes con colinealidad.....	69
Tabla 13	Todas las variables.....	78
Tabla 14	Variables cuantitativas .....	80
Tabla 15	Nuevos valores de KPI's.....	90
Tabla 16	Accesibilidad .....	101
Tabla 17	Digitalización de datos parte 1.....	119
Tabla 18	Digitalización de datos parte 2.....	120
Tabla 19	Digitalización de datos parte 3.....	121
Tabla 20	Datos por usar en la investigación .....	122

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Cantidad de labores de avance.....	38
Gráfico 2 Personal en función a las labores de avance.....	43
Gráfico 3 Tonelaje en función a las labores de avance.....	44
Gráfico 4 Datos faltantes por variables.....	62
Gráfico 5 Columnas de datos por variables.....	64
Gráfico 6 Pareto de los datos faltantes.....	65
Gráfico 7 Distribución de la imputación de taladros cargados.....	71
Gráfico 8 Distribución de la imputación de taladros perforados.....	73
Gráfico 9 Distribución de la imputación de avance.....	74
Gráfico 10 Distribución de la imputación de precio.....	75
Gráfico 11 Distribución de la imputación de ingreso avance.....	76
Gráfico 12 Diagramas de caja.....	78
Gráfico 13 Número de Cluster.....	81
Gráfico 14 Primera matriz de dispersión según el clustering.....	84
Gráfico 15 Segunda matriz de dispersión según el clustering.....	85
Gráfico 16 Tercera matriz de dispersión según el clustering.....	86
Gráfico 17 Cuarta matriz de dispersión según el clustering.....	87
Gráfico 18 Variación de KPI's.....	91
Gráfico 19 Matriz de KPI's por clustering.....	94



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de voladura.....	27
Figura 2 Malla convencional .....	28
Figura 3 Equipo Scooptram .....	39
Figura 4 Vista de equipo de perforación.....	41
Figura 5 Equipo Jack leg.....	41
Figura 6 Vista De Labores .....	45
Figura 7 Plano De Cruceros .....	47
Figura 8 Esquema de diseño niveles y su comunicación con un pique inclinado .....	49
Figura 9 Recolección de datos en campo.....	50
Figura 10 Mapa de Ubicación y Acceso .....	101
Figura 11 <i>Valle – Cañón</i> .....	104
Figura 12 Código usado en Python – 1 .....	123
Figura 13 Código usado en Python – 2.....	124
Figura 14 Código usado en Python – 3.....	125
Figura 15 Código usado en Python – 4.....	126
Figura 16 Código usado en Python – 5.....	127
Figura 17 Código usado en Python – 6.....	128
Figura 18 Código usado en Python – 7.....	129

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las labores de avance en la zona Esperanza de la mina San Juan de Chorunga, tiene frentes en cuanto a la ampliación de chimeneas, galerías y cruceros, en las cuales no se identificaron adecuadamente los indicadores de avance para la construcción de éstos.

Siendo así un problema general el mal manejo de los indicadores en las labores de avance en la Mina San Juan de Chorunga, identificándose deficiencias en el reporte de consumo de explosivos, avances por disparo y rendimientos de los trabajadores en los diferentes frentes de trabajo; ocasionando posteriormente una desigualdad en las valorizaciones finales, presentándose costos altos o inflados y defectos en la utilización de insumos usados en el ciclo de minado. Además de no llevarse un control adecuado de la base datos recopilada y posteriormente un plan de reportes de indicadores para poder identificar las deficiencias en la operación, ocasionando consecuentemente demoras en el acarreo de mineral al no tener coordinación de la apertura de las distintas labores de acceso y avance.

Por lo que se requiere realizar un estudio técnico - evaluativo del manejo de la base de datos para hallar indicadores operativos adecuados en las diferentes labores de avance de la Zona Esperanza de la Mina San Juan de Chorunga.

#### **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

##### ***1.2.1. PROBLEMA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN***

- ¿Cuáles son las implicancias de evaluar los KPIS operativos en las labores de avance de la zona Esperanza, mina San Juan de Chorunga, Arequipa 2021?

### ***1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS DE LA INVESTIGACIÓN***

- ¿Cuál es el diagnóstico actual de las labores de avance de la Zona Esperanza Mina San Juan de Chorunga Arequipa 2021?
- ¿Cuáles son los parámetros a analizar para identificar deficiencias en las labores de avance de la Zona Esperanza de la Mina San Juan de Chorunga Arequipa 2021?
- ¿Cuál es la influencia en los costos al identificar las deficiencias mediante la evaluación de Kpis operativos?

### **1.3.JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación tiene importancia desde el punto de vista técnico, ya que aportará un estudio detallado del análisis de los KPIs operativos en las labores de avance de la Zona Esperanza en la Unidad Minera San Juan de Chorunga.

### **1.4.OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### ***1.4.1. OBJETIVO GENERAL***

- Determinar las implicancias de evaluar los KPIS operativos en las labores de avance de la Zona Esperanza, mina San Juan de Chorunga Arequipa 2021.

#### ***1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS***

- Determinar el diagnóstico actual de las labores de avance de la zona Esperanza mina San Juan de Chorunga Arequipa 2021.
- Establecer los parámetros a analizar para identificar deficiencias en las labores de avance de la Zona Esperanza de la Mina San Juan de Chorunga, Arequipa 2021.
- Determinar la influencia en los costos al identificar las deficiencias mediante la evaluación de Kpis operativos.

## **1.5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### ***1.5.1. DELIMITACIÓN***

***Delimitación espacial.*** La investigación se realizó en las labores de avance del nivel 566 de la Zona Esperanza de la mina San Juan de Chorunga – Arequipa.

***Delimitación temporal.*** El trabajo de investigación utilizó los datos de los meses Enero – Abril del año 2021, el trabajo se realizó desde el mes de enero y junio del 2024.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- (Caballero Cerda, 2013) **“Kpi’s fundamentales para la gestión del área productiva de una minera mediana producción de cátodos de cobre en Chile” Tesis para optar el título profesional de Magíster en Control de Gestión en la Universidad de Chile**

Tesis que tiene como objetivo establecer cuáles son los KPI’s que una minera productora de cátodos de cobre debe considerar como indispensables para controlar su gestión en Chile. Para esto, se realiza un estudio del área de Producción de una minera actualmente existente, de mediana producción y capitales privados. Se elige el área de Producción debido a que es la que conforma el core del negocio, siendo las demás Gerencias áreas de apoyo.

Por consiguiente, el trabajo de investigación concluye que el Volumen, la Calidad de la producción y los Costos Unitarios conforman los tres principales factores considerados dentro del círculo de decisión de la Compañía para determinar el grado de rentabilidad obtenido, existiendo también otro componente fundamental en la ecuación, que es el precio del cobre, el que no es influenciado por la gestión de la empresa.

- (Castro Alvarez, 2015) **"Modelamiento Numérico de la dilución por sobre excavación en minería subterránea explotada por sublevel stoping" Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad de Chile**

Tesis con el objetivo de establecer, calibrar y verificar un criterio que permita estimar la sobre excavación de paredes en el modelamiento numérico de caserones en minería por Sublevel Stopping, llevándose a cabo la investigación que finalmente concluye que tanto el modelo empírico como el criterio para el modelamiento numérico pueden ser utilizados como herramientas de apoyo al diseño conceptual de caserones abiertos sin ingreso de personal. Dado que ambos fueron calibrados con información de Canadá y Australia, exhiben propensión hacia sus propias condiciones de sitio que difieren de las chilenas. Lo anterior abre la posibilidad a replicar la metodología presentada, y recalibrar los modelos en la medida que se disponga de una base de datos nacional.

### ***2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES***

- (Espinoza Picoy, 2022) **“Control operativo de los metros de avance por disparo mediante la metodología lean six sigma” Tesis para optar el título de Ingeniero de Minas en la Pontificia Universidad Católica del Perú**

Tesis donde se tiene como objetivo la búsqueda de las herramientas correctas para entregar el proyecto de mejora al dueño del proceso en este caso al jefe de perforación y voladura. El control del KPI metros de avance por disparo se empezó a ejecutar con una frecuencia por guardia con supervisión en campo y de manera semanal a través de gráficos de control. Todo ello con la finalidad de analizar los resultados semanales en reuniones de calidad. Además, se ha implementado el ranking por operadores en la cual los mejores 3 operadores al mes respecto al KPI metros de avance por disparo recibirán un bono.

Finalmente concluye que los resultados durante todo el proyecto de mejorar han sido favorables y el proceso en el mes de abril y mayo ya estaba entrando en control debido a una baja desviación estándar entre las mediciones de metros de avance por disparo.

- (Castillo Requiz, Tarazona Silva, Tarazona Silva, Hurtado Enriquez, & Cornelio Orbegoso, 2023) "**Automatización del análisis exploratorio de datos y procesamiento geoquímico univariado empleando Python**" Trabajo de Investigación realizado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, publicado en la Revista de Investigación Científica de la Facultad de Ingeniería de Minas, Metalúrgica y Ciencias Geológicas.

Trabajo de investigación con el objetivo de analizar y organizar una base de datos mediante el uso de paquetes de código abierto en Python como Pandas, Seaborn, Matplotlib, Statsmodels y Scipy, las cuales serán integrados a un script en un entorno de trabajo local como Jupyter Notebook o en un entorno online como Google Colaboratory. El Script está diseñado para procesar cualquier tipo de datos geoquímicos, permitiendo remover los outliers, realizar cálculos y gráficos de los elementos con su respectivo dominio geológico. Los resultados incluyen gráficos como el box-plot, cuantil-cuantil, cálculos de las pruebas de normalidad y de los parámetros geoquímicos, lo que permite determinar el valor de fondo o background y el umbral o threshold de los elementos trabajados.

El resultado concluye que los parámetros geoquímicos serán procesados posteriormente en softwares de información geográfica, la cual permite generar mapas de anomalías metálicas univariadas y de las cuencas anómalas.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

- (Quispe Trujillo, 2021) "**Diseño de perforación y voladura aplicando el método de regresión lineal para controlar el avance y la sobrerotura en la mina San Juan de Chorunga - Arequipa**" Tesis para optar el título de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

Tesis con el objetivo de encontrar el método de control del avance y la sobrerotura en las labores mineras de San Juan de Chorunga, éste trabajo concluye que el control de sobre rotura y avance con los métodos de regresión son factibles en especial si es solo con M.R.L.M. ya que se correlacionan más variables y se puede trabajar de manera rápida, este método puede ser utilizado en varias áreas de la minería no solo en perforación y voladura, este método está enfocado a generar proyecciones y tendencia que aplicados a nuestro rubro puede generar mayor producción y por ende mayor utilidad.

## **2.2.BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. OPERACIONES UNITARIAS DEL CICLO DE MINADO**

En la industria minera, la extracción o explotación del mineral se da mediante los métodos de minería a tajo abierto y subterránea. El presente caso de estudio tiene un enfoque de minería subterránea en el cual se ejecutan actividades para explotación, preparación y desarrollo de labores. Estas actividades pueden ser separadas en operaciones unitarias que se deben ejecutar en una secuencia definida, con el fin de generar labores de avances en interior mina. El conjunto de estas operaciones unitarias se denomina ciclo de minado los cuales son perforación, voladura, ventilación, limpieza, desatado, sostenimiento.

### **2.2.2. KPIs Corporativos de la Empresa**

Los KPI (Key Performance Indicators) o Indicadores Clave de Desempeño miden el nivel del desempeño de un proceso determinado de la empresa. Entre los KPIs corporativos de la empresa tenemos KPIs operativos, KPIs del cliente, KPIs Financieros (Benlloch, 2014). Para el presente caso de estudio se establece lo siguiente:

- KPI Operativo: El indicador de metro de avances por disparo (Crecimiento y aprendizaje)
- KPI Procesos de Negocios Interno: Innovación, cultura y personas.



- KPI Cliente: El indicador de metros entregados por mes
- KPI Financiero: El indicador de \$ por mes que pasa la empresa empleadora (ventas por año y margen)

A partir de estos KPIs Financieros y del Cliente se identifican proyectos de mejora

#### **2.2.2.1. Factor de Carga**

Es el indicador referido a la relación de la cantidad de explosivo utilizado para fragmentar un metro cúbico de roca.

$$F_c = \frac{\text{Kilogramos de Explosivo (Kg)}}{\text{Volumen de Material (m3)}}$$

#### **2.2.2.2. Factor de Avance**

Es el indicador referido a la relación de la cantidad de explosivo utilizado en un metro de avance.

$$F_a = \frac{\text{Kilogramos de Explosivo (Kg)}}{\text{Avance por voladura (m)}}$$

#### **2.2.2.3. Pies perforados por disparo**

Es el indicador referido a la relación de los pies perforados por la perforadora con respecto al número de disparos realizados en la voladura.

$$\text{Pies perforados por disparo} = \frac{\text{Pies Perforados}}{\text{Números de disparo}}$$

#### **2.2.2.4. Avance por disparo**

Es el avance en metros por la cantidad de disparos realizados en la voladura.

$$\text{Avance por disparo} = \frac{\text{Avance (m)}}{\text{Números de disparo}}$$

#### **2.2.2.5. Kilogramos por taladro**

Es la cantidad de Explosivo utilizado en el total de taladros realizados.

$$\text{Kilogramos por taladro} = \frac{\text{Kilogramos de Explosivo (Kg)}}{\text{Taladros cargados}}$$

#### **2.2.3. COSTOS**

Los costos operativos son una parte muy importante para el negocio de la minería que todo ingeniero de minas debe de saber analizar, plantear mejoras en los procesos sobre todo aquellos que implican costos elevados y optimizarlos. Si se optimiza los costos por ende la rentabilidad de la empresa mejora y es lo que todo accionista o inversionista desearía obtener un mayor ingreso a bajo costo (Dammert, 2021). Los costos se clasifican de la siguiente manera: • Costos directos: Según el libro de contabilidad de costos el autor hace referencia que el costo directo es todo el costo que tienen participación directa con la operación. Por ejemplo: En minería los costos directos pueden ser el costo de minado, costo de planta, costo de fundición, costo de refinación. • Costos indirectos: Según el libro de contabilidad de costos el autor hace referencia que el costo indirecto es todo el costo que tienen participación indirecta con la operación. Por ejemplo: en minería los costos indirectos pueden ser gastos financieros, ventas o administrativos

#### **2.2.4. Minería Subterránea**

Es un método de extracción de minerales que se realiza debajo de la superficie terrestre, en oposición a la minería a cielo abierto, que se lleva a cabo en la superficie. En la minería subterránea, se excavan túneles, galerías y pozos para acceder a los yacimientos de minerales que se encuentran debajo de la superficie. Este método es utilizado cuando los yacimientos de minerales se encuentran a una profundidad demasiado grande para ser extraídos mediante métodos convencionales.

La minería subterránea se utiliza para extraer una variedad de minerales, incluyendo oro, plata, cobre, hierro, zinc y otros metales preciosos y no preciosos. También se utilizan para extraer minerales no metálicos como el carbón, la sal y la piedra caliza. La minería subterránea es una parte importante de la industria minera mundial y se utiliza en países de todo el mundo.

### ***2.2.5. Perforación***

La perforación en minas subterráneas es considerada la primera operación del ciclo de minado. El propósito de la perforación es realizar unos huecos o taladros en el frente para posteriormente poder ser cargado con explosivos y poder ser confinado; de esta manera, se aprovechan las fuerzas expansivas. (INGA VILLAZANA, 2020)

#### **2.2.5.1. Equipos de perforación**

El tipo de perforación es convencional utilizando las perforadoras Jack-Leg marca RNP y YT 29, utilizadas para los frentes de avance y subniveles, perforadoras Stoper seco – 250 utilizados para chimeneas. En labores de roca media a dura como en los cruceros utilizamos las perforadoras Jack-Leg modelo RNP y SECO 250, que brindan un mayor avance por minuto perforado y son más resistentes y que perforan en roca maciza (granodiorita), tiene un peso de 36.1 Kg, un consumo de 170 CFM, una rotación de 225 rpm y cuya presión de aire requerida para su correcto funcionamiento es de 90 PSI. En labores de roca suave utilizaremos las perforadoras JackLeg modelo YT29, que tiene un peso de 27 Kg, un consumo de 128 CFM, una rotación de 300 RPM y cuya presión de aire requerida para su correcto funcionamiento es de 72.5 PSI

#### **2.2.5.1.1. Perforadora Jack Leg RN 250X**

La perforación es roto percutivo en sentido anti horario, transmitida de la maquina hacían la broca mediante el barreno. Utilizados mayormente en labores de preparación, desarrollo y explotación, algunas de sus características son:

- Peso de la maquina: 115 lbs.
- Peso de la barra de avance: 15 kg.
- Longitud de la barra de avance: 28”
- Velocidad de rotación: 225 RPM.
- Torque: 90 lbs-ft.
- Dimensión de barrenos: 0.866”x4.25”

#### **2.2.5.2. Diseño de malla de perforación**

Según (Lopez Jimeno, 2004) indica que la forma del túnel está sujeta a las siguientes condiciones:

- Equipo de perforación empleado
- Tiempo disponible para la ejecución
- Tipo de roca
- Tipo de sostenimiento
- Sistema de ventilación

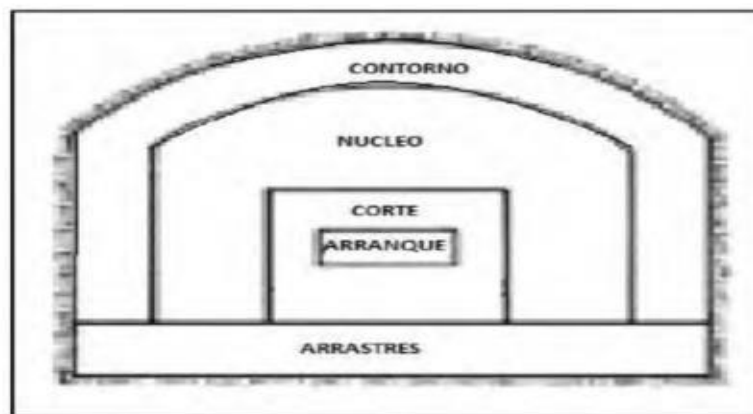
Así como (Lopez Jimeno, 2004) ,para secciones menores a 100 m<sup>2</sup> se puede realizar con normalidad el arranque del material en una sola fase, pero para secciones mayores ya no sería posible y se tendría q realizar en varias fases.

En las voladuras subterráneas la característica principal es que no existe una cara abierta o libre para iniciar con el proceso. Es necesario crear una cara libre la cual se denomina arranque. El

arranque se caracteriza por tener una sección de 1 a 2 m<sup>2</sup>. Aunque si el diámetro del taladro de perforación es mucho mayor se puede alcanzar mayor sección y si el arranque es con diseño en abanico llega a abarcar con mayor sección. El centro que es equivalente a las voladuras en banco, necesita de explosivos específicos de 4 a 10 veces mayores, ya que se tiene fallas en el proceso de perforación, disminución en el hueco de esponjamiento y ángulo de desviación respecto al eje de avance, zonas afectadas por la negatividad de la gravedad y baja simpatía entre cargas cercanas dado en los taladros de arrastre (Lopez Jimeno, 2004). La siguiente figura muestra la secuencia de voladura:

### **Figura 1**

#### *Esquema de Voladura*



*Fuente:* (Lopez Jimeno, 2004)

#### **2.2.5.3. Parámetros por controlar en el diseño de malla de perforación**

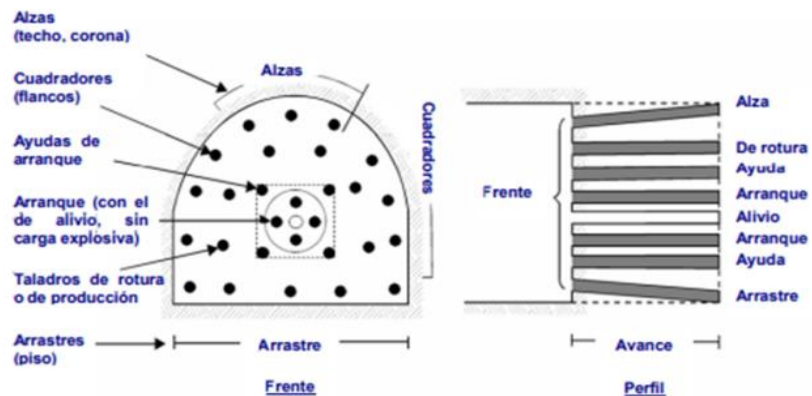
- Variables no controlables: Parámetros del macizo rocoso.
- Variables controlables: Parámetros de perforación, explosivo, carguío, tiempos de secuencia y diseño geométrico del yacimiento

### 2.2.6. Perforación Convencional

Se realiza con taladros paralelos o taladros en ángulo, atacando directamente al frontón o cara libre frontal con el principio de túnel (banco circular), con un grupo de taladros de arranque que formarán una cavidad inicial, seguida del resto de taladros de rotura distribuidos alrededor del arranque, delimitándose la sección o área del frontón con los taladros periféricos. Sección o área del frontón con los taladros periféricos. La profundidad del avance (longitud de los taladros) está limitada por el ancho de la sección.

**Figura 2**

*Malla convencional*



*Fuente:* (Quispe Trujillo, 2021)

### 2.2.7. Voladura

Después de realizar la etapa de perforación se inicia la voladura, proceso en el cual se trituran las rocas al estallar un explosivo. Según el tipo de explosivos se presentará diferentes resultados, debido a que tienen diferentes características como: la velocidad y presión de detonación. Hay diversos tipos de explosivos, su elección dependerá de la condición en la que se encuentre el macizo rocoso, el volumen de la roca y la presencia de agua. Por otro lado, para

obtener explosivos más potentes para rocas muy duras se puede alterar la composición. (INGA VILLAZANA, 2020)

#### **2.2.7.1. Objetivo de la voladura**

- Evitar la sobre rotura, ya que generaría una alta dilución por disparo.
- Romper la roca produciendo una granulometría eficiente para que el material sea fácil de limpiar y transportar.
- Cumplir con el avance lineal.
- Generación de caras libres.

#### **2.2.8. *Phyton***

(Mamani Rodriguez, 2015) “Python es un lenguaje de programación interpretado, multiparadigma y multiplataforma usado, principalmente, en Big Data, Inteligencia Artificial, Data Science, frameworks de pruebas y desarrollo web”

Dentro de la librería de clases que contiene Python existen herramientas con las cuales se puede realizar análisis predictivos.

Ventajas de la utilización de herramientas Python:

Existen muchas herramientas para realizar análisis predictivos, pero según el cuadrante de Gartner realizado en el 2020 con datos al cierre del año 2019, la mayoría de herramientas que lideran el mercado como Alteryx, Dataliku, Rapidminer y SAS, también Microsoft e IBM que a pesar que en el 2020 no tienen un buen posicionamiento son usados en la mayoría de empresa.

Todas las herramientas en mención tienen en común que trabajan con programación Python en sus módulos de trabajo.

Trabajar con Python como herramienta independiente brinda una mayor flexibilidad al momento de diseñar los modelos predictivos.

### ***2.2.9. Minería de datos distribuida***

La Minería de datos distribuida es el proceso de descubrimiento de conocimiento en arquitecturas de datos que son totalmente diferentes al enfoque centralizado. Esto comprende las fuentes de datos distribuidas, el cómputo distribuido y las comunicaciones (Mamani Rodriguez, 2015). Al igual que en el enfoque centralizado se hacen uso de técnicas de minería para la identificación de relaciones, patrones, asociaciones, segmentos, clasificaciones y tendencias, pero para entornos distribuidos. Las bases de datos distribuidas (BDD) se pueden clasificar en homogéneas y heterogéneas. Las BDD homogéneas son aquellas en las que el mismo esquema está repetido en cada servidor y son, por tanto, los registros los que se encuentran repartidos en los diferentes nodos. Mientras que, las BDD heterogéneas son aquellas en las que cada parte o nodo almacena un subconjunto de las tablas o incluso atributos diferentes de una misma tabla. La minería de datos sobre bases de datos distribuidas (ya sean homogéneas o heterogéneas) se conoce como Minería de Datos Distribuida (MDD)

### ***2.2.10. Clustering***

Clustering o Agrupamiento divide la información en grupos diferentes. El objetivo del agrupamiento es encontrar grupos (clusters) que son muy diferentes unos de otros, y cuyos miembros son muy similares unos de otros. A diferencia de la clasificación, al empezar, usted no sabe que grupos van a aparecer, o por qué tipo de atributos se aglomeraran los datos. Como consecuencia, los grupos deben ser interpretados por una persona que tenga conocimiento del negocio. (Mamani Rodriguez, 2015)

### ***2.2.11. Algoritmo Kmeans***

K-means es un algoritmo de clasificación no supervisada (clusterización) que agrupa objetos en k grupos basándose en sus características. El agrupamiento se realiza minimizando la



suma de distancias entre cada objeto y el centroide de su grupo o cluster. Se suele usar la distancia cuadrática. (Mamani Rodriguez, 2015)

El algoritmo consta de tres pasos:

- **Inicialización:** una vez escogido el número de grupos,  $k$ , se establecen  $k$  centroides en el espacio de los datos, por ejemplo, escogiéndolos aleatoriamente.
- **Asignación objetos a los centroides:** cada objeto de los datos es asignado a su centroide más cercano.
- **Actualización centroides:** se actualiza la posición del centroide de cada grupo tomando como nuevo centroide la posición del promedio de los objetos pertenecientes a dicho grupo.

### 2.3.MARCO CONCEPTUAL

- **Malla;** forma en la que se distribuyen los taladros de una voladura, considerando básicamente a la relación de Burden y espaciamiento” (Lopez Jimeno, 2004)
- **Perforación;** “operación en la preparación de una voladura. Su propósito es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos, o blast hole” (Lopez Jimeno, 2004)
- **Voladura;** “fragmentación de la roca y otros materiales de los sólidos mediante explosivos” (INGA VILLAZANA, 2020)
- **Frente o frontón;** “Es el lugar en donde se emplaza personal y máquina de perforar para realizar el avance de una galería o crucero, mediante perforación y voladura” (Lopez Jimeno, 2004)
- **Burden;** “Distancia desde el barreno al frente libre de la roca, medida perpendicular al eje del taladro” (Lopez Jimeno, 2004)

- **Phyton;** “Lenguaje de programación interpretado, multiparadigma y multiplataforma usado, principalmente, en Big Data, Inteligencia Artificial, Data Science, frameworks de pruebas y desarrollo web”

## **2.4.HIPÓTESIS**

### ***2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL***

- “Al evaluar los Kpis Operativos en las labores de avance de la Zona Esperanza, permite identificar las deficiencias en la producción de mineral”.

### ***2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS***

- El diagnóstico de las labores de avance de la Zona Esperanza, Mina San Juan de Chorunga, permite conocer los indicadores actuales de la operación.
- La identificación de deficiencias las labores de avance de la Zona Esperanza de la Mina San Juan de Chorunga, permite establecer parámetros de estudio
- Se identificaron una variación importante en los costos operativos, mediante el análisis de los Kpis.

## **2.5.VARIABLES E INDICADORES**

### ***2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE***

X: Producción de Mineral

### ***2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE***

Y: KPIs Operativos

## **2.6.OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

### **Tabla 1**

*Tabla de operacionalización de variables*

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>INDEPENDIENTE</b>		
KPIs Operativos	KPIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor de carga</li> <li>• Factor de avance</li> <li>• Pies perforados por disparo</li> </ul>
	Costos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taladros cargados por disparo</li> <li>• Avance por disparo</li> <li>• Kilogramo por taladro</li> <li>• Kilogramo por disparo</li> </ul>
<b>DEPENDIENTES</b>		
Producción de mineral	Toneladas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toneladas de Mineral</li> <li>• Toneladas de Desmonte</li> <li>• Ton/Hg</li> <li>• \$/Ton</li> <li>• Toneladas por guardia</li> <li>• Ton/Disp</li> </ul>

*Fuente:* Elaboración Propia

## CAPÍTULO III

### METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1.TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es del tipo básica y cuantitativa, ya que sirve de base para otras investigaciones y tiene como fin poner en evidencia las bases de la investigación”

Asimismo: “La investigación tiene el enfoque cuantitativo cuando utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis mediante estadística, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar sus teorías”

#### 3.2.NIVEL DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con los alcances de la investigación, la presente investigación es:

*Correlacional*, ya que tiene como finalidad conocer la relación que exista entre dos o más conceptos o variables en una muestra o contexto en particular. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

*Evaluativa*, es decir, que pretende evaluar los fenómenos presentes en la investigación.

#### 3.3.DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo con los diseños de la investigación, la presente investigación es:

*No experimental*, de corte transversal, ya que la recolección de datos se hizo en un solo periodo de tiempo. (ÑAUPAS PAITAN, VALDIVIA DUEÑAS, PALACIOS VILELA, & ROMERO DELGADO, 2018).

#### 3.4.POBLACIÓN

La población de la investigación considerada será de las labores de avance de la mina San Juan de Chorunga – Arequipa

### **3.5.MUESTRA**

La muestra es no probabilística, ya que para la investigación se delimita a las labores de avance en La Zona Esperanza de la mina San Juan de Chorunga

### **3.6.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE CAPTURA DE INFORMACIÓN**

#### ***3.6.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS***

Las principales técnicas que utilizaremos son:

- Técnica Documental
- Observación
- Entrevista

#### ***3.6.2. INSTRUMENTOS***

- Diario de Campo
- Ficha Documental
- Guía de Observación
- Guía de Entrevista

### **3.7.TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS**

La información recolectada será evaluada y analizada con el objetivo de identificar los parámetros en la operación para lo cual se hará uso de:

- Microsoft Excel.
- Phyton
- Microsoft Project.

## **CAPÍTULO IV**

### **EVALUACIÓN DE LOS KPIS**

#### **4.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD Y RECOPIACIÓN DE DATOS**

En este primer apartado, nos adentramos en el complejo entorno de la Mina San Juan de Chorunga, situada en la región de Arequipa, Perú. Comenzamos proporcionando un contexto detallado sobre la infraestructura y las operaciones actuales de la mina, destacando su importancia económica y su impacto en la comunidad local y regional. A continuación, detallamos meticulosamente los métodos y técnicas utilizados para recopilar datos relevantes para nuestra investigación. Desde entrevistas con personal clave hasta la recopilación de datos operativos y financieros, este proceso de recopilación de datos fue fundamental para comprender la realidad operativa en la Mina San Juan de Chorunga.

Los datos recopilados durante los ciclos operativos fueron obtenidos durante el primer trimestre del año 2021 y último trimestre del 2020. A partir de esta información, se llevó a cabo un análisis y un cálculo detallado de los Indicadores Clave de Desempeño (KPIs), con el objetivo de proporcionar una base sólida para la toma de decisiones que conduzcan a una optimización significativa de la productividad en la mina. Este análisis implica la evaluación y mejora del ciclo de operación de los equipos utilizados en las labores de galerías, chimeneas y cruceros, ubicados en los niveles 516, 566 y 660 de la mina.

El enfoque principal fue en calcular y comparar los KPIs iniciales, como la disponibilidad mecánica y el porcentaje de utilización de los equipos, con los KPIs optimizados posteriormente. Este proceso implica identificar, analizar y resolver problemas potenciales mediante el uso de herramientas de análisis avanzadas, como el diagrama de causa-efecto y el diagrama de Pareto. Al

abordar estos desafíos, se busca mejorar significativamente la eficiencia operativa y, en última instancia, aumentar la producción de mineral en la mina.

#### ***4.1.1. CONTEXTO DE LA MINA SAN JUAN DE CHORUNGA***

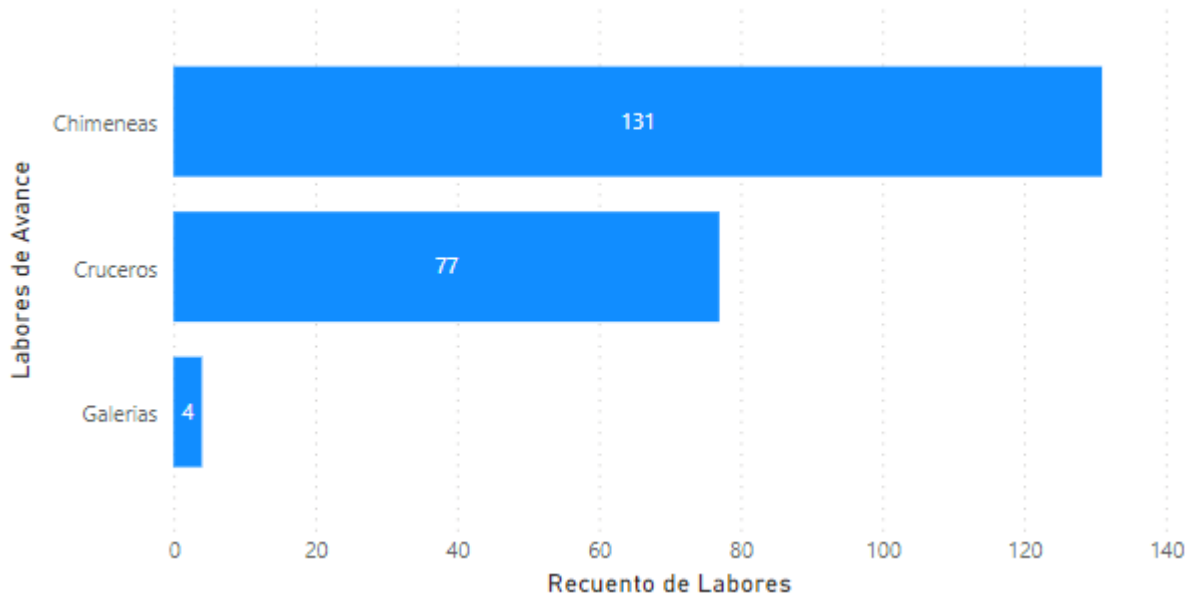
Exploramos en profundidad el contexto en el que se desarrolla nuestra investigación, brindando detalles sobre la importancia económica de la Mina San Juan de Chorunga en la región de Arequipa, Perú. Se destacan los aspectos clave que influyen en las operaciones mineras en la zona Esperanza, proporcionando un marco sólido para comprender la realidad operativa de la mina.

