

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL INGENIERÍA DE MINAS**



**T E S I S**

**Reducción y optimización de costos operativos en aceros de perforación en la RPA. (±)944W de la Empresa Especializada IESA S.A. –Unidad Minera Atacocha S.A. Nexa Resources**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero de Minas**

**Autor:**

**Bach. Richard Jhoel ANASTARES FERNANDEZ**

**Asesor:**

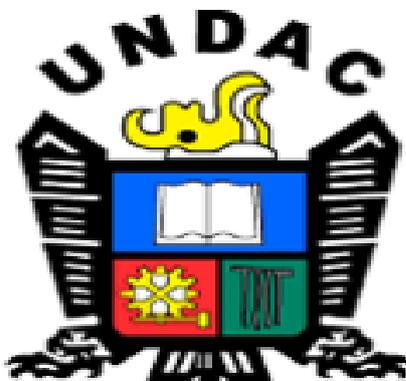
**Msc. Ing. Floro Pagel ZENTENO GOMEZ**

**Cerro de Pasco – Perú – 2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL INGENIERÍA DE MINAS**



**T E S I S**

**Reducción y optimización de costos operativos en aceros de perforación en la RPA. (±)944W de la Empresa Especializada IESA S.A. –Unidad Minera Atacocha S.A. Nexa Resources**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

---

**Dr. Agustín Arturo AGUIRRE ADAUTO**

**PRESIDENTE**

---

**Mg. Edgar ALCANTARA TRUJILLO**

**MIEMBRO**

---

**Mg. Vicente Cesar DAVILA CORDOVA**

**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

Dedicamos esta investigación a mis padres Vicente y Juana, mi hijo Branm y mi esposa Maybe que son lo más valioso que Dios nos ha dado. Porque nos ha dado el apoyo continuo en nuestras vidas diarias, por sus consejos; su apoyo incondicional y su paciencia; gracias a todo ello somos personas de bien.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por ser mi protector, guía, brindarme fuerza y por su gran misericordia.

A toda mi familia por su apoyo en esta etapa de mi vida académica y lograr ser un profesional de éxito.

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión por brindarnos la calidad educativa necesaria para nuestra formación profesional.

A la Facultad de Ingeniería de Minas - Escuela Profesional de Ingeniería de Minas y a todos los docentes, quienes fueron principal soporte en nuestro crecimiento académico y profesional.

A mi esposa Maybe Arias Alvino e hijo Branm Dylan Anastares Arias por su apoyo en esta etapa de mi vida académica.

A todas las áreas de la empresa especializada IESA S.A. – Unidad Minera Atacocha - Nexa Resources, involucrados que me brindaron soporte y facilitaron todo lo necesario para esta investigación.

## RESUMEN

El presente trabajo de tesis: “Reducción Y Optimización De Costos Operativos En Aceros De Perforación En La Rpa. (±)944w de la Empresa Especializada IESA S.A. – Unidad Minera Atacocha S.A. Nexa Resources”, se basa principalmente en minimizar costos por el excesivo consumo de aceros de perforación ya que el reflejo se da en elevados costos mensuales y por ende en los precios por disparo por ello se considera la implementación de una afiladora y la reducción de número de taladros en la malla de perforación siendo estos los factores más importantes para minimizar el consumo de brocas, barras, shank, y reducir costos. En la zona de investigación la Rpa. (±)944w se aplicaba el avance de frente por ambos lados realizando un ciclo de minado diario por ambas partes.

Se explica mejor el desarrollo de la tesis de cómo se redujo el consumo de brocas esto fue por la implementación de una afiladora para el proyecto e implementar en el taller trackles Nv. 3300, esto más que nada por motivos que nuestro taller se encontraba en taller IESA Nv. 3540 y nos dificultaba en facilitar en un tiempo apropiado fuera que esta afiladora abastecía a toda la operación de IESA en profundización.

Por otro lado, se explica cómo se redujo el consumo de barras y shanky brocas esto fue por la reducción de número de taladros de perforación para una roca tipo III, basado en la implementación de un nuevo explosivo el Emulex 45 para taladros de recorte con un menor poder rompedor para la corona, ya que el explosivo no realizaba una sobre voladura en el techo por ser de poca potencia y la roca era semi dura.

Con todo este trabajo de investigación se logró obtener los costos reducidos por la implementación de una afiladora y reducción de número de taladros en la malla de perforación.

Con el buen control, afilado de brocas y reducción de número de taladros en nuestra malla de perforación se optimizó el consumo de las brocas de perforación de SR35 Button Bit 45 mm obteniendo una mejora en el elevado costo, reduciendo un

promedio de 10 brocas por mes, logrando optimizar \$ 3,160.00 dólares en el proyecto solo por brocas.

El buen control y La reducción de número de taladros en nuestra malla de perforación optimizo en consumo de barras de perforación T38-H35-R35 de 14', reduciendo un promedio de 2 barras por mes, logrando optimizar \$ 3,200.00 dólares durante todo el proyecto.

De la misma manera se optimizo el consumo de shank COP 1838T38X435 mm con el buen control de uso y la reducción de taladros reduciendo 5 unidades de shank en todo el proyecto y un costo optimizado de \$ 1,145.00 dólares.

El rendimiento que se obtuvo durante el proyecto entre barra y shank es de 397581.878 metros con 47 unidades de barras y 30 unidades de shank.

El rendimiento que se obtuvo durante el proyecto de brocas es de 365471.797 metros y de brocas afilados es 33280.6719 metros con un total de 240 brocas en todo el proyecto.

El rendimiento obtenido de broca rimadora es 30992 metros con un consumo de 20 unidades durante todo el proyecto.

Por lo que podemos concluir que el buen control de los aceros, implementación de una afiladora y la reducción de número de taladros en nuestra malla de perforación, optimiza en consumo de brocas SR35 Button Bit 45 mm, barras T38-H35-R35 de 14', shank COP 1838T38X4 35 mm nos permite generar una reducción de costos, esto implica que la tesis es rentable.

**Palabras claves:** Aceros de perforación, barden, eficiencia de perforación, optimización de costos.

## ABSTRACT

The present thesis work: "Reduction and Optimization of Operating Costs In Drilling Steels In Rpa. (±) 944w of the Specialized Company IESA

S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. Nexa Resources", is based mainly on minimizing costs due to the excessive consumption of drilling steels since there reflection is given in high monthly costs and therefore in prices per shot, therefore, the implementation of a grinding machine and the reduction of the number of holes in the drilling mesh, these being the most important factors to minimize the consumption of bits, bars, shank, and reduce costs. In the research area Rpa. (±) 944w front feed was applied on both sides, performing a daily mining cycle on both sides.

The development of the thesis of how the consumption of bits was reduced is better explained, this was due to the implementation of a grinding machine for the project and to implement trackles Nv in the workshop. 3300, this more than anything for reasons that our workshop was in the IESA Nv. 3540 and it made it difficult for us to provide at an appropriate time that this grinding machine supplied the entire operation of IESA in depth.

On the other hand, it is explained how the consumption of bars and shanks and bits was reduced, this was due to the reduction in the number of drilling holes for a type III rock, based on the implementation of a new explosive, Emulex 45 for cutting holes with a lower breaking power for the crown, since

The explosive did not perform an over blasting on the roof because it was of little power and the rock was semi hard.

With all this research work, it was possible to obtain reduced costs for the implementation of a grinding machine and reduction of the number of holes in the drilling mesh.

With the good control, sharpening of drill bits and reduction of the number of holes in our drilling mesh, we optimized the consumption of SR35 Button Bit

45 mm drill bits, obtaining an improvement in the high cost, reducing an average of 10 bits per month, optimizing \$ 3,160.00 dollars in the project only for drill bits.

The good control and reduction of the number of holes in our drilling mesh optimized the consumption of 14' T38-H35-R35 drill rods, reducing an average of 2 rods per month, optimizing \$ 3,200.00 dollars during the entire project.

In the same way the consumption of COP 1838T38X4 35 mm shank was optimized with the good control of use and the reduction of drills reducing 5 units of shank in the whole project and an optimized cost of \$ 1,145.00 dollars.

The yield obtained during the project between bar and shank is 397581.878 meters with 47 bar units and 30 shank units.

The yield obtained during the project of drill bits is 365471.797 meters and of sharp drill bits is 33280.6719 meters with a total of 240 bits in the whole project.

The obtained yield of rhymer drill is 30992 meters with a consumption of 20 units during the whole project.

So we can conclude that the good control of the steels, implementation of a sharpening machine and the reduction of the number of holes in our drilling mesh, optimizes the consumption of SR35 Button Bit 45 mm, T38- H35-R35 bars of 14', shank COP 1838T38X4 35 mm allows us to generate a cost reduction, this implies that the thesis is profitable.

**Key words:** Drilling steels, Barden, drilling efficiency, explosive, cost optimization.

## INTRODUCCIÓN

La perforación y voladura es una fase que se realiza en avances de exploración, desarrollo, explotación siendo una fase muy importante en el ciclode minado, es por eso que investigamos esta área para poder reducir costos en brocas, barras, y shank.

La presente tesis tiene como objetivo reducir y optimizar costos en aceros de perforación en la Rpa. (±)944W, del NV 3300 al NV 3080 realizado por la empresa especializada IESA S.A. para facilitar el acarreo de mineral del NV. 3080 hacia el Apron Feeder N°1 (Nv. 3600) por la Rpa. 3570, a unos 300 metros de la planta concentradora Chicrin y es transportado por la faja transportadora N° 1 hacia la chancadora primaria de quijada.

El presente trabajo de tesis está dividido en cuatro capítulos de la manera siguiente:

En el capítulo I se considera el problema de investigación, considerando la identificación y determinación del problema, sus delimitaciones, formulación del problema, su problema principal y específico, sus objetivos, justificación y limitación de la investigación.

Asimismo, se consideró en delimitación de la investigación aspectos como ubicación y acceso, características geográficas, geología, (geología regional), geología estructural y tectónica, geología económica, mineralización.

En el capítulo II, se describe marco teórico, tales como: antecedentes del estudio, bases teóricas científicas, definición de términos, formulación de hipótesis (general y específicos), la identificación de variables y definición operacional de variables e indicadores.

En el capítulo III, se explica la metodología y técnica de investigación, tipo, método, diseño de investigación, población y muestra, recolección, procesamiento y análisis de datos, tratamiento estadístico, validación y confiabilidad de los instrumentos y orientación ética.

En el capítulo IV se considera la descripción de trabajo de campo, análisis e interpretación de resultados, prueba de hipótesis y discusión de resultados.

Así mismo se consideró en descripción de trabajo, en la perforación consideramos los equipos de perforación, cálculo de barden y espaciamiento, cálculo de número de taladros, diseño de malla de perforación y en la voladura.

La optimización de costos en aceros de perforación implementando afilados de brocas, de botones, obteniendo rendimientos de brocas afilados y no afilados durante todo el proyecto así mismo los rendimientos de barra y shank por meses durante todo el proyecto.

EL AUTOR.

## ÍNDICE

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS:

ÍNDICE DE TABLAS:

ÍNDICE DE ANEXOS:

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación .....	3
1.3. Formulación del Problema .....	24
1.3.1. Problema General.....	24
1.3.2. Problemas específicos.....	24
1.4. Formulación de los objetivos.....	24
1.4.1. Objetivo general.....	24
1.4.2. Objetivos Específicos.....	24
1.5. Justificación de la investigación .....	25
1.6. Limitaciones de la investigación.....	26

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio .....	27
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	27
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	29
2.2. Bases teóricas-científicas.....	36
2.3. Definición de términos básicos.....	36
2.4. Formulación de Hipótesis.....	42
2.4.1. Hipótesis General .....	42
2.4.2. Hipótesis Específicas.....	42
2.5. Identificación de variables .....	42
2.6. Definición operacional de variables e indicadores .....	43

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de investigación.....	47
3.2. Nivel de Investigación .....	47
3.3. Métodos de investigación .....	47
3.4. Diseño de investigación.....	48
3.5. Población y muestra.....	48
3.5.1. Población. ....	48
3.5.2. Muestra .....	48
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	48
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación. ....	48
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	49
3.9. Tratamiento estadístico .....	50
3.10. Orientación ética filosófica y epsitémica .....	51

### **CAPÍTULO IV**

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	52
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	71
4.3. Prueba de hipótesis .....	122
4.4. Discusión de resultados.....	129

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Plano de ubicación departamental de la Unidad Minera Atacocha.....	4
Figura 2 Plano de localización de la Unidad Minera Atacocha.....	5
Figura 3 Plano de accesibilidad de la Unidad Minera Atacocha. ....	6
Figura 4 Sección longitudinal Atacocha.....	14
Figura 5 Plano geológico de la Unidad Minera Atacocha.Fuente: Plano geológico Pasco 22k. ....	17
Figura 6 Perfil geológico de la unidad minera Atacocha.....	18
Figura 7 Perfil geológico de la unidad minera Atacocha.....	21
Figura 8 Plano modelo geológico de la Unidad Minera Atacocha. ....	23
Figura 9 Jumbo electro hydraulic – un brazo.....	53
Figura 10 Jumbo electro hydraulic – dos brazos. ....	53
Figura 11 Malla de perforación para roca tipo III.....	58
Figura 12 Malla de perforación para una roca tipo III. Fuente: departamento de perforación y voladura Nexa. ....	60
Figura 13 Pintado de malla de perforación.Fuente: Elaboración propia. ....	62
Figura 14 Malla de perforación para una roca tipo IV.....	63
Figura 15 Pintado de malla de perforación.....	64
Figura 16 Desviación de Taladros.....	65
Figura 17 Perforación con guidores.....	66
Figura 18 Perforación direccionada con la cola.....	67
Figura 19 Comprobación del paralelismo en el primer cuadrante. ....	68
Figura 20 Comprobación del paralelismo en los cuatro cuadrantes.....	68
Figura 21 Medición de broca a afilar. ....	71
Figura 22 Medición de broca a afilar. ....	72
Figura 23 Rendimiento de broca afilada del proyecto de la Rpa. ( $\pm$ )944W. ....	73
Figura 24 Capacitación del personal.....	74
Figura 25 Rendimiento de broca Rpa. (-) 944W noviembre.....	78
Figura 26 Rendimiento de broca Rpa. (+) 944W noviembre.....	78
Figura 27 Rendimiento de broca afilado Rpa. (+) 944W.....	81
Figura 28 Rendimiento de broca sin afilar Rpa. (+) 944W.....	82
Figura 29 Pies perforados por broca Rpa. (+) 944W.....	82
Figura 30 Rendimiento de la broca afilada Rpa. (-) 944W.....	82
Figura 31 Rendimiento de broca sin afilar Rpa. (-) 944W.....	83