Entre los aspectos claves para la operación y el enfoque de ejecución del proyecto de investigación tenemos la evaluación de la cantidad de labores de avance acompañados con los equipos que se usan en estas labores y el personal presente, además del material extraído.

En la gráfica 1 se puede observar la cantidad de labores de avance en referencia a las actividades a realizarse, notándose que se tiene más chimeneas seguido de cruceros y continuando con las galerías, aclarar que estas cantidades de labores son en referencia a la zona esperanza en específico y las que se encontraban en operación durante el mes de febrero del año 2021, esto como parte del muestreo de la investigación.

## Gráfico 1

*Cantidad de labores de avance*



*Fuente:* Elaboración Propia

En lo que respecta a los equipos empleados en las labores de avance dentro de la unidad minera, se destacan las perforadoras manuales Jack Leg, que cuentan con características específicas como una lubricadora y un pie de avance. Estas perforadoras vienen equipadas con sus correspondientes conexiones, gamarillas, y una llave para extraer las glándulas de agua, además de un calibrador de broquero modelo RN-250X. Junto a estas perforadoras, también se utiliza el Scooptram de 3.5 yardas modelo LH 307, que desempeña un papel crucial en las operaciones de carguío y transporte de material.

Para proporcionar una comprensión más detallada de estos equipos y sus especificaciones técnicas, se presentan a continuación figuras y tablas que ilustran sus características, capacidades y detalles de diseño. Estos recursos visuales permiten una mejor apreciación de la complejidad y el alcance de los equipos utilizados en las labores de avance en la unidad minera.



**Figura 3**

*Equipo Scooptram*



*Fuente: Fotografía propia*

**Tabla 2***Especificaciones técnicas del equipo Scooptram*

Scooptram LH 307	
ESPECIFICACIONES	UNIDAD
Peso	18 t
Ancho cuchara	2.1 m
Capacidad de la pala min.	3 m <sup>3</sup>
Longitud de transporte	8.6 m
Altura de transporte	2.2 m
Altura de vertido máx.	3.2 m
Potencia elevac.	134 kN
Fabr. del motor	Mercedes Benz
Rendimiento de motor	130 kW
Neumáticos estándar	17.5 x 25 L5S
Capacidad cuchara	3 m <sup>3</sup>
Tipo de dirección	KL
Anchura transporte	2.1 m
Velocidad	26 km/h
Radio de torneado exterior	5.8 m
Model Series	LH
Modelo de motor	OM904 LAT

*Fuente:* Unidad Minera San Juan De Chorunga

**Figura 4**

*Vista de equipo de perforación*



*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 5**

*Equipo Jack leg*



*Fuente: Unidad Minera San Juan De Chorunga*

**Tabla 3**

*Especificaciones técnicas del equipo Jack leg*

---

Jack Leg RN 250X	
ESPECIFICACIONES	UNIDAD
Diámetro del Cilindro	3.125"
Carrera del Pistón	2.875"
Frecuencia de Impacto	2200bpm
Long. De la Perforadora	28"
Torque	90 lbs-ft
Revoluciones	225 rpm
Consumo de Aire (90 PSI)	170 cfm
Peso de la Perforadora (incluye el empujador Standard)	115.1 lbs
Peso de la Perforadora (incluye el empujador Modificado)	121.25lbs
Peso de la Perforadora	79.59 lbs
Peso del Empujador Standard	37.48 lbs
Peso del Empujador Modificado	41.23
Long. Del Empujador Contraído (Standard)	67.50"
Long. Del Empujador Extendido (Standard)	118"
Dimensiones del Barreno	0.866"X4.25"

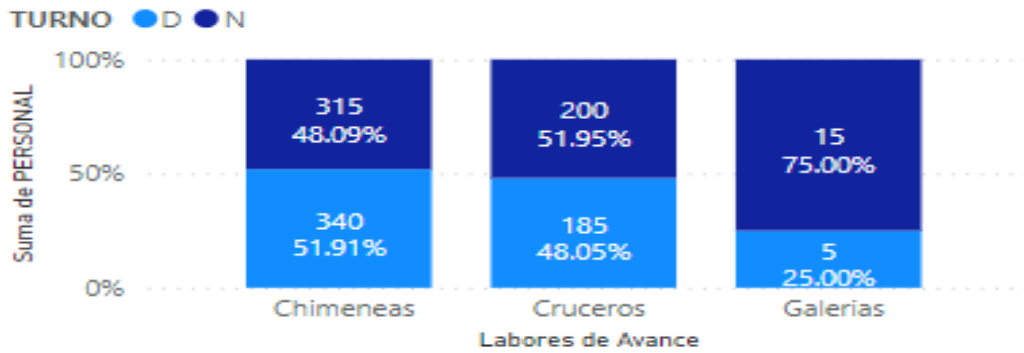
---

*Fuente:* Unidad Minera San Juan De Chorunga

También en la gráfica 2 tenemos la cantidad de personal en función a cada labor de avance a analizar y está cantidad distribuida en función a turno día o turno noche.

**Gráfico 2**

*Personal en función a las labores de avance*



*Fuente:* Elaboración Propia

En consideración a las gráficas relacionadas a las labores de avance se tiene que la siguiente tabla que representa el origen de los datos de las gráficas en mención.

**Tabla 4**

*Tabla de origen de datos de labores de avance*

LABOR	TURNO	PERSONA
CH	D	5
CH	D	5
CX	D	5
CH	N	5
CH	N	5
CX	N	5
CH	D	5
CH	D	5
CX	D	5
CH	N	5
CH	N	5
CX	N	5
CH	D	5
CH	D	5
CX	D	5
CH	N	5
CH	N	5
CX	N	5
CH	D	5
CH	D	5

*Fuente:* Elaboración Propia

En relación con el tonelaje relacionado a las labores de avance como chimeneas, cruceros y galerías, tenemos la siguiente gráfica 3 donde se puede observar 669 toneladas en los cruceros y 403 toneladas en las chimeneas.

### Gráfico 3

*Tonelaje en función a las labores de avance*



*Fuente:* Elaboración Propia

#### **4.1.2. LABORES DE AVANCE EN LA ZONA ESPERANZA**

En este apartado específico, se llevó a cabo un análisis y profundo de las labores de avance en la zona Esperanza de la Mina San Juan de Chorunga. Nuestro enfoque comienza por examinar en detalle el estado actual de las operaciones, donde evaluamos una serie de indicadores clave de rendimiento que abarcan desde la producción de mineral hasta la eficiencia del carguío y acarreo, así como también la seguridad en el lugar de trabajo. Este análisis nos proporciona una visión completa y detallada de cómo están funcionando las operaciones en la zona Esperanza.

Posteriormente, se realizó en un análisis detallado de los controles de los equipos utilizados en estas operaciones. Este examen tiene como objetivo identificar posibles puntos de falla o áreas de ineficiencia en los procesos de carguío y acarreo. Al hacerlo, podemos identificar claramente las deficiencias en los ciclos operacionales, lo que sienta las bases para futuras mejoras y optimizaciones en el proceso.





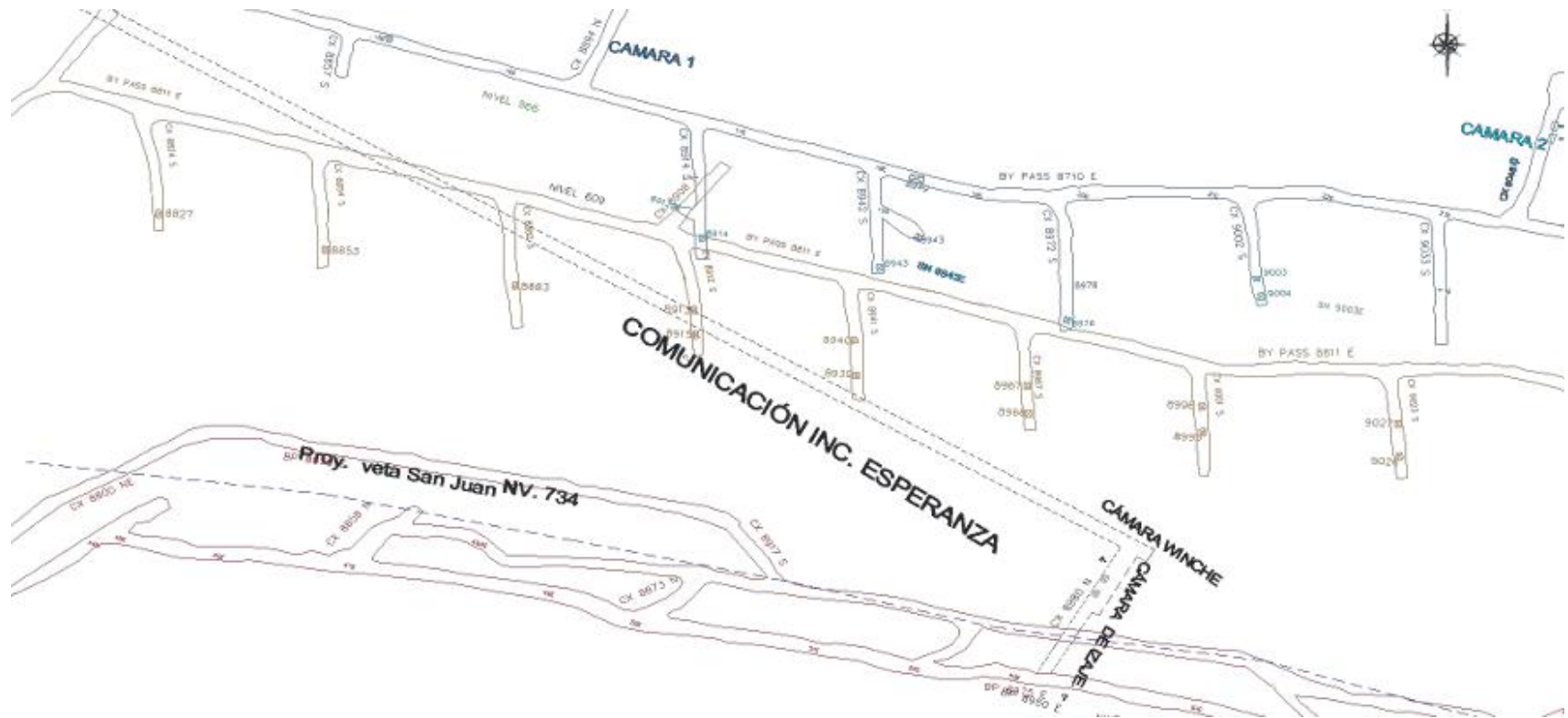
En lo que respecta al análisis de los cruceros dentro del contexto de la unidad minera, se dispone de un plano detallado que proporciona una visión completa y estructurada de la distribución de las labores. Este plano no solo muestra la disposición geográfica de los cruceros, sino que también ilustra cómo se interrelacionan con la rampa circundante y los diferentes frentes de producción. Esta representación gráfica ofrece una comprensión visual vívida de la ubicación estratégica de los cruceros en el entorno minero, permitiendo identificar de manera precisa su papel en el proceso operativo general.

Al examinar este plano, se puede apreciar claramente cómo los cruceros se integran en la red de labores mineras, lo que proporciona información valiosa sobre la logística y la eficiencia de la operación. Esta visualización detallada es esencial para la planificación estratégica y la toma de decisiones informadas, ya que permite identificar áreas de optimización y posibles mejoras en la disposición y gestión de los cruceros en relación con otros elementos de la operación minera. En resumen, este plano no solo ofrece una representación visual, sino que también sirve como una herramienta analítica invaluable para el desarrollo y la optimización de las actividades mineras en la zona Esperanza de la Mina San Juan de Chorunga.



**Figura 7**

*Plano de Cruceros*



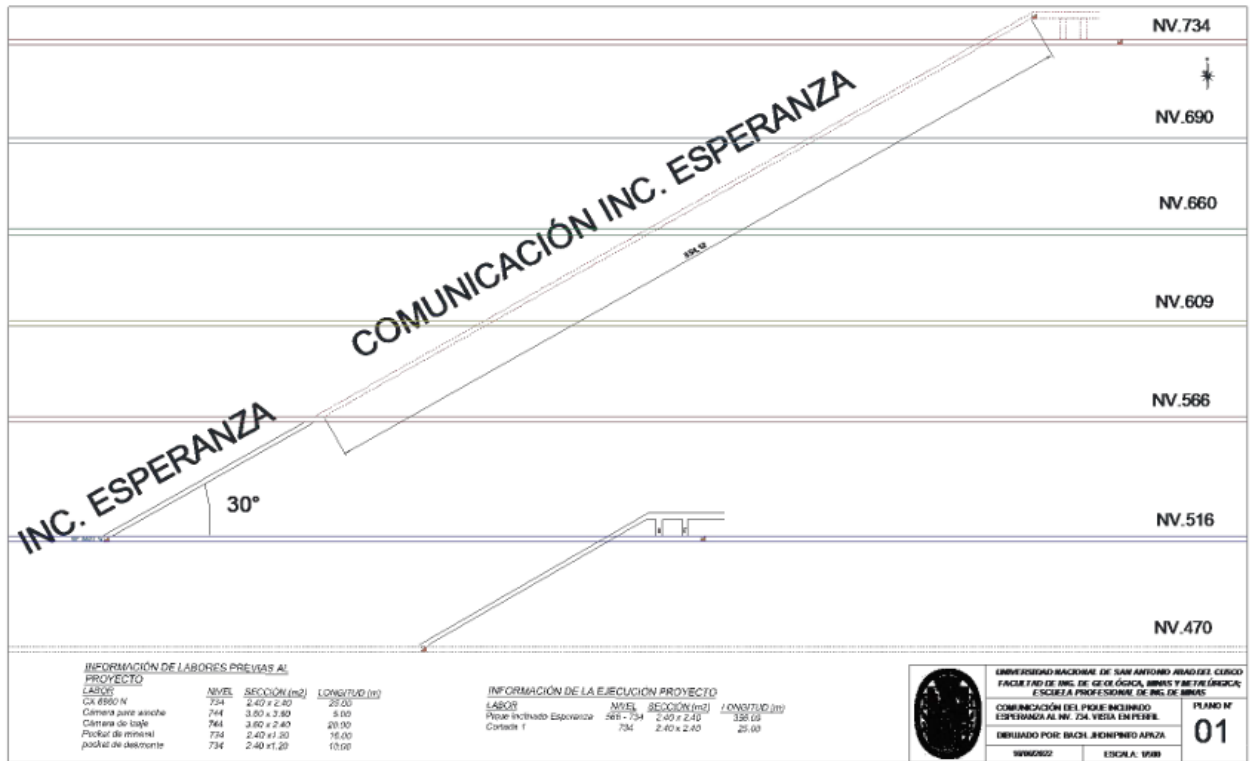
*Fuente: Unidad Minera San Juan De Chorunga*

En la representación visual que sigue, se ofrece un vistazo detallado a una porción de la configuración y diseño de las chimeneas que son objeto de estudio dentro de esta investigación, las cuales se consideran como labores de avance. En esta imagen, se aprecia claramente la disposición de las chimeneas, con una separación de 60 metros entre cada una de ellas, así como la presencia central de un botaredo. Este diseño proporciona una visión reveladora de la estructura y disposición de las chimeneas en el terreno minero, lo que resulta esencial para comprender la dinámica y la organización de estas labores de avance en el contexto más amplio de la operación minera.

Al observar detenidamente esta figura, se pueden identificar elementos clave de la infraestructura minera, como la ubicación estratégica de las chimeneas y el papel fundamental del botaredo en la operación. Esta representación visual no solo ofrece una visión estática de la estructura de las chimeneas, sino que también proporciona una comprensión dinámica de cómo se integran estas labores en el entorno minero y contribuyen al avance general de la operación. En resumen, esta figura no solo ofrece una imagen estática, sino que también sirve como una herramienta visual poderosa para analizar y comprender la complejidad y la eficiencia de las labores de avance en la Mina San Juan de Chorunga.

**Figura 8**

*Esquema de diseño niveles y su comunicación con un pique inclinado*



Fuente: (Pinto Apaza, 2024)

### 4.1.3. MÉTODOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS

Aquí, se presenta una descripción detallada de los métodos y técnicas utilizados para recopilar datos relevantes para nuestra investigación. Desde entrevistas con personal clave hasta la revisión de documentos y registros operativos, se explora el proceso meticuloso de recopilación de datos y se discuten los desafíos y las consideraciones importantes que surgieron durante este proceso.

Para ello se puede observar en la figura 10 el cómo se recolecta a información de los datos en campo y como estos pasan a su posterior digitalización para su análisis de estándares a cumplir y control de la operación.

## Figura 9

### *Recolección de datos en campo*



*Nota:* En la figura anterior se puede observar cómo se realiza el desprendimiento de rocas post voladura.

La fase de digitalización implica traspasar la data recolectada en las fichas utilizadas en los frentes de trabajo hacia las hojas de cálculo de Excel. Este proceso no solo se trata de una simple transcripción; es una labor que demanda precisión y atención a cada detalle, ya que esta información será la base para el análisis y la evaluación de los Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs).

Cada dato registrado en las fichas adquiere una nueva forma en el entorno digital, siendo organizado y estructurado en las hojas de Excel para su posterior análisis. Es aquí donde comienza

el proceso de discernimiento: cada punto de datos recopilado debe ser evaluado meticulosamente para determinar su relevancia en la medición del rendimiento operativo.

En la siguiente tabla 17 se proporciona un ejemplo concreto de cómo se completan las hojas de cálculo con los datos extraídos del campo. Sin embargo, este es solo el primer paso de un proceso más amplio. Se debe tener en cuenta que en los anexos se encuentran tres tablas adicionales (17, 18, 19), cada una conteniendo una cantidad significativa de información. Estas tablas serán examinadas con detenimiento para seleccionar los datos que serán pertinentes y significativos para la evaluación de los KPIs.

La complejidad de este proceso se refleja en el número total de columnas, que asciende a un total de 172, como se observa en las tablas de los anexos (17, 18, 19). Esta cifra subraya la amplitud y la profundidad del análisis que se llevó a cabo, evidenciando la gran cantidad de información recopilada y la minuciosidad con la que se abordará cada aspecto de los datos para optimizar el rendimiento y la eficiencia en la mina.

#### ***4.1.4. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS RECOPIRADOS***

En esta sección final, nos sumergimos en una exploración exhaustiva y meticulosa de los datos recopilados a lo largo del desarrollo de nuestra investigación. Nos adentramos en la diversidad y complejidad de los tipos de datos obtenidos, abarcando desde información cualitativa detallada hasta datos cuantitativos precisos. Cada detalle de la metodología de recopilación se desglosa cuidadosamente, desde la selección de las fuentes hasta los procedimientos de recolección y almacenamiento de datos. Esta transparencia y claridad en la descripción de nuestra metodología proporciona una sólida base para la comprensión y la confianza en la validez de nuestros análisis y conclusiones posteriores.

Este proceso de filtrado meticuloso aseguró que solo las variables que estaban directamente relacionadas con el alcance temporal y espacial de nuestro estudio fueran consideradas en nuestro análisis. Nos enfocamos de manera precisa en las muestras y el enfoque de investigación definidos, excluyendo cualquier información que pudiera desviar la atención o diluir la efectividad de nuestros resultados.

Esta selección cuidadosa y deliberada de datos se refleja con claridad en la tabla 20, que se encuentra detallada en los anexos. Aquí, se pueden observar las 38 columnas específicas que han sido identificadas como esenciales para nuestra investigación. Cada columna seleccionada ha sido evaluada minuciosamente y se ha determinado que contribuye significativamente a la comprensión y el análisis de nuestros KPIs y resultados. Este enfoque meticuloso y enfocado nos permite extraer el máximo valor y relevancia de nuestros datos, allanando el camino para conclusiones y recomendaciones sólidas y fundamentadas.

#### **4.2.EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE KPIS OPERATIVOS**

En esta sección, nos adentramos en un análisis de la gestión de los Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) operativos en la zona Esperanza de la Mina San Juan de Chorunga. Nuestro enfoque comienza con la identificación de los KPIs pertinentes para las operaciones específicas en esta zona particular. Consideramos una gama de factores, incluyendo la seguridad en el lugar de trabajo, la eficiencia operativa y la producción de mineral, para determinar qué métricas son más relevantes y significativas en este contexto.

Una vez identificados, nos sumergimos en un análisis detallado de cómo estos KPIs han sido gestionados hasta la fecha. Exploramos los sistemas de monitoreo empleados, examinamos los procesos de informes utilizados y evaluamos cómo se han utilizado los datos disponibles para respaldar la toma de decisiones operativas. Este análisis nos brinda una visión clara y completa de

los puntos fuertes existentes, así como de las áreas que requieren mejoras en la gestión de KPIs en la zona Esperanza.

Para evaluar los KPIs operativos durante el primer trimestre del año 2021, recurrimos a los datos recopilados durante el último trimestre del año anterior, es decir, el 2020. Entre estos datos, destacan los ítems especificados por la empresa contratista Adgeminco S.A.C. Estos datos no solo abarcan los resultados de la zona Esperanza, sino que también incluyen información relevante de las zonas Mercedes e Intermedio. Esta información se presenta detalladamente en la tabla 5, donde se resumen los valores diarios del último trimestre del 2020 para una variedad de métricas, como el número de disparos, taladros perforados, avance, pies perforados, entre otros. Estos datos críticos sirven como punto de referencia fundamental para evaluar y comparar el desempeño operativo en el período de interés.

En términos más simples cada trimestre se hace un estudio de KPI para usarlos en el siguiente trimestre.

**Tabla 5***Gestión de KPI's de la zona Esperanza*

ITEM	Esperanza	Unidad
N° DE DISPAROS	710	unid
TALADROS PERFORADOS	1889	unid
AVANCE	768.9	m3
PIES PERFORADOS	82461.9	pp
TALADROS CARGADOS	16113	unid
CARMEX	16113	unid
VOLÚMEN	2458.73	m3
EMULSIÓN 1000 1" x 12"	2238	unid
EMULSIÓN 3000 1" x 12"	2238	unid
MECHA RÁPIDA	568	unid
KG. EXPLOSIVOS	9765.41	Kg
HORAS HOMBRE (HH)	5281	unid

*Fuente: Adgeminco S.A.C.*

Dentro del análisis llevado a cabo, se abarcan una multitud de aspectos cruciales para la operatividad eficiente de la mina. Uno de estos elementos esenciales se relaciona con los estándares que rigen el desempeño y la productividad de la mano de obra involucrada en las labores mineras. Estos estándares, que abarcan desde la eficiencia en el trabajo hasta la seguridad en el lugar de trabajo, se examinan minuciosamente como parte integral de nuestra evaluación general. La tabla 6 presenta detalladamente estos estándares, proporcionando una visión completa de los parámetros y criterios utilizados para medir y supervisar el rendimiento de la mano de obra en la



mina. Este análisis de los estándares relacionados con la mano de obra es fundamental para identificar áreas de mejora y desarrollar estrategias efectivas para optimizar la productividad y la eficiencia en las operaciones mineras.

**Tabla 6**

*Mano de obra de la zona Esperanza*

RESÚMEN		
Medición	616.80	mts
M.O. Administración	9135.00	Horas Trab.
M.O. Servicios Mina	17723.50	Horas Trab.
M.O. Avances	18606.00	Horas Trab.
M.O. Rehabilitación	11896.00	Horas Trab.
M.O. Cuenta Compañía	5040.00	Horas Trab.
M.O. Servicios Superficie	5670.00	Horas Trab.
M.O. Descansos Médico	600.00	Horas Trab.
M.O. Descansos Vacaciones	2160.00	Horas Trab.
Eficiencia Avances	0.35	m/h-gdia

*Fuente: Adgeminco S.A.C.*

Dentro del contexto de nuestra investigación, nos adentramos en la evaluación de los indicadores de sostenimiento, los cuales abarcan una variedad de aspectos esenciales para garantizar la estabilidad y seguridad en las labores mineras. Estos indicadores comprenden una serie de elementos críticos, tales como el progreso en las actividades de sostenimiento, la instalación de pernos helicoidales y splitset, así como el uso de cimbra y madera para reforzar las estructuras subterráneas. La tabla 7 presenta de manera detallada estos indicadores de

sostenimiento, brindando una panorámica completa de los criterios y parámetros que se utilizan para evaluar y monitorear el desempeño en esta área específica. Este análisis de los indicadores de sostenimiento es fundamental para identificar áreas de mejora y desarrollar estrategias efectivas que promuevan la seguridad y la estabilidad en las operaciones mineras.

**Tabla 7**

*Indicadores de sostenimiento de la zona Esperanza*

INDICADORES DE SOSTENIMIENTO		
MATERIALES	KPI	UNIDADES
PERNOS HELICOIDALES	0.21	ph/ml avance
SPLITSET 5´	0.19	ss/ml avance
SPLITSET 3´	0.06	ss/ml avance
CIMBRA	0.11	c/ml avance
MADERA	205.60	kg/ml avance

*Fuente: Adgeminco S.A.C.*

Asimismo, nos encontramos con la evaluación detallada de los indicadores relacionados con el consumo de materiales de sostenimiento, los cuales representan una parte crucial en el análisis integral de la gestión de recursos en el entorno minero. Estos indicadores abarcan la utilización específica de pernos helicoidales, splitset, cimbra y madera, elementos esenciales para fortalecer las estructuras subterráneas y garantizar la seguridad en las operaciones mineras. La tabla 8 presenta una visión completa y detallada de estos indicadores de consumo de materiales de sostenimiento, proporcionando información esencial sobre la cantidad y la eficacia en la utilización de cada uno de estos recursos. Este análisis meticuloso de los indicadores de consumo de

materiales de sostenimiento es fundamental para identificar áreas de optimización y mejorar la eficiencia en la gestión de recursos en el contexto minero.

**Tabla 8**

*Indicadores de consumo de materiales de sostenimiento de la zona Esperanza*

CONSUMO MATERIALES SOSTENIMIENTO		
MATERIALES	CONSUMO	UNIDADES
AVANCE	329.70	mts
PERNOS HELICOIDALES	68.00	und
SPLITSET 5´	62.00	und
SPLITSET 3´	19.00	und
CIMBRA	36.00	und
MADERA	67786.73	kg

*Fuente: Adgeminco S.A.C.*

#### **4.2.1. IDENTIFICACIÓN DE KPIS OPERATIVOS RELEVANTES**

En este apartado específico, nos adentramos en un proceso de identificación de los Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) que revisten mayor relevancia para las operaciones llevadas a cabo en la zona Esperanza de la Mina San Juan de Chorunga. Se profundiza en los criterios meticulosamente considerados para la selección de estos KPIs, justificando su importancia crucial en la evaluación integral del rendimiento operativo de la mina.

Nos enfocamos específicamente en los KPIs Operativos, los cuales representan una piedra angular en el análisis del funcionamiento cotidiano de la operación minera. Estos indicadores son evaluados en base a los registros convencionales obtenidos durante la operación, los cuales son analizados y monitoreados tanto por la empresa contratista como por nuestro equipo de

investigación. Este análisis se ve reflejado en la tabla 9, donde se presentan los resultados detallados de estos KPIs Operativos, proporcionando una visión completa y precisa del desempeño operativo en la zona Esperanza.

**Tabla 9**

*KPI's operativos de las zonas Esperanza, Mercedes e Intermedio*

KPI OPERATIVOS		
Factor de carga	3.97	kg/m <sup>3</sup>
Factor de Avance	12.70	Kg/ml
Pies perforados por disparo	116.14	pp/disparo
Taladros cargados por disparo	22.69	tal/disparo
Avance por disparo	1.08	m/disparo
Kilogramos por taladro	0.61	k/taladro
Kilogramos por disparo	13.75	k/disparo
Avance por Hg	0.28	m/Hg

*Fuente:* Adgeminco S.A.C.

#### **4.2.2. ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE KPIS EN LA ZONA ESPERANZA**

En esta sección específica, nos adentramos en un análisis y meticoloso de la gestión de los KPIs operativos en la zona Esperanza de la mina, hasta la fecha presente. Nos sumergimos en los procesos completos de recopilación, análisis y presentación de datos, con el propósito de identificar tanto los aspectos destacados como las áreas de mejora, con miras a optimizar la gestión de los KPIs en todas las operaciones mineras.

Al examinar detalladamente el panorama, observamos que en la unidad minera se realiza una evaluación integral de una serie de parámetros que actúan como los KPIs fundamentales para

el monitoreo y medición del rendimiento operativo. Estos parámetros, que incluyen el Factor de Carga, Factor de Avance, Pies perforados por disparo, Taladros cargados por disparo, Avance por disparo, Kilogramos por taladro, Kilogramos por disparo y Avance por Hg, proporcionan una perspectiva completa y esencial del funcionamiento de la mina. Cada uno de estos indicadores desempeña un papel crucial en la toma de decisiones y en la mejora continua de los procesos mineros.

Posteriormente, nos adentramos en el análisis detallado de los cálculos y métodos utilizados para la identificación y desarrollo de estos KPIs operativos, teniendo en cuenta los datos y valores pertinentes para el primer trimestre del año 2021. Este análisis nos permite comprender a fondo la evolución de estos indicadores a lo largo del tiempo y nos proporciona una base sólida para evaluar el rendimiento operativo actual y futuro de la mina.

Factor de Carga (Fc):

$$Fc = \frac{\text{Kilogramos de Explosivo (Kg)}}{\text{Volumen de Material (m3)}}$$

$$Fc = \frac{9765.41 \text{ (Kg)}}{2458.73 \text{ (m3)}}$$

$$Fc = 3.97 \left( \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right)$$

Factor de Avance (Fa):

$$Fa = \frac{\text{Kilogramos de Explosivo (Kg)}}{\text{Avance por voladura (m)}}$$

$$Fa = \frac{9765.41 \text{ (Kg)}}{768.9 \text{ (m)}}$$

$$Fa = 12.7 \left( \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right)$$

Pies perforados por disparo:

$$\text{Pies perforados por disparo} = \frac{\text{Pies Perforados}}{\text{Números de disparo}}$$

$$\text{Pies perforados por disparo} = \frac{82461.9 \text{ (pp)}}{710}$$

$$\text{Pies perforados por disparo} = 116.14 \left( \frac{\text{pp}}{\text{disparo}} \right)$$

Taladros cargados por disparo:

$$\text{Taladro cargado por disparo} = \frac{\text{Taladros cargados}}{\text{Números de disparo}}$$

$$\text{Taladro cargado por disparo} = \frac{16113}{710}$$

$$\text{Taladro cargado por disparo} = 22.69 \left( \frac{\text{tal}}{\text{disparo}} \right)$$

Avance por disparo:

$$\text{Avance por disparo} = \frac{\text{Avance (m)}}{\text{Números de disparo}}$$

$$\text{Avance por disparo} = \frac{768.9 \text{ (m)}}{710}$$

$$\text{Avance por disparo} = 1.08 \left( \frac{\text{m}}{\text{disparo}} \right)$$

Kilogramos por taladro:

$$\text{Kilogramos por taladro} = \frac{\text{Kilogramos de Explosivo (Kg)}}{\text{Taladros cargados}}$$

$$\text{Kilogramos por taladro} = \frac{9765.41 \text{ (Kg)}}{16113}$$

$$\text{Kilogramos por taladro} = 0.61 \left( \frac{\text{Kg}}{\text{tal}} \right)$$

Kilogramos por disparo:

$$\text{Kilogramos por disparo} = \frac{\text{Kilogramos de Explosivo (Kg)}}{\text{Números de disparo}}$$

$$\text{Kilogramos por disparo} = \frac{9765.41 \text{ (Kg)}}{710}$$

$$\text{Kilogramos por disparo} = 13.75 \left( \frac{\text{Kg}}{\text{disparo}} \right)$$

### **4.3.OPTIMIZACIÓN DE KPIS Y MEJORAS**

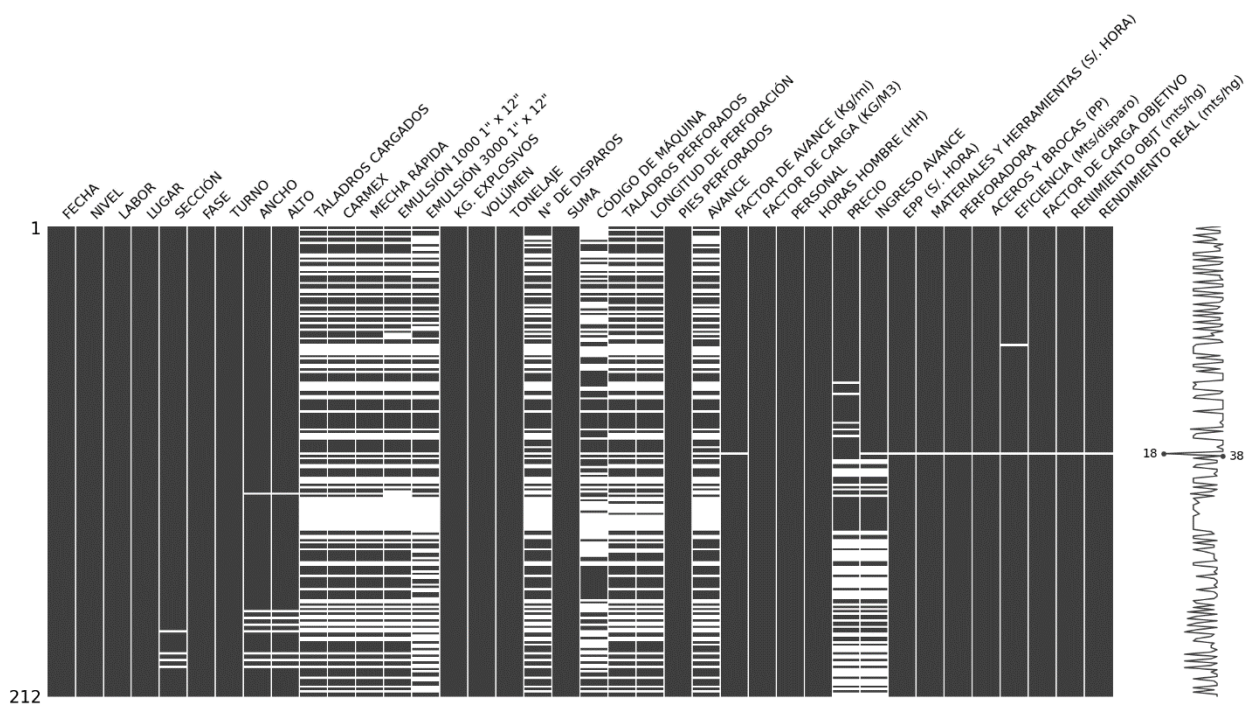
La optimización de los Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) operativos y la formulación de estrategias innovadoras para potenciar la eficiencia y la productividad en las operaciones mineras de la Mina San Juan de Chorunga. Este proceso inicia con un desarrollo del Diagrama de Pareto, una herramienta crucial que nos permite identificar de manera clara y prioritaria los equipos y áreas de operación que requieren una atención inmediata. Seguido de esto, nos sumergimos en un análisis profundo de las causas subyacentes de las deficiencias mediante el empleo del Diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa-efecto. A través de esta evaluación meticulosa, logramos identificar con precisión las causas raíz y subcausas que impactan negativamente la eficiencia operativa en la mina.

Con esta valiosa información en nuestro poder, nos dedicamos a proponer soluciones específicas y estratégicas para abordar estas deficiencias. Estas soluciones se diseñan teniendo en cuenta tanto los aspectos técnicos como los recursos financieros necesarios para su implementación exitosa. Además, llevamos a cabo una evaluación detallada de los costos asociados con estas soluciones, garantizando así una planificación financiera sólida y sostenible para el futuro de la operación minera.

En el análisis exploratorio de datos subsiguiente, procedemos con la separación y extracción cuidadosa de las columnas relevantes de la base de datos. Esto nos brinda una visión panorámica de la distribución de los datos en relación con las diversas variables contempladas en el estudio. Aunque observamos un total de 38 columnas y 212 filas en el conjunto de datos, es evidente que no todos los registros están completos. Esta falta de integridad en los datos se atribuye al hecho de que, durante el proceso de registro en campo, se prioriza la continuidad de las operaciones por encima de la exhaustividad en el reporte de información. Esto se debe a que las contingencias operativas tienen primacía en la toma de decisiones en el terreno.

#### Gráfico 4

*Datos faltantes por variables*



*Fuente:* Google Colab – Python

*Nota:* Las columnas pertenecen a las variables disponibles, los espacios oscuros son los datos por columna y los vacíos son los datos faltantes o no llenados por columna.



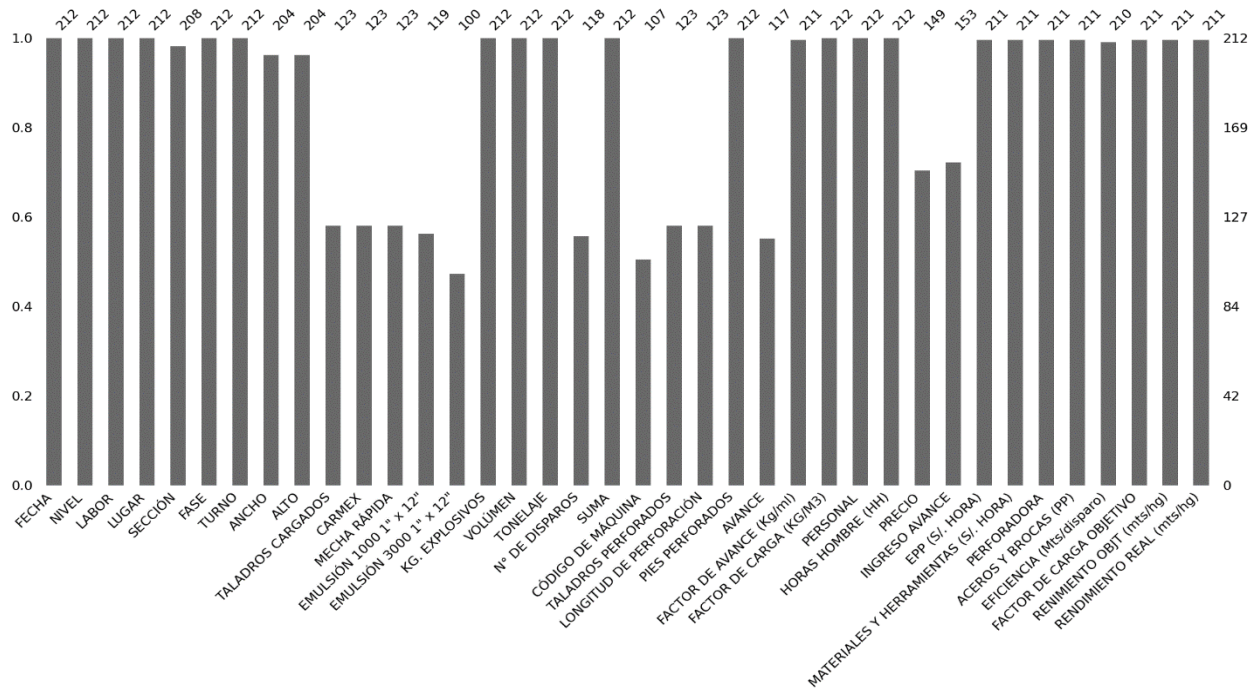
Con el propósito de proporcionar una representación visual más exhaustiva y accesible de los datos recopilados, se ha elaborado una figura que detalla la distribución de los datos completados por columna en relación con el total final de registros. Esta visualización, que se presenta a continuación, ofrece una visión panorámica y detallada de la cantidad de datos ingresados para cada variable, destacando especialmente aquellas variables que muestran una menor completitud en la información.

Al dirigir la atención hacia la parte superior de cada columna en la figura, se puede apreciar con claridad el número de datos registrados para cada variable dentro del contexto de la Unidad Minera San Juan de Chorunga. Esta representación gráfica permite una identificación precisa de las variables que presentan una menor cantidad de datos completados, lo cual resulta fundamental para evaluar la integridad y la coherencia de la información recolectada en el marco de la investigación en curso.

El análisis detallado de esta figura proporciona información sobre la calidad y la confiabilidad de los datos utilizados, permitiendo así una evaluación más rigurosa y fundamentada de los resultados obtenidos en el estudio. Además, esta visualización facilita la identificación de áreas específicas que pueden requerir una mayor atención o una recolección adicional de datos para garantizar la solidez y la validez de las conclusiones derivadas del análisis de la investigación.

## Gráfico 5

### Columnas de datos por variables



Fuente: Google Colab – Python

En este momento, con el fin de mejorar la efectividad de los Indicadores Clave de Desempeño (KPIs), es esencial llevar a cabo una evaluación exhaustiva de los datos disponibles. Al observar detenidamente las gráficas presentadas anteriormente, se hace evidente la presencia de datos faltantes en ciertas columnas. Si bien es crucial analizar esta información, no resulta óptimo simplemente pasar por alto las columnas con valores faltantes, ni tampoco es apropiado reemplazar estos datos faltantes con medidas de resumen como la media o la mediana.

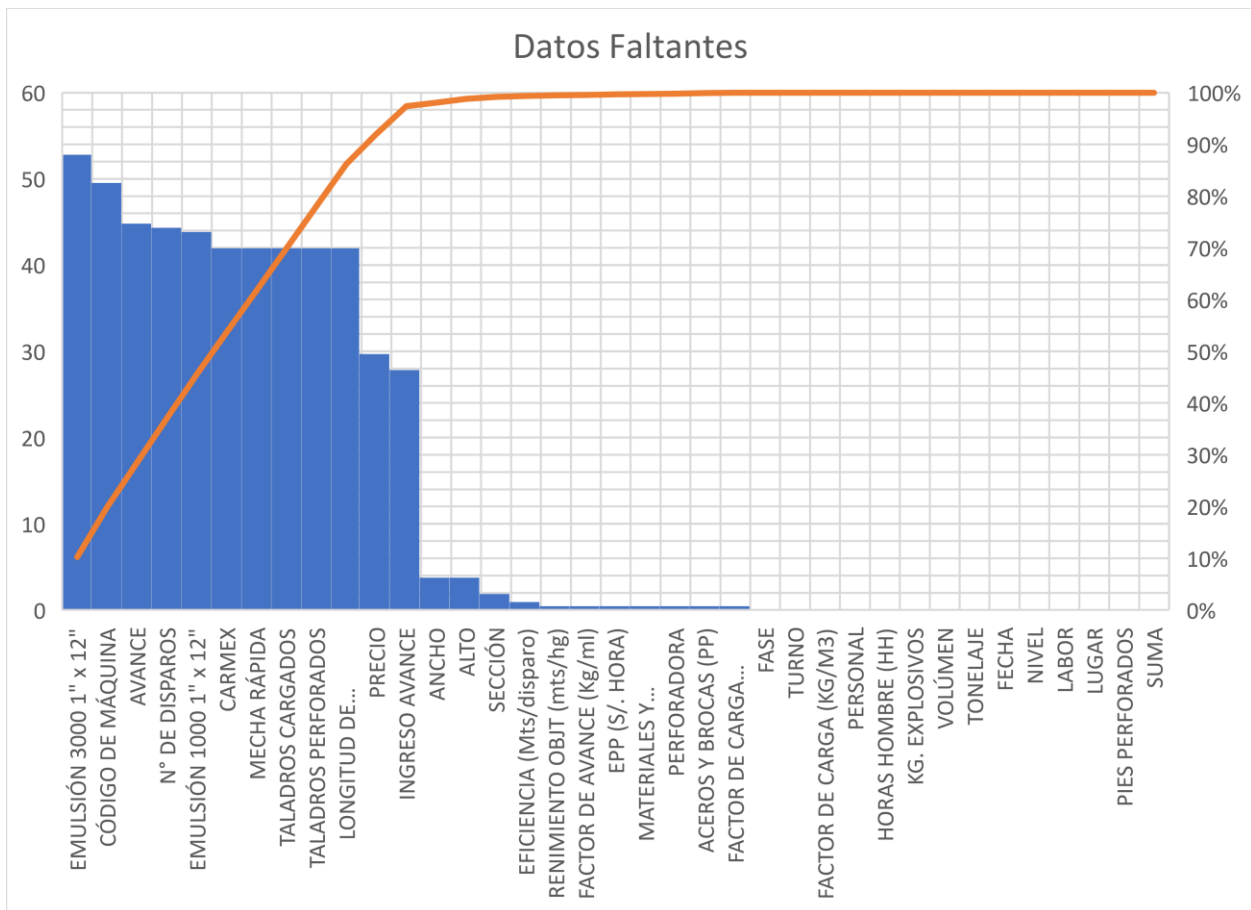
Para realizar una evaluación precisa de la imputación de datos, es fundamental comprender primero el panorama general de los datos faltantes. Con este propósito en mente, hemos preparado la siguiente gráfica de Pareto que muestra la distribución de los datos faltantes por columna. Este análisis nos permitirá identificar las columnas que presentan un mayor número de datos faltantes,

lo que resulta crucial para desarrollar estrategias efectivas de imputación de datos y garantizar la integridad y la validez de nuestros análisis.

Al profundizar en este análisis, podremos obtener una comprensión más completa de la naturaleza y el alcance de los datos faltantes, lo que nos permitirá tomar decisiones informadas y estratégicas sobre cómo abordar esta situación de manera efectiva. Este enfoque nos ayudará a optimizar nuestros KPIs de manera más precisa y significativa, lo que a su vez contribuirá a mejorar la calidad y la utilidad de nuestros análisis y decisiones en el contexto de la investigación en curso.

### Gráfico 6

*Pareto de los datos faltantes*



Fuente: Elaboración Propia

La gráfica mencionada muestra las variables que presentan ausencia de datos, destacando que una gran parte de estos corresponden al uso de explosivos. Para llevar a cabo un análisis de imputación de variables, que consiste en determinar cómo reemplazar los datos ausentes, es crucial identificar las variables esenciales para este proceso. Se prestará especial atención a aquellas variables que no solo tienen una gran cantidad de datos faltantes, sino que también son parte de los indicadores clave de rendimiento (KPI's) actuales. Este enfoque nos permite ser más precisos y centrarnos en las variables más relevantes para la optimización de los KPI's, descartando aquellas que no son necesarias para este fin.

Las variables que más datos faltantes presentan incluyen: Taladros Cargados, Carmex, Mecha Rápida, Emulsión 1000 1" X 12", Emulsión 3000 1" X 12", Número De Disparos, Código De Máquina, Taladros Perforados, Longitud De Perforación y Avance. Por otro lado, los KPI's actuales comprenden: Factor De Carga, Factor De Avance, Pies Perforados Por Disparo, Taladros Cargados Por Disparo, Avance Por Disparo, Kilogramos Por Taladro y Kilogramos Por Disparo.

Para decidir qué variables excluir del análisis, es necesario realizar una evaluación preliminar de colinealidad. Esta evaluación mide la correlación entre variables cuantitativas, permitiendo identificar relaciones de dependencia entre ellas. Se utiliza la correlación de Pearson, representada en un mapa de calor, donde los valores cercanos a 1 indican una alta correlación y dependencia directa, mientras que los valores cercanos a -1 muestran una baja correlación y dependencia inversa.

Durante esta fase de análisis, se resaltan las variables con mayor cantidad de datos ausentes, ya que se está evaluando su imputación. Como resultado, se genera otro mapa de calor que muestra únicamente las variables con más datos faltantes, permitiendo observar el nivel de dependencia entre ellas.

**Tabla 10**

*Mapa de calor preliminar*

Correlación Entre Variables (Preliminar)	FECHA	NIVEL	ANCHO	ALTO	TALADROS CARGADOS	CARMEX	MECHA RÁPIDA	EMULSIÓN 1000 1" x 12"	EMULSIÓN 3000 1" x 12"	KG. EXPLOSIVOS	VOLÚMEN	TONELAJE	SUMA	CÓDIGO DE MÁQUINA	TALADROS PERFORADOS	LONGITUD DE PERFORACIÓN	PIES PERFORADOS	AVANCE	PRECIO	INGRESO AVANCE	PERFORADORA	ACEROS Y BROCAS (PP)	EFICIENCIA (Mts/disparo)
FECHA	1	0	-0.3	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	0.09	-0.4	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	0.02	-0.3	-0.5	-0.2	-0.4	-0.9	-0.4	-0.2	-0.2	-0
NIVEL	0	1	0.08	-0.2	-0	-0	0.01	-0.1	-0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.43	0.02	0.21	-0.1	0.2	-0	-0	-0.1	-0.1	-0.1
ANCHO	-0.3	0.08	1	0.12	0.61	0.61	0.12	-0.1	0.56	0.17	0.18	0.18	0.15	0.13	0.44	0.39	0.15	0.5	0.11	0.1	0.15	0.15	-0.1
ALTO	-0.2	-0.2	0.12	1	0.54	0.52	0.14	-0.1	0.4	0.25	0.37	0.37	0.24	-0	0.41	0.26	0.19	0.34	0.15	0.18	0.18	0.18	0.08
TALADROS CARGADOS	-0.3	-0	0.61	0.54	1	0.99	0.33	0.1	0.87	0.91	0.81	0.81	0.95	0.21	0.93	0.62	0.84	0.68	0.31	0.61	0.84	0.84	0.62
CARMEX	-0.3	-0	0.61	0.52	0.99	1	0.33	0.1	0.87	0.92	0.81	0.81	0.96	0.22	0.93	0.63	0.84	0.69	0.31	0.6	0.84	0.84	0.62
MECHA RÁPIDA	-0.2	0.01	0.12	0.14	0.33	0.33	1	0.18	0.21	0.35	0.17	0.17	0.42	0.05	0.36	0.18	0.34	0.02	0.17	0.27	0.34	0.34	0.18
EMULSIÓN 1000 1" x 12"	0.09	-0.1	-0.1	-0.1	0.1	0.1	0.18	1	-0.1	0.21	-0	-0	0.2	-0.1	0.22	0.22	0.28	-0.1	0.15	0.23	0.28	0.28	0.11
EMULSIÓN 3000 1" x 12"	-0.4	-0	0.56	0.4	0.87	0.87	0.21	-0.1	1	0.94	0.7	0.7	0.93	0.32	0.82	0.72	0.82	0.76	0.17	0.43	0.82	0.82	0.56
KG. EXPLOSIVOS	-0.2	-0.1	0.17	0.25	0.91	0.92	0.35	0.21	0.94	1	0.88	0.88	0.99	0.26	0.92	0.79	0.96	0.75	0.49	0.87	0.96	0.96	0.82
VOLÚMEN	-0.2	-0.1	0.18	0.37	0.81	0.81	0.17	-0	0.7	0.88	1	1	0.9	0.14	0.72	0.54	0.83	0.75	0.51	0.91	0.83	0.83	0.89
TONELAJE	-0.2	-0.1	0.18	0.37	0.81	0.81	0.17	-0	0.7	0.88	1	1	0.9	0.14	0.72	0.54	0.83	0.75	0.51	0.91	0.83	0.83	0.89
SUMA	-0.2	-0.1	0.15	0.24	0.95	0.96	0.42	0.2	0.93	0.99	0.9	0.9	1	0.23	0.94	0.75	0.96	0.72	0.51	0.88	0.96	0.96	0.86
CÓDIGO DE MÁQUINA	0.02	0.43	0.13	-0	0.21	0.22	0.05	-0.1	0.32	0.26	0.14	0.14	0.23	1	0.18	0.29	0.25	0.39	0.22	0.19	0.25	0.25	0.13
TALADROS PERFORADOS	-0.3	0.02	0.44	0.41	0.93	0.93	0.36	0.22	0.82	0.92	0.72	0.72	0.94	0.18	1	0.68	0.93	0.64	0.46	0.69	0.93	0.93	0.65
LONGITUD DE PERFORACIÓN	-0.5	0.21	0.39	0.26	0.62	0.63	0.18	0.22	0.72	0.79	0.54	0.54	0.75	0.29	0.68	1	0.87	0.77	0.29	0.5	0.87	0.87	0.45
PIES PERFORADOS	-0.2	-0.1	0.15	0.19	0.84	0.84	0.34	0.28	0.82	0.96	0.83	0.83	0.96	0.25	0.93	0.87	1	0.72	0.49	0.87	1	1	0.8
AVANCE	-0.4	0.2	0.5	0.34	0.68	0.69	0.02	-0.1	0.76	0.75	0.75	0.75	0.72	0.39	0.64	0.77	0.72	1	nan	0.64	0.72	0.72	1
PRECIO	-0.9	-0	0.11	0.15	0.31	0.31	0.17	0.15	0.17	0.49	0.51	0.51	0.51	0.22	0.46	0.29	0.49	nan	1	0.55	0.49	0.49	0.55
INGRESO AVANCE	-0.4	-0	0.1	0.18	0.61	0.6	0.27	0.23	0.43	0.87	0.91	0.91	0.88	0.19	0.69	0.5	0.87	0.64	0.55	1	0.87	0.87	0.97
PERFORADORA	-0.2	-0.1	0.15	0.18	0.84	0.84	0.34	0.28	0.82	0.96	0.83	0.83	0.96	0.25	0.93	0.87	1	0.72	0.49	0.87	1	1	0.8
ACEROS Y BROCAS (PP)	-0.2	-0.1	0.15	0.18	0.84	0.84	0.34	0.28	0.82	0.96	0.83	0.83	0.96	0.25	0.93	0.87	1	0.72	0.49	0.87	1	1	0.8
EFICIENCIA (Mts/disparo)	-0	-0.1	-0.1	0.08	0.62	0.62	0.18	0.11	0.56	0.82	0.89	0.89	0.86	0.13	0.65	0.45	0.8	1	0.55	0.97	0.8	0.8	1

Fuente: Elaboración Propia

Nota: El rango de colores se degrada de verde, amarillo y rojo. Esto en relación al valor de correlación siendo rojo con mayor correlación

**Tabla 11***Mapa de calor preliminar de variables con datos faltantes*

Correlación Entre Variables (Preliminar)	TALADROS CARGADOS	CARMEX	MECHA RÁPIDA	EMULSIÓN 1000 1" x 12"	EMULSIÓN 3000 1" x 12"	CÓDIGO DE MÁQUINA	TALADROS PERFORADOS	LONGITUD DE PERFORACIÓN	AVANCE
TALADROS CARGADOS	1	0.99	0.33	0.1	0.87	0.21	0.93	0.62	0.68
CARMEX	0.99	1	0.33	0.1	0.87	0.22	0.93	0.63	0.69
MECHA RÁPIDA	0.33	0.33	1	0.18	0.21	0.05	0.36	0.18	0.02
EMULSIÓN 1000 1" x 12"	0.1	0.1	0.18	1	-0.1	-0.1	0.22	0.22	-0.1
EMULSIÓN 3000 1" x 12"	0.87	0.87	0.21	-0.1	1	0.32	0.82	0.72	0.76
CÓDIGO DE MÁQUINA	0.21	0.22	0.05	-0.1	0.32	1	0.18	0.29	0.39
TALADROS PERFORADOS	0.93	0.93	0.36	0.22	0.82	0.18	1	0.68	0.64
LONGITUD DE PERFORACIÓN	0.62	0.63	0.18	0.22	0.72	0.29	0.68	1	0.77
AVANCE	0.68	0.69	0.02	-0.1	0.76	0.39	0.64	0.77	1

*Fuente:* Elaboración Propia

La gráfica previamente analizada revela que ciertas variables mantienen una correlación superior a 0.9, lo cual es un indicativo de colinealidad significativa entre ellas. Esta colinealidad sugiere que las variables no son independientes entre sí, sino que una puede predecir o explicar la variabilidad de la otra. En consecuencia, es posible reducir la cantidad de variables en el análisis sin perder información relevante, ya que algunas variables pueden considerarse redundantes debido a su alta interdependencia.

En una gráfica subsecuente, específicamente un mapa de calor que se enfoca en las variables con colinealidad se destaca que las variables Taladros Cargados, Carmex y Taladros Perforados están estrechamente relacionadas. El mapa de calor es una herramienta visual que permite identificar rápidamente las relaciones de colinealidad, donde los colores más cálidos

indican una mayor correlación. La presencia de colores que denotan una alta correlación entre estas variables específicas confirma que comparten una relación lineal fuerte, lo que justifica su agrupación y la posibilidad de simplificar el modelo de análisis al considerar solo una de ellas o al combinarlas de alguna manera para representar su efecto colectivo.

Esta simplificación es beneficiosa para el análisis de datos, ya que reduce la complejidad del modelo y mejora la interpretación de los resultados. Al eliminar o combinar variables colineales, se evita la multicolinealidad, que puede causar problemas en modelos estadísticos como la regresión lineal, donde puede inflar la varianza de los coeficientes estimados y hacer que las pruebas de hipótesis sean menos fiables. Por lo tanto, la identificación y el manejo adecuado de la colinealidad es un paso crucial en la preparación de datos para el análisis estadístico y la toma de decisiones basada en datos.

**Tabla 12**

*Mapa de calor preliminar de variables con datos faltantes con colinealidad*

Correlación		TALADROS	CARGADOS	CARMEX	TALADROS	PERFORADOS
Entre	VARIABLES					
(Preliminar)						
	TALADROS		1	0.99	0.93	
	CARGADOS					
	CARMEX		0.99	1	0.93	
	TALADROS		0.93	0.93	1	
	PERFORADOS					

*Fuente:* Elaboración Propia

Los resultados obtenidos revelan una conexión significativa entre tres variables específicas, lo que sugiere la existencia de una correlación múltiple entre estas y el resto de las variables con datos completos. Esta correlación se fundamenta en la colinealidad presente entre estas variables, lo que significa que su información está altamente interrelacionada. En consecuencia, existe la posibilidad de optar por utilizar solo una de estas tres variables en lugar de todas, lo que conduciría a una reducción en el número de variables y, por ende, en la variabilidad de los resultados.

Además de estas tres variables, se suma la variable de avance, que forma parte de los KPIs actuales sujetos a evaluación. Con la inclusión de esta variable, tenemos ahora un total de cuatro variables que pasarán a la etapa de imputación. Esta fase nos permitirá determinar el procedimiento más adecuado para abordar los datos faltantes en estas cuatro variables identificadas.

En relación al uso de la variable Carmex al no intervenir en los cálculos necesarios para los KPI operativos se ve por conveniente excluirlo del análisis y usar los otros 2, esto es posible debido a la colinealidad que se presenta.

Al centrarnos en estas variables específicas y en el proceso de imputación de datos, podremos desarrollar estrategias efectivas para gestionar la ausencia de información, lo que a su vez mejorará la calidad y la confiabilidad de nuestros análisis y resultados finales.

#### ***4.3.1. IMPUTACIÓN DE VARIABLES***

Una vez identificadas las variables más específicas para la evaluación de KPIs, surge la necesidad de abordar la imputación de datos faltantes, un proceso crucial en el análisis de datos. En este caso, el enfoque se centra en la imputación de la columna de "Taladros Cargados", donde se encuentran valores vacíos que deben ser tratados para mantener la integridad y fiabilidad de los datos.

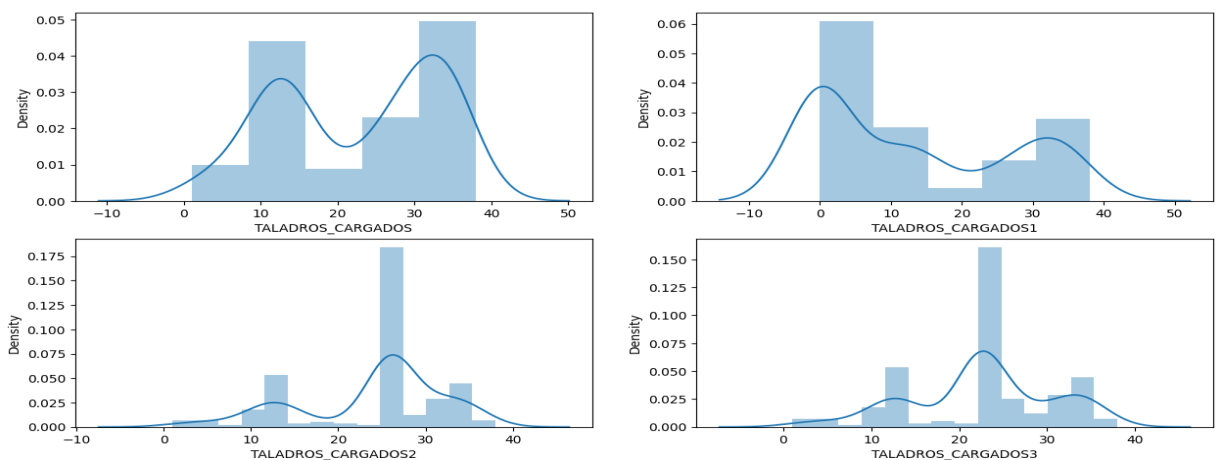


El procedimiento de evaluación de datos ausentes implica la sustitución de estos con diversos valores, como el 0, la mediana y la media. Posteriormente, se procede a la representación gráfica de las cuatro distribuciones resultantes, con el propósito de identificar aquella que se asemeje más a una distribución normal, considerada como la más idónea para continuar con el análisis e investigación subsiguiente.

En la gráfica presentada a continuación, se exhiben las distribuciones correspondientes a cada método de imputación empleado. En la primera, denominada "TALADROS\_CARGADOS", se visualiza la distribución original de los datos, mientras que en las siguientes tres gráficas se muestran las distribuciones resultantes tras la imputación de valores vacíos utilizando diferentes enfoques: reemplazo con cero (TALADROS\_CARGADOS1), mediana (TALADROS\_CARGADOS2) y media (TALADROS\_CARGADOS3). Este análisis permitirá determinar el enfoque más adecuado para la imputación de datos faltantes en la columna de "Taladros Cargados", garantizando así la integridad y calidad de los datos utilizados en la investigación.

## Gráfico 7

### *Distribución de la imputación de taladros cargados*



*Fuente:* Elaboración Propia

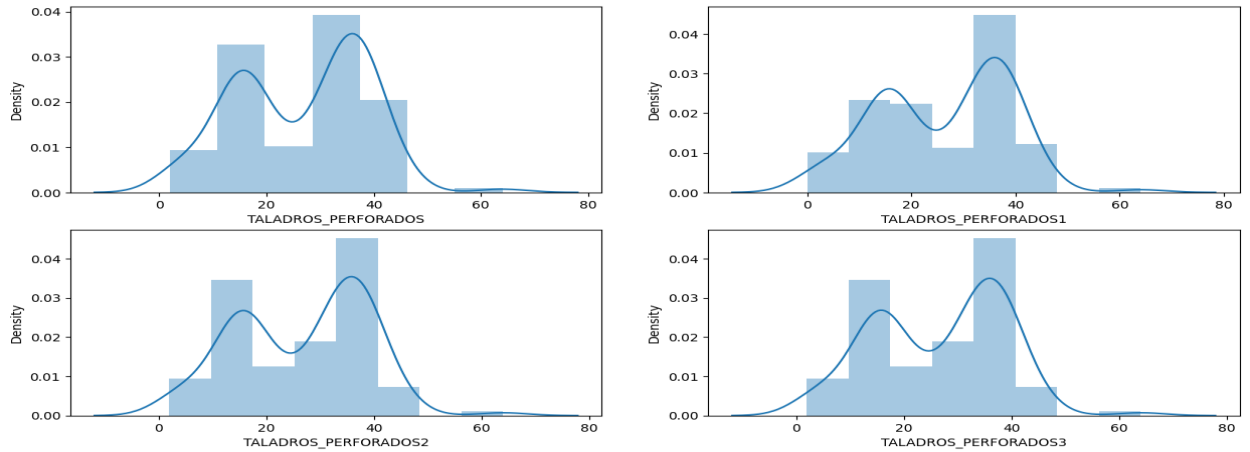
Tras el análisis detallado de las distribuciones resultantes de la imputación de datos faltantes en la columna de "Taladros Cargados", se observa claramente que la gráfica correspondiente a "TALADROS\_CARGADOS" exhibe una distribución más cercana a la normalidad en comparación con las demás opciones evaluadas. Este hallazgo sugiere que este enfoque de imputación ha logrado preservar la estructura original de los datos de manera más efectiva, lo que respalda su idoneidad para su inclusión en el análisis subsiguiente.

Por consiguiente, se ha tomado la decisión de eliminar las filas que contienen datos vacíos en la columna de "Taladros Cargados", ya que esta estrategia ofrece una solución eficaz para garantizar la integridad y coherencia de los datos utilizados en la investigación.