Figura 32 Pies perforados por broca Rpa. (-) 944W diciembre. ....	83
Figura 33 Rendimiento de broca afilada Rpa. (+) 944W. ....	87
Figura 34 Rendimiento de broca sin afilar Rpa. (+) 944W. ....	87
Figura 35 Pies perforados por broca Rpa. (+) 944W. ....	88
Figura 36 Rendimiento de broca afilado Rpa. (-) 944W. ....	88
Figura 37 Rendimiento de broca sin afilar Rpa. (-) 944W. ....	89
Figura 38 Pies perforados por broca Rpa. (-) 944W. ....	89
Figura 39 Rendimiento de broca afilado Rpa. (+) 944W. ....	93
Figura 40 Rendimiento de broca sin afilar Rpa. (+) 944W. ....	93
Figura 41 Pies perforados por broca Rpa. (+) 944W. ....	94
Figura 42 Rendimiento de broca afilada Rpa. (-) 944W. ....	94
Figura 43 Rendimiento de broca sin afilar Rpa. (-) 944W. ....	95
Figura 44 Pies perforados por broca Rpa. (-) 944W febrero. ....	95
Figura 45 Rendimiento de broca afilada Rpa. (+) 944W. ....	99
Figura 46 Rendimiento de broca sin afilar Rpa. (+) 944W. ....	99
Figura 47 Pies perforados por broca Rpa. (+) 944W marzo. ....	100
Figura 48 Rendimiento de broca Afilado Rpa. (-) 944W. ....	100
Figura 49 Rendimiento de broca sin afilar Rpa. (-) 944W. ....	101
Figura 50 Pies perforados por broca Rpa. (+) 944W marzo. ....	101
Figura 51 Rendimiento de barra Rpa. ( $\pm$ ) 944W noviembre. ....	103
Figura 52 Rendimiento de barra Rpa. ( $\pm$ ) 944W diciembre. ....	104
Figura 53 Rendimiento de barra Rpa. ( $\pm$ ) 944W enero. ....	106
Figura 54 Rendimiento de barra Rpa. ( $\pm$ ) 944W febrero. ....	107
Figura 55 Rendimiento de barra Rpa. ( $\pm$ ) 944W marzo. ....	109
Figura 56 Rendimiento de shank Rpa. ( $\pm$ ) 944W noviembre. ....	110
Figura 57 Rendimiento de shank Rpa. ( $\pm$ ) 944W noviembre. ....	112
Figura 58 Rendimiento de barra Rpa. ( $\pm$ ) 944W enero. ....	113
Figura 59 Rendimiento de barra Rpa. ( $\pm$ ) 944W febrero. ....	115
Figura 60 Rendimiento de barra Rpa. ( $\pm$ ) 944W marzo. ....	116
Figura 61 Rendimiento de Broca del proyecto Rpa. ( $\pm$ ) 944W. ....	117
Figura 62 Rendimiento de Barra del proyecto Rpa. ( $\pm$ ) 944W. ....	117
Figura 63 Rendimiento de Shank del proyecto Rpa. ( $\pm$ ) 944W. ....	118
Figura 64 Rendimiento de Broca escariadora del proyecto Rpa. ( $\pm$ ) 944W. ....	119
Figura 65 Consumo de broca del proyecto Rpa. ( $\pm$ ) 944W. ....	120
Figura 66 Consumo de barra total del proyecto. ....	121
Figura 67 Consumo de shank del proyecto Rpa. ( $\pm$ ) 944w. ....	122
Figura 68 Costo mensual de los aceros de perforación SIN PROYECTO (\$). ....	125

Figura 69 Costo mensual de los aceros de perforación CON PROYECTO(\$). .....	125
Figura 70 Gráfico del Q-Q plot del costo mensual sin proyecto. ....	126
Figura 71 Gráfico del Q-Q plot del costo mensual conproyecto.....	126
Figura 72 Gráfico de la media y mediana de los costos mensuales en dólares sin proyecto y con proyecto donde se observa la diferencia significativa. ....	128
Figura 73 Histograma y curva de densidad de la prueba de hipótesis. ....	129
Figura 74 Diferencia de costos en broca por meses (Rpa. ( $\pm$ ) 944W).....	132
Figura 75 Optimización de costos en broca (Rpa. ( $\pm$ ) 944W).....	132
Figura 76 Diferencia de costos en barra (Rpa. ( $\pm$ ) 944W).....	134
Figura 77 Diferencia de costos en barra por meses (Rpa. ( $\pm$ ) 944W). ....	134
Figura 78 Diferencia de costos en shank (Rpa. ( $\pm$ ) 944W).....	136
Figura 79 Diferencia de costos en shank por meses (Rpa. ( $\pm$ ) 944W). ....	136
Figura 80 Perfil de la Unidad Minera Atacocha.....	191
Figura 81 Figura general del Nv. 3300. ....	192
Figura 82 Figura del proyecto Rpa. 944 w en el Nv. 3080 .....	193
Figura 83 Rpa. – 944 w en el Nv. 3300. ....	194
Figura 84 Taller Trackles del NV. 3300. ....	195
Figura 85 Figura Geomecanico de la Rpa. 944 en el Nv. 3080 .....	196
Figura 86 Figura de malla de perforación en frentes para tipo de roca IV.....	197
Figura 87 Malla de perforación en frentes para tipo de roca III. ....	198
Figura 88 Figura de malla de perforación para un tipo de roca III en el proyecto. ....	199
Figura 89 Frente de perforación con Jumbo de 2 brazos. ....	202
Figura 90 Frente de perforación con Jumbo de 1 brazo. ....	202
Figura 91 Medición de broca con vernier en campo. ....	203
Figura 92 Medición de brocas con vernier en jumbo .....	203
Figura 93 Comparación de brocas usada y nueva. ....	204
Figura 94 Armado de caña para voladura controlada.....	204
Figura 95 Carguío de frente de la Rpa 944. ....	205

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Mineralogía de la Unidad Minera Atacocha. ....	20
Tabla 2 Operacionalización de variables e indicadores. ....	45
Tabla 3 Coeficiente de roca. ....	56
Tabla 4 Distribución de Taladros.....	59
Tabla 5 Distribución de taladros. ....	61
Tabla 6 Distribución de taladros.....	64
Tabla 7 Parámetros técnicos de perforación de IESA S.A. –Unidad Minera Atacocha. .....	65
Tabla 8 Datos Técnicos. ....	70
Tabla 9 Tiempo de Perforación. ....	70
Tabla 10 Número de taladros antes del proyecto. ....	74
Tabla 11 Número de taladros durante la ejecución del proyecto.....	74
Tabla 12 Rendimiento de broca del mes de noviembre. ....	76
Tabla 13 Rendimiento de broca del mes de diciembre. ....	79
Tabla 14 Rendimiento de broca Diciembre.....	80
Tabla 15 Rendimiento de broca Enero. ....	85
Tabla 16 Rendimiento de broca Febrero. ....	91
Tabla 17 Rendimiento de broca Marzo.....	97
Tabla 18 Rendimientos de barras de la Rpa. ( $\pm$ )944W noviembre.....	102
Tabla 19 Rendimientos de barras de la Rpa. ( $\pm$ )944W diciembre. ....	104
Tabla 20 Rendimientos de barras de la Rpa. ( $\pm$ )944W enero. ....	105
Tabla 21 Rendimientos de barras de la Rpa. ( $\pm$ )944W. ....	107
Tabla 22 Rendimientos de barras de la Rpa. ( $\pm$ )944W. ....	108
Tabla 23 Rendimientos de barras de la Rpa. ( $\pm$ )944W. ....	110
Tabla 24 Rendimientos de barras de la Rpa. ( $\pm$ )944W. ....	111
Tabla 25 Rendimientos de barras de la Rpa. ( $\pm$ )944W. ....	113
Tabla 26 Rendimientos de barras de la Rpa. ( $\pm$ )944 W. ....	114
Tabla 27 Rendimientos de barras de la Rpa. ( $\pm$ )944W. ....	116
Tabla 28 Costo del acero de perforación sin proyecto y conproyecto en la Unidad Minera Atacocha S.A. ....	123
Tabla 29 Descriptivos de las variables. ....	124
Tabla 30 Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk). ....	125
Tabla 31 Prueba para muestras independientes de Mann-Whitney U .....	127

Tabla 32 Criterios para el coeficiente de correlación de rango biserial .....	127
Tabla 33 Costo unitario. ....	131
Tabla 34 Costo de broca. ....	132
Tabla 35 Costo de barra.....	133
Tabla 36 Costo de Shank.....	135
Tabla 37 Costo optimizado de todo el proyecto.....	138
Tabla 38 Base de datos para la prueba de hipótesis. ....	11
Tabla 39 Control de avance diario.....	13
Tabla 40 Control de tiempo de perforación.....	186
Tabla 41 Control de consumo de brocas. ....	187
Tabla 42 Control de consumo de shank. ....	187
Tabla 43 Control diario de aceros. ....	187
Tabla 44 Formato de orden de trabajo. ....	188
Tabla 45 Formato de IPERC continuo.....	188
Tabla 46 Formato de checklist jumbo.....	189

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

Actualmente, dentro de las diversas actividades mineras, los aceros empleados para perforar desempeñan un rol vital para desarrollar los ciclos de minado, y sobre todo para la perforación, en ambos superficial o subterráneo. Así, clasificar la roca, aplicar el método correcto de explotación, la interacción máquina – hombre tienden a ser determinantes en una empresa.

Además, la actividad minera actualmente en el Perú presenta dificultades cuando se perfora material macizo rocoso, generando costo por esta operación unitaria.

Así, la compra de un equipo de última tecnología y presente mayor velocidad de penetración no siempre garantiza obtener respuestas a problemas de avances o productividad cuando se hacen excavaciones. Frecuentemente debe evaluarse aspectos técnicos para acertar en las acciones, que puedan resolver de forma eficaz, reflejándose en el resultado final de perforación. Para alcanzar esto, se podrían controlar ciertas variables ligadas a factores previos a la perforación y sus parámetros.

El principal problema encontrado fue el consumo de aceros durante la

perforación las actividades de avance y producción, el cual puede ser resumido como:

- ✓ Control faltante sobre el consumo de aceros: durante la perforación el acero empleado para la perforación no es controlado óptimamente, lo que se presenta como pérdidas.
- ✓ Tipo de terreno: En la unidad minera Atacocha posee una variada estructura evidenciándose discontinuidad y fallas que afectan a los aceros y su vida útil.
- ✓ Falta de control de la perforación: Para realizar el control de perforación deben ser contemplados, el paralelismo de taladros, dirección, gradiente, y lo más principal constatar que es verificar que los encargados de perforar tengan un proceso correcto para perforar de manera correcta buscando evitar perforaciones en vacío, debido a que es el principal problema que daña la vida útil de los aceros.
- ✓ Incumplimiento de estándares de perforación: Al no cumplir es denotada, ya que generalmente se emplea más taladros de determinado. Es destacable decir que, si son cumplidos los estándares, nos permite medir de manera exacta y real los objetivos trazados en las labores de perforación.
- ✓ Falta de control en el uso de aceros gastados: El control realizado para el uso de aceros de perforación gastados, no está desarrollado de manera óptima, para mejorar, se tiene que realizar el afilado de brocas.

Este trabajo busca optimizar la vida útil de los aceros de perforación tales como barras, Shank y brocas para la Rpa. (±)944W. Además, se busca minimizar costos de perforación considerando la muestra en Nexa Resources Atacocha.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

La investigación se desarrolló en la Mina Atacocha S.A.A.-Nexa Resources.

### **1.2.1. Aspectos Generales de la Mina**

#### **Ubicación y Acceso**

La Unidad Minera Atacocha S.A.A. -Nexa Resources, localizada en el flanco oriental de la Cordillera de los Andes. Exactamente en el paraje de Atacocha, perteneciente al distrito de San Francisco de Yarusyacán, Provincia de Pasco

Departamento de Pasco. Este es un yacimiento minero instalado a 15 km de la ciudad de Cerro de Pasco (Nor-este), sobre los 4,050 msnm, mientras la planta Chicrín, se encuentra ubicada aproximadamente a 3,600 msnm de altitud.

Tiene acceso por la carretera (km 324) central Lima- Huánuco, mientras para ingresar a Chicrín se tiene que pasar por trocha carrozable de 7km aproximadamente cubriendo un desnivel de 450 m. Las ciudades y pobladores están asentados en las márgenes de río Huallaga y estas son: Tíclacayán, Chicrín, Aurora, Malauchaca, Quinoa, Cajamarquilla, y Yanapampa.