A continuación, se presenta una nueva serie de gráficas que muestran las distribuciones resultantes de la imputación de datos faltantes en la columna de "Taladros Perforados". En estas gráficas, se observan las distribuciones correspondientes a diferentes enfoques de imputación: reemplazo con cero (TALADROS\_PERFORADOS1), mediana (TALADROS\_PERFORADOS2) y media (TALADROS\_PERFORADOS3). Este análisis permitirá determinar la estrategia más adecuada para abordar los datos faltantes en la columna de "Taladros Perforados", asegurando así la calidad y fiabilidad de los datos utilizados en la investigación.

## Gráfico 8

### *Distribución de la imputación de taladros perforados*



*Fuente:* Elaboración Propia

Tras analizar detenidamente la gráfica anterior que representa las distribuciones resultantes de la imputación de datos faltantes en la columna de "Taladros Perforados", se destaca que la gráfica correspondiente a "TALADROS\_PERFORADOS1" exhibe una distribución más cercana a una distribución normal en comparación con las otras opciones evaluadas. Este descubrimiento respalda la decisión de optar por la estrategia de reemplazar los datos vacíos con el valor 0, ya que esta opción ha logrado preservar la estructura original de los datos de manera más efectiva.

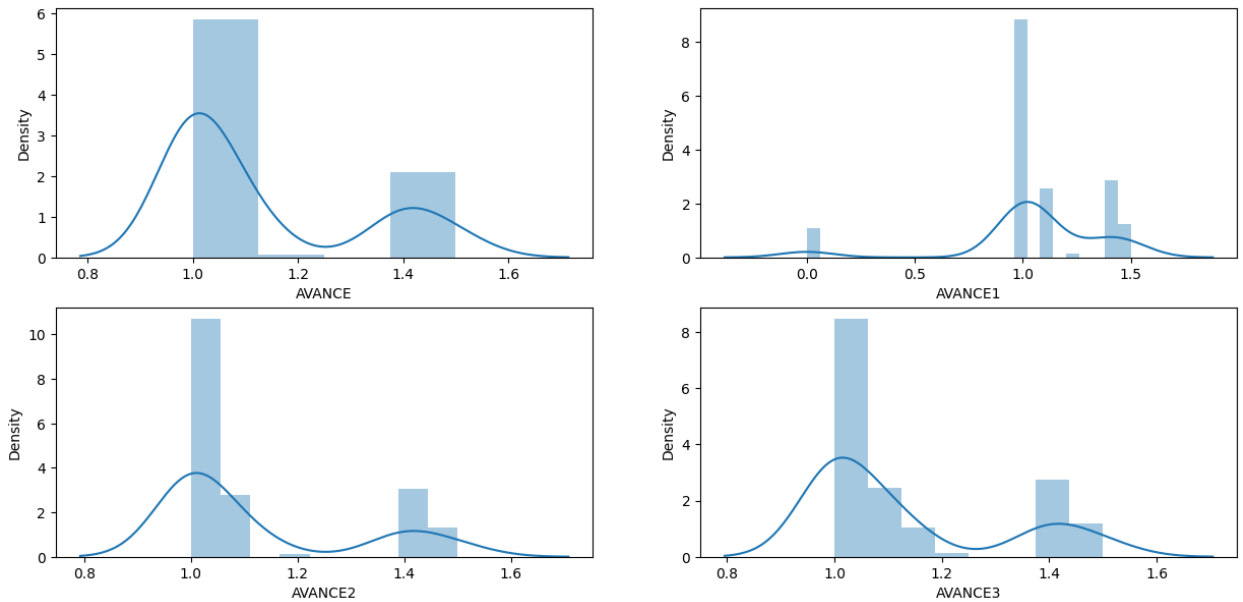
En consecuencia, se ha seleccionado la opción de reemplazar los datos faltantes en la columna de "Taladros Perforados" con el valor 0, lo que proporcionará una solución viable para abordar los datos ausentes y garantizar la integridad de los datos utilizados en el análisis subsiguiente.

A continuación, se presenta una nueva serie de gráficas que muestran las distribuciones resultantes de la imputación de datos faltantes en la columna de "Avance". Estas gráficas muestran las distribuciones correspondientes a diferentes métodos de imputación: reemplazo con 0 (AVANCE 1), mediana (AVANCE 2) y media (AVANCE 3). Este análisis permitirá identificar la

estrategia más adecuada para abordar los datos faltantes en la columna de "Avance", garantizando así la calidad y coherencia de los datos utilizados en la investigación.

### Gráfico 9

*Distribución de la imputación de avance*



*Fuente:* Elaboración Propia

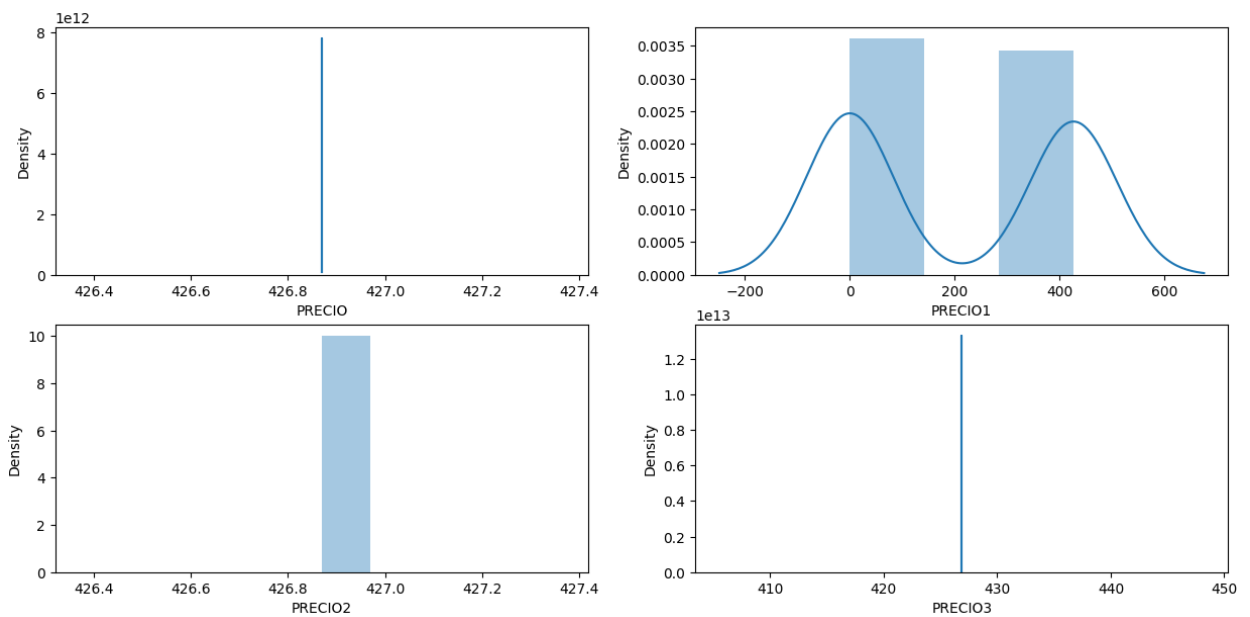
A partir del análisis detallado de la gráfica anterior que representa las distribuciones resultantes de la imputación de datos faltantes en la columna de "Avance", se destaca que la gráfica correspondiente a "AVANCE" exhibe una distribución que se asemeja más a una distribución normal en comparación con las otras opciones evaluadas. Este hallazgo respalda la decisión de optar por la estrategia de eliminar las filas que contengan datos vacíos en lugar de reemplazarlos con otros valores.

En consecuencia, se ha seleccionado la opción de eliminar las filas que contengan datos vacíos en la columna de "Avance", lo que permitirá mantener la integridad de los datos y preservar la distribución original de la variable en cuestión.

Ahora, se procede a evaluar las distribuciones resultantes de la imputación de datos faltantes en la columna de "Precio". Las nuevas gráficas representan las distribuciones correspondientes a diferentes métodos de imputación: reemplazo con 0 (PRECIO1), mediana (PRECIO2) y media (PRECIO3). Este análisis servirá para determinar la estrategia más adecuada para abordar los datos faltantes en la columna de "Precio", asegurando la coherencia y fiabilidad de los datos utilizados en el estudio.

### Gráfico 10

*Distribución de la imputación de precio*



*Fuente:* Elaboración Propia

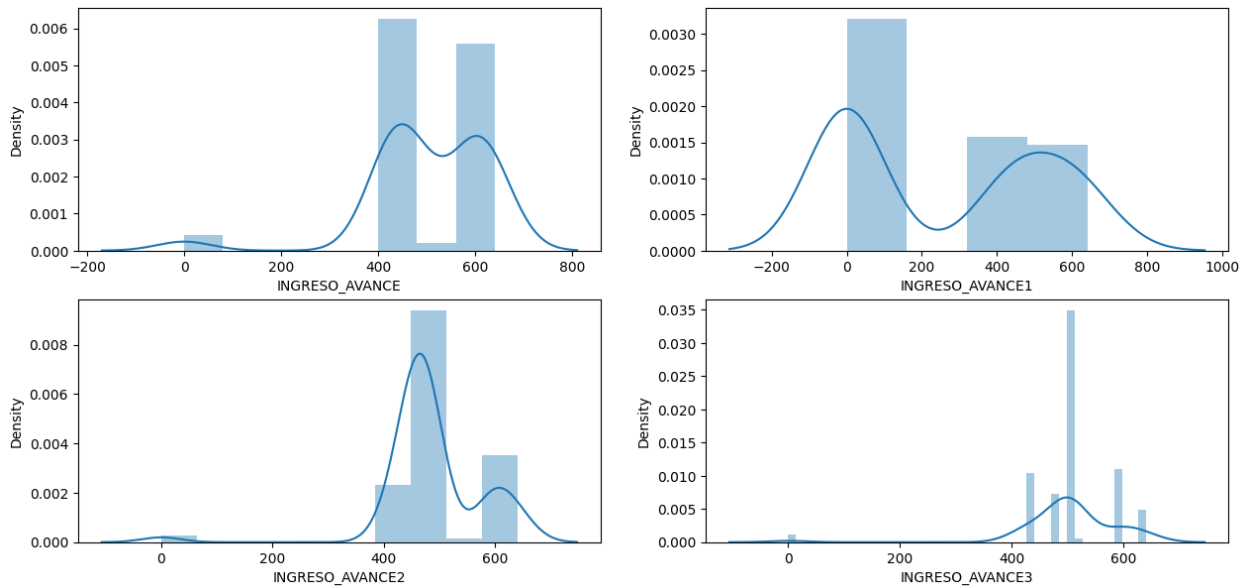
A partir del análisis de la gráfica previa que representa las distribuciones resultantes de la imputación de datos faltantes en la columna de "Precio", se destaca que la gráfica correspondiente a "PRECIO2" muestra una distribución que se asemeja más a una distribución normal en comparación con las otras opciones evaluadas. Este descubrimiento respalda la decisión de optar por la estrategia de reemplazar los datos vacíos con la mediana de la columna de "Precio".

En consecuencia, se ha seleccionado la opción de reemplazar los datos vacíos en la columna de "Precio" con la mediana, lo que garantizará una imputación más precisa y una distribución de datos más coherente.

Ahora, se procede a evaluar las distribuciones resultantes de la imputación de datos faltantes en la columna de "INGRESO\_AVANCE". Las nuevas gráficas representan las distribuciones correspondientes a diferentes métodos de imputación: reemplazo con 0 (INGRESO\_AVANCE1), mediana (INGRESO\_AVANCE2) y media (INGRESO\_AVANCE3). Este análisis permitirá determinar la estrategia óptima para abordar los datos faltantes en la columna de "INGRESO\_AVANCE", asegurando la coherencia y fiabilidad de los datos utilizados en el estudio.

### Gráfico 11

*Distribución de la imputación de ingreso avance*



*Fuente:* Elaboración Propia

A partir del análisis de la gráfica previamente presentada, se constata que la representación correspondiente a "INGRESO\_AVANCE2" exhibe una distribución más cercana a una

distribución normal en comparación con las otras opciones evaluadas. Este hallazgo refuerza la decisión de elegir la estrategia de reemplazar los datos faltantes en la columna de "INGRESO\_AVANCE" con la mediana.

Por consiguiente, se ha seleccionado la alternativa de imputar los datos vacíos en la columna de "INGRESO\_AVANCE" utilizando la mediana como método de reemplazo. Esta elección se basa en la búsqueda de una imputación precisa y coherente que garantice la integridad y fiabilidad de los datos en el análisis subsiguiente.

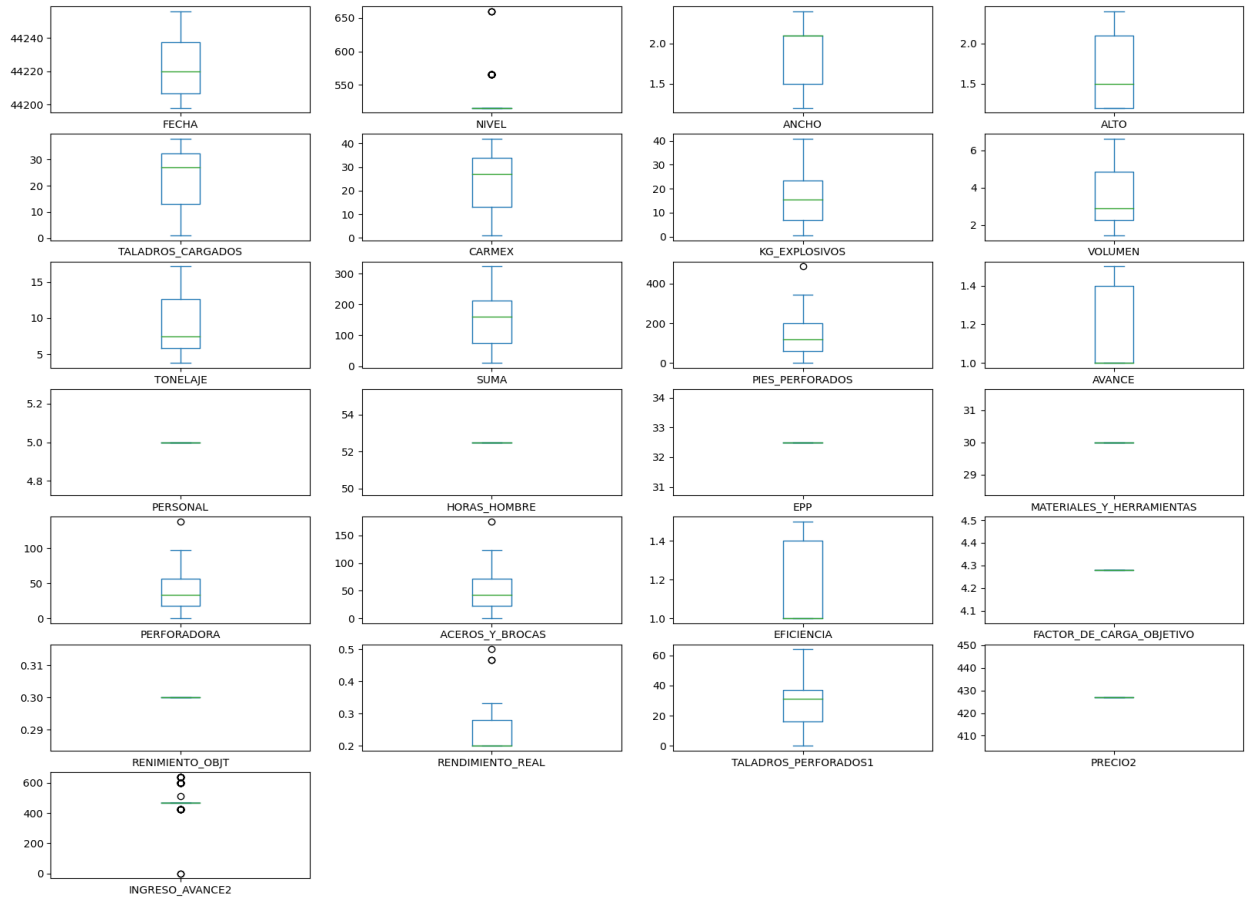
#### ***4.3.2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE KPI'S***

Luego de la fase inicial de recolección de datos, se obtuvo un conjunto inicial de información que constaba de 38 columnas y 212 filas. Sin embargo, tras llevar a cabo una exhaustiva evaluación preliminar durante el análisis exploratorio de datos y completar el proceso de imputación de datos faltantes, se logró reducir el conjunto de datos resultante a 115 filas y 32 columnas. Este conjunto de datos procesado y depurado será utilizado en las siguientes etapas del análisis.

Asimismo, como parte de esta fase, se generaron diagramas de caja para cada una de las variables sujetas a análisis. Estos diagramas proporcionan una visualización detallada de la distribución y la dispersión de los datos en cada una de las variables consideradas, lo que permitirá una comprensión más profunda de su comportamiento y posibles patrones subyacentes.

## Gráfico 12

### Diagramas de caja



Fuente: Elaboración Propia

Entre todas las variables necesitamos identificar cuáles de ellas son cuantitativas y cuáles son cualitativas, ya que sobre las mismas se pueden emplear métodos estadísticos más objetivos, entre estos tenemos los siguientes:

**Tabla 13**

Todas las variables

N°	Todas las variables
1	'Fecha'



---

2	'Nivel'
3	'Ancho'
4	'Alto'
5	'Taladros Cargados'
6	'Carmex'
7	'Kg Explosivos'
8	'Volumen'
9	'Tonelaje'
10	'Suma'
11	'Pies_Perforados'
12	'Avance'
13	'Personal'
14	'Horas_Hombre'
15	'Epp'
16	'Materiales_Y_Herramientas'
17	'Perforadora','Aceros_Y_Brocas','Eficiencia'
18	'Factor_De_Carga_Objeto'
19	'Renimiento_Objt'
20	'Rendimiento_Real'
21	'Taladros_Perforados1'
22	'Precio2'
23	'Ingreso_Avance2'

---

*Fuente:* Elaboración Propia

Entre estas variables tenemos que hay algunas que al aún ser como cuantitativas de deben considerar como cualitativas al tener un uso cualitativo y así reduciendo aún más la cantidad de variables a usar, las que se usaran son las siguientes:

**Tabla 14**

*Variables cuantitativas*

N°	Variables cuantitativas
1	'Ancho'
2	'Alto'
3	'Taladros_Cargados'
4	'Carmex'
5	'Kg_Explosivos'
6	'Volumen'
7	'Tonelaje'
8	'Suma'
9	'Pies_Perforados'
10	'Avance'
11	'Perforadora'
12	'Aceros_Y_Brocas'
13	'Eficiencia'
14	'Rendimiento_Real'
15	'Taladros_Perforados1'

*Fuente:* Elaboración Propia

### **4.3.3. EMPLEO DE LAS HERRAMIENTAS AVANZADAS**

El algoritmo KMeans se erige como una herramienta esencial en el ámbito del análisis de datos no supervisado, especialmente valiosa para la segmentación y agrupación de datos heterogéneos en conjuntos coherentes. Dentro del contexto de este proyecto de investigación en la Mina San Juan de Chorunga, su aplicación reviste una importancia crucial para explorar y comprender en profundidad la dinámica de los indicadores clave de rendimiento operativo (KPIs).

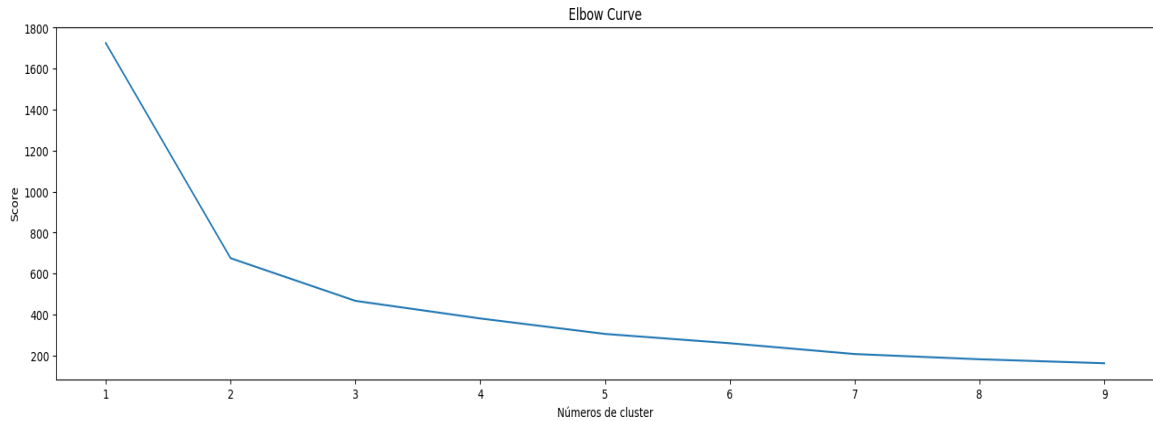
El proceso de implementación del algoritmo KMeans comienza con la selección cuidadosa de las variables relevantes para el análisis, lo que puede incluir aspectos como el Factor de Carga, Factor de Avance, Pies perforados por disparo, Taladros cargados por disparo, y otras medidas relevantes. Estas variables actúan como dimensiones en un espacio multidimensional donde se llevó a cabo la agrupación de datos.

Una vez que se han identificado las variables pertinentes, se procede a aplicar el algoritmo KMeans, el cual segmentará los datos en clusters o grupos basados en la similitud de sus características. La similitud entre las observaciones se determina mediante la distancia entre ellas en el espacio multidimensional definido por las variables seleccionadas.

La implementación práctica de este algoritmo se lleva a cabo utilizando herramientas y bibliotecas especializadas en el análisis de datos, como scikit-learn en Python. Sin embargo, un paso crucial en este proceso es determinar el número óptimo de clusters, ya que esto influirá significativamente en la interpretación y utilidad de los resultados obtenidos.

#### **Gráfico 13**

*Número de Cluster*



*Fuente:* Elaboración Propia

Para abordar esta cuestión, se emplea el Método del Codo, una técnica ampliamente utilizada que implica trazar un gráfico que muestra la suma de las distancias cuadradas intra-cluster en función del número de clusters. Se busca el punto en el que la curva comienza a aplanarse, lo que se conoce como el "codo". Este punto indica el número óptimo de clusters, donde se logra un equilibrio entre la cohesión de los clusters y la separación entre ellos, permitiendo una interpretación más clara y significativa de los datos agrupados.

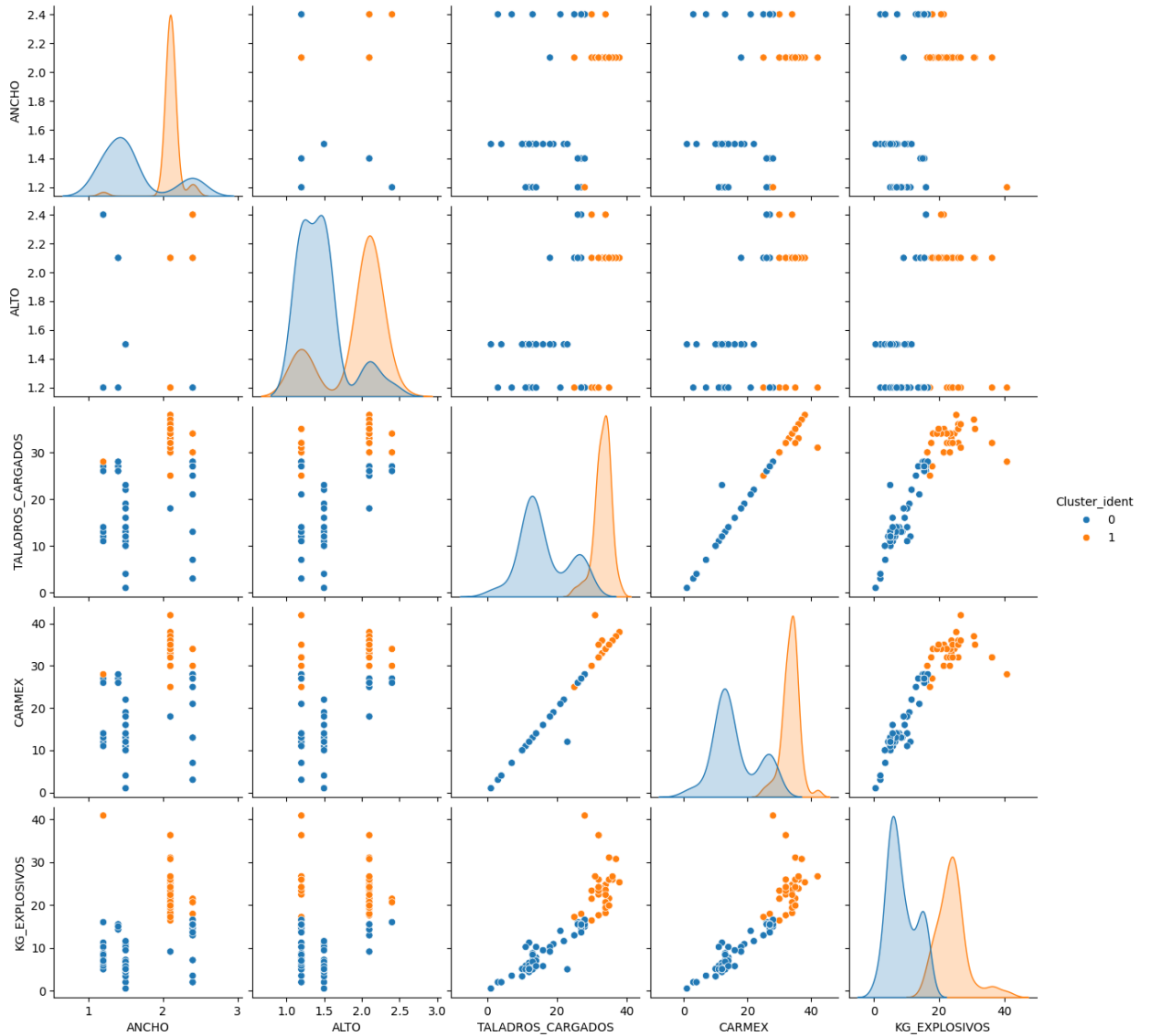
Se refiere a la suma de las distancias al cuadrado de todos los puntos dentro de cada grupo (cluster), calculada desde el centroide de ese grupo. En otras palabras, cuánto están los puntos dentro de un mismo grupo cerca unos de otros en comparación con los otros grupos. Este valor se utiliza en el Método del Codo para encontrar el número óptimo de clusters, buscando el punto en el gráfico donde las distancias cuadradas intra-cluster dejan de disminuir significativamente.

Los resultados de esta aplicación se presentan de manera visual a través de matrices de dispersión, que muestran una clasificación cromática de los datos. Es importante destacar que esta clasificación no es simplemente una asignación aleatoria de colores; por el contrario, refleja la identificación de patrones intrínsecos en los datos cuantitativos y su agrupación en función de los centroides de los clusters establecidos previamente.

Estas matrices de dispersión constituyen una herramienta visual poderosa que permite una comprensión intuitiva y profunda de la estructura subyacente de los datos, facilitando la identificación de relaciones significativas y tendencias emergentes. Mediante este enfoque, el equipo de investigación puede explorar de manera efectiva la complejidad de los datos y extraer conocimientos valiosos que contribuyan a una toma de decisiones informada y estratégica en el contexto de la Mina San Juan de Chorunga.

## Gráfico 14

Primera matriz de dispersión según el clustering

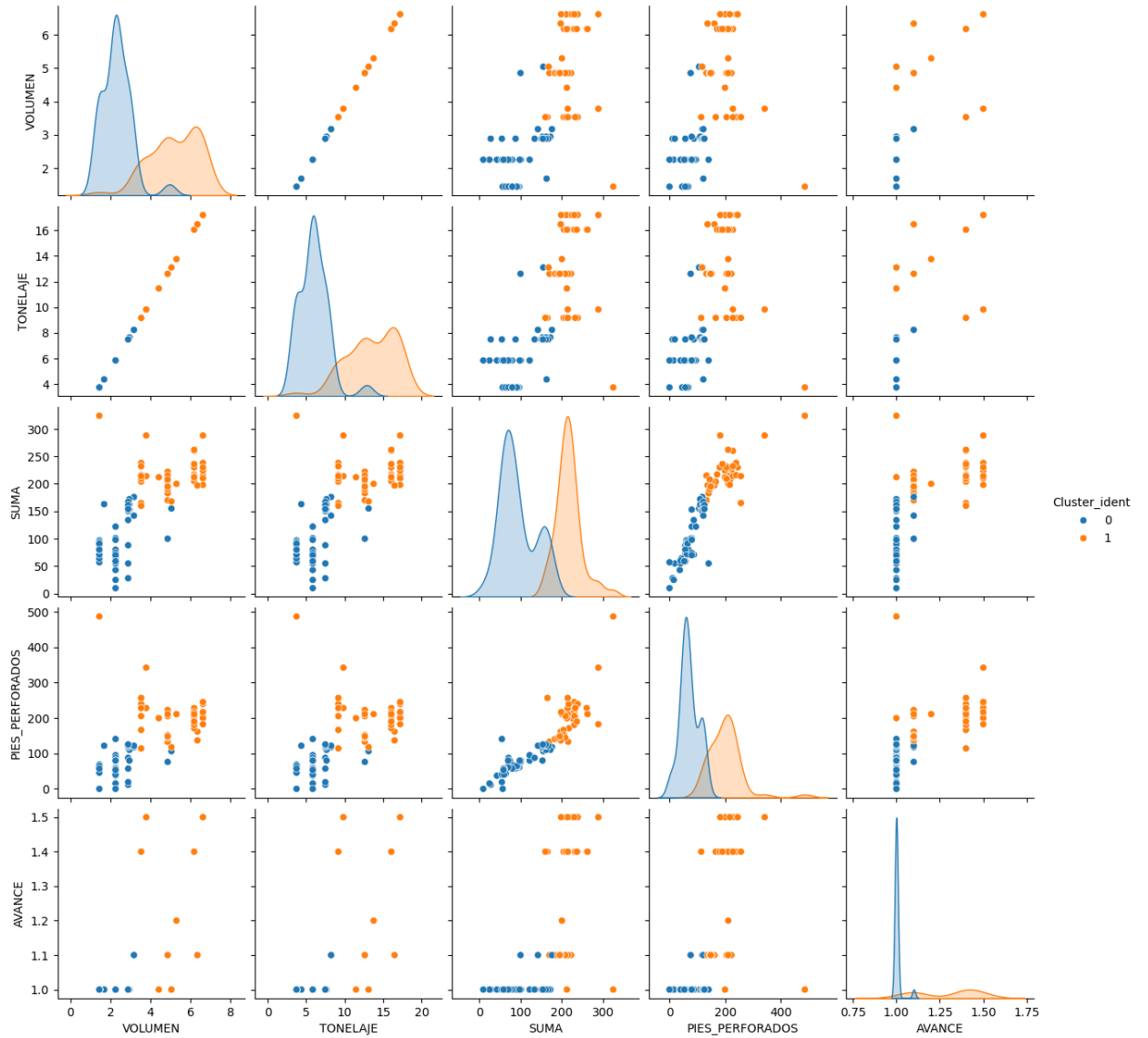


Fuente: Elaboración Propia

Nota: La matriz de dispersión en relación a la separación de colores por tipo de agrupación y en la intersección de la misma variable se tiene gráficos de densidades con el sombreado por agrupación.

## Gráfico 15

Segunda matriz de dispersión según el clustering

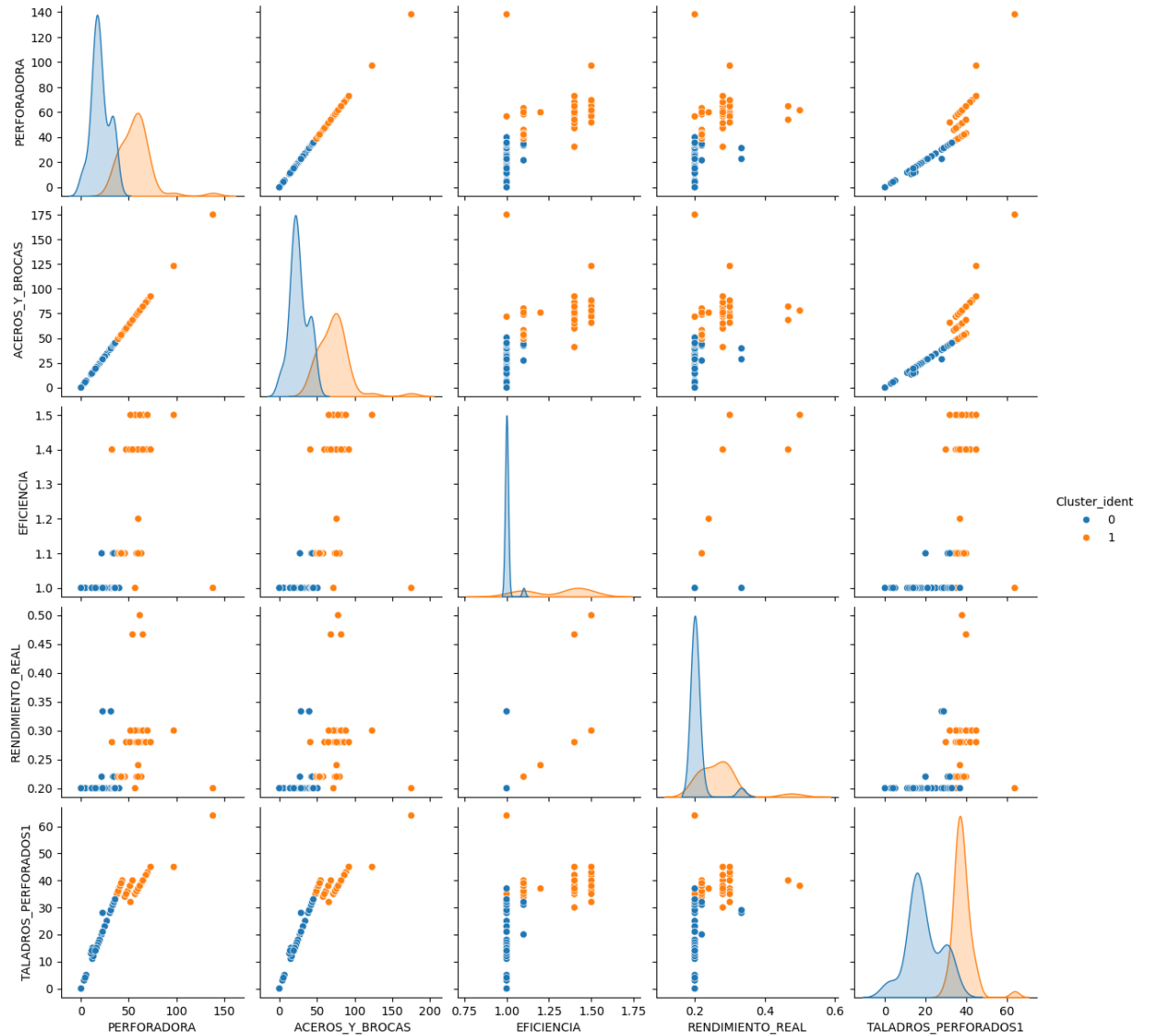


Fuente: Elaboración Propia

Nota: La matriz de dispersión en relación a la separación de colores por tipo de agrupación y en la intersección de la misma variable se tiene gráficos de densidades con el sombreado por agrupación

## Gráfico 16

Tercera matriz de dispersión según el clustering



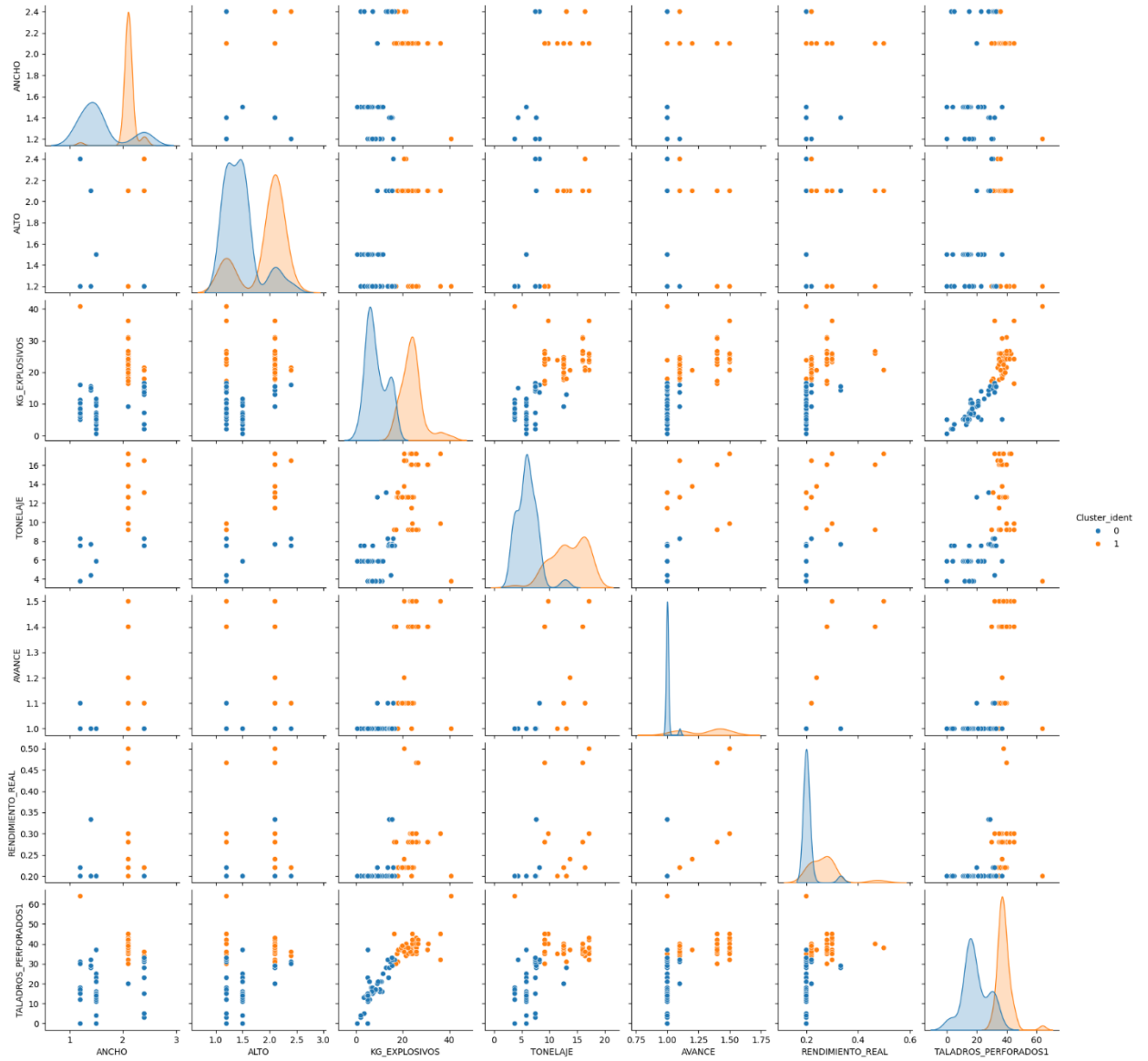
Fuente: Elaboración Propia

Nota: La matriz de dispersión en relación a la separación de colores por tipo de agrupación y en la intersección de la misma variable se tiene gráficos de densidades con el sombreado por agrupación



## Gráfico 17

### Cuarta matriz de dispersión según el clustering



Fuente: Elaboración Propia

La representación gráfica presentada anteriormente ofrece una exploración de la disposición y distribución de los datos, mostrando cómo se distribuyen las observaciones en relación con diferentes variables y cómo se asignan a distintos clusters a través de una variación de colores. Este gráfico proporciona una visión detallada de la agrupación de datos y la estructura

subyacente en el conjunto de datos analizado. Es crucial destacar que, para este análisis en particular, se cuenta con un total de 115 observaciones y se están considerando 16 atributos diferentes, cada uno de los cuales desempeña un papel significativo en la caracterización y clasificación de los datos.

## **CAPITULO V**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **5.1.RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

La representación gráfica que se presenta a continuación ofrece una visualización completa y detallada de estos valores. Se muestran cuatro conjuntos de datos para cada KPI: los valores estándar, los valores de clustering y los valores resultantes, proporcionando así una panorámica completa de cómo han evolucionado estos indicadores a lo largo del proceso de análisis. Esta evaluación comparativa es crucial para determinar la eficacia del análisis de clustering y su impacto en la optimización de los KPIs operativos en la Mina San Juan de Chorunga.

En la siguiente tabla se muestran los valores resultantes teniendo que los valores denominados Standar hacen referencia a los usados de manera convencional previos al análisis, los denominados Cluster hacen referencia a los valores en promedio por cada clasificación post análisis, es decir, son el promedio de cada cluster y los denominados Resultantes hacen referencia al valor promedio del total de valores en estudio.

En relación a la evidencia y los datos de origen de las siguientes tablas y gráficas se tiene el ultimo anexo donde se evidencia la base de datos post análisis, dando origen a información objetiva que permite variar los kpi's, en la misma se evidenciara que las columnas que hacen referencia a los valores calculadas de los kpi's, ya se encuentran integrados en la misma base de datos esto para automatizar el proceso y minimizar el tiempo de demora en relación al análisis de datos.

**Tabla 15**

*Nuevos valores de KPI's*

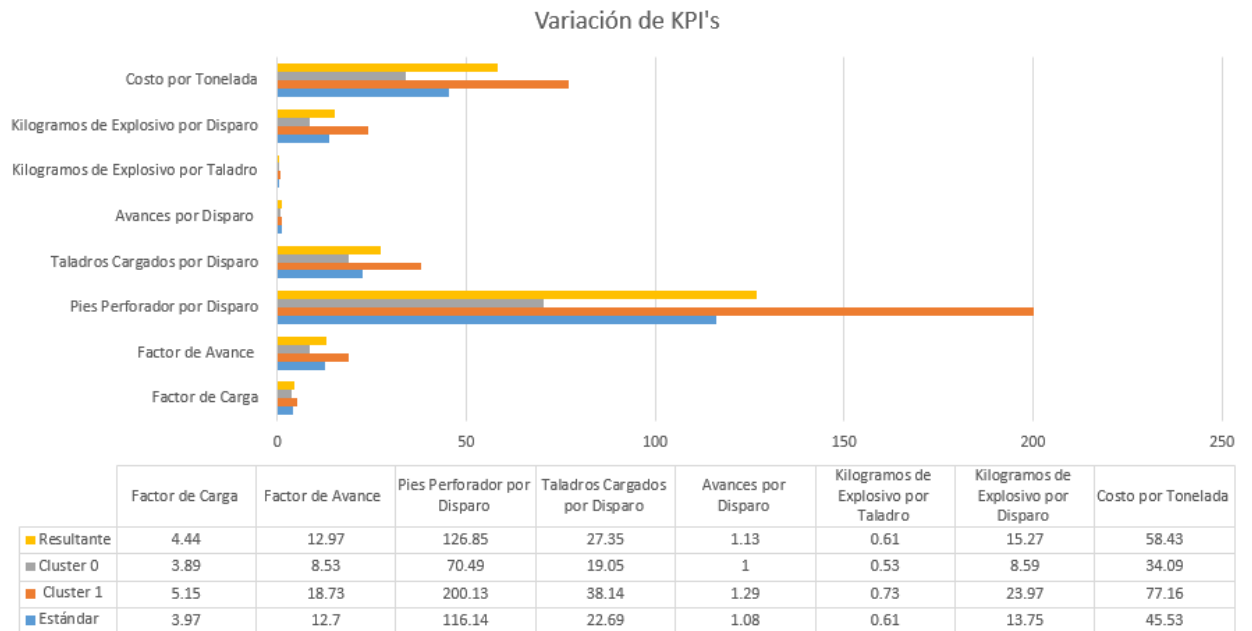
Factor de carga Standar <b>3.97</b>	Factor de avance Standar <b>12.70</b>	Pies perforados por disparo Standar <b>116.14</b>	Taladros cargados por disparo Standar <b>22.69</b>
Factor de carga por Cluster 1 <b>5.15</b> 0 <b>3.89</b>	Factor de avance por Cluster 1 <b>18.73</b> 0 <b>8.53</b>	Pies perforados por disparo por Cluster 1 <b>200.13</b> 0 <b>70.49</b>	Taladros cargados por disparo por Cluster 1 <b>38.14</b> 0 <b>19.05</b>
Factor de carga Resultante <b>4.44</b>	Factor de avance Resultante <b>12.97</b>	Pies perforados por disparo Resultante <b>126.85</b>	Taladros cargados por disparo Resultante <b>27.35</b>
Avance por disparo Standar <b>1.08</b>	Kilogramos por taladro Standar <b>0.61</b>	Kilogramos por disparo Standar <b>13.75</b>	Costo por tonelada Standar <b>45.53</b>
Avance por disparo por Cluster 1 <b>1.29</b> 0 <b>1.00</b>	Kilogramos por taladro por Cluster 1 <b>0.73</b> 0 <b>0.53</b>	Kilogramos por disparo por Cluster 1 <b>23.97</b> 0 <b>8.59</b>	Costo por tonelada por Cluster 0 <b>77.16</b> 1 <b>34.09</b>
Avance por disparo Resultante <b>1.13</b>	Kilogramos por taladro Resultante <b>0.61</b>	Kilogramos por disparo Resultante <b>15.27</b>	Kilogramos por disparo Resultante <b>58.43</b>

*Fuente:* Elaboración Propia

De la misma resaltar el uso de los costos por tonelada y como estos varían en relación a su uso, donde tenemos el Estándar como el usado de manera convencional y posteriormente los otros valores que son resultados de una análisis donde podemos definir que una mejor selección de kpi permitiría reducir los costos por tonelada en relación a la selección de KPI usados donde se vería como fluctuaría el incremento de los costos en relación al cambio de KPI y cual es usado en la operación, en la siguiente gráfica se puede observar a detalle el criterio de selección de kpi y como esto influye en los costos por tonelada.

## Gráfico 18

### Variación de KPI's



*Fuente:* Elaboración Propia

Mediante este proceso de análisis y evaluación de los KPIs operativos, se ha abierto la puerta a la consideración de nuevas opciones para la incorporación de indicadores clave que puedan ofrecer una perspectiva más precisa y adaptada a las necesidades operativas de la mina. En base a los datos recopilados y los resultados obtenidos del análisis de clustering, se puede concluir que la recomendación de nuevos valores para los KPIs se basa en la adaptabilidad óptima a las condiciones y requerimientos de la operación minera en la Mina San Juan de Chorunga.

Los valores resultantes de este proceso, presentados de manera detallada a continuación, ofrecen una visión comparativa entre los valores estándar, los valores generados por el clustering y los valores resultantes que han surgido como producto de todo el análisis. Estos valores son esenciales para comprender cómo el proceso de agrupación de datos ha influido en los KPIs operativos y cómo se reflejan estos cambios en la eficiencia y productividad de la mina:

- Factor de carga:
  - Estándar: 3.97
  - Cluster 1: 5.15
  - Cluster 0: 3.89
  - Resultante: 4.44
  
- Factor de avance:
  - Estándar: 12.7
  - Cluster 1: 18.73
  - Cluster 0: 8.53
  - Resultante: 12.97
  
- Pies perforados por disparo:
  - Estándar: 116.14
  - Cluster 1: 200.13
  - Cluster 0: 70.49
  - Resultante: 126.85
  
- Taladros cargados por disparo:
  - Estándar: 22.69
  - Cluster 1: 38.14
  - Cluster 0: 19.05
  - Resultante: 27.35
  
- Avance por disparo:
  - Estándar: 1.08
  - Cluster 1: 1.29

- Cluster 0: 1
- Resultante: 1.13
- Kilogramos de explosivo por taladro:
  - Estándar: 0.61
  - Cluster 1: 0.73
  - Cluster 0: 0.53
  - Resultante: 0.61
- Kilogramos de explosivo por disparo:
  - Estándar: 13.75
  - Cluster 1: 23.97
  - Cluster 0: 8.59
  - Resultante: 15.27

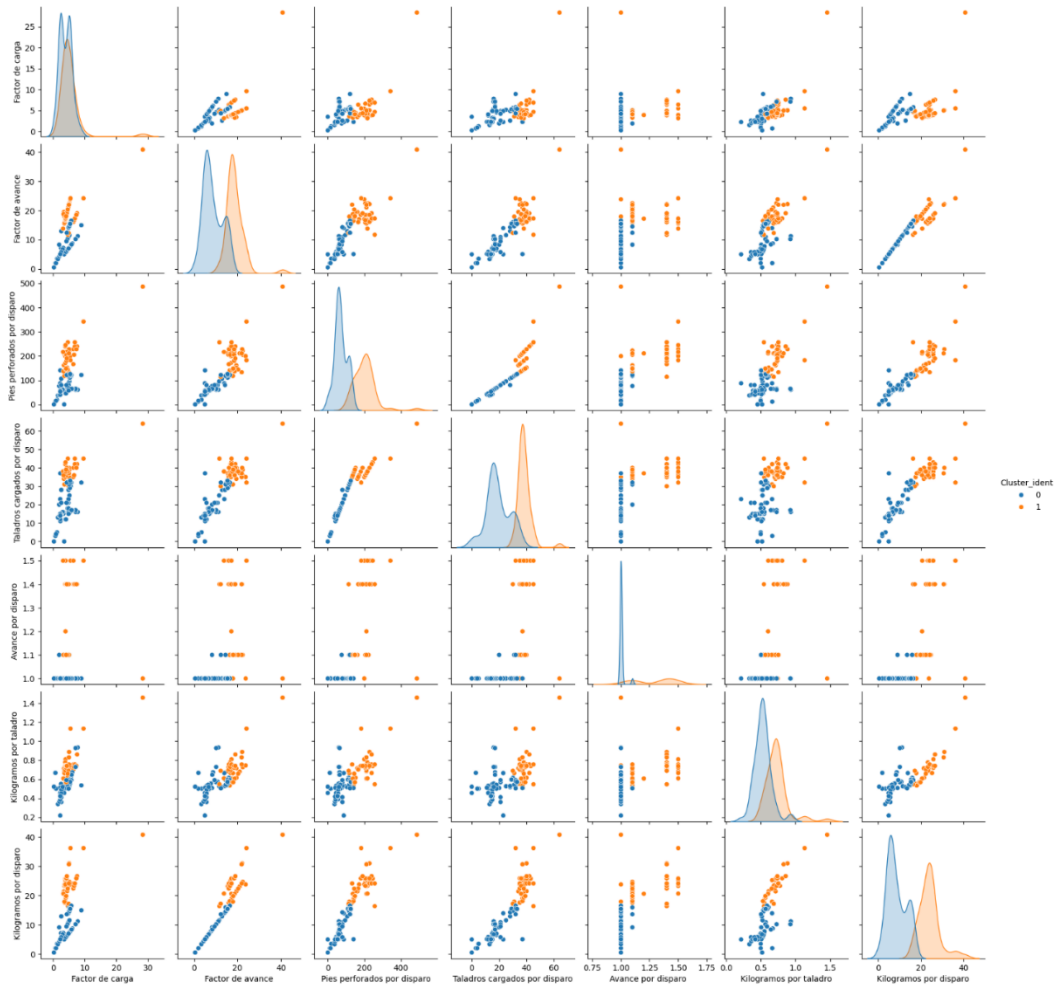
Estos valores, meticulosamente derivados del análisis estadístico y la evaluación de clustering, representan una herramienta invaluable para la toma de decisiones estratégicas en la gestión operativa de la mina, ofreciendo una visión más precisa y adaptada a las condiciones y desafíos específicos que enfrenta el equipo de operaciones.

## **5.2.DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Sin embargo, en relación a lo que dice los autores (Castillo Requiz, Tarazona Silva, Tarazona Silva, Hurtado Enriquez, & Cornelio Orbegoso, 2023), coinciden que el uso del clustering como herramienta organizativa de una base de datos en minería resulta beneficioso y se diferencia en el uso de otros métodos como la mejora continua o la estadística descriptiva, haciendo énfasis en su precisión del manejo de datos a gran escala y con una naturaleza de distribución por agrupación.

## Gráfico 19

### Matriz de KPI's por clustering



*Nota:* La matriz de dispersión en relación a la separación de colores por tipo de agrupación y en la intersección de la misma variable se tiene gráficos de densidades con el sombreado por agrupación.

La gráfica anterior ofrece una visión esclarecedora sobre la comprensión del funcionamiento del clustering y su aplicación en un contexto operativo más amplio. En ella, se presenta una matriz de dispersión detallada de los KPIs, que proporciona una representación visual de cómo se clasifican los datos y los criterios utilizados para dicha clasificación, basándose en los promedios por clúster y los promedios totales de cada variable.



Este análisis matricial revela la agrupación y distribución de los datos en relación con los diferentes clusters identificados por el algoritmo de clustering. Cada punto en la matriz representa una observación única dentro del conjunto de datos y su posición refleja su relación con otras observaciones en función de las variables KPI consideradas.

Al examinar detenidamente esta matriz de dispersión, se pueden identificar patrones emergentes y relaciones significativas entre los KPIs evaluados. Esta visualización permite una comprensión más profunda de cómo se agrupan los datos y cómo se relacionan las diferentes variables entre sí dentro de cada cluster, lo que proporciona información valiosa para la toma de decisiones y la formulación de estrategias operativas más efectivas.

En resumen, la matriz de dispersión de los KPIs ofrece una herramienta poderosa para explorar la estructura subyacente de los datos y comprender mejor la dinámica operativa de la mina. Al aprovechar esta información, el equipo de investigación puede identificar áreas de mejora, detectar tendencias importantes y desarrollar soluciones adaptadas a las necesidades específicas de la operación minera en cuestión.

## CONCLUSIONES

Se ha confirmado que la evaluación de los KPIs operativos desempeña un papel fundamental en la gestión y mejora del rendimiento en las operaciones mineras. Los KPIs proporcionan una visión detallada y cuantitativa de aspectos clave de la operación minera, lo que permite a los gestores identificar áreas de mejora y tomar decisiones estratégicas para aumentar la eficiencia y la productividad en la mina.

Se llevó a cabo un diagnóstico detallado de las labores de avance en la zona Esperanza. Se examinaron diversos parámetros para identificar deficiencias y áreas de oportunidad. Entre estos parámetros se encuentran el Factor de Carga, el Factor de Avance, los Pies perforados por disparo, los Taladros cargados por disparo, el Avance por disparo, los Kilogramos de explosivo por taladro, y los Kilogramos de explosivo por disparo.

Los resultados obtenidos revelaron que, si bien ciertos KPIs como el Factor de Carga y el Factor de Avance son fundamentales, otros parámetros como el Avance por disparo y los Kilogramos de explosivo por taladro también tienen un impacto significativo en el rendimiento operativo. Por ejemplo, se observó que el promedio del Factor de Carga estándar fue de 3.97, mientras que después del análisis de clustering, el promedio resultante fue de 4.44, lo que indica una mejora en la eficiencia operativa.

Sin embargo, también se identificaron áreas de preocupación. Por ejemplo, el promedio de los Kilogramos de explosivo por disparo experimentó un aumento significativo después del análisis de clustering, lo que sugiere un uso menos eficiente de los explosivos y posiblemente costos adicionales asociados. Esto resalta la importancia de evaluar de manera integral todos los KPIs operativos y no limitarse solo a los indicadores estándar.

## **RECOMENDACIONES**

Llevar a cabo una revisión continua de los KPIs operativos, incorporando nuevos indicadores según sea necesario para capturar todos los aspectos relevantes de la operación minera. Esto garantizará que la evaluación sea completa y precisa, proporcionando información útil para la toma de decisiones.

Implementar medidas para abordar las deficiencias identificadas durante el análisis de los KPIs. Esto podría implicar la optimización de procesos, la actualización de equipos o la revisión de procedimientos operativos para mejorar la eficiencia y reducir los costos.

Invertir en capacitación y desarrollo del personal para garantizar que estén familiarizados con los KPIs y comprendan cómo su trabajo contribuye a los objetivos operativos. Esto puede ayudar a aumentar la conciencia y el compromiso con la mejora continua en toda la organización.

Utilizar herramientas de análisis avanzadas, como algoritmos de machine learning y técnicas de clustering, para obtener información más detallada y precisa sobre el rendimiento operativo. Estas herramientas pueden ayudar a identificar patrones y tendencias que de otro modo podrían pasar desapercibidos, permitiendo una toma de decisiones más informada y estratégica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Caballero Cerda, G. (2013). *KPI's fundamentales para la gestión del área productiva de una minera mediana producción de cátodos de cobre en Chile*. tesis para optar al grado de magíster en control de gestión, universidad de Chile, facultad de economía y negocios, Santiago de Chile.
- Castillo Requiz, B. J., Tarazona Silva, J. D., Tarazona Silva, C. E., Hurtado Enriquez, C., & Cornelio Orbegoso, F. A. (2023). "Automatización del análisis exploratorio de datos y procesamiento geoquímico univariado empleando Python". (U. N. Marcos, Ed.) *Revista Institucional de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas, Metalúrgica y Ciencias Geológicas y Geográficas*, 26(51).  
doi:<https://doi.org/10.15381/iigeo.v26i51.24493>
- Castro Alvarez, C. F. (2015). *Modelamiento Numérico de la dilución por sobre excavación en minería subterránea explotada por sublevel stopping*. Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Espinoza Picoy, F. W. (2022). *Control operativo de los metros de avance por disparo mediante la metodología lean six sigma*. tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). Ciudad de Mexico, México: Mc Graw Hill Education.
- Inga Villazana, W. N. (2020). *El diseño de malla de perforación y su influencia en la calidad de fragmentación de roca en la compañía minera alpayana s.a.* ". tesis de pregrado, Universidad Continental, escuela académico profesional de Ingeniería de Minas, Lima.

- Lopez Jimeno, C. (2004). *"Manual de perforación y voladura de Rocas"* (4 ed.). Madrid, España: Instituto Geológico y Minero de España.
- Mamani Rodriguez, Z. E. (2015). *"Aplicación de la minería de datos distribuida usando algoritmo de clustering K-means para mejorar la calidad de servicios de las organizaciones modernas"*. Tesis de Posgrado, Universidad Nacional de San Marcos, facultad de Ciencias Matemáticas, Lima.
- Ñaupas Paitan, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. P., & Romero Delgado, H. E. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa . cualitativa y redacción de la tesis.* ediciones de la U.
- Pinto Apaza, J. (2024). *"Comunicación del pique inclinado esperanza al Nv 734 para incrementar la extracción de mineral, U.O, Orex - San Juan de Chorunga - Arequipa"*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, Cusco.
- Quispe Trujillo, J. (2021). *"Diseño de perforación y voladura aplicando el método de regresión lineal para controlar el avance y la sobrerotura en la mina San Juan de Chorunga - Arequipa"*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, Cusco.

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1**

#### **1. ÁMBITO DE ESTUDIO , GEOLOGÍA Y MINERÍA**

##### **1.1.UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

La concesión minera “San Juan de Chorunga”, está ubicado en el flanco occidental de los andes, el gran batolito costanero del sur del Perú, en el extremo sur de la “Franja aurífera”, Nazca – Ocoña, área de desarrollo de las operaciones de la Compañía Minera CENTURY MINING PERÚ S.A.C, Se encuentra ubicado en el paraje San Juan, distrito de Río Grande, provincia de Condesuyo en la región de Arequipa. Coordenadas UTM Coordenadas Geográficas Norte: 8 241 180.000 Latitud: 16° 54’ 07’’ S Este: 709 114.000 Longitud: 73° 02’ 06’’ W Altitud: 731.850 m.s.n.m. Hoja: 32 - P Zona: 18 Datum: PSAD 56 Las coordenadas UTM se tomaron como referencia el punto centro del campamento.

##### **1.2.ACCESIBILIDAD**

El acceso a la concesión minera “San Juan de Chorunga”, es realizado por vía aérea y terrestre, el recorrido es detallado en las tablas siguientes: El acceso desde la ciudad de Lima es por la panamericana Sur, hasta la localidad de Ocoña en el Km., 785 de donde se ingresa hacia el Este, por la quebrada del mismo nombre, siguiendo la carretera afirmada hasta llegar al poblado de Alto Molino, de dónde se ingresa por la quebrada Chorunga hasta el campamento San Juan Pampa.

**Tabla 16**

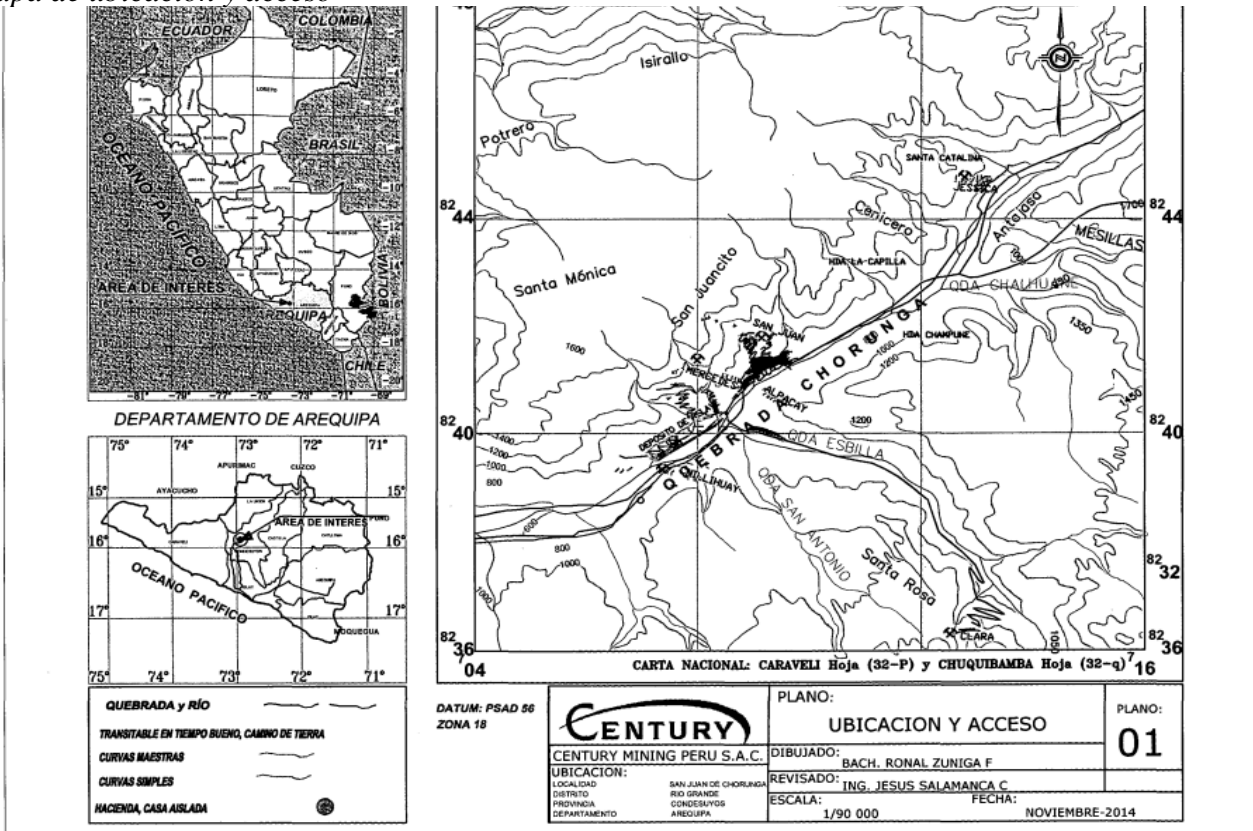
*Accesibilidad*

RUTA	TRAMO	VIA	DISTANCIA(Km)	TIEMPO(Horas)
1	Lima - Arequipa	Aérea	856	1h 10 min
2	Arequipa - Ocoña	Asfaltada	245	3h 00 min
3	Ocoña – Concesión de Beneficio “San Juan de Chorunga”	Afirmada	75	2h 10 min
<b>Total</b>			1176	6h 20 min

Fuente: Elaboración propia

**Figura 10**

*Mapa de ubicación y acceso*



Nota: Mapa actualizado al 2014

### **1.3.CLIMA Y VEGETACIÓN**

En general el clima de la zona es cálido y seco similar al que se presenta a lo largo de la costa del sur del Perú, bastante árido del tipo desértico con una humedad relativa muy por debajo de lo 85%. En los meses de verano (enero–abril) ocurren precipitaciones pluviales esporádicas en el área, y cuando las hay, son mayormente de carácter torrencial, en los meses de mayo a octubre la estación es normalmente seca; una característica es la ocurrencia de fuertes vientos generalmente por las tardes, con dirección Oeste-Este.

La temperatura promedio es de 15°C, en invierno es de 10°C y en verano llega a los 32°C.

La variación de la temperatura es:

Máxima en Verano: 32°C

Mínima en Verano: 15°C

Máxima en Invierno: 18°C

Mínima en Invierno: 6°C

La precipitación durante el año varía de la siguiente manera:

Precipitación mensual máxima extremo: 4 mm

Precipitación promedio mensual: 2 mm

Precipitación mensual mínima: 0.3 mm

Precipitación anual: 24 mm

La humedad relativa promedio mensual es: 75%

La evaporación varía en rangos de:

Evaporación mensual máxima: 141.4 mm

Evaporación mensual mínima: 107.9 mm

Evaporación promedio mensual: 123.2 mm



La flora está constituida mayormente por productos de pan llevar (papa, habas, maíz, etc.), además se encuentra variedad de árboles frutales en el valle del Río Chorunga, asimismo la población lugareña se dedica a la producción e importación de vino. La fauna silvestre compuesta por aves, reptiles y anfíbios que se encuentran en la zona son las siguientes: guanaco, zorro gris de la costa, garza grande, aguilucho, gallinazo, halcón, lechuza, lagartija. La fauna doméstica está compuesta por ganado vacuno y ovino.