El ingreso a mina es por el nivel 3600 se realiza con litorina, también el ingreso a mina es por el nivel 3900 y la Rpa. 3570 se realiza con buses o camioneta. Ver *Figura 1*, *Figura 2* y *Figura 3*. (Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

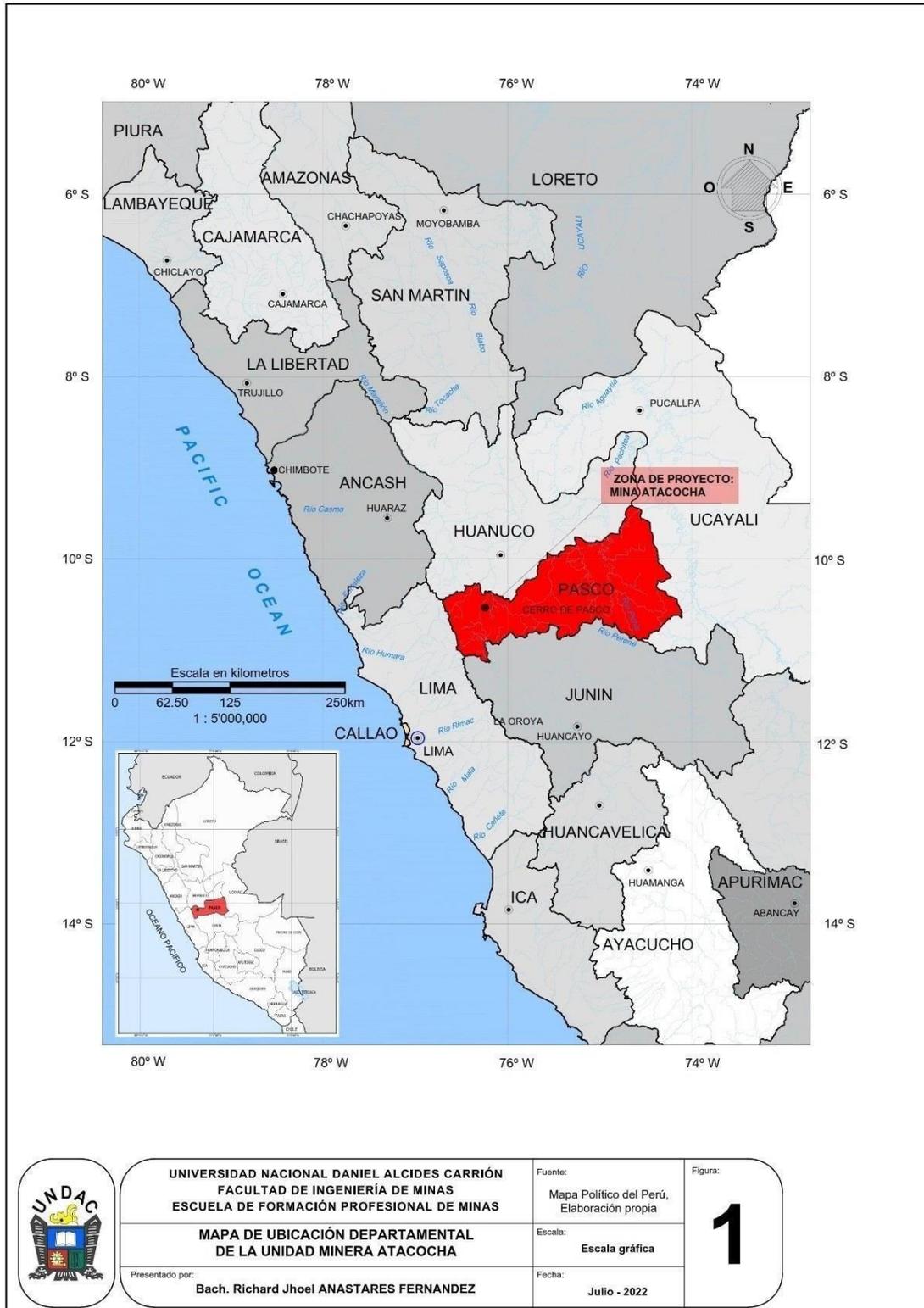


Figura 1 Plano de ubicación departamental de la Unidad Minera Atacocha.

Nota: Mapa que representa la ubicación de la Unidad Minera Atacocha dentro del Perú. Fuente: Mapa Político del Perú, elaboración propia

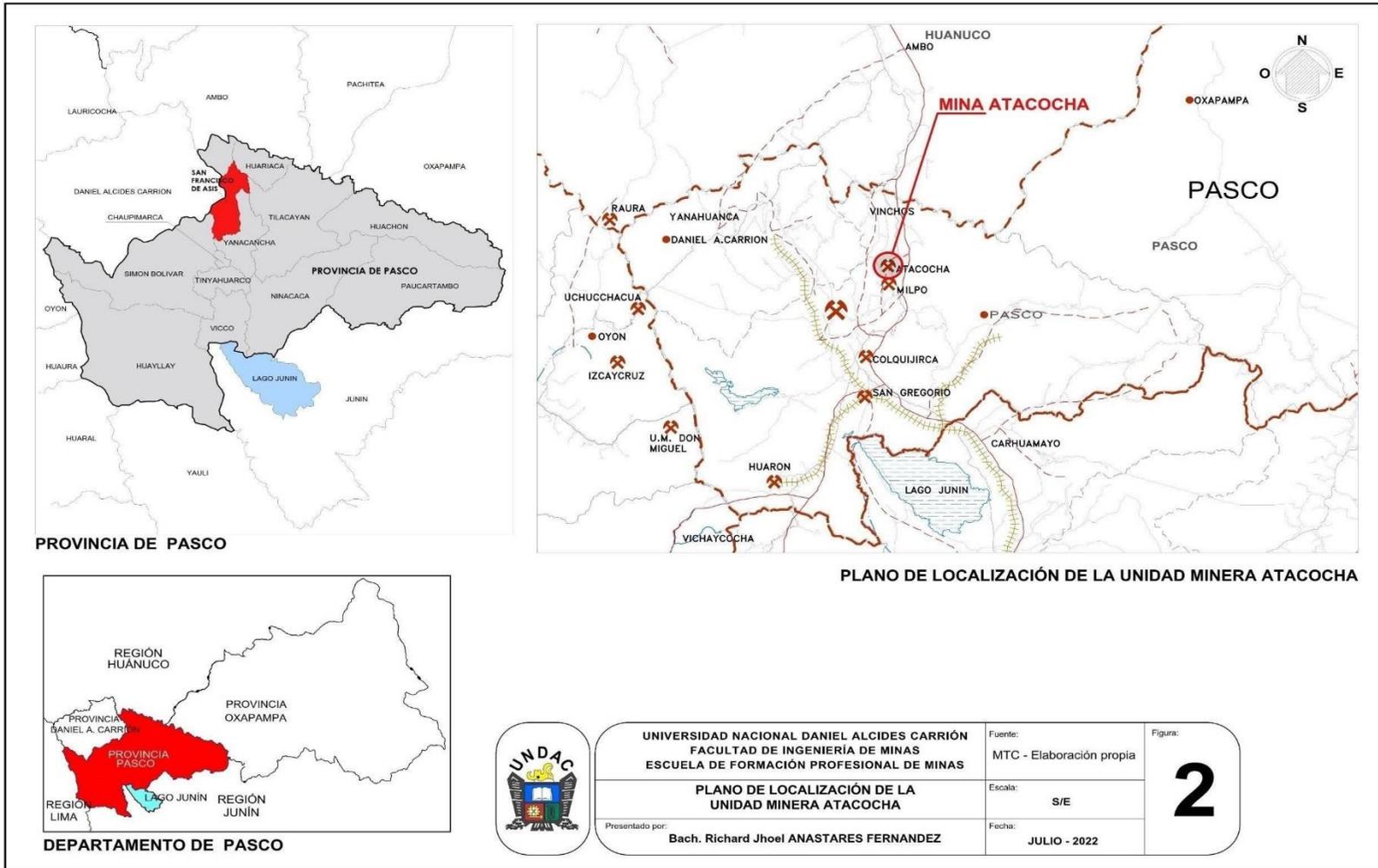


Figura 2 Plano de localización de la Unidad Minera Atacocha.

Nota: Mapa que representa la localización de la Unidad Minera Atacocha dentro del Perú. Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, elaboración propia.

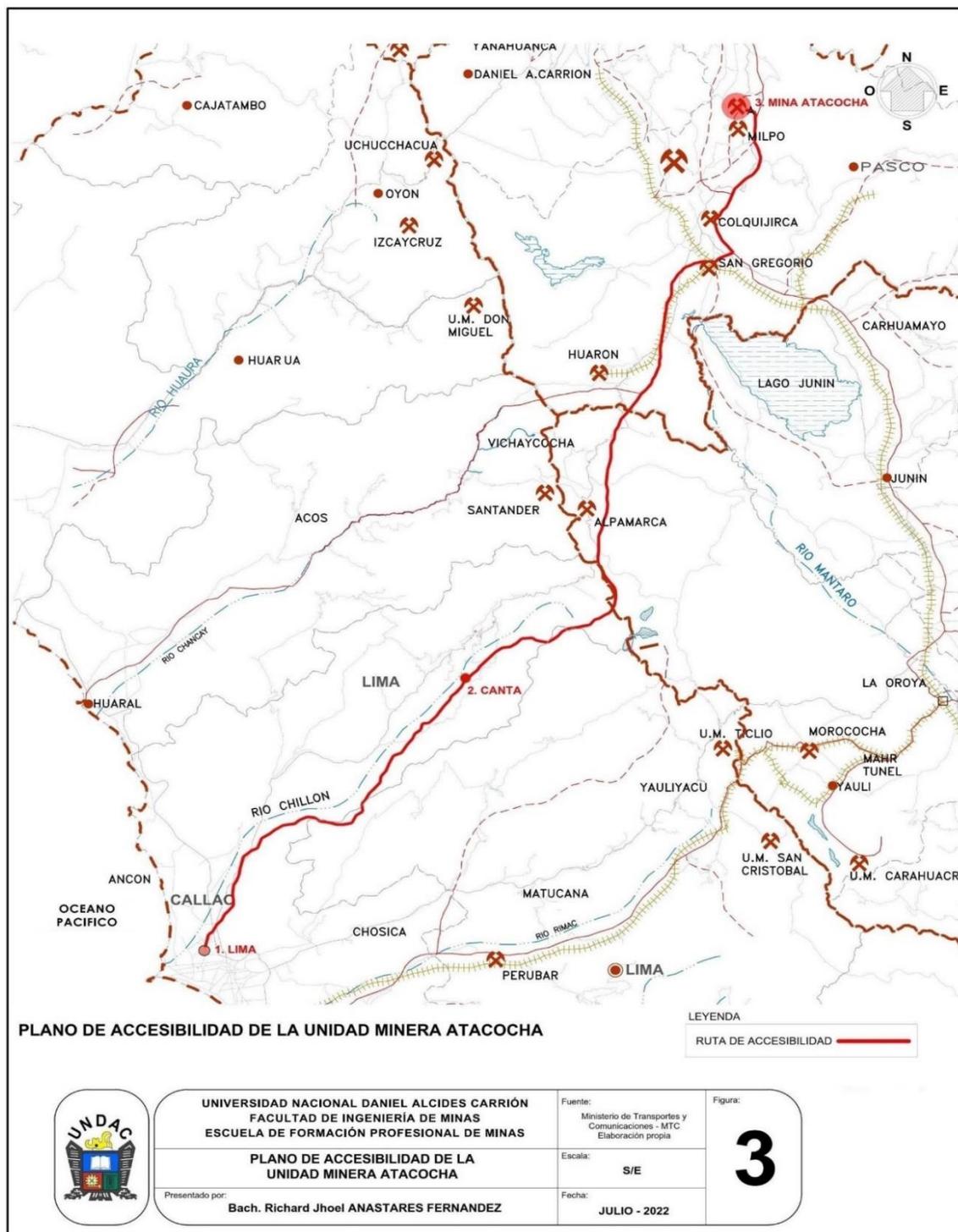


Figura 3 Plano de accesibilidad de la Unidad Minera Atacocha.

Nota: Mapa que representa la accesibilidad de la Unidad Minera Atacocha dentro del Perú.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones-MTC, elaboración propia.

## **Características Geográficas**

### ***Topografía y Fisiografía***

La unidad minera Atacocha – Nexa Resources está ubicada en el Centro del Perú, en la Cordillera Occidental, muy cerca al Nudo de Pasco existen hasta tres zonas morfológicas muy distintas entre sí, la superficie Puna, la zona Cordillerana y la zona de Valles Peri glaciales.

Terreno accidentado, valles largos y profundos, pendientes estrechas y empinadas. El terreno está interrumpido por suaves pendientes y ríos dispersos. Los principales valles de los ríos generalmente tienen una pendiente de norte a sur.

La topografía se caracteriza por relieves muy elevados, alcanzando altitudes de hasta 4.500 m. Las pendientes del terreno del área de estudio varían de 200 metros a más de 400 metros y están delimitadas por el río Tingo al oeste, el río Huallaga al este, la comunidad de Yarusyacán al norte y la unidad minera Milpo al sur.

Está flanqueado por empinadas laderas rocosas.

Las principales unidades geomorfológicas existentes en la cuenca alta del río Huallaga se componen de las siguientes unidades:

#### **a. Superficie puna**

La superficie se caracteriza por presentar diversas geoformas que son producto del modelado glaciar y fluvio-glaciar, cuyos principales relieves están conformados por las siguientes subunidades geomorfológicas: cadenas de cerros, valles y circos glaciares, llanuras y quebradas.

#### **b. Clima**

Según la clasificación de Javier Pulgar Vidal pertenece a la región puna o jaca, el clima de Atacocha es típico de la sierra del Perú, siendo un clima frío y seco durante todo el año con una estación lluviosa que ocurre entre

diciembre y abril (Pulgar, 1967).

Las temperaturas tienen variaciones durante el día y la noche, sin embargo, en invierno las variaciones diarias son bastante. La temperatura varía entre 0°C y 25°C, mientras que la temperatura promedio anual diurna se estima en 11.5 °C. también las precipitaciones se estiman durante 4 a 5 meses (Diciembre – Marzo) en forma de lluvias, granizos o nevadas (Reyes Marroquin, 2019).

## **Geología**

### ***Geología Regional***

#### **a. Grupo Mitu (Pérmico Superior-Triásico Inferior)**

Mc Laughlin en la hoja de ambo conceptualizan como Grupo Mitú a unas detríticas secuenciales de color rojo muy cercano a Chacayan. Además, un cuadrángulo de Cerro de Pasco, la base del grupo Mitu está asentada en la hacienda Huanca en Colquijirca (oeste), las fallas de grupo Mitú varían bruscamente, siendo que los que muestran mayor espesor están contenidas dentro de las fallas de Milpo- Atacocha – Ninacaca y cerro de pasco con unos 2000 metros y el menor San Miguel (al norte) de Chuchis con 50 metros. Otros paisajes que fueron identificados son la hacienda Huanca 650 m, al este de Carhuamayo 400m, al oeste de Colquijirca 600m (Rodríguez Mejía et al., 2011).

#### **b. Grupo Pucará: Triásico Superior-Jurásico Inferior**

##### **➤ Formación Chambará (Noriano-Reatiano)**

Megard nombro a las calizas inferior del grupo pucara como formación Chambará, esto aflorando al este de la falla de Cerro de Pasco, la formación Chambará se encuentra a la secuencia continentales del grupo Mitu, y el espesor de las fallas sobrepasa los 1200m en la falla Milpo-Atacocha y cerro de pasco, 750 m al este de carhuamayo. (Rodríguez Mejía, 2011)

En la margen izquierda del valle del río Huallaga, a la altura de Chicrín,

están escarpados por el buzamiento de los estratos plegados.

Se formó en el Triásico superior.

➤ **Formación Aramachay (Hetangiano-Inemuriano)**

Mégard definió a la formación Aramachay en el cuadrángulo de Huancayo, pero en esta zona se ve el afloramiento al este de esta falla de Cerro de Pasco y al oeste de Junín, litológicamente de diferencia en 3 dominios (Rodríguez Mejía, 2011):

1. El primero este contenido dentro del dominio oriental, con un espesor de falla de 50 m al este de Ticalacayan y al Noreste de Carhumayo, conformado por estratos lutitas negras intercalados con caliza gris oscuro olor fétido.
2. Dominio Nororiental, que sobrepasa el espesor de falla de 400m, observada en ambas fallas de Cerro de Pasco y Milpo– Atacocha, el cual está constituido usualmente por calizas, estrato ondulado, negritas y lutitas.
3. Dominio Suroccidental al sur de la hacienda Diezmo Viejo, conformado por areniscas limosas amarillentas con estratos de 30 cm.

➤ **Formación Chayllacatana (Albiano inferior)**

Primero estudio Mc Laughlin (1924); luego Steinmann (1930), quien denomina como Formación Andina; Yates (1951) la denominan volcánicos Chayllacatana. Después, Mégard (1968) reconoce a esta unidad y Romero (2004) presentan interpretaciones durante el Albiano inferior del Perú central.

En el mapa antiguo del Cuadrángulo de Cerro de Pasco, la Formación Chayllacatana fue cartografiada como parte del Grupo Goyllarisquizga. (Rodríguez Mejía, 2011)

1. En el Dominio Nororiental, entre Milpo, Atacocha, Paraíso, Ticalacayán

y el cerro Parará, la falla tiene 130 m de espesor.

2. En el Dominio Suroccidental, al oeste del lago Junín, la Formación Chayllacatana tiene una falla 150 m de espesor.
3. En el Dominio Central, la empresa RTZ Manning and Exploration realizó tres perforaciones diamantinas que atravesaron una secuencia vulcano- sedimentaria a la cual le denominaron como Grupo Mitú, en el caserío de Cochamarca (quebrada Jara chuco).

➤ **Formación Chúlec (Albiano)**

Primero fue estudiado por Mc Laughlin (1924), en la región central del Perú, lo llamó calizas Machay.

Luego por Benavides (1956) lo eleva de categoría a Formación Chúlec.

En el cuadrángulo de Cerro de Pasco, la Formación Chúlec aflora en 3 Dominios.

1. Dominio Occidental, en la parte noroeste de la hoja 22- k, la falla tiene
2. 300 m de espesor y se encuentra por debajo del Grupo Goyllarisquizga.
3. Dominio Nororiental, en el sinclinal de Milpo-Atacocha y Paraíso, llegar a los 200 m de espesor se encuentra sobre la Formación Chayllacatana. Al este de La Quinua y Pariamarca, se encuentra la Formación Chayllacatana.
4. Dominio Suroccidental, la falla aflora 30 m de espesor de caliza, cerca al poblado de Huaygagam. (Rodríguez Mejía, 2011)

➤ **Formación Pariatambo.**

Primero fue estudiado por Mc Laughlin (1924), fue descrita como miembro superior de la Formación Machay.

Luego por Benavides (1956) lo eleva de categoría a Formación Pariatambo. EL nombre proviene del paraje de Pariatambo cerca del poblado de La Oroya, en el departamento de Junín

Dominios Occidental y Nororiental, la Formación Pariatambo sobreyace

a la Formación Chúlec y infrayace a la Formación Jumasha.

Dominio Nororiental, puede llegar a medir 50m de espesor que esta entre Milpo, Atacocha, Paraíso y los alrededores de Paríamarca, debajo de la Formación Jumasha y sobre la Formación Chúlec, se ha cartografiado como Formación Pariatambo compuesta de lutitas y areniscas.

Dominio Suroccidental, al sur de la hacienda Diezmo Viejo, se tiene una secuencia de calizas cuya edad corresponden a la Formación Pariatambo, pero por su litología y calidad de afloramientos se encuentra en la Formación Chúlec (Rodríguez Mejía, 2011)

### ***Rocas Intrusivas***

Localizada al NE del área de estudio, fundamentalmente en la hoja 22-k, I. Los cuerpos oligocénicos afloran como stocks en sistema defallas Atacocha-Milpo-Ninacaca. Forman una franja con dirección NNO- SSE, la cual se proyecta desde Vinchos por el noroeste, pasando por Atacocha- Milpo, La Quinua, Canchac, Palac, Mariac, hasta el este Carhuamayo. (Rodríguez Mejía, 2011)

### **Stocks de Milpo-Atacocha**

Los stocks de Milpo y Atacocha incluyen las calizas del Grupo Pucará, areniscas de la Formación Chimú del Grupo Goyllarisquizga. Estos cuerpos fueron controlados por la actividad de las fallas de dirección N-S, que forman parte del sistema de fallas Atacocha-Milpo- Ninacaca. (Rodríguez Mejía, 2011)

Gunnesch (1988), en al área Milpo-Atacocha, determina petrográficamente hasta 6 variaciones litológicas.

1. pórfidos dioríticos con hornblenda.
2. pórfidos dioríticos con hornblenda y biotita.
3. pórfidos granodioríticos con hornblenda.
4. pórfidos granodioríticos o tonalitas con biotita.
5. hornblenda, micro granodioritas.

6. lamprófidos.

***Depósitos Cuaternarios*** (Rodriguez Mejía et al.,2011)

**a. Depósitos morrénicos**

Los depósitos morrénicos son productos de la última glaciación que se encuentra sobre los 4 100 msnm, en forma de lomas con crestas bien definidas.

**b. Depósitos aluviales**

Los depósitos aluviales son inconsolidados y fueron acumulados por la combinación de procesos aluvionales y fluviales. Se encuentran principalmente en desembocaduras de quebradas, especialmente en la red hidrográfica del lago Junín compuestos por gravas, arenas y limos.

**c. Depósitos Fluvio-glaciares (Q-fg)**

Depósitos lacustre-aluviales. Estos depósitos se encuentran en orillas de las lagunas donde se realizó el estudio y se relacionan con los depósitos aluviales, compuestos por material orgánico mezclado con grava y limos.

**d. Depósitos coluviales**

Estos depósitos encontramos en el estudio en la base de las laderas de los cerros, originados por desprendimientos de rocas, derrumbes y deslizamientos, generalmente depósitos mal clasificados, no presentan estratificación y con clastos angulosos bastante arenoso-limoso.

**e. Depósitos antrópicos**

Estos depósitos encontramos en varios puntos en nuestro estudio, entre la carretera central Chicrin- Huariaca se encuentra a lado de la planta hidroeléctrica y antes de llegar al centro poblado de Malauchaca, otro se encuentra en la relavera Nv. 4050 antes el centro poblado de Atacocha.

**f. Travertinos**

Estos depósitos se encuentran cerca de fuentes termales ubicadas en fallas regionales, principalmente en el sistema Atacocha-Milpo-Ninacaca

y compuesto por carbonato de calcio en capas

***Geología Estructural y Tectónica (RodríguezMejía et al., 2011)***

➤ **Fallas regionales**

Las fallas regionales del Cuadrángulo de Cerro de Pasco se encuentran en la hoja 22 – K (I, II, III, IV) y tienen su proyección al norte y sur 21 ky 23 k, y forman parte de sistemas de fallas que controlan la evolución geodinámica de cuencas sedimentarias y la mineralización. Estas fallas se originaron desde el Paleozoico superior.

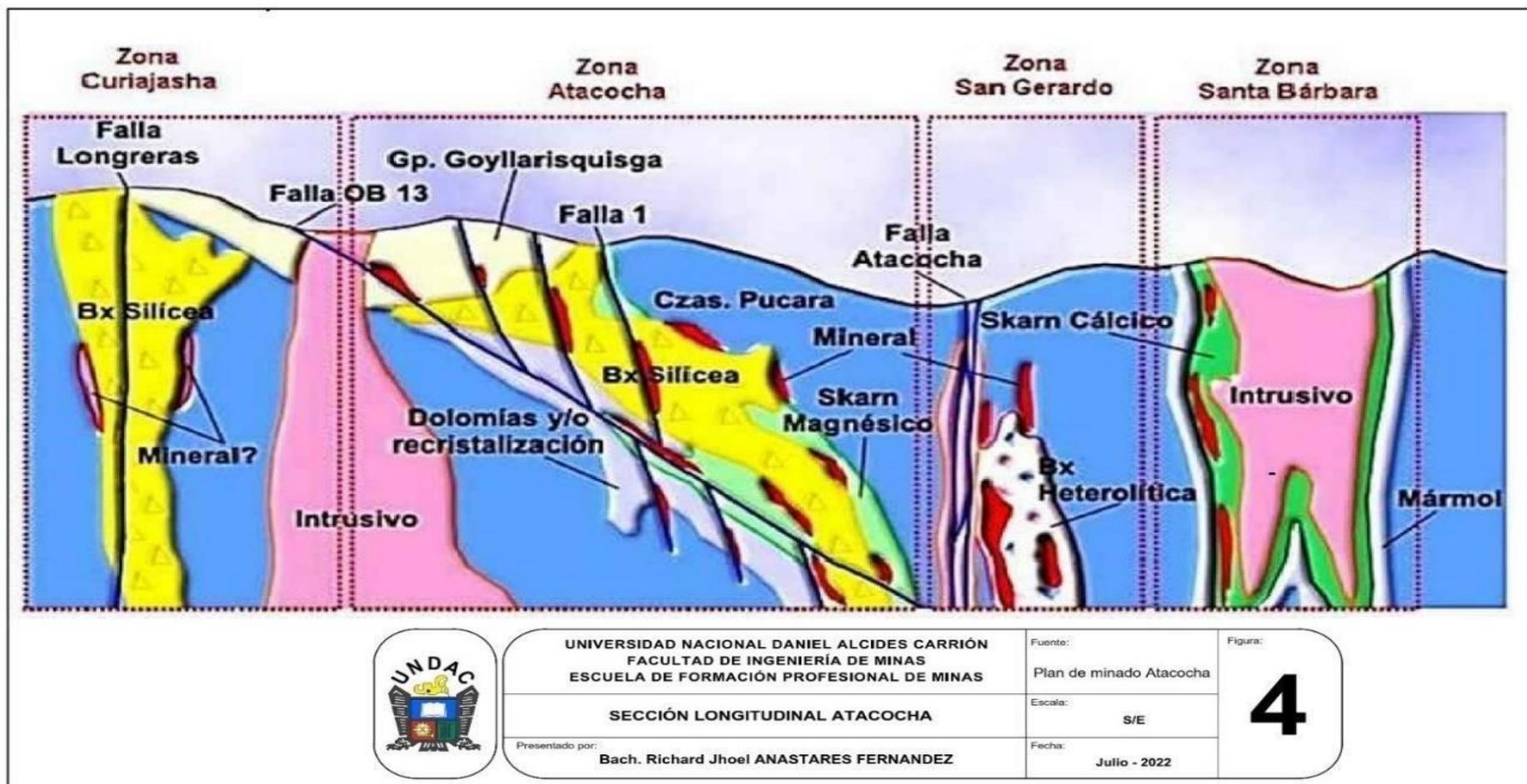


Figura 4 Sección longitudinal Atacocha.