#### **1.4.TOPOGRAFÍA Y DRENAJE**

La mina está ubicada en la unidad geomorfológica conocida como "Meseta Costera". Esta unidad se caracteriza por un terreno suavemente ondulado formando una meseta con algunas pequeñas elevaciones que van desde los 1.200 a los 2.400 metros sobre el nivel del mar. Estas elevaciones discurren paralelas a la mina, desde la costa, y han sido cortadas por profundas quebradas al este por la quebrada seca del Chorunga y al oeste por el río Ocoña. En la zona minera, la topografía es moderadamente accidentada debido a que está diseccionada por una quebrada poco profunda y escarpada que fluye hacia el sureste hasta unirse a la quebrada Chorunga. Dentro de estas zonas destacan el valle del río Ocoña y la quebrada Chorunga; Las laderas de este barranco secundario tienen superficies de erosión bien definidas y forman pequeños y pronunciados acantilados. Las elevaciones son considerables, y en su conjunto, presentan un aspecto escarpado con grandes pendientes llamado la "Meseta Costera".

El drenaje de la zona se caracteriza por ser mayormente del tipo dendrítico a sub-paralelo en las rocas intrusivas y sedimentarias respectivamente. Ofrece los mismos elementos del valle y quebradas con la diferencia de que en el valle no es triangular sino alargado e interrumpido por cañones que las aguas han abierto en el corazón de la roca que sustentan a las montañas; a nivel regional el agua de ríos y quebradas confluyen al río Ocoña. La cuenca de captación fluvial se

encuentra en el flanco este que provienen del deshielo del nevado Coropuna en dirección sur-oeste y al oeste la confluencia del río Marañón con otros ríos en dirección sur-este que se unen en Chacabambilla, a lo largo de sus recorridos vierten sus aguas ambas cuencas y se unen en Iquique donde nace el río Ocoña. Localmente el río Grande discurre con dirección NE-SW, su caudal es permanente durante todo el año, aumentando éste considerablemente en los meses de verano debido a las intensas lluvias que ocurren en las partes altas.

### **1.5.GEOMORFOLOGÍA**

Regionalmente se diferencian tres unidades geomorfológicas principales, las mismas que fueron consecuencia de los ciclos erosivos producto del levantamiento Andino; así tenemos.

#### ***VALLES***

Como resultado de las diferentes etapas de erosión valle-cañón, se forman numerosos barrancos y valles profundos que fluyen hacia la costa. Los ríos descienden de la Cordillera Occidental y cuando forman los valles principales como Ocoña y Caravelí, lo hacen con una pendiente más suave y lechos anchos, y desembocan en el Océano Pacífico. En las laderas de estos valles, la actividad erosiva se reduce debido a su suave pendiente y al hecho de que están compuestos por rocas intrusivas.

#### **Figura 11**

*Valle – Cañón*



*Fuente:* Base de Datos Century mining

### ***ESCARPA COSTERA***

Esta unidad corresponde al relieve formado por la cadena costanera, hacia la costa terminan bruscamente en el Océano Pacífico y las playas litorales son casi ausentes salvo las desembocaduras de los grandes valles dichas escarpas se encuentran constituidas por rocas antiguas como metamórficas, graníticas y sedimentarias con edades desde el precámbrico hasta el mesozoico.

### ***MESETA COSTANERA***

Esta zona forma parte de la llanura costera y tiene un relieve bajo y ondulado con una suave pendiente hacia el suroeste. Se eleva bruscamente hacia el noreste, formando los flancos de la Cordillera de los Andes. Litológicamente, la llanura de Caravelí está formada por la acumulación de depósitos continentales y marinos del Terciario Cuaternario. Debido a los diferentes ciclos erosivos, existen cerros aislados de baja altura. Esta unidad geomorfológica limita al Este con la Cordillera Occidental y al Oeste con la Cordillera Costera. Forma parte de la depresión tectónica longitudinal que se extiende a lo largo de toda la franja costera entre Ica y Tacna, casi paralela a la línea de costa.

## **1.6.GEOLOGÍA GENERAL**

El yacimiento aurífero de San Juan de Chorunga, es un yacimiento típico del metalotecto del batolito de la Costa. Es decir, de vetas de cuarzo con sulfuros de pirita diseminada, emplazadas en cajas de intrusivo granodiorítico (unidad tiabaya) y cuarzo monzonítico (unidad linga). Las vetas de cuarzo son de potencia variables que van de unos cms, hasta 2 mts aproximadamente.

## **1.7.GEOLOGIA REGIONAL**

La geología regional está comprendida por rocas metamórficas, sedimentarias y volcano sedimentarias que en edad van desde el precambriano al cuaternario reciente

### ***COMPLEJO BASAL (PE-gn)***

La formación rocosa en el área de estudio consiste principalmente en rocas metamórficas como gneis, granito de potasio, diques de composición básica a intermedia y pequeños cuerpos tabulares de pegmatita garnetífera. Afloramientos de esta secuencia litológica se encuentran en los flancos del río Ocoña. Mineralógicamente, estos gneises tienen una composición granítica, en su mayoría con un tono gris oscuro y bandas claras y oscuras que tienen un espesor aproximado de 0,5 cm a 2 cm. Los estudios microscópicos revelan que están compuestos por un 15% a un 20% de ortoclasa y un 10% de plagioclasa. Las bandas oscuras a negras consisten en biotita y otros minerales ferromagnesianos, así como moscovita, clorita, sericita, esfena y circón. En la margen derecha del río Ocoña, al sur de Cerro Ancha, las rocas metamórficas se encuentran como techos colgantes sobre intrusiones del Batolito Costero.

### **Edad y Correlación**

La edad del complejo basal de la costa de esta área se infiere en base al metamorfismo regional que presenta permitiendo correlacionarlo con el afloramiento expuesto en el sur del Perú, en el que se ha realizado dataciones radiométricas, con el método de Rb/S, dando edades de 600 a 2000 m.a. indicando que se trata de rocas pertenecientes al Precámbrico. Afloramientos similares se encuentran en los cuadrángulos de Atico, Ocoña, Camaná y la Yesera.

### ***GRUPO YURA (JsKi-yu)***

Denomina al conjunto de rocas sedimentarias como Formación Yura, regionalmente solo ocurren afloramientos de las formaciones Cachios y Labra que se encuentran bastantes falladas, plegadas, y se le ha mapeado como una sola unidad. La parte superior, llamada Formación Hualhuaní, aflora principalmente en el cuadrángulo de Pausa, con un grosor de 250m. La Formación Gramadal se presenta bastante delgada y lenticular, en paquetes de 5 a 8 m de espesor

y está incluida en las unidades inferiores, litológicamente predominan areniscas y lutitas en la parte superior, haciéndose más pelítica en su parte inferior.

### ***FORMACIÓN CACHIOS LABRA (Js-laca)***

Litológicamente predominan areniscas y lutitas en la parte superior, haciéndose más pelítica en su parte inferior. En la parte sur del cerro Iquipí se encuentran pequeños afloramientos de areniscas cuarcíticas de coloración gris oscuro a negro con intercalaciones de capas delgadas de pizarras negras. Estos afloramientos se encuentran intruídos y metamorizados por apófisis hipabisales del Complejo Bella Unión. En la carretera Cuno Cuno - Iquipí se encuentran afloramientos de las formaciones Cachíos Labra, los mismos que están constituidos por aproximadamente 280 m. de grosor de areniscas de color gris, de grano medio, interestratificadas con cuarcitas de color blanquecino en capas de 10 a 50 cm. de grosor y algunos niveles delgados de lutitas de color gris oscuras a negras. Estas unidades se encuentran intruídas por apófisis de rocas hipabisales del Complejo Bella Unión, así como por diques de microdiorita, yaciendo discordantemente sobre el complejo basal.

### **Edad y Correlación**

El tiempo de sedimentación de las formaciones Cachios Labra de la región Arequipa, ha sido datado entre el Titoniano - Oxfordiano, (Jurásico superior).

### ***ROCAS INTRUSIVAS VOLCÁNICAS***

Las rocas intrusivas volcánicas se han diferenciado teniendo en cuenta su cronología y nivel de emplazamiento.

### ***COMPLEJO BELLA UNIÓN (Kms-bu)***

Está constituido por una serie de cuerpos pequeños de composición andesítica a dacítica con afloramientos discontinuos siguiendo el patrón estructural andino, emplazados en el flanco

oeste del batolito costanero En ambas márgenes del río Ocoña afloran otra serie de estos intrusivos en pequeñas dimensiones que intruyen y metamorfizan a rocas del complejo basal. Petrográficamente su composición varía de andesita afanítica a una dacita porfirítica, predominando la primera. En las dacitas el cuarzo se encuentra cristales euhedrales en menor proporción que las plagioclasas. En la margen derecha del río Ocoña estos cuerpos hipabisales han originado zonas mineralizadas en sus contactos con rocas metamórficas e intrusivas. En la margen izquierda estas rocas son factores de mineralización.

### ***ROCAS INTRUSIVAS PLUTÓNICAS***

#### ***BATOLITO DE LA COSTA***

El Batolito de la Costa ha sido emplazado en forma alargada, paralela y cerca del litoral, con rumbo de grandes zonas de fallamiento y fracturamiento emplazadas en las márgenes entre placa continental y marina del continente sudamericano. El Batolito de la Costa consta de cinco segmentos que son: Piura, Trujillo, Lima, Arequipa y Toquepala. El segmento Arequipa a su vez está subdividido en cinco superunidades: Patap, Pampahuasi, linga, Incahuasi y Tiabaya. A nivel regional solo afloran las tres últimas superunidades, Litológicamente el Batolito de la Costa, está constituido por dioritas, granodioritas, monzonitas y tonalitas, cuerpos que también fueron intruidos por rocas hipabisales más jóvenes de naturaleza subvolcánica en forma de dique y pequeñas apófisis.

#### ***SÚPER UNIDAD LINGA (ks-gd/mz-li)***

Las rocas constituyentes de esta super-unidad han sido determinadas como granodioritas y monzonitas que se exponen en la margen izquierda del río Chorunga. Se presentan con un tono gris a gris claro, de grano medio a grueso, con abundantes concentraciones de elementos ferromagnesianos, destacando la biotita y la hornblenda, que por epidotización toman un tono

verdoso sobresaliendo los cristales anhedrales de plagioclasa y feldespatos alcalinos en cantidades dominantes.

## **1.8.GEOLOGIA LOCAL**

### ***GNEIS (PE-gn)***

La exposición más larga se encuentra a lo largo del río Ocoña. Mineralógicamente, estos gneises son de composición granítica, en su mayoría de color gris oscuro con bandas claras y oscuras que tienen aproximadamente 0,5 a 0,2 cm de espesor. Los estudios petrográficos muestran que están compuestos por ortoclasa (15%-20%) y plagioclasa (aproximadamente 10%). Estas rocas se encuentran como techos colgantes sobre intrusivos en la margen derecha del río Ocoña, al sur de Cerro Ancha. Esta secuencia litológica tiene un espesor de 150 m y se le asigna una edad correspondiente al Precámbrico, formando parte del Complejo Basal.

### ***ROCAS INTRUSIVAS***

#### ***GRANODIORITA (Ks-gd/to-in)***

Ampliamente distribuida en la zona de estudio. Tiene un color gris claro a blanquecino en superficie fresca y un color grisáceo en superficie intemperizada, en algunas zonas las granodioritas se encuentran englobando xenolitos de diorita

### ***INTRUSIONES MENORES***

#### ***DIQUE DE ANDESITA (Tms-an)***

Diques de composición andesítica que se encuentran intruyendo a las rocas granodioritas con direcciones predominantes E-W, con buzamientos variables, mayormente verticales; presentan longitudes y anchos diferentes que se encuentran asociados a las estructuras mineralizadas, presumiendo que estos diques hayan sido portadores de las soluciones mineralizadas con contenido aurífero. La composición de las andesitas está dada por plagioclasa sódica 80%, biotita 5%,

hornblenda 5%, piroxenos 2%, pirita, arcillas 8%, ausencia de cuarzo. Por su textura se puede diferenciar dos tipos de dique: Uno denominado pórfido andesítico de color gris oscuro con fenocristales de plagioclasa en matriz afanítica, y otra andesita de textura afanítica de color gris oscuro a negro. Estos diques se presentan diferentes grados de alteración hidrotermal (propilitización, piritización, silicificación). La edad de emplazamiento se asume al Terciario Inferior a medio.

### **DEPÓSITOS RECIENTES (Q-al)**

Bajo estudio por gravas, arenas, cantos esta denominación se considera a un grupo heterogéneo de material inconsolidado constituido por gravas, arenas, cantos rodados, arcillas, limos, cenizas, conglomerados de gravas en matriz y detritos de rocas cuyo grosor vario de unos centímetros a más de una decena de metros y ocurren ampliamente en zonas de estudio. Los depósitos aluviales conforman el suelo de mayor parte de las llanuras y depresiones, con las laderas y fondo de las quebradas, no muestran estratificación definida, pero si una deficiente selección granulométrica, los granos varían del tamaño de la arena a grandes bloques; generalmente son de naturaleza ígnea

## **1.9.GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

### ***GENERALIDADES***

Los rasgos estructurales más saltantes de la región son dos fallas denominadas Iquipi y Choclón; la primera se emplaza al pie de la ladera SE de la quebrada Chorunga, siguiendo un rumbo general de S68°W y buzamiento 89 al norte falla de cizalla y la segunda pasa al sur de la quebrada Chorunga limitando el extremo sur de intrusivo, que tiene rumbo S83°W y buzamiento 60° al sur es falla normal Los diques andesíticos con rumbo E-W intrusionan a la granodiorita, presentando fracturas de rumbo perpendicular N-S.



### ***ZONA ALTAMENTE FRACTURADA***

Estructuralmente esta unidad se produce por enfriamiento del macizo granodiorítico que fue sometido a esfuerzos tensionales teniendo como resultado fracturas E-W con buzamiento al norte o sur, en ello se emplazó el dique andesítico que posiblemente se formaron en la última tectónica sucedido a fines del cretáceo y comienzos del terciario, también podemos mencionar que las fracturas mineralizadas o vetas tienen la misma tendencia de rumbo E-W veta Mercedes con buzamiento al sur y veta San Juan con buzamiento al norte se originaron por productos de tensión.

### ***ZONA FALLADA***

Esta zona se ha diferenciado teniendo en cuenta que los mayores efectos de compresión por la tectónica andina. El sistema de fallas que caracterizan a esta zona, está constituido por fallas normales, de cizalla con rumbo E-W o NNE-SSW; la más importantes que se presentan en la zona son: falla Choclón y falla Iquipi (NEE-SWW), falla San Juan, falla Santa Mónica, falla Rosario, falla Colorado (NW-SE). Localmente, el rasgo estructural más importante es la falla Choclón, sus sistemas de fracturas tienen rumbo NW-SE con variaciones N80°W y N75°W con buzamiento vertical que está seguido por una zona de cizallamiento. Este sistema de fracturas se puede observar claramente en los cortes de quebradas y carreteras, se distribuyen en un espacio corto y están acompañados por otros sistemas de fracturas que ocurren en sentido casi perpendicular. La gran falla Choclón vendría a constituir el conducto y localizador del emplazamiento de las vetas del sistema NW-SE de la zona de estudio.

### ***ZONA DE EMPLAZAMIENTO DEL BATOLITO DE LA COSTA***

El emplazamiento del Batolito Costero está controlado por estructuras, con fallas y fracturas, que siguen el patrón estructural andino. Estas fallas preexistentes, que han jugado un papel importante en el emplazamiento del Batolito, se pueden agrupar en dos sistemas. El primer

sistema tiene un rumbo E-W o NEE-SWW, posiblemente muchas de estas fallas son posteriores a las rocas intrusivas. Las fallas que conforman el sistema son las fallas Choclón e Iquipi, particularmente la falla Iquipi corresponde a una falla de cizalla dextral que desarrolla un sistema de "cola de caballo" o cola que permite el desarrollo del sistema NW-SE. El segundo sistema tiene rumbo NW-SE, no solo por el número de fallas sino también por su longitud, que oscila entre unas pocas decenas de kilómetros. Estas fallas también ponen en contacto las unidades de batolito con las rocas del basamento. Las fallas correspondientes son las fallas de Santa Mónica, Rosario, San Juan y Colorado.

### ***ZONA DE LA DEPRESION DE CARAVELI***

Esta zona se encuentra entre la Cordillera de la Costa y la Cordillera Occidental, formando una gran depresión longitudinal de carácter regional paralela a la ribera marina y están rellanadas por material clástico constituyendo las pampas costaneras conformando amplias llanuras que fueron afectadas por una serie de periodos de erosión. El origen de esta depresión es consecuencia de los efectos tectónicos causados por fallas escalonadas más o menos paralelas. El efecto más resaltante de estas fallas se manifiesta por el flexionamiento que muestran las capas terciarias, tal como sucede con la falla Choclón.

#### **1.10 . GEOLOGIA ECONÓMICA**

En la franja aurífera nazca – Ocoña del batolito de la Costa ocurren numerosos yacimientos vetiformes de un ensamble de:

- Cuarzo-calcopirita, (minas de cobrepampa, purísima, machainiyoc y otras).
- Cuarzo-pirita-calcopirita con valores de oro (Minas Capitana, Chapara, Ishihuinca, San Juan, Chalhuane, Alpacay, Arrirahua y otras).

El depósito mesotérmico está asociado a la intrusión de rocas granodioríticas del Cretácico medio superior y está formado por rellenos de fracturas. Las vetas se encuentran dentro de un cinturón aurífero del noroeste conocido como Nazca-Ocoña, que se extiende por varias decenas de kilómetros. Las vetas son de origen epigenético, relleno de fracturas preexistentes, y tienen una mineralización homogénea compuesta por oro libre (Au), cuarzo (Qz) y productos de hierro como limonita y hematita. Los minerales de sulfuro contienen oro, parte del cual se encuentra en estado libre y otra parte combinada con pirita de hierro. El oro no se puede amalgamar utilizando equipos de amalgamación directa. Los minerales más finos se pulverizan fácilmente en polvo blanco debido a la acción oxidante de la atmósfera, mientras que los minerales oxidados que cubren toda la superficie de las vetas y penetran en la parte superior de la colina son muy duros y resistentes. Las vetas de cuarzo, que forman la parte principal de las vetas, tienen diferentes colores dependiendo del grado de oxidación del hierro. El cuarzo estéril puede ser hialino o vítreo en masas compactas, o tener una apariencia de grano fino blanco lechoso. Por otro lado, el cuarzo aurífero es blanco como el alabastro o teñido de rojo o amarillo, con partes grises, vetas muy porosas y bien definidas. Las estructuras tienen un rumbo de N 20° y un buzamiento de 65° NE a vertical en un sistema, y N 20° con un buzamiento de 65° SW a vertical en el otro. La mineralización se produce en forma de rosario, con espesores que van desde los 5 cm hasta los 2,5 a 4 m en la parte central de las vetas o donde se unen los bucles sigmoides. Las leyes van desde 10 g/t hasta 150 g/t, y en muchos casos, alcanzan las 4 o 5 oz/t (en los Famous Ojos). El yacimiento cuenta con dos vetas principales (Veta San Juan y Veta Mercedes) con longitudes entre 1.500 y 3.000 metros, y tiene un gran potencial por debajo del nivel del valle. Estas vetas son famosas por ser las más profundas del país (1.000 m). Con los trabajos actuales se han identificado 35 estructuras con las mismas características.

## ***ANÁLISIS GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LAS VETAS SAN JUAN Y MERCEDDES***

Las vetas San Juan y Mercedes son las de mayor aporte económico para la unidad minera, actualmente su producción de ambas vetas alcanza 1500 onzas/mes con un aporte de 75% a la producción mensual, es necesario indicar que el yacimiento se inicia con veta Mercedes y posteriormente veta San Juan ambas vetas se explotan en los niveles más profundos de la unidad, Mercedes hasta el nivel 520 y San Juan hasta el nivel 547.

### **OCURRENCIA DEL ORO EN VETAS AURÍFERAS**

Según informes del Ing. Luis de Montreuil en 1979, se han efectuado investigaciones de dos secciones pulidas de muestra de mineral y una sección delgada de roca, donde obtuvo lo siguiente.

- El oro se encuentra bajo la forma de electrum y en menor proporción como oro nativo.
- La pirita es el resultado de la mineralización aurífera más gruesa y las zonas fracturadas es favorable para la ocurrencia de minerales auríferos, a mayor proporción de pirita mayor contenido de oro.
- La ocurrencia de minerales auríferos, principalmente el electrum son:
  - Electrum, oro nativo se halla como inclusiones en la pirita, bajo formas alargadas y globulares, miden de 0.5 – 120 micras de diámetro.
  - El electrum constituye micro venillas que tienen de 0.5-25 micras de ancho y alcanza hasta 240 micras de largo.
  - Granos de electrum ubicados en el contacto con los granos de pirita son de 0.5-15 micras de ancho y 60 de largo.
  - Electrum como inclusiones globulares y anhedrales, dentro de la galena y calcopirita, en este caso el electrum y sulfuros están rellenando microfisuras en la pirita; las inclusiones

de mineral aurífero en la galena alcanzan de 120 micras de diámetro, en calcopirita alcanzan hasta 100 micras de diámetro.

- Hay inclusiones de electrum y oro libre (menores de 150 micras) en el cuarzo que se halla más próxima a la pirita.
- Los gramos de electrum y oro nativo menores a 60 micras ubicadas en contacto de pirita y cuarzo.
- Probablemente también hay cierto contenido de oro como solución sólida en la pirita.
- No se observa inclusiones de electrum ni oro nativo en los granos de calcopirita, galena, cuarzo, lejanos a la pirita.
- La presencia de cuarzo acompañado a la pirita en que también parece favorecer la mayor concentración de minerales auríferos.
- No se descarta la presencia de granos de minerales auríferos como electrum y oro nativo en la granodiorita, diorita.

### ***TIPO Y GÉNESIS DEL YACIMIENTO***

El yacimiento por su forma es un depósito de filón fisura, cuya acción es originada por acción hidrotermal de alcance mesotermal, como producto de la posterior consolidación del magma deducidas de las posibles condiciones geoquímicas de Formación y por alcance de la alteración hipógena.

#### **1.10. ASPECTOS GENERALES DE LA MINA**

##### ***1.10.1. CORTE Y RELLENO ASCENDENTE –BREASTING.***

La explotación en la minería subterránea se lleva a cabo realizando cortes verticalmente ascendentes desde las labores preparadas, rellenándose con material roto para seguir avanzando, después recuperar el mineral roto y finalmente rellenando los tajos vacíos con desmonte necesario.

La altura de los puentes que se va dejando para mantener la estabilidad de la labor varía de 1.5 a 2.5 m, aunque el puente no ha sido abandonado recientemente, debido a que la planta baja se forma a partir de la unión con la veta, a 15 m de la veta, formada por un bypass colocado sobre el suelo de la caja. También se construyen ventanas o espacios de comunicación con la chimenea desde lo cual se abastece el relleno, dejando cuerpo o pilares entre ellas de 2m de largo y 3m de altura, con el fin de mantener la chimenea que son utilizada para servicio y transporte del material.

Las dimensiones de los tajos son de 60 metros de largo con altura de hasta 40m y 50m, como se contempla en diseño, elaborar una chimenea en la parte central del block, que se ejecutará en tipo “H”, la cual tendrá uso como buzón para echadero de material y traslado de servicios, asimismo las dos chimeneas laterales serán para el acceso y además durante el corte contribuye a la explotación continua y segura. A continuación, se detalla la preparación del tajo:

- Construcción de bypass, paralelo a la veta, a una distancia de 10-15m.
- Interceptar por el crucero de by pass hacia la veta para la construcción de caminos y/o buzones. Construcción de pasos y acceso laterales y buzones.
- Preparación de subniveles considerando puentes de 3 m.
- Construcción de chimeneas centrales de hasta 20 m de longitud.
- Construcción de chimenea en lo extremo a cada 7 m.
- Conexión de la chimenea central con subnivel de conexión.

#### **1.11. EQUIPOS Y MAQUINARIA UTILIZADA.**

Los equipos utilizados para la perforación son perforadores neumático tipo Jack Leg, además se utilizan Palas Neumáticas y para el acarreo de interior mina a tolvas exteriores locomotoras con vagones U-21, luego de las tolvas del echadero son cargados a los volquetes de 15 Tm de ahí se dirigen con el mineral a la planta de beneficio.

### **1.12. CICLO DE MINADO**

Ciclo de minado de tipo convencional, perforación con máquinas Jack leg y acarreo con vagones y locomotora sistema con rieles, El ciclo comprende:

1. Perforación: Las perforaciones son con máquinas Jack leg tipo RNP y Shenlong tipo YT, se utiliza barrenos integrales también barra cónica con broca.

2. Voladura: La voladura se realiza con explosivo tipo emulsión Emulnor 1000, 3000 y 5000 de la empresa Famesa además se utiliza para la iniciación sistema Carmex, también se utiliza en algunos casos cordón detonante más fanel todo ello iniciado con mecha rápida.

3. Ventilación: La ventilación se da mediante el sistema forzado con tubería de la compresora, en las galerías se utilizan ventiladores de 10000 CFM más manga de 1 ft de diámetro.

4. Sostenimiento: Para sostenimiento se utiliza madera en forma de redondos y en otros casos sostenimiento activo con perno de anclaje, por lo general se utilizan cuadros de madera en la mayoría de las labores.

5. Carguío y acarreo: Para el carguío se utiliza una pala neumática, pero en otros casos se hace de manera convencional a pulso donde los trabajadores utilizan una pala, para el acarreo se utiliza vagones U - 21 y U - 35 todos ellos jalados por locomotora eléctrica.

### **1.13. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN**

Las vetas San Juan y Mercedes son las que más contribuyen a la producción además son económicamente bastante rentable, ambas producen actualmente 1.500 oz/mes, lo que representa el 75% de la producción mensual, adema se indica que la veta Mercedes dio la partida para las operaciones mineras y posteriormente las vetas San Juan, ambas siendo explotadas a profundidades considerables ubicándose desde los niveles 435 y nivel 470 respectivamente. Las vetas San Juan en el área de zona de Esperanza corresponde a las

operaciones de la empresa minera OREX SAC, y su aporte de producción acumula las 80 toneladas diarias con una ley de 12.00 gramos de oro por tonelada, correspondiente al 33% de la producción de la mina en general. Del mismo modo la Veta Mercedes corresponde a la operación de OREX SAC, y su aporte de producción alcanza las 40 Tm/día con 12,50 gr Au/Tm, correspondiente al 30% de la producción de la mina.

#### **1.14. PLANTA DE TRATAMIENTO.**

La planta de beneficio “San Juan de Chorunga” cuenta con autorización de funcionamiento a la capacidad ampliada de 750 TM/día, otorgada según Resolución Directoral N° 026-2001-EM/DGM. La planta de beneficio procesa relaves de minerales oxidados y minerales sulfurados, ambos con presencia de valores auríferos como oro libre incrustado en el cuarzo y como exclusión en la pirita, en dos (02) circuitos definidos: Circuito N° 1 de óxidos y circuito N° 2 de sulfuros. Cabe precisar que el titular de actividad minera tiene identificado los procesos como planta de óxidos y planta de sulfuros respectivamente. El mineral procesado en el circuito N° 2 de sulfuros, es extraído de la mina Mercedes Nv 0, 150 y mina Esperanza Nv 01, los cuales son transportados en volquetes de 20 TM de capacidad y descargados en la tolva de gruesos N° 1A de 500 TM de capacidad, el mineral proveniente de la mina Mercedes Nv 02 es transportado mediante una locomotora a la tolva de gruesos N° 1B de 150 TM de capacidad. La recuperación de los elementos valiosos (oro y plata) en la planta de beneficio, es realizada en dos circuitos (02): Circuito N° 1 de óxidos (acopiados por terceros - mineros artesanales): El circuito cuenta con las secciones de molienda – clasificación, lixiviación CIP (carbón en pulpa), ADR (adsorción, desorción y reactivación), electrodeposición y fundición. 183 circuito N° 2 de sulfuros. El circuito cuenta con las secciones de chancado, molienda – clasificación, gravimetría, remolienda y amalgamación, cianuración, Merrill Crowe y fundición