Nota: figura que representa la sección longitudinal del yacimiento minero Atacocha donde se muestran las principales fallas y también está involucrado en nuestro proyecto de investigación.

Fuente: plan de minado Atacocha

### **Falla Atacocha-Milpo-Ninacaca Definición y geometría.**

La falla Atacocha-Milpo - Ninacaca es un sistema de fallas de dirección preferentemente N-S a N 165° (Carmen Chico, Paraíso y LagunaPapana). El buzamiento es mayor a 70° al oeste, con excepción de un ramal que se encuentra en el flanco este del sinclinal de Milpo- Atacocha y Paraíso, que buza al este.

#### ➤ **Comportamiento tectónico**

Las características magmáticas y estratigráficas, en los alrededores de la falla Milpo-Atacocha-Ninacaca estuvo activa desde el Triásico, como también pudo estar activadesde el Pérmico superior.

### **1.2.2. Dominios Estructurales**

#### **Dominio Nororiental**

Está ubicado entre las fallas Cerro de Pasco y Ticalacayán y las fallas tienen dirección principal N-S:

- **Buzamiento:** el buzamiento es casi vertical con sus niveles de despegue en las rocas del Paleozoico inferior.
- **Pliegues:** los pliegues tienen dirección N-S, paralela a la dirección de las fallas principales.
- **Estratigrafía:** la estratigrafía está compuesta por los grupos Mitú y Pucará (mayores espesores), seguidos del Grupo Goyllarisquizga, dividido en tres formaciones (Chimú, Santa-Cahuaz y Farrat).
- **Magmatismo:** el magmatismo se encuentra en dos episodios:
  - El primero es de la formación Cretácico inferior (efusivo), conformado por andesitas y andesita-basálticas de las formaciones Chayllacatanay Pariatambo;
  - El segundo es de formación Oligoceno (subvolcánico), conformado por stock de composición dacítica y andesítica de Milpo, Atacocha, y los que están al este de la Quinua

**a. Eventos Tectónicos Tectónica del Albiano**

Albiano inferior: En Cerro de Pasco, la Formación Chayllacata, está en discordancia erosional en el Grupo Goyllarizquisga y directamente sobre el Grupo Pucará.

Por lo general en el Dominio Estructural Nororiental (Milpo, Atacocha, Paraíso y al este de la Quinoa), en la parte superior del Grupo Goyllarizquisga se encuentra erosionada; los volcánicos de la Formación Chayllacatana al este de parará se encuentran sobre las calizas de la Formación Condorsinga del Grupo Pucará.

Albiano superior: Este evento tectónico del Albiano tuvo un segundo pulso en la zona de Milpo-Atacocha de la Formación Pariatambo, que se encuentran sobre yaciendo en las calizas de Chúlec.

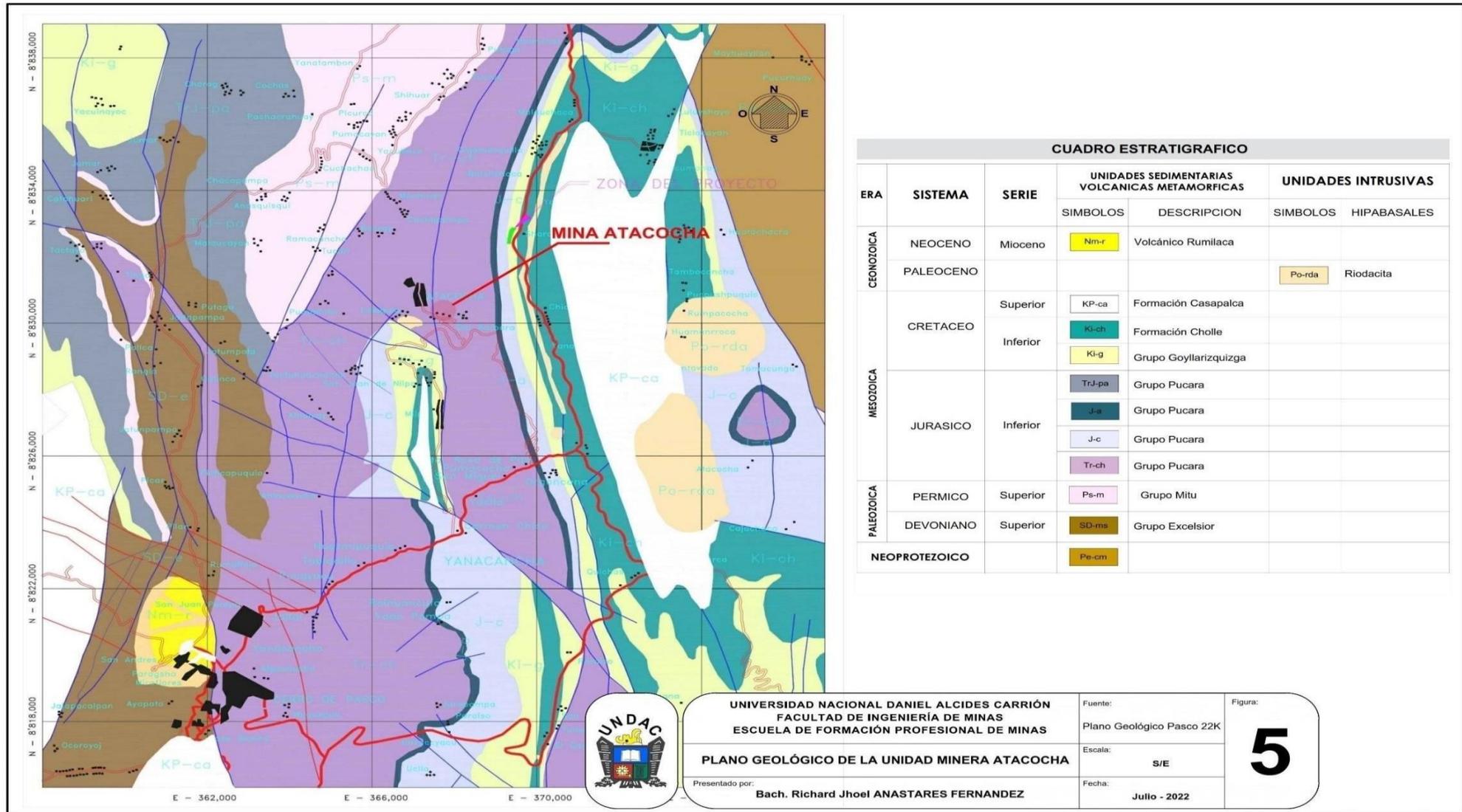


Figura 5 Plano geológico de la Unidad Minera Atacocha. Fuente: Plano geológico Pasco 22k.

ERA	SISTEMA	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	LITOLOGÍA	COLUMNA	MINERALIZACIÓN (INTRUSIVOS)		
CENOZOICO	CUATERNARIO	Conglomerado calcáreo	Fragmentos de caliza con matriz calcárea arcilloza rojiza.				
	EOCENO - PALEOCENO	Fm. Pocobamba	Brechas calcáreas con algunos lentes de areniscas.				
MESOZOICO	CRETÁCEO	Fm. Chulec	Calizas, calizas margosas dolomitizadas.		Basalto con textura alveolar.		
		Fm. Goyllarisquizga	Areniscas cuarzosas, ortocuarcitas con estratificación cruzada.		Au - Ag - Pb en vetillas (Sheer zone) Cuarzo, sericita, arcilla.		
	JURÁSICO	Brecha sedimentaria		Brecha calcárea con matriz detrítico calcáreo rojizo, con clastos de areniscas, calizas y chert.			
		Fm. Condorsinga	F	Calizas micríticas grises claras con cherts y abundantes pseudomorfos, fósiles.		Intrusivo Atacocha - San Gerardo Cuarzodiorita (bt, hb) Skarn Zn - Pb - Ag en vetas, cuerpos de reemplazamiento.	
		Fm. Aramachay	E	Margas y calizas negras (bt), fósiles con (ammonites).			
	TRIÁSICO	Gpo. Pucará	Fm. Chamará	D	Dolomías y calizas gris, mudstone a grainstone.		
				C	Calizas y dolomías cherticas gris oscuras.		Brecha, silíceo y heterolítica Zn - Pb - Ag en vetas, cuerpos.
				B	Dolomías y calizas negras micríticas en estratos delgados (bt). Nivel fosilífero.		
A				Calizas y dolomías micríticas.		Intrusivo Santa Bárbara y Milpo Cuarzodiorita (bt, hb) Skarn Zn - Pb - Ag.	



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
 FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS  
 ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS

Fuente: Plano Geológico Pasco 22k

PERFIL GEOLÓGICO DE LA UNIDAD MINERA ATACOCHA

Presentado por: Bach. Richard Jhoel ANASTARES FERNANDEZ

Fecha: Julio - 2022

Figura: **6**

Figura 6 Perfil geológico de la unidad minera Atacocha.

Fuente: Plano geológico pasco 22

k

## **Geología Económica**

Franja de depósitos polimetálicos en skarn, cuerpos y vetas del Oligoceno

### ***Características del Yacimiento***

Los depósitos de Mineral de Atacocha son de tres tipos:

#### **a. Cuerpos de relleno y reemplazamiento:**

**Brechas heterolíticas** en los ores body, (OB (17,15, 18, 23) Veta L, Veta I, Chérchere, Veta San Gerardo) formado por pirita, esfalerita, galena y sulfuros finos y la mena se encuentra en la matriz heterolítica.

**Cuerpos de mármol** el OB 13 cerca a veta 27, formado por una asociación mineralógica de pirita, esfalerita, galena, calcopirita y sulfuros finos, se encuentra en cuerpos de reemplazamiento en skarn de mármol, granates verdes y sílice en la parte central.

#### **b. Cuerpos meta somáticos de contacto:**

**Cuerpos Skarn** (zona Santa Bárbara, Pradera – Vasconia, Miguel, San Pedro) caracterizado por una asociación mineralógica de pirita, calcopirita, galena y esfalerita y siendo el más importante el ore body Santa Bárbara Norte que tiene:

- ✓ corrida horizontal de 180m.
- ✓ profundiza más de 700m.
- ✓ buzamiento de 70°W
- ✓ potencia media de 12m,

**Brechas calcáreas** (zona de Anita en el Nv. 3600, Cristina y Cristina NE en el Nv. 3300 en la intersección entre Milpo y Atacocha) la mena está constituida por pirita, esfalerita, galena, sulfuros finos, además se encuentran oropimente, rejalgar.

#### **c. Vetos o filones:**

Característico de la parte superior de la zona Atacocha entre el intrusivo y la arenisca vetas y filones que fueron trabajados en los años cincuenta y

sesenta.

### **Mineralogía**

En la Tabla 1 se muestra la mineralogía de la Mina Atacocha.

*Tabla 1* Mineralogía de la Unidad Minera Atacocha.

<b>Minerales de Mena.</b>		<b>Minerales de Ganga.</b>	
Esfalerita:	SZn.	Pirita:	S <sub>2</sub> Fe.
Chalcopyrita:	S <sub>2</sub> FeCu.	Calcita:	CO <sub>3</sub> Ca
Galena:	SPb.	Wollastonita:	SiO <sub>3</sub> Ca.
Argentita:	S <sub>2</sub> Ag	Rodocrosita:	O <sub>3</sub> Mn.
Tetraedrita:	S <sub>13</sub> Sb <sub>4</sub> (Cu, Ag, Fe, Zn) <sub>12</sub>	Rejalgar:	SAs.
Oro: Au (Soluciones Sólidas en sulfuros)		Granetes:	(SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> Fe

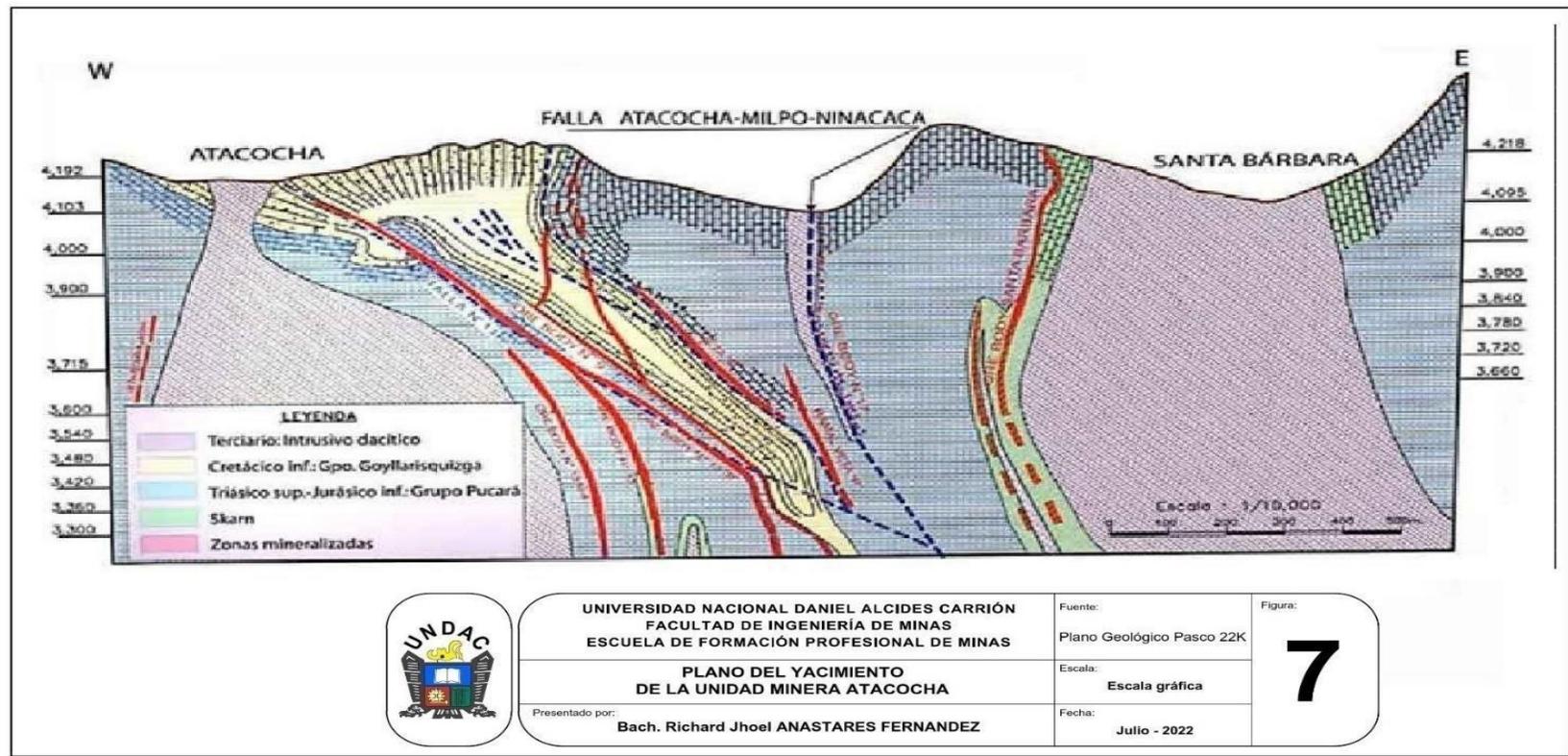


Figura 7 Perfil geológico de la unidad minera Atacocha.

Fuente: Plano geológico pasco 22k

## **Génesis y Zonamiento**

**Zona miento Mineral.** La zonación de mineral se encuentra en dimensiones verticales y horizontales. Los niveles superiores son más ricos en Pb y Ag, y en cuanto aumenta la profundidad tenemos el Zn, Cuy Au. Las leyes de plata son estables en los niveles superiores dentro de la galena argentífera y en profundidad como sulfosales de plata y cosalita.

Secuencia para genética del yacimiento: Cuarzo- arsenopirita- calcopirita- esfalerita- galena - tetraedrita y tenantita - geocronita- fluorita- calcita- rejalgar- oropimente.

En la etapa final de mineralización, en la zona Santa Bárbara se han depositado minerales de ganga en la siguiente secuencia: Calcita- rodocrosita- marcasita- arsenopirita- aragonito.

**Alteraciones.** Se presenta en 2 tipos y se encuentran los stocks con las rocas sedimentarias circundantes

- ✓ **Tipo hidrotermal:** consiste de arcillas no diferenciadas del grupo del caolín con cantidades menores de sericita y abundante piritización diseminada, y en vetillas delgadas y se encuentra en la zona Atacocha.
- ✓ **Tipo metamórfico:** consiste en la silicatación de las calizas del Grupo Pucará y la transformación parcial de una arenisca a cuarcita, originado en la aureola de contacto intrusivo - roca caja y se encuentra en la zona de Santa Bárbara.

**Modelo geológico.** Las estructuras mineralizadas son las siguientes:

1. Ocurrencia de brechas hidrotermales en las fallas Atacocha-Milpo.
2. Fractura miento – falla miento NO-SE del flanco oeste del intrusivo Atacocha.

Las irregularidades del contacto intrusivo-caliza pueden ser controladas estructuralmente y están asociadas al flanco este del stock de Santa Bárbara

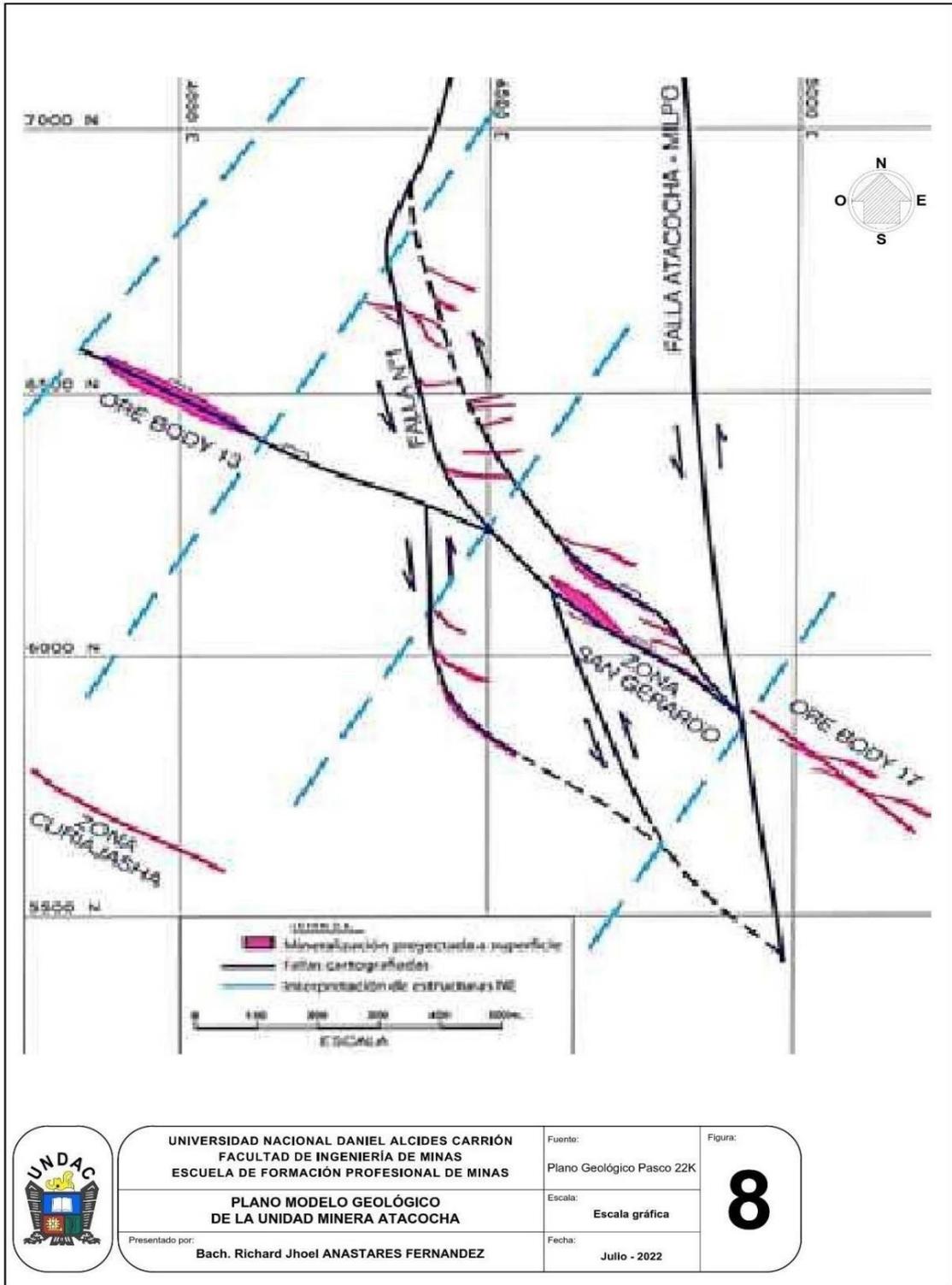


Figura 8 Plano modelo geológico de la Unidad Minera Atacocha.

Fuente: Plano geológico Pasco 22k

### **1.3. Formulación del Problema**

#### **1.3.1. Problema General.**

¿Cómo influye la optimización del uso de los aceros de perforación en la reducción de los costos operativos?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

##### ***Problema específico I.***

¿Cómo influye el buen control de vida útil en broca y barra de perforación en la reducción de costos en aceros de perforación?

##### ***Problema Específico II.***

¿Cómo influye el afilado de brocas de vida útil para reducir costos en brocas de 45mm de perforación?

##### ***Tercer Problema Específico.***

¿Cómo influye al disminuir número de taladros en nuestro diseño de malla de perforación, reemplazando emulex 45 por emulex 65 para reducir costos en aceros de perforación?

### **1.4. Formulación de los objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Lograr la reducción de costos operativos de la rampa 944 w, mediante la optimización del uso de los aceros de perforación.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

##### ***Objetivo Específico I***

Cumplir con el buen control de vida útil en broca y barra de perforación para la reducción de costos en aceros de perforación.

##### ***Objetivo Específico II***

Cumplir con el estándar de afilado de brocas para incrementar la vida útil, así poder reducir costos en brocas de 45mm de perforación.

### ***Objetivo Específico III***

Disminuir número de taladros en nuestro diseño de malla de perforación, reemplazando el emulex 45 por emulex 65 para reducir costos en aceros de perforación.

#### **1.5. Justificación de la investigación**

La RPA ( $\pm$ )944W, (NV 3300 – NV 3080) está mostrando bajos rendimientos de los aceros usados para perforación y su vida útil. Si se produce tardanzas en la perforación por razones como operacionales, equipos en mal estado, tipo de macizo (roca) a ser perforado, sus parámetros son regulados, basado al tipo de roca, abrasividad, su dureza, contextura, las capacidades del operario, y finalizando el de mayor importancia, el afilado de las brocas deficientes. Este último, como consecuencia a falta de un afilador mecanizado o instalación deficiente implementado. Todo ello, podría provocar quiebra prematura, atascamiento, prematuro desgaste etc. lo que implica en pérdidas relacionado a términos económicos que golpea a la Empresa Especializada IESA S.A.

En adición, la vida útil de los aceros también es afectada por aspectos generales relacionado a los operadores, debido al mal alineamiento o posicionamiento de los barrenos, marca incorrecta sobre la sección transversal, dimensionamiento inadecuado, emboquilla, fallas de los equipos, mal estado de los centralizadores, diferencia de presiones y rotación, avances, percusión, y proporciones bajas relacionadas a aspectos naturales (tipo de terreno, fisuras o fracturas encontradas), que suelen afectar programas de costos ya sean anuales, trimestrales, o mensuales de minado.

En este marco, se ha objetivado en buscar mejoras más actualizadas basado en los estándares, así como para controlar la perforación in-situ, cuando se desarrolle actividad de producción basándose a reducir costos de minado. Esto busca sumar a cada instante la retroalimentación al personal y la capacitación

constante para estar firmes en el objetivo.

Por lo cual justifica la tesis; Reducción y optimización de costos operativos en los aceros de perforación en la Rpa ( $\pm$ ) 994W.

Esta tesis nace por falta de la implementación de una afiladora de brocas después de la perforación en las brocas desgastadas (insertos) se desechaban, en dicha rampa que se viene desarrollando con un plazo limitado para poder comunicar al Nv.3300 – Nv 3080.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

En el desarrollo del proyecto, la limitación de la investigación en el área de trabajo, y el apoyo del personal capacitado en el área de voladura.

Entre las limitaciones que siempre pasa, es la confidencialidad de los datos por parte de la empresa lo que impide obtener y mostrar al 100% toda la información referente a la mina.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

Se cuentan con algunos estudios de investigación relacionados a perforación y voladura, directa e indirectamente relacionados con el tema de investigación los cuales harán más viable el estudio; como son:

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

**Garrido (2007)** en el trabajo de investigación “Diagnostico y Optimización de Disparos en Desarrollo Horizontal Mina el teniente”, de la Universidad de Chile da cuenta de un diagnóstico técnico, enfocado a evaluar la eficiencia general y los actuales estándares de las tronaduras de desarrollo horizontal, en el nivel de producción en la Mina Reservas Norte de División El teniente de Codelco Chile. La gran cantidad de variables que interactúan en una tronadura hace necesario adaptar y desarrollar técnicas que permitan una correcta evaluación de este proceso, antes, durante y después de su ocurrencia, así como de una adecuada cuantificación y control del daño que ella puede producir, conducente a lograr un diseño óptimo. Las metodologías que se aplicaron para esta evaluación son de dos tipos: el primer referente al análisis del registro de vibraciones producto de las tronaduras, donde se cuantificó su

comportamiento a través del macizo rocoso y su efecto sobre el contorno, y la segunda relacionada con la implementación en sí del disparo. Como resultado final de este trabajo se elaboró una propuesta de diseño de tronadura alternativo en el nivel de producción, de la cual se pueden esperar impactos importantes en la operación, tales como: Reducción del número de perforaciones por disparo, 10%. Reducción de la sobre excavación de un 24% a un 6%. Menor exposición al riesgo por desprendimientos y caídas de rocas. Disminución de los tiempos de trabajo. Disminución de los costos directos de perforación y tronadura.