ANEXO 2

TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla 17

Digitalización De Datos Parte 1

CARACTERÍSTICAS										RESPONSABLE	DATOS DEL TRABAJADOR										VOLADURA												
MES	FECHA	ZONA	NIVEL	LABOR	CÓDIGO	LUGAR	SECCIÓN	FASE	TURNO	ANCHO	ALTO	JEFE DE GUARDIA	SUPERVISOR	PERSONAL 1	CARGO 1	PERSONAL 2	CARGO 2	PERSONAL 3	CARGO 3	PERSONAL 4	CARGO 4	PERSONAL 5	CARGO 5	TALADROS CARGADOS	CARMEK	MECHA RÁPIDA	EMULSION 1000 1" x 12"	EMULSION 3000 1" x 12"	DINAMITA 65%	DINAMITA TRONEX PLUS 65%	KG. EXPLOSIVOS	VOLUMEN	
DIC	02-01	Esperanza	566	INCL	707	INCLINADO		SERVICIOS	D			BAQUERIZO	CA PEREZ CASTILLO, HÉ NOA JANAMPA CRISPIN	AP	VARGAS CHEQUERA JUNIO	AP															0.00	0.00	
DIC	02-01	Esperanza	516	CH	8692	CH8692	1.5X1.5	EXPLORACION	D	1.5	1.5	BAQUERIZO	CA PEREZ CASTILLO, HÉ QUISPE ALVARADO JAVIER	MP	BELLIDO CALCINA OSCAR	AP								14	14	4	12	28		6.86	2.25		
DIC	02-01	Esperanza	566	CH	9351	CH9351	2.4X1.2	EXPLORACION	D	2.4	1.2	BAQUERIZO	CA PEREZ CASTILLO, HÉ MAMANI QUENTA EDWIN PASCUAL	MP	CHAMBI CHAMBI MARIO	AP	CHAVEZ LOPEZ MIGUEL AN	MP													0.00	0.00	
DIC	02-01	Esperanza	516	CX	8635	CX8550	2.1X2.1	EXPLORACION	D	2.1	2.1	BAQUERIZO	CA PEREZ CASTILLO, HÉ HUANCA QUISPE DIEGO WILFREDO	MP	PAUCAR PAZ EDGAR JAIME	AP								32	32	4	15	87		17.60	4.85		
DIC	02-01	Mercedes	480			IN7815		SERVICIOS	D			BAQUERIZO	CA PALOMINO QUISPE, S HUAMANI ITUSACA JESUS ENRIQUE	AP	HUACANI APAZA DIEGO	AP														0.00	0.00		
DIC	02-01	Mercedes	435	SN	7915	SN7915	0.9X1.8	PREPARACION	D	0.9	1.8	BAQUERIZO	CA PALOMINO QUISPE, S OLANO CHINGUEL, IVAN	MP	HARO SOPAN OLMEDO HIPOLITO	MP								23	23	4	20	46		11.32	1.78		
DIC	02-01	Mercedes	435	CH	7943	CH7943	1.5X1.5	EXPLORACION	D	1.5	1.5	BAQUERIZO	CA PALOMINO QUISPE, S SULLA CCAHUANA, EBER ZIMRI	MP	HUAYHUA HUAMANI ORLANDO	AP								20	20	7	20	40		10.28	2.25		
DIC	02-01	Mercedes	480	BP	7953	BP7953W	1.5X1.5	EXPLORACION	D	1.5	1.5	BAQUERIZO	CA PALOMINO QUISPE, S MAMANI QUENTA FREDDY CESAR	MP	PAQUIYAURI TOVAR FORTUNA	AP								33	33	10	20	116		23.47	2.70		
DIC	02-01	Esperanza	566	INCL	707	INCLINADO		SERVICIOS	N			BAQUERIZO	CA HUASHUAYO CHOQ CHAMBI CALSIN SAMUEL	AP	CARHUAPOMA LIMA ROLAN	AP															0.00	0.00	
DIC	02-01	Esperanza	516	CH	8692	CH8692	1.5X1.5	EXPLORACION	N	1.5	1.5	BAQUERIZO	CA HUASHUAYO CHOQ ANCCONAIRA ALA MARIANO	MP	MAMANI CHULLO ISAAC	AP	VARGAS BATALLANOS, FRE	AP						19	19	20	32	32		10.89	2.25		
DIC	02-01	Esperanza	566	CH	9351	CH9351	2.4X1.2	EXPLORACION	N	2.4	1.2	BAQUERIZO	CA HUASHUAYO CHOQ HUAYNATES GOMEZ PERCY JAIME	MP	OSORIO APARCO ORLANDO	AP	ROJAS CONTRERAS, FRONEG	AP													0.00	0.00	
DIC	02-01	Esperanza	516	CX	8635	CX8550	2.1X2.1	EXPLORACION	N	2.1	2.1	BAQUERIZO	CA HUASHUAYO CHOQ SUCAPUCA MAMANI EDWIN OSWALDO	MP	HUAMANI ITUSACA, ANGEL	AP	MAMANI HUMPIRI SAUL	AP						6	6	4	18					3.00	0.00
DIC	02-01	Mercedes	435	INCL	7815	IN7815		SERVICIOS	N			BAQUERIZO	CA QUISPE CONDORI S CHAYÑA TICONA MELITON ELMER	MP	RAMOS CAMPOS, ISAIAS ANT	AP	MUÑOZ QUISPE ELVIS	AP	SERRANO IQUEÑO SMIT	AP												0.00	0.00
DC	02-01	Mercedes	435	SN	7915	SN7915	0.9X1.8	EXPLORACION	N	1.2	1.2	BAQUERIZO	CA QUISPE CONDORI S HUAMANI HUAMANI MARCELO	MP	RAMOS ANTACHOQUE JHOON	AP	HUASHUAYO SANCHEZ ALEX	AP						24	24	6	20	45		11.15	1.58		
DIC	02-01	Mercedes	435	BP	7943	BP7953W	2.1X2.1	PREPARACION	N	1.2	2.4	BAQUERIZO	CA QUISPE CONDORI S MALAGA OCHOCHOQUE EDGAR	MP	OCHOCHOQUE MAMANI, ARN	AP								29	29	12	36	92		21.97	3.74		
DIC	02-01	Mercedes	480	CH	7585	CH7585	1.2X1.2	EXPLORACION	N	1.2	1.2	BAQUERIZO	CA QUISPE CONDORI S MUÑOICO JINEZ JHONY EVER	MP	SACSI HUAMANI EDWIN	AP															0.00	0.00	
DIC	03-01	Esperanza	566	INCL	707	INCLINADO		SERVICIOS	D			BAQUERIZO	CA PEREZ CASTILLO, HÉ NOA JANAMPA CRISPIN	AP	VARGAS CHEQUERA JUNIO	AP																0.00	0.00
DIC	03-01	Esperanza	516	CH	8692	CH8692	1.5X1.5	EXPLORACION	D	1.5	1.5	BAQUERIZO	CA PEREZ CASTILLO, HÉ QUISPE ALVARADO JAVIER	MP	BELLIDO CALCINA OSCAR	AP	CRUZ QUISPE, BELTRAN	AP						5	5	4	8					1.33	0.00
DIC	03-01	Esperanza	566	CH	9351	CH9351	2.4X1.2	EXPLORACION	D	2.4	1.2	BAQUERIZO	CA PEREZ CASTILLO, HÉ MAMANI QUENTA EDWIN PASCUAL	MP	CHAMBI CHAMBI MARIO	AP	CHAVEZ LOPEZ MIGUEL AN	MP														0.00	0.00
DIC	03-01	Esperanza	516	CX	8635	CX8550	2.1X2.1	EXPLORACION	D	2.1	2.1	BAQUERIZO	CA PEREZ CASTILLO, HÉ HUANCA QUISPE DIEGO WILFREDO	MP	PAUCAR PAZ EDGAR JAIME	AP								34	34	8	10	100		19.03	4.85		
DIC	03-01	Mercedes	480			IN7815		SERVICIOS	D			BAQUERIZO	CA PALOMINO QUISPE, S HUAMANI ITUSACA JESUS ENRIQUE	AP	HUACANI APAZA DIEGO	AP															0.00	0.00	
DIC	03-01	Mercedes	435	SN	7915	SN7915	0.9X1.8	PREPARACION	D	0.9	1.8	BAQUERIZO	CA PALOMINO QUISPE, S HARO SOPAN OLMEDO HIPOLITO	MP	QUISPE SUCACAHUA FERMAN	AP								22	22	5	20	40		10.28	1.62		
DIC	03-01	Mercedes	435	CH	7943	CH7943	1.5X1.5	EXPLORACION	D	1.5	1.5	BAQUERIZO	CA PALOMINO QUISPE, S SULLA CCAHUANA, EBER ZIMRI	MP	HUAYHUA HUAMANI ORLANDO	AP								18	18	8	20	40		10.28	2.25		
DIC	03-01	Mercedes	480	BP	7953	BP7953W	2.1X2.1	EXPLORACION	D	2.1	2.1	BAQUERIZO	CA PALOMINO QUISPE, S MAMANI QUENTA FREDDY CESAR	MP	PAQUIYAURI TOVAR FORTUNA	AP	OLANO CHINGUEL, IVAN	MOT						34	34	10	20	128		25.56	4.41		
DIC	03-01	Esperanza	566	INCL	707	INCLINADO		SERVICIOS	N			BAQUERIZO	CA HUASHUAYO CHOQ CHAMBI CALSIN SAMUEL	AP	CARHUAPOMA LIMA ROLAN	AP	MAMANI HUMPIRI SAUL	AP														0.00	0.00
DIC	03-01	Esperanza	516	CH	8692	CH8692	1.5X1.5	EXPLORACION	N	1.5	1.5	BAQUERIZO	CA HUASHUAYO CHOQ QUISPE QUISPE, CLAVER	MP	MAMANI CHULLO ISAAC	AP	VARGAS BATALLANOS, FRE	AP						3	3	5	6					1.00	0.00
DIC	03-01	Esperanza	566	CH	9351	CH9351	2.4X1.2	EXPLORACION	N	2.4	1.2	BAQUERIZO	CA HUASHUAYO CHOQ HUAYNATES GOMEZ PERCY JAIME	MP	OSORIO APARCO ORLANDO	AP	ROJAS CONTRERAS, FRONEG	AP						3	3	10	12					2.00	2.88
DIC	03-01	Esperanza	516	CX	8635	CX8550	2.1X2.1	EXPLORACION	N	2.1	2.1	BAQUERIZO	CA HUASHUAYO CHOQ SUCAPUCA MAMANI EDWIN OSWALDO	MP	HUAMANI ITUSACA, ANGEL	AP	ANCCONAIRA ALA MARIANO	MP						34	34	10	44	100		24.69	4.85		
DIC	03-01	Mercedes	435	INCL	7815	IN7815		SERVICIOS	N			BAQUERIZO	CA QUISPE CONDORI S CHAYÑA TICONA MELITON ELMER	MP	MUÑOZ QUISPE ELVIS	AP	SERRANO IQUEÑO SMITH	AP														0.00	0.00
DC	03-01	Mercedes	435	SN	7915	SN7915	0.9X1.8	EXPLORACION	N	1.2	1.2	BAQUERIZO	CA QUISPE CONDORI S HUAMANI HUAMANI MARCELO	MP	RAMOS ANTACHOQUE JHOON	AP	HUASHUAYO SANCHEZ ALEX	AP						24	24	6	20	45		11.15	1.58		
DIC	03-01	Mercedes	435	BP	7943	BP7953W	2.1X2.1	PREPARACION	N	1.2	2.4	BAQUERIZO	CA QUISPE CONDORI S MALAGA OCHOCHOQUE EDGAR	MP	OCHOCHOQUE MAMANI, ARN	AP																0.00	0.00
DIC	03-01	Mercedes	435	CH	7943	CH7943	1.2X1.2	EXPLORACION	N	1.2	1.2	BAQUERIZO	CA QUISPE CONDORI S MAMANI QUENTA JOSE LUIS	MP	MAYTA GUTIERREZ EDGAR	AP								16	16	5	20	30		8.54	1.44		
DIC	03-01	Mercedes	480	CH	7585	CH7585	1.2X1.2	EXPLORACION	N	1.2	1.2	BAQUERIZO	CA QUISPE CONDORI S RAMOS CAMPOS, ISAIAS ANTONIO	AP	SACSI HUAMANI EDWIN	AP	MUÑOICO JINEZ JHONY EVER	MP														0.00	0.00

Fuente: Adgeminco S.A.C.





Tabla 19

Digitalización De Datos Parte 3

TRABAJO		CAPEX										OPEX										MADERA TIPO		3 MT EUCALIPTO																																									
		0.885141																																																															
		1.65										0.600912																																																					
		0.62										0.57										0.28										0.36										0.10										0.00													
MES	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO	PRECIO	INGRESO TRABAJOS	INGRESO AVANCE	TOTAL INGRESO	EPP (\$/ HORA)	MATERIALES Y HERRAMIENTAS (\$/ HORA)	PERFORADORA	ACEROS Y BROCAS (PP)	MATERIALES DE PERFORACION (DISP.)	GASTOS GENERALES (\$/ HORA)	MATERIALES CIA	MANO DE OBRA 1	MANO DE OBRA 2	MANO DE OBRA 3	MANO DE OBRA 4	MANO DE OBRA 5	TOTAL DESCUENTO	UTILIDAD	BONO	TABLAS	RAJADOS	TOQUES	ESCALERA	DURMIENTE	EUCALIPTO 3MT 5'	EUCALIPTO 3MT 6'	EUCALIPTO 3MT 7'	EUCALIPTO 3MT 8'	EUCALIPTO 3MT 9'																																			
DIC	IZAJE DE MINERAL Y DESMONTE + TRASLADO DE ELEMENTOS S	\$/ 482.55	\$/ -	\$/ 482.55	\$/ 13.00	\$/ 12.00	\$/ -	\$/ -	\$/ -	\$/ -	\$/ -	#N/D	#N/D	\$/ -	\$/ -	\$/ -	#N/D	#N/D	#N/D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																		
DIC	SOST + PV	426.87	342.12	426.87	768.99	13.00	12.00	16.20	20.52	-	-	#N/D	#N/D	-	-	-	#N/D	#N/D	#N/D	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0																																			
DIC	IZAJE DE MADRA	426.87	-	-	-	19.50	18.00	-	-	-	-	#N/D	#REF!	#N/D	-	-	#N/D	#N/D	#N/D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																		
DIC	LIMPIEZA DE DESMONTE + SOST + PV	426.87	280.25	469.56	749.80	13.00	12.00	37.80	47.88	-	-	147.23	124.58	-	-	-	-	382.48	367.32	10.65	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0																																			
DIC	IZAJE DE MADERA + PALLAQUEO DE MINERAL	426.87	-	-	-	13.00	12.00	-	-	-	-	124.58	124.58	-	-	-	-	274.15	274.15	7.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																			
DIC	LIMPIEZA DE MINERAL + SOST + PV	426.87	371.55	469.56	841.10	13.00	12.00	28.08	35.57	-	-	#N/D	147.23	-	-	-	-	#N/D	#N/D	#N/D	0	0	0	0	0	0	2.1	3	0	0																																			
DIC	SOST + PV	426.87	122.24	426.87	549.11	13.00	12.00	24.84	31.46	-	-	#N/D	124.58	-	-	-	-	#N/D	#N/D	#N/D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																			
DIC	EXTRACCION + SOSTENIMIENTO	426.87	116.90	512.24	629.14	13.00	12.00	58.32	73.87	-	-	#N/D	#N/D	-	-	-	-	#N/D	#N/D	#N/D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																			
DIC	IZAJE DE MINERAL Y DESMONTE + TRASLADO DE ELEMENTOS S	\$/ 999.57	\$/ -	\$/ 999.57	\$/ 13.00	\$/ 12.00	\$/ -	\$/ -	\$/ -	\$/ -	\$/ -	\$/ 135.90	\$/ 124.58	\$/ -	\$/ -	\$/ -	\$/ -	\$/ 285.48	\$/ 714.10	\$/ 20.71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																			
DIC	LIMPIEZA DE DESMONTE + SOST	426.87	181.32	426.87	608.19	19.50	18.00	22.68	28.73	-	-	147.23	124.58	#N/D	-	-	-	#N/D	#N/D	#N/D	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0																																			
DIC	SOST	426.87	474.47	-	474.47	19.50	18.00	-	-	-	-	#N/D	#REF!	#N/D	-	-	-	#REF!	#REF!	#REF!	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0																																			
DIC	LIMPIEZA DE DESMONTE + SOST + DESQUINCH	426.87	1,079.46	-	1,079.46	19.50	18.00	6.48	8.21	-	-	147.23	124.58	135.90	-	-	-	459.89	619.57	17.97	0	0	0	0	7	0.3	0	0	0	0																																			
DIC	EXTRACCION DE MINERAL Y DESMONTE	399.94	827.23	-	827.23	26.00	24.00	-	-	-	-	147.23	#N/D	124.58	124.58	-	-	#N/D	#N/D	#N/D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																			
DC	SOST + PV	426.87	19.55	469.56	489.10	19.50	18.00	30.24	38.30	-	-	147.23	#N/D	135.90	-	-	-	#N/D	#N/D	#N/D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																			
DIC	LIMPIEZA DE DESMONTE + SOST + PV	426.87	207.75	554.93	762.68	13.00	12.00	46.98	59.51	-	-	147.23	#N/D	-	-	-	-	#N/D	#N/D	#N/D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																			
DIC	LIMPIEZA DE DESMONTE + ORDEN Y LIMPIEZA	426.87	35.07	-	35.07	13.00	12.00	-	-	-	-	147.23	135.90	-	-	-	-	308.13	273.06	7.92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																			
DIC	IZAJE DE MINERAL Y DESMONTE + TRASLADO DE ELEMENTOS S	\$/ 1,171.91	\$/ -	\$/ 1,171.91	\$/ 13.00	\$/ 12.00	\$/ -	\$/ -	\$/ -	\$/ -	\$/ -	#N/D	#N/D	\$/ -	\$/ -	\$/ -	\$/ -	#N/D	#N/D	#N/D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																			
DIC	SOST + DESQUINCHE	426.87	476.68	-	476.68	19.50	18.00	5.40	6.84	-	-	#N/D	#REF!	#N/D	-	-	-	#N/D	#N/D	#N/D	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0																																			
DIC	SOST	426.87	297.12	-	297.12	19.50	18.00	-	-	-	-	#N/D	#REF!	#N/D	-	-	-	#N/D	#N/D	#N/D	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																			
DIC	SOS + PV	426.87	280.25	469.56	749.80	13.00	12.00	39.96	50.62	-	-	147.23	124.58	-	-	-	-	387.38	362.42	10.51	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0																																				
DIC	IZAJE DE MADERA + LIMPIEZA DE DESMONTE	426.87	689.36	-	689.36	13.00	12.00	-	-	-	-	124.58	124.58	-	-	-	-	274.15	415.21	12.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																			
DIC	LIMPIEZA DE MINERAL + SOST + PV	426.87	441.69	426.87	868.56	13.00	12.00	25.92	32.83	-	-	147.23	135.90	-	-	-	-	366.88	501.68	14.55	0	0	0	0	0	0	2.1	3	0	0																																			
DIC	SOST + PV	426.87	122.24	426.87	549.11	13.00	12.00	22.68	28.73	-	-	#N/D	124.58	-	-	-	-	#N/D	#N/D	#N/D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																			
DIC	LIMPIEZA DE DESMONTE + SOST + PV	426.87	116.08	426.87	542.95	19.50	18.00	58.32	73.87	-	-	#N/D	#N/D	#N/D	-	-	-	#N/D	#N/D	#N/D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																			
DIC	IZAJE DE MINERAL Y DESMONTE + TRASLADO DE ELEMENTOS S	\$/ 758.30	\$/ -	\$/ 758.30	\$/ 19.50	\$/ 18.00	\$/ -	\$/ -	\$/ -	\$/ -	\$/ -	\$/ 135.90	\$/ 124.58	\$/ 135.90	\$/ -	\$/ -	\$/ -	\$/ 433.88	\$/ 324.42	\$/ 9.41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																			
DIC	LIMPIEZA DE DESMONTE + SOST + DESQUINCH	426.87	572.14	-	572.14	19.50	18.00	3.24	4.10	-	-	#N/D	124.58	#N/D	-	-	-	#N/D	#N/D	#N/D	0	0	0	0	0	0	8	1	0	0																																			
DIC	SOST + PV	426.87	474.47	426.87	901.34	19.50	18.00	3.24	4.10	-	-	147.23	#REF!	#N/D	-	-	-	#REF!	#REF!	#REF!	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0																																			
DIC	LIMPIEZA DE DESMONTE + SOST + DESQUINCH	426.87	466.70	469.56	936.25	19.50	18.00	63.18	80.03	-	-	147.23	124.58	147.23	-	-	-	599.74	336.52	9.76	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0																																				
DIC	EXTRACCION DE MINERAL Y DESMONTE	399.94	689.36	-	689.36	19.50	18.00	-	-	-	-	147.23	124.58	124.58	-	-	-	433.88	255.49	7.41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																			
DC	SOST + PV	426.87	391.09	469.56	860.65	19.50	18.00	29.16	36.94	-	-	147.23	#N/D	135.90	-	-	-	#N/D	#N/D	#N/D	0	0	0	0	0	0	2.1	3	0	0																																			
DIC	LIMPIEZA DE DESMONTE + SOST + PV	426.87	238.69	-	238.69	13.00	12.00	-	-	-	-	147.23	#N/D	-	-	-	-	#N/D	#N/D	#N/D	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0																																			
DIC	IZAJE DE MADERA + PV	426.87	35.07	426.87	461.94	13.00	12.00	19.44	24.62	-	-	#N/D	124.58	-	-	-	-	#N/D	#N/D	#N/D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																			
DIC	LIMPIEZA DE DESMONTE + ORDEN Y LIMPIEZA	426.87	397.71	-	397.71	19.50	18.00	-	-	-	-	#N/D	135.90	147.23	-	-	-	#N/D	#N/D	#N/D	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0																																			

Fuente: Adgeminco S.A.C.

Tabla 20

Datos Por Usar En La Investigación

P																							0.885141														
CARÁCTERÍSTICAS																							VOLADURA		PERFORACIÓN		RESULTADOS		MANO DE OBRA		OPEX		0.600912				
																							0.17 0.174								1.65		0.62 0.57 0.28 0.36				
FECHA	NIVEL	LABOR	LUGAR	SECCIÓN	FASE	TURNO	ANCHO	ALTO	TALADROS CARGADOS	CARMBX	MECHA RÁPIDA	EMULSIÓN 1000 1" x 12"	EMULSIÓN 3000 1" x 12"	KG. EXPLOSIVOS	VOLUMEN	TONELAJE	N° DE DISPAROS	SUMA	CÓDIGO DE MÁQUINA	TALADROS PERFORADOS	LONGITUD DE PERFORACIÓN	PIES PERFORADOS	AVANCE	FACTOR DE AVANCE (Kg/ml)	FACTOR DE CARGA (KG/MB)	PERSONAL	HORAS HOMBRE (HH)	PRECIO	INGRESO AVANCE	EPP (\$/ HORA)	MATERIALES Y HERRAMIENTAS (\$/ HORA)	PERFORADORA	ACEROS Y BROCAS (PP)	EFICIENCIA (Mts/disparo)	FACTOR DE CARGA OBJETIVO	RENTIMIENTO OBIT (mts/hg)	RENTIMIENTO REAL (mts/hg)
16-02	566	CH	CH8815	2.4X1.5	DESARROLLO	D								0.00	0.00	0.00	0	0				0				5	52.5	0	S/ -	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ -	S/ -	0	4.28	0.3	0.00
16-02	516	CX	CX8708	2.1X2.1	DESARROLLO	D	2.1	2.1	35	35	10	15	100	19.86	4.85	12.61	1	195	36	39	4	148	1.10	18.06	4.09	5	52.5	706.86	S/ 777.55	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 42.12	S/ 53.35	1.1	4.28	0.3	0.22
17-02	516	CX	CX8708	2.1X2.1	DESARROLLO	D	2.1	2.1						0.00	0.00	0.00	0	0	36			0				5	52.5	0	S/ -	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ -	S/ -	0	4.28	0.3	0.00
18-02	516	CX	CX8719		DESARROLLO	N								0.00	0.00	0.00	0	0				0				5	52.5	0	S/ -	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ -	S/ -	0	4.28	0.3	0.00
19-02	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	N	1.5	1.5	10	10	6	15	15	5.10	2.25	5.85	1	56		11	4	41.8	1.00	5.10	2.27	5	52.5	552.58	S/ 552.58	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 11.88	S/ 15.05	1	4.28	0.3	0.20
20-02	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	N	1.5	1.5	11	11	6	30		5.00	2.25	5.85	1	58		12	4	45.6	1.00	5.00	2.22	5	52.5	552.58	S/ 552.58	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 12.96	S/ 16.42	1	4.28	0.3	0.20
20-02	566	CX	CX8331	2.1X2.1	DESARROLLO	N	2.1	2.1						0.00	0.00	0.00	0	0	19			0				5	52.5	0	S/ -	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ -	S/ -	0	4.28	0.3	0.00
21-02	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	D	1.5	1.5						0.00	0.00	0.00	0	0				0				5	52.5	0	S/ -	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ -	S/ -	0	4.28	0.3	0.00
21-02	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	N	1.5	1.5	12	12	6	30	5	5.87	2.25	5.85	1	65		15	4	57	1.00	5.87	2.61	5	52.5	552.58	S/ 552.58	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 16.20	S/ 20.52	1	4.28	0.3	0.20
22-02	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	D	1.5	1.5	2	2	1	4		0.67	0.00	0.00	0	9		2	3	5.7				5	52.5	0	S/ -	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 1.62	S/ 2.05	0	4.28	0.3	0.00
22-02	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	N	1.5	1.5	23	12	6	30		5.00	2.25	5.85	1	71		23	4	87.4	1.00	5.00	2.22	5	52.5	552.58	S/ 552.58	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 24.84	S/ 31.46	1	4.28	0.3	0.20
23-02	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	D	1.5	1.5	10	10	3	15	5	3.37	2.25	5.85	1	43	16	13	3	37.1	1.00	3.37	1.50	5	52.5	552.58	S/ 552.58	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 10.53	S/ 13.34	1	4.28	0.3	0.20
23-02	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	N	1.5	1.5	13	13	6	35		5.83	2.25	5.85	1	67		15	4	57	1.00	5.83	2.59	5	52.5	552.58	S/ 552.58	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 16.20	S/ 20.52	1	4.28	0.3	0.20
24-02	660	CH	CH8692		SERVICIOS	D								0.00	0.00	0.00	0	0				0				5	52.5	0	S/ -	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ -	S/ -	0	4.28	0.3	0.00
24-02	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	D	1.5	1.5	13	13	4	30	10	6.74	2.25	5.85	1	70	16	16	4	60.8	1.00	6.74	2.99	5	52.5	552.58	S/ 552.58	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 17.28	S/ 21.89	1	4.28	0.3	0.20
24-02	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	N	1.5	1.5	13	13	6	32		5.33	2.25	5.85	1	64		15	3	42.8	1.00	5.33	2.37	5	52.5	552.58	S/ 552.58	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 12.15	S/ 15.39	1	4.28	0.3	0.20
25-02	660	CH	CH8692		SERVICIOS	D								0.00	0.00	0.00	0	0				0				5	52.5	0	S/ -	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ -	S/ -	0	4.28	0.3	0.00
25-02	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	D	1.5	1.5	13	13	4	20	10	5.07	2.25	5.85	1	60	26	15	4	57	1.00	5.07	2.25	5	52.5	552.58	S/ 552.58	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 16.20	S/ 20.52	1	4.28	0.3	0.20
25-02	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	N	1.5	1.5	13	13	6	30		5.00	2.25	5.85	1	62		15	3	42.8	1.00	5.00	2.22	5	52.5	552.58	S/ 552.58	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 12.15	S/ 15.39	1	4.28	0.3	0.20
26-02	660	CH	CH8692		SERVICIOS	D								0.00	0.00	0.00	0	0				0				5	52.5	0	S/ -	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ -	S/ -	0	4.28	0.3	0.00
26-02	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	D	1.5	1.5	12	12	4	20	10	5.07	2.25	5.85	1	58	26	15	4	57	1.00	5.07	2.25	5	52.5	552.58	S/ 552.58	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 16.20	S/ 20.52	1	4.28	0.3	0.20
26-02	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	N	1.5	1.5	13	13	3	30		5.00	2.25	5.85	1	59		15	3	42.8	1.00	5.00	2.22	5	52.5	552.58	S/ 552.58	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 12.15	S/ 15.39	1	4.28	0.3	0.20
27-02	660	CH	CH8330	1.5X1.5	SERVICIOS	D	1.5	1.5	16	16	8	22	12	5.75	2.25	5.85	1	74	35	21	4	79.8	1.00	5.75	2.56	5	52.5	#N/D	#N/D	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 22.68	S/ 28.73	1	4.28	0.3	0.20
27-02	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	D	1.5	1.5	12	12	5	20	6	4.38	2.25	5.85	1	55	26	14	3	39.9	1.00	4.38	1.94	5	52.5	552.58	S/ 552.58	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 11.34	S/ 14.36	1	4.28	0.3	0.20
27-02	516	CX	CX8510	2.1X2.1	DESARROLLO	N	2.1	2.1						0.00	0.00	0.00	0	0				0				5	52.5	0	S/ -	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ -	S/ -	0	4.28	0.3	0.00
27-02	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	N	1.5	1.5	13	13	8	30		5.00	2.25	5.85	1	64	26	15	3	42.8	1.00	5.00	2.22	5	52.5	552.58	S/ 552.58	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 12.15	S/ 15.39	1	4.28	0.3	0.20
28-02	660	CH	CH8330	1.5X1.5	SERVICIOS	D	1.5	1.5	16	16	10	40	16	9.44	2.25	5.85	1	98	35	21	4	79.8	1.00	9.44	4.20	5	52.5	#N/D	#N/D	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 22.68	S/ 28.73	1	4.28	0.3	0.20
28-02	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	D	1.5	1.5	12	12	5	25	5	5.03	2.25	5.85	1	59	26	15	4	57	1.00	5.03	2.24	5	52.5	552.58	S/ 552.58	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 16.20	S/ 20.52	1	4.28	0.3	0.20
28-02	516	CH	CH8330	2.1X2.1	DESARROLLO	N	2.1	2.1						0.00	0.00	0.00	0	0				0				5	52.5	0	S/ -	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ -	S/ -	0	4.28	0.3	0.00
28-02	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	N	1.5	1.5	12	12	6	30		5.00	2.25	5.85	1	60	26	14	3	39.9	1.00	5.00	2.22	5	52.5	552.58	S/ 552.58	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 11.34	S/ 14.36	1	4.28	0.3	0.20
01-03	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	D	1.5	1.5						0.00	0.00	0.00	0	0				0				5	52.5	0	S/ -	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ -	S/ -	0	4.28	0.3	0.00
01-03	660	CH	CH8330	1.5X1.5	SERVICIOS	D	1.5	1.5	14	14	8	22	12	5.75	2.25	5.85	1	70	35	21	4	79.8	1.00	5.75	2.56	5	52.5	#N/D	#N/D	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 22.68	S/ 28.73	1	4.28	0.3	0.20
01-03	516	CH	CH8560	1.5X1.5	PREPARACION	N	1.5	1.5	12	12	5	20	10	5.07	2.25	5.85	1	59	26	14	4	53.2	1.00	5.07	2.25	5	52.5	552.58	S/ 552.58	S/ 32.50	S/ 30.00	S/ 15.12	S/ 19.15	1	4.28	0.3	0.20

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 12**

*Código usado en Python – 1*

```
import pandas as pd
import numpy as np
import plotly.express as px
import plotly.graph_objects as go
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.cbook as cbook
import os
import seaborn as sns
import plotly.figure_factory as ff
from scipy.stats import chi2_contingency
import missingno as msno

[ ] df = pd.read_excel("BD_Febrero_21_03.xlsx", sheet_name= "bd")
df.columns

Index(['FECHA', 'NIVEL', 'LABOR', 'LUGAR', 'SECCIÓN', 'FASE', 'TURNO', 'ANCHO',
      'ALTO', 'TALADROS CARGADOS', 'CARMEX', 'MECHA RÁPIDA',
      'EMULSIÓN 1000 1" x 12"', 'EMULSIÓN 3000 1" x 12"', 'KG. EXPLOSIVOS',
      'VOLÚMEN', 'TONELAJE', 'Nº DE DISPAROS', 'SUMA', 'CÓDIGO DE MÁQUINA',
      'TALADROS PERFORADOS', 'LONGITUD DE PERFORACIÓN', 'PIES PERFORADOS',
      'AVANCE', 'FACTOR DE AVANCE (Kg/ml)', 'FACTOR DE CARGA (KG/M3)',
      'PERSONAL', 'HORAS HOMBRE (HH)', 'PRECIO', 'INGRESO AVANCE',
      'EPP (S/. HORA)', 'MATERIALES Y HERRAMIENTAS (S/. HORA)', 'PERFORADORA',
      'ACEROS Y BROCAS (PP)', 'EFICIENCIA (Mts/disparo)',
      'FACTOR DE CARGA OBJETIVO', 'RENIMIENTO OBJT (mts/hg)',
      'RENDIMIENTO REAL (mts/hg)'],
      dtype='object')

[ ] df.shape

(212, 38)
```

*Fuente: Elaboración Propia*



**Figura 13**

*Código usado en Python – 2*

```
[ ] df.columns

Index(['FECHA', 'NIVEL', 'LABOR', 'LUGAR', 'SECCIÓN', 'FASE', 'TURNO', 'ANCHO',
      'ALTO', 'TALADROS CARGADOS', 'CARMEX', 'MECHA RÁPIDA',
      'EMULSIÓN 1000 1" x 12"', 'EMULSIÓN 3000 1" x 12"', 'KG. EXPLOSIVOS',
      'VOLÚMEN', 'TONELAJE', 'Nº DE DISPAROS', 'SUMA', 'CÓDIGO DE MÁQUINA',
      'TALADROS PERFORADOS', 'LONGITUD DE PERFORACIÓN', 'PIES PERFORADOS',
      'AVANCE', 'FACTOR DE AVANCE (Kg/ml)', 'FACTOR DE CARGA (KG/M3)',
      'PERSONAL', 'HORAS HOMBRE (HH)', 'PRECIO', 'INGRESO AVANCE',
      'EPP (S/. HORA)', 'MATERIALES Y HERRAMIENTAS (S/. HORA)', 'PERFORADORA',
      'ACEROS Y BROCAS (PP)', 'EFICIENCIA (mts/disparo)',
      'FACTOR DE CARGA OBJETIVO', 'RENIMIENTO OBJT (mts/hg)',
      'RENDIMIENTO REAL (mts/hg)'],
      dtype='object')

[ ] df_01 = df[['FECHA', 'NIVEL', 'LABOR', 'LUGAR', 'SECCIÓN', 'FASE', 'TURNO', 'ANCHO',
              'ALTO', 'TALADROS CARGADOS', 'CARMEX', 'KG. EXPLOSIVOS',
              'VOLÚMEN', 'TONELAJE', 'SUMA',
              'TALADROS PERFORADOS', 'PIES PERFORADOS',
              'AVANCE', 'FACTOR DE AVANCE (Kg/ml)', 'FACTOR DE CARGA (KG/M3)',
              'PERSONAL', 'HORAS HOMBRE (HH)', 'PRECIO', 'INGRESO AVANCE',
              'EPP (S/. HORA)', 'MATERIALES Y HERRAMIENTAS (S/. HORA)', 'PERFORADORA',
              'ACEROS Y BROCAS (PP)', 'EFICIENCIA (mts/disparo)',
              'FACTOR DE CARGA OBJETIVO', 'RENIMIENTO OBJT (mts/hg)',
              'RENDIMIENTO REAL (mts/hg)']]

[ ] df_01.columns = ['FECHA', 'NIVEL', 'LABOR', 'LUGAR', 'SECCION', 'FASE', 'TURNO', 'ANCHO',
                   'ALTO', 'TALADROS_CARGADOS', 'CARMEX', 'KG_EXPLOSIVOS',
                   'VOLUMEN', 'TONELAJE', 'SUMA',
                   'TALADROS_PERFORADOS', 'PIES_PERFORADOS',
                   'AVANCE', 'FACTOR_DE_AVANCE', 'FACTOR_DE_CARGA',
                   'PERSONAL', 'HORAS_HOMBRE', 'PRECIO', 'INGRESO_AVANCE',
                   'EPP', 'MATERIALES_Y_HERRAMIENTAS', 'PERFORADORA',
                   'ACEROS_Y_BROCAS', 'EFICIENCIA',
                   'FACTOR_DE_CARGA_OBJETIVO', 'RENIMIENTO_OBJT',
                   'RENDIMIENTO_REAL']

[ ] df_01.isnull().sum()/df_01.shape[0]*100
```

*Fuente: Elaboración Propia*

## Figura 14

Código usado en Python – 3

```
[ ] #Imputación de datos
df_01["TALADROS_PERFORADOS1"] = df_01.TALADROS_PERFORADOS.fillna(0)
df_01["TALADROS_PERFORADOS2"] = df_01.TALADROS_PERFORADOS.fillna(df_01.TALADROS_PERFORADOS.median())
df_01["TALADROS_PERFORADOS3"] = df_01.TALADROS_PERFORADOS.fillna(df_01.TALADROS_PERFORADOS.mean())
#análisis de imputación
f, axestres = plt.subplots(2,2,figsize = (15,7));
sns.distplot(df_01["TALADROS_PERFORADOS"], ax = axestres[0,0]);
sns.distplot(df_01["TALADROS_PERFORADOS1"], ax = axestres[0,1]);
sns.distplot(df_01["TALADROS_PERFORADOS2"], ax = axestres[1,0]);
sns.distplot(df_01["TALADROS_PERFORADOS3"], ax = axestres[1,1]);
```

Please adapt your code to use either `displot` (a figure-level function with similar flexibility) or `histplot` (an axes-level function for histograms).