**Altamirano Condor (2014)** en el trabajo de investigación “Diseño de tronadura en una fase - aplicación a minería continua - CODELCO - División Andina, Universidad de Chile” considera como objetivo de realizar una evaluación de los diagramas de disparo, considerando la tronadura en una sola fase, para su futura implementación. La primera etapa comienza con el análisis de las propiedades del macizo rocoso. Este primer paso es importante para determinar los parámetros necesarios para la calibración empírica del modelo de daño. En este estudio, se utiliza el modelo de Holmberg y Persson (Persson et al., 1994). La segunda etapa consiste en definir las propiedades del explosivo, en particular la densidad. La tercera etapa consiste en la definición de los parámetros de diseño preliminares, tales como: burden, espaciado y longitud del taco. Esto basado principalmente por geometrías y reglas estándar de diseño. Antes de realizar las simulaciones para las zonas de daño, el modelo de Holmberg y Persson es calibrado a través de la determinación de las constantes de intensidad principal ( $K$ ) y de atenuación ( $\alpha$ ). En este caso las constantes de calibración se obtienen a partir de los análisis realizados a las zonas de daño generados en las galerías de producción del módulo de Minería Continua. Durante el estudio, la simulación se realizó con el software JKSimBlast (2DRing). El análisis dio una estimación de las zonas de daño para

perfiles horizontales y verticales, destacando los posibles daños de la tronadura en los pilares adyacentes y la interacción de los tiros con la cara libre. En este proceso un criterio de daño definido por la experiencia en terreno se aplica para el análisis. Esto se basa en la zona de daño y el esponjamiento (swell factor) resultante. La presente investigación tiene como principal resultado una metodología para evaluar la extracción de bateas en una sola fase través de la incorporación del simple criterio de daño. El modelo se verifica inicialmente con el análisis de la tronadura en el Canalón de Andina y luego se aplica un diseño alternativo de tronadura de bateas. Se propone un nuevo diseño de tronadura para un layout de producción específico. El análisis indica que el diseño alternativo tiene una zona de rotura significativa. Los tiros se distribuyeron con el fin de aumentar la interacción entre las zonas de fractura. El diseño sugiere una fragmentación fina del material. El porcentaje de sobre quiebre llega a 58.5%, muy por encima del 53.01% que presenta el caso base, Canalón Andina. El resultado es consistente con el análisis realizado en otras operaciones mineras. El análisis, no obstante, indica la posibilidad de un aumento de la zona perturbada en los pilares zanja. Con el fin de reducir el daño a los pilares, se recomienda el uso de cargas explosivas de menor densidad en las filas cercanas al perímetro de la batea. Durante el análisis también se indicó la importancia de llevar a cabo un estudio detallado de la estabilidad de los pilares, considerando los posibles aumentos en la magnitud del daño. Finalmente, se está trabajando para validar el diseño y análisis propuestos para definir los parámetros de permitan la tronadura de bateas de producción en una fase.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

**Jáuregui Aquino (2009)** en el trabajo de investigación "Reducción de los costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura" tiene como objetivo exponer la factibilidad de la reducción de los costos operativos en una empresa minera,

aplicando para ello estándares óptimos de trabajo en las principales operaciones unitarias de minado que son la perforación y voladura, asegurando de esta manera el éxito de todo el ciclo de minado. Éxito que se logra con un sistema de control y medición exhaustiva de las operaciones y que se sintetizan en la supervisión y capacitación continua en lo concerniente a la aplicación de estándares óptimos de trabajo en la operación. La implementación y aplicación continua de estos estándares de trabajo aseguran una operación económicamente más rentable, permiten tener un orden y estandarización de las operaciones e intensifica la seguridad en los trabajos. Sumándose a ello un "cambio" y compromiso del personal por mejorar el desempeño de su trabajo. El desarrollo de este trabajo expone inicialmente la situación de una mina ejemplo donde no existe un adecuado sistema de productividad, control y reducción de costos operativos mina y de optimización de las operaciones de minado en función a estándares objetivos de trabajo, obteniéndose un primer diagnóstico de la situación mediante la supervisión y control en campo de las operaciones y la revisión de los presupuestos existentes de las operaciones y proyectos. La segunda etapa consiste en la propuesta de estándares objetivos de trabajo en función a estudios y pruebas ingenieriles relacionados al método de explotación de minado, la perforación y voladura idónea, el análisis de costos, la mecánica de rocas y a la seguridad laboral, considerando a todas las etapas del trabajo en mina como procesos que integran un solo sistema en el cual las operaciones de perforación y voladura son el núcleo básico del sistema. Finalmente se exponen los beneficios que se obtienen con la implementación y el control continuo de los estándares adecuados de trabajo, beneficios reflejados en una reducción de los costos directos operativos y en general de todos los costos de las diversas áreas que integran una mina, acotándose como una de las recomendaciones de vital importancia que representa la capacitación continua al personal en las técnicas de perforación y voladura y sobre todo el rol

que juegan estas como el núcleo de todo el sistema, del mismo modo la importancia de la motivación y retroalimentación al personal que ejecutan este núcleo sobre los avances que se obtienen y lo importante de su desempeño. (Jáuregui Aquino, 2009)

**Gomez Roca (2017)** en el trabajo de investigación “Reducción de Costos de Explotación Mediante la Mejora de los Parámetros de Perforación y Voladura en la Mina Huancapeti” trata como objetivo de reducir los costos en las operaciones unitarias de perforación y voladura en los tajeos que se explotan mediante el método de corte y relleno ascendente semimecanizado en la Mina Huancapeti (Gomez Roca, 2017, p. 4). Las principales conclusiones del trabajo fueron: Para disminuir los costos en perforación y voladura, se propone un plan de mejora en perforación es: paralelismo y simetría de los taladros, control de la longitud de perforación, diseño de la malla de perforación según el RMR hallado. Además, el costo de explotación anteriormente fue de 17.67 \$/m<sup>3</sup> y con la mejora de 13.99 \$/m<sup>3</sup>, obteniéndose un ahorro de 3.88 \$/m<sup>3</sup> (Gomez Roca, 2017, p. 97).

**Aparco Huillcas & Garcia de la Cruz (2019)** en el trabajo de investigación “Optimización de la Vida Útil de los Aceros de Perforación para la Reducción de Costos en Mina San Vicente –Cia. San Ignacio de Morococha S.A.A. Año 2018” trata como objetivo determinar la influencia de la optimización de la vida útil de los aceros de perforación en la reducción de costos de Mina San Vicente – Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. (Aparco Huillcas & Garcia de la Cruz, 2019, p. 23). Las conclusiones del trabajo fueron las siguientes:

1. Con el cuidado, uso adecuado y afilado de brocas oportunamente se optimizó la vida útil de las brocas de perforación de 45 mm obteniendo una mejora 35% de su vida útil respecto al hallado, logrando un incremento de

1124.15 pies perforados/broca.

2. Con la capacitación en uso adecuado e inicio de torqueado de barras de 12 pies, se optimizo su vida útil en un 31% adicional del encontrado, obteniendo un incremento de 3914.16 pies perforados/barra.
3. Se evidencio una estrecha relación de la vida útil con el uso adecuado de los aceros de perforación cuyo equilibrio garantiza una mejora en su vida útil.
4. Se optimizo de manera indirecta el rendimiento de la voladura por el control del paralelismo en las perforaciones usando guidores de PVC, con ello se evidencia menor sobrerotura y mejor rendimiento en los avances.
5. De acuerdo al balance neto, se logró una reducción de costos por consumo de aceros de perforación de 1435,04 U\$\$/ mes, por lo tanto, se tendría un ahorro de 17,220.48 U\$\$/ año.
6. Se logró determinar el que una mala evaluación del macizo rocoso influye en un deficiente rendimiento en la perforación y con ello el desgaste prematuro de los aceros de perforación.
7. La aplicación de una mejora en la optimización de la vida útil de los aceros de perforación como son broca de 45 mm y barras de 12 pies, nos permite generar una reducción de costos, esto implica que de manera directa la tesis es rentable. (Aparco Huillcas & Garcia de la Cruz, 2019, p. 23)

**Reyes Marroquin (2019)** en el trabajo de investigación “Reducción de costos operativos por medio del control de indicadores en el proceso de perforación y voladura en Minera Yanaquihua S.A.C. – Estudio de caso” desarrolla como objetivo general basado en la reducción de costos que tiene actualmente la Minera Yanaquihua S.A.C., por medio del control de indicadores en las operaciones de perforación y voladura, el presente es un trabajado bajo

la metodología de tipo de investigación descriptiva y aplicada en el campo de la ingeniería, con un diseño de investigación no experimental a una propuesta, además es trabajado con un método de investigación hipotético deductivo debido a que se tiene una Hipótesis y es deducido hasta el final, cuya población de estudio son los procesos de perforación y voladura teniendo como muestra toda la población, principalmente los costos de operación en los procesos unitarios: en el ámbito de los resultados se tomó una propuesta y se llega a la conclusión que para optimizar los costos y estandarizar parámetros en el proceso de perforación y voladura en la Minera Yanacocha S.A.C., fue necesario diseñar una nueva malla de perforación, reduciendo de 43 taladros perforados a 39 taladros perforados con la condición de cambiarla broca escariadora de 38 mm a 50.80 mm para los taladros de Alivio; esto trajo una mejora en la producción y reducción de costos aumentando una eficiencia de voladura simulado en el software JKSimblast de 77.8% al 87.7%, mejorando un avance lineal efectiva de 1.4 m a 1.5 m por disparo (Reyes Marroquin, 2019, p. 4).

**Ore Acuña (2019)** en el trabajo de investigación “Optimización del uso de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary unidad minera Carahuacra de Volcan Compañía Minera S.A.A.” tiene como objetivo la optimización de aceros de perforación en la Veta Mary, tajeo 120 E-W del nivel 1120, los controles adecuados de los parámetros y factores de perforación, el tipo de roca a perforar, el intervalo de afilado y la habilidad del operador, ayudaron a lograr el aumento del rendimiento de metros perforados y por lo tanto reducir los costos. Para el año 2018 se tuvo un incremento mensual respecto a la vida útil de las brocas con relación al año 2017. La velocidad de perforación depende del afilado de broca, a más metros perforados la broca tiende a desgastarse y disminuye la velocidad de perforación, al inicio la broca sin afilar tiende a tener mayor velocidad por ser nueva, pero va disminuyendo su velocidad de penetración a más metros perforados, el afilado genera incremento

de vida útil de la broca y de las demás piezas de perforación optimizando costos. En relación con la broca de 64 mm se obtuvo mensualmente diez metros perforados más y su reducción de costo fue de 12 US\$/mes. Respecto a la rimadora de 127 mm se obtuvo mensualmente 4 metros perforados más y su reducción de costo fue de 4.8 US\$/mes. En términos generales el rendimiento de la vida útil total de las piezas de perforación del año 2017 con relación al año 2018, se tiene un incremento del 3.87% frente al año anterior que representa una reducción de costos para el año 2018 fue de \$18,168.72 anual y \$605.62 mensual, para los cuatro equipos Simbas utilizados en la Unidad Productora Carahuacra. (Ore Acuña, 2019)

**Urquiza Apaza (2019)** en el trabajo de investigación “Análisis del Consumo de Barrenos y Brocas en Corporación Minera Ananea S.A.” tiene la finalidad de buscar e identificar los factores más importantes, relacionados con el consumo de barrenos y brocas, contrastando en un análisis basado de estudios en relación al desgaste y rendimiento del barreno y la broca. El lugar referido, Corporación Minera Ananea S.A. (Minería subterránea), estudio realizado durante el 2013. Se planteó como objetivo: Analizar los factores de la vida útil del barreno y la broca en minería subterránea. Así mismo, el método que se utilizó es el descriptivo y estadístico, los materiales utilizados en recolección de información son la ficha de observación y control. Sobre los resultados hallados se constata que el barreno y la broca principalmente tuvieron un rendimiento promedio; primer caso, en 77 metros/broca que representa el 42.5% optimizado, segundo caso, en 95 metros/broca siendo el 24% en efectividad de rendimiento en promedio con el afilado de brocas en su vida útil. Concluyendo, que los factores más resaltantes que representan principalmente al rendimiento de la broca, es el afilado de las mismas ya que su implementación y un programa adecuado aumenta en el rendimiento de la vida útil del barreno y la broca, como parte del mejoramiento y maximización; también cabe mencionar la

dureza de la roca, presión del aire, barrido de detritus, logística y capacitaciones al personal que de alguna manera influyen como factores significativos. Además, repercute directamente en los costos directos de la empresa, donde tuvo una optimización importante debido al número de barrenos y brocas, utilizados en perforación (Urquiza Apaza, 2019, p. 3).

**Concha Cuadros & Tarifa Huillca (2020)** en el trabajo de investigación “Reducción y optimización de costos en perforación y voladura implementando barrenos de 16 pies para labores de desarrollo en la U.O. Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C.” tiene como objetivo de la presente tesis es determinar la elaboración de la nueva malla de perforación de 16 pies, para sustituir la ya existente malla de perforación de 12 pies, y así determinar la viabilidad económica en el cambio de malla de perforación para labores de desarrollo en la U.O. Inmaculada. La metodología de la presente tesis consistió en la determinación de las propiedades geomecánicas del macizo rocoso, luego se realizó la evaluación técnica- económica de las actividades de perforación y voladura en las labores de desarrollo (“toma de datos en campo”) para la malla ya existente de 12 pies, posteriormente se implementó la malla de 16 pies en dichas labores realizándose también una evaluación técnica-económica de dicha malla. Para culminar se elaboró un cuadro comparativo de los datos obtenidos en los análisis técnico- económica de las dos diferentes mallas (Concha Cuadros & Tarifa Huillca, 2020). Los resultados del estudio son los siguientes:

- Avance por voladura en la malla 12 pies es de 3.19 metros por disparo, siendo el avance en la malla de 16 pies de 4.29 metros.
- Eficiencia por voladura en la malla de 12 pies fue de 96.84% contra un 97% en la malla de 16 pies.
- El volumen roto en la malla de 12 pies fue de 56.58 metros cúbicos contra los 76.05 metros cúbicos obtenidos de la malla de 16 pies.
- La tonelada rota para la malla de 12 pies fue de 144.84 TM contra los

194.69TM de resultado de la malla de 16 pies.