For a guide to updating your code to use the new functions, please see <https://gist.github.com/mwaskom/de44147ed2974457ad6372750bbe5751>

```
sns.distplot(df_01["TALADROS_PERFORADOS"], ax = axestres[0,0]);
<ipython-input-17-50d3956bdd68>:8: UserWarning:
```

`distplot` is a deprecated function and will be removed in seaborn v0.14.0.

Please adapt your code to use either `displot` (a figure-level function with similar flexibility) or `histplot` (an axes-level function for histograms).

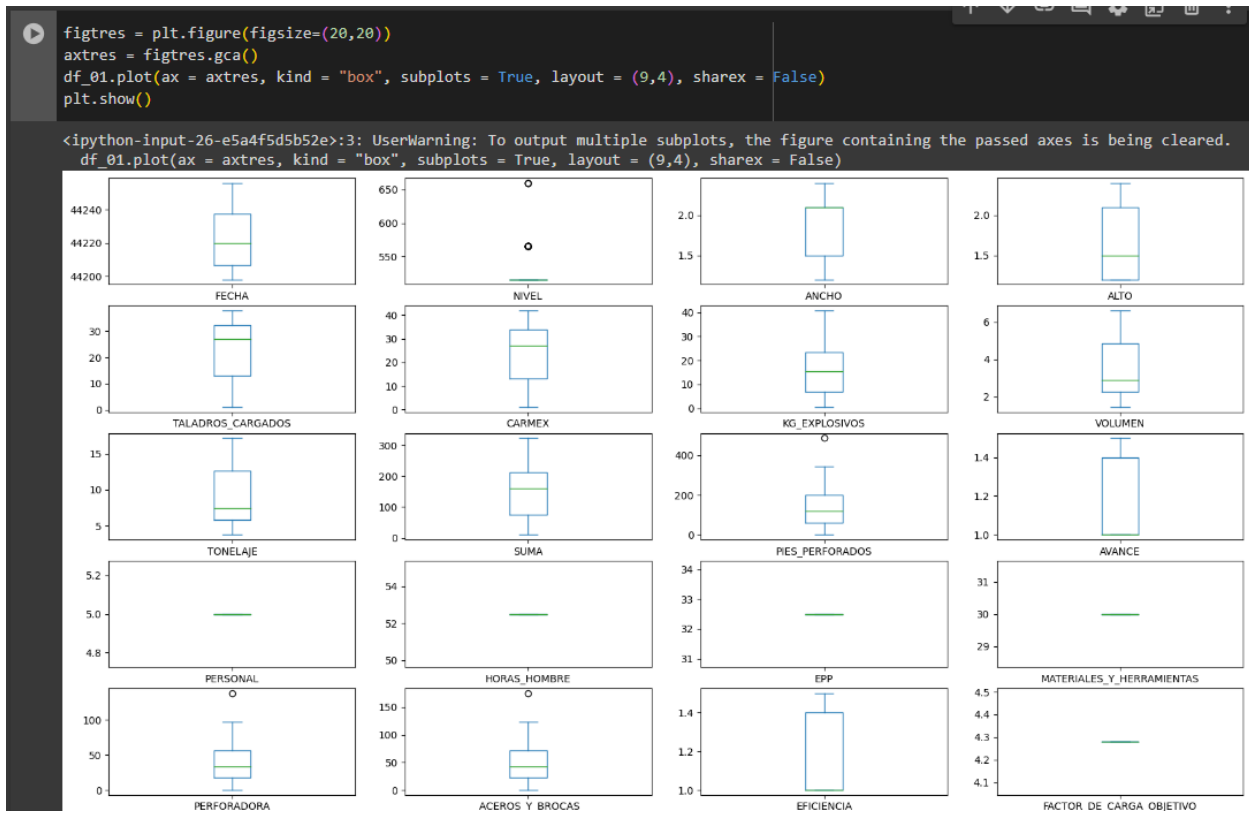
For a guide to updating your code to use the new functions, please see <https://gist.github.com/mwaskom/de44147ed2974457ad6372750bbe5751>

```
sns.distplot(df_01["TALADROS_PERFORADOS1"], ax = axestres[0,1]);
<ipython-input-17-50d3956bdd68>:9: UserWarning:
```

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 15**

*Código usado en Python – 4*



*Fuente: Elaboración Propia*



## Figura 16

*Código usado en Python – 5*

```
[ ] from sklearn.cluster import KMeans
    from sklearn.preprocessing import StandardScaler

[ ] df2.shape

(115, 15)

[ ] sc = StandardScaler()
    data_std = sc.fit_transform(df2)
    Numeros_cluster = range(1, 10)
    kmeans = [KMeans(n_clusters=i) for i in Numeros_cluster]
    score = [kmeans[i].fit(data_std).inertia_ for i in range(len(kmeans))]

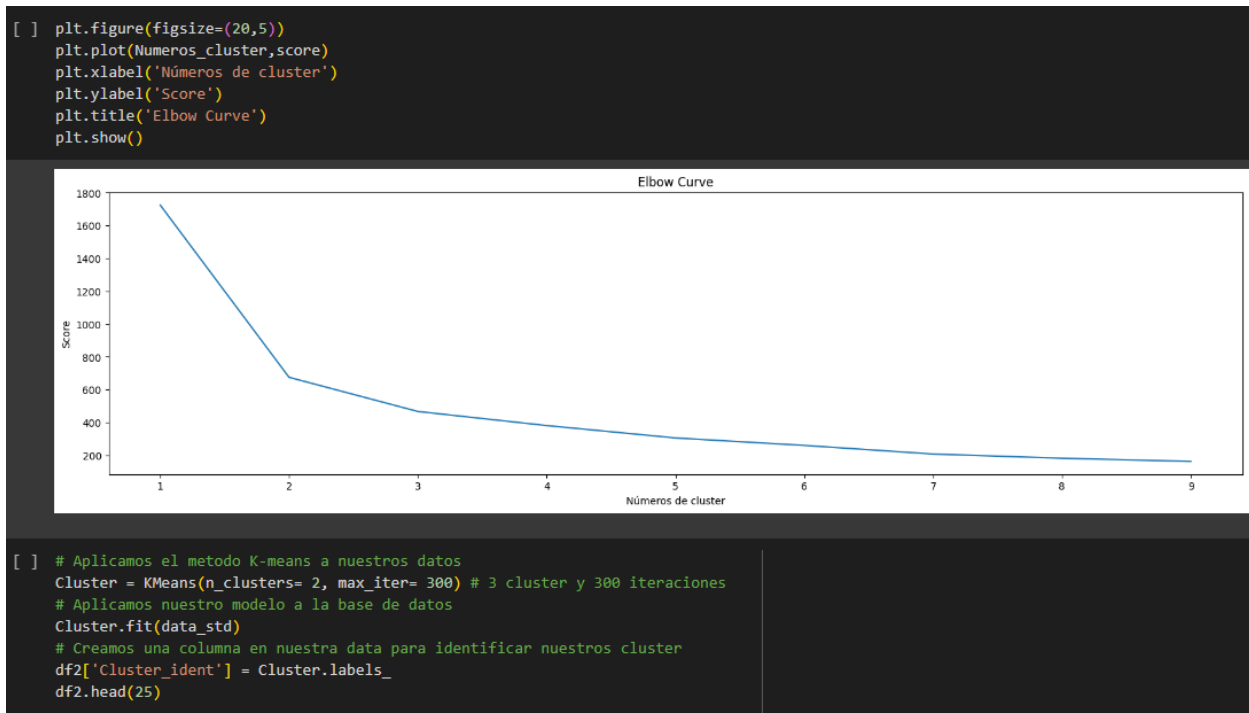
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/cluster/_kmeans.py:870: FutureWarning: The default value of
warnings.warn(
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/cluster/_kmeans.py:870: FutureWarning: The default value of
warnings.warn(
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/cluster/_kmeans.py:870: FutureWarning: The default value of
warnings.warn(
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/cluster/_kmeans.py:870: FutureWarning: The default value of
warnings.warn(
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/cluster/_kmeans.py:870: FutureWarning: The default value of
warnings.warn(
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/cluster/_kmeans.py:870: FutureWarning: The default value of
warnings.warn(
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/cluster/_kmeans.py:870: FutureWarning: The default value of
warnings.warn(
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/cluster/_kmeans.py:870: FutureWarning: The default value of
warnings.warn(
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/cluster/_kmeans.py:870: FutureWarning: The default value of
warnings.warn(
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/cluster/_kmeans.py:870: FutureWarning: The default value of
warnings.warn(

```

*Fuente: Elaboración Propia*

## Figura 17

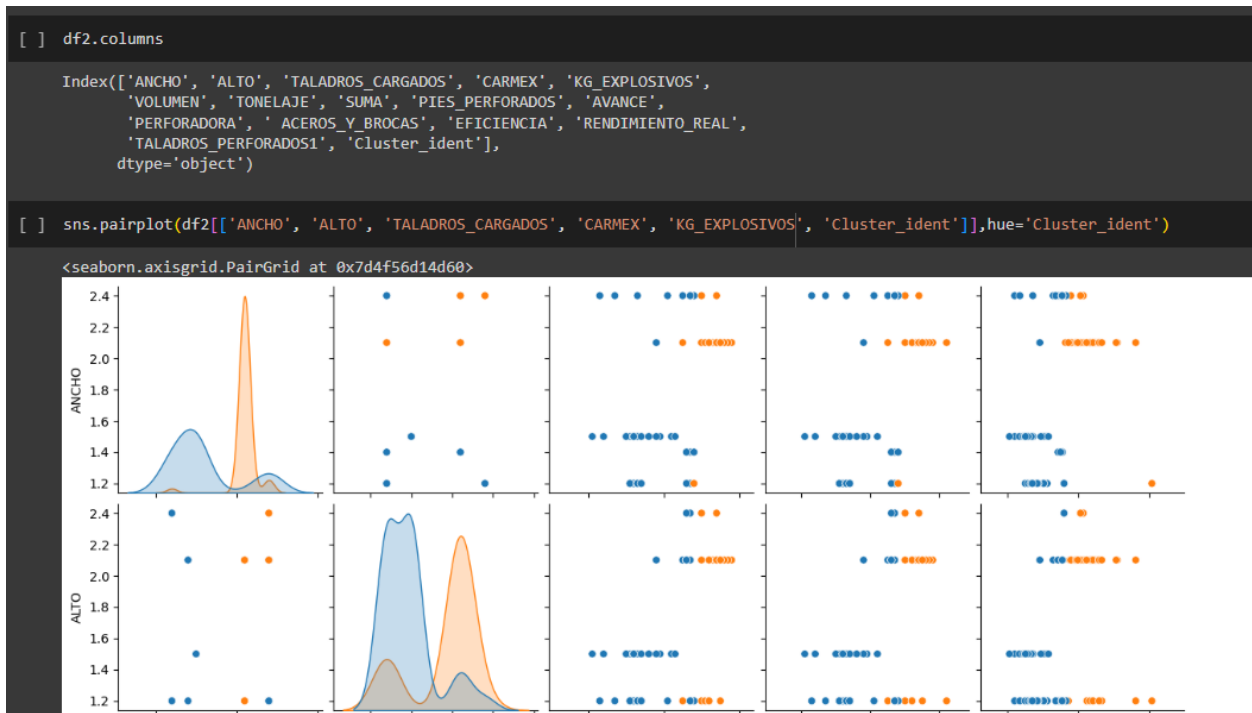
*Código usado en Python – 6*



*Fuente: Elaboración Propia*

## Figura 18

*Código usado en Python – 7*



*Fuente: Elaboración Propia*

## ANEXO 3

### FICHA DE ENCUESTA



San Juan de Chorunga

#### Ficha de Encuesta Kpis- Área de Productividad

Encuesta anónima para la evaluación de la implementación de Kpis operativos dirigida a los 7 Ingenieros del Área de Productividad.

##### 1.- ¿Qué herramienta-digital utiliza para la recopilación de indicadores?

- Microsoft Excel
- Power Bi
- Google Sheets
- Otro

##### 2.- ¿Qué conocimiento tiene del lenguaje de Programación phyton?

- Básico
- Intermedio
- Avanzado
- No tengo conocimiento

##### 3.- Según tu experiencia en el reporte de indicadores, evalúa según la base de datos recopilada:

Opciones	Excelente	Buena	Regular	Mala
1. Tonelaje movido				
2. Avance de Perforación				
3. Consumo de explosivos				
4. Cantidad de horas trabajadas				
5. Personal en guardia				

##### 4.- ¿Recomendarías el mejoramiento de reporte de indicadores mediante un lenguaje de programación?

- Si
- No

# ANEXO 4

## BASE DE DATOS RESULTANTE

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1	ANCHO	ALTO	TALADROS_CARGADOS	CARMEX	KG_EXPLOSIVOS	VOLUMEN	TONELAJE	SUMA	PIES_PERFORADOS	AVANCE	PERFORADORA	ACEROS_Y_BROCAS	EFICIENCIA	RENDIMIENTO_REAL	TALADROS_PERFORADOS1	Cluster_ident	N° DE DISPAROS	Costo por tonelaje	Factor de carga	Factor de avance	Pies perforados por disparo	Taladros cargados por disparo	Avance por disparo	Kilogramos por taladro	Kilogramos por disparo
2	1.5	1.5	14	14	6.9	2.3	5.9	72	57	1	16	21	1	0.2	15	0	1	72	3	6.9	57	15	1	0.5	6.9
3	2.1	2.1	32	32	18	4.9	13	170	133	1.1	38	48	1.1	0.2	35	1	1	34	3.6	16	133	35	1.1	0.6	18
4	1.5	1.5	19	19	11	2.3	5.9	122	80	1	23	29	1	0.2	21	0	1	72	4.8	11	80	21	1	0.6	11
5	2.1	2.1	34	34	19	4.9	13	186	141	1.1	40	51	1.1	0.2	37	1	1	34	3.9	17	141	37	1.1	0.6	19
6	2.4	1.2	3	3	2	2.9	7.5	28	11	1	3.2	4.1	1	0.2	3	0	1	57	0.7	2	11	3	1	0.7	2
7	2.1	2.1	34	34	25	4.9	13	222	222	1.1	63	80	1.1	0.2	39	1	1	34	5.1	22	222	39	1.1	0.7	25
8	2.1	2.1	34	34	18	4.9	13	183	141	1.1	40	51	1.1	0.2	37	1	1	34	3.7	16	141	37	1.1	0.5	18
9	2.4	1.2	13	13	7.1	2.9	7.5	88	57	1	16	21	1	0.2	15	0	1	57	2.5	7.1	57	15	1	0.5	7.1
10	2.1	2.1	34	34	25	4.9	13	222	222	1.1	63	80	1.1	0.2	39	1	1	34	5.1	22	222	39	1.1	0.7	25
11	2.1	2.1	34	34	18	4.9	13	183	141	1.1	40	51	1.1	0.2	37	1	1	34	3.7	16	141	37	1.1	0.5	18
12	2.4	1.2	7	7	3.5	2.9	7.5	55	19	1	5.4	6.8	1	0.2	5	0	1	57	1.2	3.5	19	5	1	0.5	3.5
13	2.1	2.1	34	34	25	4.9	13	222	205	1.1	58	74	1.1	0.2	36	1	1	34	5.1	22	205	36	1.1	0.7	25
14	1.5	1.5	14	14	7.2	2.3	5.9	78	61	1	17	22	1	0.2	16	0	1	72	3.2	7.2	61	16	1	0.5	7.2
15	2.1	2.1	34	34	23	4.9	13	213	211	1.1	60	76	1.1	0.2	37	1	1	34	4.8	21	211	37	1.1	0.7	23
16	1.5	1.5	18	18	10	2.3	5.9	101	80	1	23	29	1	0.2	21	0	1	72	4.5	10	80	21	1	0.6	10
17	1.5	1.5	14	14	7.2	2.3	5.9	80	57	1	16	21	1	0.2	15	0	1	72	3.2	7.2	57	15	1	0.5	7.2
18	2.1	2.1	34	34	23	6.6	17	215	211	1.5	60	76	1.5	0.3	37	1	1	25	3.5	16	211	37	1.5	0.7	23
19	1.5	1.5	22	22	12	2.3	5.9	122	95	1	27	34	1	0.2	25	0	1	72	5.1	12	95	25	1	0.5	12
20	2.1	2.1	32	32	24	4.4	11	212	200	1	57	72	1	0.2	35	1	1	37	5.4	24	200	35	1	0.7	24
21	2.1	2.1	18	18	9.1	4.9	13	100	76	1.1	22	27	1.1	0.2	20	0	1	34	1.9	8.3	76	20	1.1	0.5	9.1
22	2.1	2.1	34	34	21	5.3	14	200	211	1.2	60	76	1.2	0.2	37	1	1	31	3.9	17	211	37	1.2	0.6	21
23	2.1	2.1	38	38	25	6.6	17	238	239	1.5	68	86	1.5	0.3	42	1	1	25	3.8	17	239	42	1.5	0.7	25
24	2.4	2.4	30	30	21	6.3	16	197	162	1.1	46	58	1.1	0.2	34	1	1	26	3.4	19	162	34	1.1	0.7	21
25	1.5	1.5	10	10	5.1	2.3	5.9	55	141	1	40	51	1	0.2	37	0	1	72	2.3	5.1	141	37	1	0.5	5.1
26	1.5	1.5	4	4	2	2.3	5.9	25	15	1	4.3	5.5	1	0.2	4	0	1	72	0.9	2	15	4	1	0.5	2
27	2.1	2.1	33	36	24	6.2	16	217	171	1.4	49	62	1.4	0.3	36	1	1	26	3.9	17	171	36	1.4	0.7	24
28	1.5	1.5	1	1	0.5	2.3	5.9	10	0	1	0	0	1	0.2	0	0	1	72	0.2	0.5	0	0	1	0.5	0.5
29	2.1	2.1	33	33	24	6.6	17	210	205	1.5	58	74	1.5	0.3	36	1	1	25	3.6	16	205	36	1.5	0.7	24
30	2.1	2.1	32	32	26	6.6	17	224	200	1.5	57	72	1.5	0.3	35	1	1	25	3.9	17	200	35	1.5	0.8	26
31	2.1	2.1	32	32	24	6.2	16	212	200	1.4	57	72	1.4	0.3	35	1	1	26	3.9	17	200	35	1.4	0.7	24
32	2.1	2.1	30	30	23	6.2	16	205	217	1.4	62	78	1.4	0.3	38	1	1	26	3.8	17	217	38	1.4	0.8	23
33	2.4	2.1	25	25	13	5	13	155	106	1	30	38	1	0.2	28	0	1	32	2.6	13	106	28	1	0.5	13
34	2.1	2.1	32	32	24	6.2	16	212	200	1.4	57	72	1.4	0.3	35	1	1	26	3.9	17	200	35	1.4	0.7	24
35	2.1	2.1	32	32	36	6.6	17	288	182	1.5	52	66	1.5	0.3	32	1	1	25	5.5	24	182	32	1.5	1.1	36
36	2.4	2.1	27	27	18	5	13	168	118	1	33	42	1	0.2	31	1	1	32	3.6	18	118	31	1	0.7	18
37	2.1	2.1	34	34	24	6.2	16	214	211	1.4	60	76	1.4	0.3	37	1	1	26	3.8	17	211	37	1.4	0.7	24
38	2.4	1.2	21	21	14	2.9	7.5	134	87	1	25	31	1	0.2	23	0	1	57	4.8	14	87	23	1	0.7	14
39	2.1	1.2	32	32	22	3.5	9.2	204	166	1.4	47	60	1.4	0.3	35	1	1	46	6.4	16	166	35	1.4	0.7	22
40	2.1	2.1	32	32	24	6.2	16	212	200	1.4	57	72	1.4	0.3	35	1	1	26	3.9	17	200	35	1.4	0.7	24
41	2.1	1.2	30	30	16	3.5	9.2	165	257	1.4	73	92	1.4	0.3	45	1	1	46	4.6	12	257	45	1.4	0.5	16
42	1.2	2.4	27	27	16	3.2	8.2	176	118	1.1	33	42	1.1	0.2	31	0	1	51	5	15	118	31	1.1	0.6	16
43	1.2	2.4	26	26	16	2.9	7.5	156	114	1	32	41	1	0.2	30	0	1	57	5.6	16	114	30	1	0.6	16
44	2.1	2.1	35	35	31	6.2	16	260	228	1.4	65	82	1.4	0.3	40	1	1	26	5	22	228	40	1.4	0.9	31
45	2.1	1.2	32	32	24	3.8	9.8	214	228	1.5	65	82	1.5	0.3	40	1	1	43	6.4	16	228	40	1.5	0.8	24
46	2.1	2.1	35	35	26	6.6	17	230	245	1.5	70	88	1.5	0.3	43	1	1	25	3.9	17	245	43	1.5	0.7	26
47	2.1	1.2	31	42	27	3.5	9.2	238	239	1.4	68	86	1.4	0.3	42	1	1	46	7.6	19	239	42	1.4	0.9	27
48	2.1	2.1	35	35	26	6.2	16	230	217	1.4	62	78	1.4	0.3	38	1	1	26	4.2	19	217	38	1.4	0.7	26
49	2.1	1.2	32	32	24	3.5	9.2	216	239	1.4	68	86	1.4	0.3	42	1	1	46	6.8	17	239	42	1.4	0.8	24
50	2.1	2.1	32	35	24	4.9	13	215	133	1.1	38	48	1.1	0.2	35	1	1	34	5	22	133	35	1.1	0.8	24
51	2.1	2.1	35	35	26	6.2	16	230	181	1.4	51	65	1.4	0.3	38	1	1	26	4.2	19	181	38	1.4	0.7	26
52	2.1	1.2	32	32	36	3.8	9.8	288	342	1.5	97	123	1.5	0.3	45	1	1	43	9.6	24	342	45	1.5	1.1	36
53	2.1	2.1	35	35	22	4.9	13	205	152	1.1	43	55	1.1	0.2	40	1	1	34	4.4	20	152	40	1.1	0.6	22

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
52	2.1	1.2	32	32	36	3.8	9.8	288	342	1.5	97	123	1.5	0.3	45	1	1	43	9.6	24	342	45	1.5	1.1	36
53	2.1	2.1	35	35	22	4.9	13	205	152	1.1	43	55	1.1	0.2	40	1	1	34	4.4	20	152	40	1.1	0.6	22
54	2.1	2.1	36	36	26	6.2	16	232	205	1.4	58	74	1.4	0.3	36	1	1	26	4.2	19	205	36	1.4	0.7	26
55	2.1	1.2	32	32	23	3.5	9.2	209	205	1.4	58	74	1.4	0.3	36	1	1	46	6.6	17	205	36	1.4	0.7	23
56	2.1	2.1	35	35	26	6.2	16	230	205	1.4	58	74	1.4	0.3	36	1	1	26	4.2	19	205	36	1.4	0.7	26
57	2.1	2.1	37	37	31	6.2	16	262	211	1.4	60	76	1.4	0.3	37	1	1	26	5	22	211	37	1.4	0.8	31
58	2.1	1.2	32	32	24	3.5	9.2	214	257	1.4	73	92	1.4	0.3	45	1	1	46	6.8	17	257	45	1.4	0.8	24
59	2.1	1.2	25	25	17	3.5	9.2	160	114	1.4	32	41	1.4	0.3	30	1	1	46	4.9	12	114	30	1.4	0.7	17
60	2.1	2.1	34	34	21	6.6	17	198	217	1.5	62	78	1.5	0.5	38	1	1	25	3.1	14	217	38	1.5	0.6	21
61	2.1	1.2	35	35	26	3.5	9.2	232	228	1.4	65	82	1.4	0.5	40	1	1	46	7.3	19	228	40	1.4	0.7	26
62	2.1	2.1	36	36	27	6.2	16	236	190	1.4	54	68	1.4	0.5	40	1	1	26	4.3	19	190	40	1.4	0.7	27
63	1.4	2.1	26	26	15	2.9	7.6	172	110	1	31	40	1	0.3	29	0	1	55	5.3	15	110	29	1	0.6	15
64	1.4	2.1	27	27	14	2.9	7.6	153	80	1	23	29	1	0.3	28	0	1	55	4.9	14	80	28	1	0.5	14
65	1.4	2.1	26	26	15	2.9	7.6	172	110	1	31	40	1	0.3	29	0	1	55	5.3	15	110	29	1	0.6	15
66	1.4	2.1	26	26	15	2.9	7.6	162	110	1	31	40	1	0.2	29	0	1	55	5.3	15	110	29	1	0.6	15
67	1.4	1.2	28	28	15	1.7	4.4	163	122	1	35	44	1	0.2	32	0	1	97	8.9	15	122	32	1	0.5	15
68	2.4	1.2	28	28	15	2.9	7.5	160	122	1	35	44	1	0.2	32	0	1	57	5.4	15	122	32	1	0.6	15
69	1.2	1.2	11	11	5.5	1.4	3.7	60	46	1	13	16	1	0.2	12	0	1	113	3.8	5.5	46	12	1	0.5	5.5
70	1.2	1.2	12	12	11	1.4	3.7	97	61	1	17	22	1	0.2	16	0	1	113	7.8	11	61	16	1	0.9	11
71	2.4	1.2	27	27	15	2.9	7.5	150	118	1	33	42	1	0.2	31	0	1	57	5.1	15	118	31	1	0.5	15
72	1.2	1.2	28	28	41	1.4	3.7	324	486	1	138	175	1	0.2	64	1	1	113	28	41	486	64	1	1.5	41
73	2.4	1.2	28	28	17	2.9	7.5	167	122	1	35	44	1	0.2	32	0	1	57	5.7	17	122	32	1	0.6	17
74	1.2	1.2	11	11	5	1.4	3.7	57	0	1	0	0	1	0.2	0	0	1	113	3.5	5	0	0	1	0.5	5
75	1.2	1.2	14	14	10	1.4	3.7	92	65	1	18	23	1	0.2	17	0	1	113	7.1	10	65	17	1	0.7	10
76	2.4	1.2	27	27	16	2.9	7.5	153	122	1	35	44	1	0.2	32	0	1	57	5.4	16	122	32	1	0.6	16
77	1.2	1.2	11	11	5.8	1.4	3.7	64	46	1	13	16	1	0.2	12	0	1	113	4.1	5.8	46	12	1	0.5	5.8
78	1.2	1.2	14	14	10	1.4	3.7	92	61	1	17	22	1	0.2	16	0	1	113	7.1	10	61	16	1	0.7	10
79	1.2	1.2	14	14	7.8	1.4	3.7	78	61	1	17	22	1	0.2	16	0	1	113	5.4	7.8	61	16	1	0.6	7.8
80	2.4	1.2	27	27	14	3.2	8.2	142	122	1.1	35	44	1.1	0.2	32	0	1	51	4.3	12	122	32	1.1	0.5	14
81	1.2	1.2	12	12	6.5	1.4	3.7	71	68	1	19	25	1	0.2	18	0	1	113	4.5	6.5	68	18	1	0.5	6.5
82	1.2	1.2	11	11	10	1.4	3.7	94	65	1	18	23	1	0.2	17	0	1	113	7.1	10	65	17	1	0.9	10
83	1.2	1.2	14	14	7	1.4	3.7	80	61	1	17	22	1	0.2	16	0	1	113	4.9	7	61	16	1	0.5	7
84	1.2	1.2	13	13	8.8	1.4	3.7	90	65	1	18	23	1	0.2	17	0	1	113	6.1	8.8	65	17	1	0.7	8.8
85	2.4	1.2	27	27	15	2.9	7.5	161	125	1	36	45	1	0.2	33	0	1	57	5.3	15	125	33	1	0.6	15
86	1.2	1.2	14	14	7	1.4	3.7	80	68	1	19	25	1	0.2	18	0	1	113	4.9	7	68	18	1	0.5	7
87	1.2	1.2	13	13	8.4	1.4	3.7	88	65	1	18	23	1	0.2	17	0	1	113	5.8	8.4	65	17	1	0.6	8.4
88	1.2	1.2	14	14	7	1.4	3.7	80	68	1	19	25	1	0.2	18	0	1	113	4.9	7	68	18	1	0.5	7
89	1.2	1.2	13	13	8.4	1.4	3.7	91	65	1	18	23	1	0.2	17	0	1	113	5.8	8.4	65	17	1	0.6	8.4
90	2.4	1.2	27	27	15	2.9	7.5	154	125	1	36	45	1	0.2	33	0	1	57	5.4	15	125	33	1	0.6	15
91	1.2	1.2	14	14	7	1.4	3.7	80	57	1	16	21	1	0.2	15	0	1	113	4.9	7	57	15	1	0.5	7
92	2.1	2.1	34	34	22	4.9	13	208	144	1.1	41	52	1.1	0.2	38	1	1	34	4.6	20	144	38	1.1	0.7	22
93	2.4	2.4	34	34	21	6.3	16	197	137	1.1	39	49	1.1	0.2	36	1	1	26	3.3	19	137	36	1.1	0.6	21
94	2.1	2.1	34	34	19	4.9	13	190	144	1.1	41	52	1.1	0.2	38	1	1	34	4	18	144	38	1.1	0.6	19
95	2.1	2.1	35	35	20	4.9	13	195	148	1.1	42	53	1.1	0.2	39	1	1	34	4.1	18	148	39	1.1	0.6	20
96	2.1	2.1	35	35	20	4.9	13	195	148	1.1	42	53	1.1	0.2	39	1	1	34	4.1	18	148	39	1.1	0.6	20
97	1.5	1.5	10	10	5.1	2.3	5.9	56	42	1	12	15	1	0.2	11	0	1	72	2.3	5.1	42	11	1	0.5	5.1
98	1.5	1.5	11	11	5	2.3	5.9	58	46	1	13	16	1	0.2	12	0	1	72	2.2	5	46	12	1	0.5	5
99	1.5	1.5	12	12	5.9	2.3	5.9	65	57	1	16	21	1	0.2	15	0	1	72	2.6	5.9	57	15	1	0.5	5.9
100	1.5	1.5	23	12	5	2.3	5.9	71	87	1	25	31	1	0.2	23	0	1	72	2.2	5	87	23	1	0.2	5
101	1.5	1.5	10	10	3.4	2.3	5.9	43	37	1	11	13	1	0.2	13	0	1	72	1.5	3.4	37	13	1	0.3	3.4
102	1.5	1.5	13	13	5.8	2.3	5.9	67	57	1	16	21	1	0.2	15	0	1	72	2.6	5.8	57	15	1	0.4	5.8
103	1.5	1.5	13	13	6.7	2.3	5.9	70	61	1	17	22	1	0.2	16	0	1	72	3	6.7	61	16	1	0.5	6.7
104	1.5	1.5	13	13	5.3	2.3	5.9	64	43	1	12	15	1	0.2	15	0	1	72	2.4	5.3	43	15	1	0.4	5.3
105	1.5	1.5	13	13	5.1	2.3	5.9	60	57	1	16	21	1	0.2	15	0	1	72	2.3	5.1	57	15	1	0.4	5.1
106	1.5	1.5	13	13	5	2.3	5.9	62	43	1	12	15	1	0.2	15	0	1	72	2.2	5	43	15	1	0.4	5
107	1.5	1.5	12	12	5.1	2.3	5.9	58	57	1	16	21	1	0.2	15	0	1	72	2.3	5.1	57	15	1	0.4	5.1
108	1.5	1.5	13	13	5	2.3	5.9	59	43	1	12	15	1	0.2	15	0	1	72	2.2	5	43	15	1	0.4	5
109	1.5	1.5	16	16	5.8	2.3	5.9	74	80	1	23	29	1	0.2	21	0	1	72	2.6	5.8	80	21	1	0.4	5.8
110	1.5	1.5	12	12	4.4	2.3	5.9	55	40	1	11	14	1	0.2	14	0	1	72	1.9	4.4	40	14	1	0.4	4.4
111	1.5	1.5	13	13	5	2.3	5.9	64	43	1	12	15	1	0.2	15	0	1	72	2.2	5	43	15	1	0.4	5
112	1.5	1.5	16	16	9.4	2.3	5.9	98	80	1	23	29	1	0.2	21	0	1	72	4.2	9.4	80	21	1	0.6	9.4
113	1.5	1.5	12	12	5	2.3	5.9	59	57	1	16	21	1	0.2	15	0	1	72	2.2	5	57	15	1	0.4	5
114	1.5	1.5	12	12	5	2.3	5.9	60	40	1	11	14	1	0.2	14	0	1	72	2.2	5	40	14	1	0.4	5
115	1.5	1.5	14	14	5.8																				