- Costo de acero x disparo en la malla de 12 pies fue de 810.866(\$/m) contra 1051.247 (\$/m) de la malla de 16 pies.
- Costo de aceros x pies perforados resulto en la malla de 12 pies de
- 0.057 dólares contra 0.05 dólares en la malla de 16 pies. (Concha Cuadros & Tarifa Huillca, 2020, 3)

## **2.2. Bases teóricas-científicas**

### **Vida útil de los aceros de perforación**

El tiempo de duración de los aceros de perforación es dependiente de diversos factores, por lo que ofrecer datos exactos, es casi imposible. Para determinar la vida en servicio práctico dentro el área de trabajo dado, se debe considerar la seguridad y la confiabilidad de su funcionamiento, lo que indica en cambiar los útiles usados para perforación previo a que estos se quiebren y puedan perturbar la producción (Allen, 2012).

### **Martillos de perforación**

El martillo usado como perforadora, basado a los martillos en cabeza, produce efectos de rotación y percusión, quien también actúa como elemento de regulación para el barrido e intermedio para el paso. Para los martillos en fondo, solo es generado el efecto de cabeza de barrido y percusión, con la rotación transmitida por medio del varillaje que inicia en la cabeza de rotación (Aranda, 2019).

### **Causas de desgaste en brocas de perforación**

Desgaste abrasivo en brocas de perforación, como consecuencia a fallos microscópicos, al proceso térmico, y a procesos especiales.

## **2.3. Definición de términos básicos**

Los términos más utilizados en el desarrollo del trabajo de investigación se detallan a continuación:

**Brocas:**

Son herramientas que van enroscadas en el extremo inferior de labarra de perforación, y están dotadas de elementos como botones, el barrido, trubbnos (son nuestros nuevos e innovadores botones con formatrapezoidal), el frente de la broca y el acero, las cuales los botones estasconstituido por carburo de tungsteno que sirven para penetrar las formaciones en el subsuelo (EPIROC, 2018).

**Examen – P:**

Agente usado para voladura de forma granulada, y usada para volar áreas superficiales y subterráneas, pero que tengan buena ventilación. Usualmente es empleado como carga de columna en roca tipo II y III. Especialmente preparado teniendo una mezcla balanceada entre el O<sub>2</sub> de petróleo y nitrato de amonio. Dado a que estos componentes poseen un alto valor energético, son fáciles de manipular, son seguros, y a bajo costo. (EXSA)

**Poder Rompedor:**

Característica neta del explosivo referido a su capacidad de quebrantar a la roca. El poder de quebrar las rocas es un factor muy relevante entre los explosivos para su uso desacoplado o no confinado, donde los gases no logran producir grandes presiones (Bernaola Alonso et al., 2013).

**Emulex:**

Es una emulsión contenida dentro una lámina plástica, pero de alta sensibilidad al detonador, y posee diversidad en sus valores de energía, lo que le permiten adaptarse a cualquier tipo de operación, donde pueden presentarse áreas humedad o inundadas. Además, tiene un amplio rango de presiones y velocidades para la detonación, el cual puede ser empleado en labores confinadas como túneles o en minería subterránea, como las que son usadas para esta investigación como Emulex 65 y Emulex 45. (EXSA)

**Cordón Detonante:**

Es un accesorio necesario para realizar la voladura. Este está conformado por un núcleo granulado muy compacto (pentrita) y fino, cuyas velocidades de detonación alcanzan los 7.000 m/s aproximadamente. (EXSA).

**Barrenos:**

Barra de acero helicoidal, de sección transversal ovalada, y que es empleada para hacer agujeros. Es apoyado en colaboración con un sistema de fijación constituido por una placa de acero perforada y unatuerca de fundición modular. Posee alta resistencia ala dureza y fatiga, ofreciendo altas resistencias a desgastes preservando así la resistencia natural al macizo rocoso (SANDVIK, 2020).

**Malla de Perforación:**

Es una malla correctamente distribuida de taladros para hacerfrente a una perforación. Esta distribución de los taladros, es calculado previamente usado el método del espaciamento y burden para conseguir una eficiente voladura (EXSA, 2015).

**Macizo Rocos:**

Conformado por discontinuidades y matrices rocosas. Muestra una estructura heterogénea, de comportamiento anisótropo, y discontinuo, producto de la naturaleza, la frecuencia, y discontinuidad en sus planos, todos condicionantes del comportamiento geo hidráulico y mecánico (Herman & Brion Andrade, 2015).

**Empuje:**

Es la energía del mecanismo de impacto del martillo que es transmitido hacia la roca, así es se suma importancia que la boca entren contacto constante en el fondo del barreno. Esto es conseguido basado como consecuencia de la fuerza de empuje que es logrado por el motor p cilindro de avance, el cual tiende a adaptarse según ala boca de perforación y el tipo de roca (López Jimeno et

al., 2003).

**Barrido:**

Es evacuar detritos del fondo de los barrenos con un fluido de aire, agua, y mantener constantemente limpios justo después de su formación, si esto no se realiza se consumirá mayor energía en la trituración de estas partículas provocando un desgaste prematuro, pérdidas en el rendimiento y atascamiento de barrenos (López Jimeno et al., 2003).

**Taladro:**

Es un orificio generado por la perforación con un equipo de perforación siendo este una cara libre (taladro de alivio) o taladros con carga explosiva (arranque, ayudas, taladros de arrastre, taladros de corona, cuadradores), taladros de alivio en la corona para voladura controlada (EXSA, 2015).

**Perforación:**

Es realizar taladros en una frente de perforación con equipos diseñados para esta actividad, con la finalidad de arrancar o volar la máxima cantidad de roca. La buena perforación permite realizar una buena voladura, pero si la perforación es mala, esta se refleja en una mala voladura (López Jimeno et al., 2003).

**Aceros:**

Los aceros es un material que puedan adaptar a los equipos de los principales fabricantes del mundo, en Epiroc Consiguieron un material un 15 % más resistente al desgaste y con un 10 % más de resistencia a la fatiga que los hace más adaptable a todas las perforaciones de canteras, minería, túneles (EPIROC, 2018).

**Barra:**

Una barra hueca con rosca en toda su longitud, fabricadas de aleación de acero premium altamente resistente y están disponibles en configuraciones

hexagonales y circulares obtenida mediante laminación en frío de un tubo liso con acero de perforación que tiene una alta resistencia a la fatiga y dureza, y ofrece la más alta resistencia al desgaste que garantiza una operación de perforación eficaz y económica (SANDVIK, 2020).

**Adaptadores o shank adapter:**

Es una herramienta que presenta calidad premium y empleada en la mayoría de las marcas para perforadas de rocas. Se sabe que cada componente para perforar es vital, el adaptador de vástago es producido para que aguante esfuerzos extremos. Este adaptador cumple la función de transmitir la energía de impacto iniciado en el pistón y torque de rotación hacia la perforación sin provocar pérdidas de energía. Así, este debe transmitir y soportar mínimo 6.300 sopladuras por minuto, mostrando buena resistencia y confiabilidad (SANDVIK, 2020).

**Fallas:**

Son fracturas que han tenido desplazamiento paralelo a la superficie de la fractura. La superficie de fractura que rechaza el desplazamiento se llama plano de falla y la fricción entre bloques es llamado espejo de falla (Herman & Brion Andrade, 2015).

**Mecánica de Rocas:**

Ciencia práctica y teórica basada al comportamiento de las rocas y de los macizos rocosos. Es una rama referida a la mecánica que ofrece respuesta de la roca y del macizo rocoso, y los campos de fuerza dentro de su ambiente físico (Herman & Brion Andrade, 2015).

**Optimización:**

Efecto o acción de optimizar. Se refiere a buscar de la manera mejor llevar a cabo cierta actividad (Arroyo & Vásquez, 2005).

**Costos:**

Referido al gasto económico anexada a la producción de un

productocuando se presta un servicio. En otras palabras, se refiere a lesfuerzo económico (compra de materiales, la fabricación de unproducto,obtención de fondos para la financiación, la administración de laempresa, pago de salarios, etc.) que debe llevarse a cabo para alcanzar una meta operativa. Cuando la meta no es alcanzada, se diceque la empresa tuvo pérdidas (Baca, 2009).

### **Roca intacta**

Es el bloque ubicado entre las discontinuidades y podría ser representada por una muestra de mano o trozo de testigo que se utiliza para ensayos de laboratorio (Herman & Brion Andrade, 2015).

### **Masa Rocosa:**

Es el medio in situ que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas, estratos, fallas y otros rasgos estructurales (Herman & Brion Andrade, 2015).

### **Paralelismo:**

El paralelismo es la secuencia uniforme paralela al burden y si hay uandesviación esto afecta al fracturamiento y al avance, en otros casos ladesviación de taladros afecta directamente a la eficiencia de la voladura (EXSA, 2015).

### **Voladura:**

Resultado obtenido después de volar alguna cosa, usualmente relacionado a minería y construcción, donde son aplicados explosivos(EXSA, 2015).

### **Costos operativos:**

Referido a los costos que la institución o empresa tendrá que afrontar en el periodo después de haber ejecutado el proyecto (Blanchard, 2012).

### **Costos directos:**

Se refiere a un tipo de gasto que está relacionado de maneradirecta a

llevarse a cabo la fabricación de un producto o servicios ofrecidos por una empresa (Leland Blank & Anthony Tarquin, 2005).

**Costos indirectos:**

Costos de los que se encarga la propia fabrica para manufacturar algún producto, separado de los materiales y de la mano de obra directa (Bogdanovic et al., 2012).

**Manguito o coupling:**

Es un adaptador usado empleado cuando la perforación requiere conectar o unir a ambos entre dos roscas diferentes. Estos son fabricados en acero tratado para obtener alta resistencia y sea aplicado a cualquier tipo de roscas (López Jimeno et al., 2003).

**2.4. Formulación de Hipótesis**

**2.4.1. Hipótesis General**

Se optimizará el consumo de aceros de perforación con el fin de reducir los costos de perforación.

**2.4.2. Hipótesis Específicas**

***Primera Hipótesis Específica***

La buena práctica en la perforación incrementa la vida útil de las brocas y barrenos de perforación reduciendo su costo operacional.

***Segunda Hipótesis Específica***

El eficiente afilado de brocas optimiza su rendimiento y duración reduciendo su costo operacional.

***Tercera Hipótesis Específica***

La reducción de la cantidad de taladros a ser perforados, según las mallas de perforación, permiten reducir los costos operativos.

**2.5. Identificación de variables**

Para la investigación se consideran las variables dependiente e

independiente, con el fin de obtener respuesta a los problemas de investigación (Pino, 2018).

#### **Variable Dependiente**

Reducción de costos operativos de perforación en la Rpa. (±)944 W.

#### **Variable Independiente.**

Optimización de los aceros de perforación en la Rpa. (±)944 W.

### **2.6. Definición operacional de variables e indicadores**

#### **Variables**

##### **a) Variables principales**

- **Variable independiente:** Optimización de los aceros de perforación en la Rpa. (±)944 W
- **Variable dependiente:** Reducción de costos operativos de perforación en la Rpa. (±)944 W.

##### **b) Variables secundarias**

###### **1. Variable secundaria 1**

- **Variable independiente:** La buena práctica en la perforación incrementa la vida útil de las brocas y barrenos de perforación en la Rpa. (±)944 W.
- **Variable dependiente:** Reducción de costos operativos de perforación en la Rpa. (±)944 W.

###### **2. Variable secundaria 2**

- **Variable independiente:** eficiente afilado de brocas optimiza su rendimiento y duración en la Rpa. (±)944 W.
- **Variable dependiente:** Reducción de costos operativos de perforación en la Rpa. (±)944 W.

###### **3. Variable secundaria 3**

- **Variable independiente:** reducción de la cantidad de taladros a ser

perforados, según las mallas de perforación en la Rpa. (±)944 W .

- **Variable dependiente:** Reducción de costos operativos de perforación en la Rpa. (±)944 W.

### 2.6.1. Indicadores

- **Variable independiente:**

X = Optimización de aceros de perforación en la Rpa. (±)944 W.

#### **Indicadores:**

X1= Optimizar costos por la buena práctica en la perforación incrementa la vida útil de las brocas y barrenos de perforación en la Rpa.(±)944 W.

X2= Optimizar costos por eficiente afilado de brocas en la Rpa. (±)944 W.

X3= Optimizar costos por reducción de cantidad de taladros en la malla de perforación en la Rpa. (±)944 W.

### 2.6.2. Variable dependiente:

Y= Minimizar costos de aceros de perforación en la Rpa. (±)944W.

#### **Indicadores:**

Y1= la buena práctica en la perforación incrementa la vida útil de las brocas y barrenos de perforación.

Y2= cumplir con el estándar de perforación para evitar desgastes inapropiados de aceros de perforación

Tabla 2 Operacionalización de variables e indicadores.

Variables	Definición conceptual	Concepto operacional	Dimensiones	Indicadores	fuentes
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> X = Optimización de acero de perforación en la Rpa. (±)944 W.	Reducción de costos Brocas, barras y shank mediante afilado de brocas, reducción de numero de taladros en malla de perforacion	X1=Optimizar costos por la buena práctica en la perforacion incrementa la vida útil de broca y barra de perforación en la Rpa. (±)944 W. X2= Optimizar costos por eficiente afilado de brocas. X3=Optimizar costos por reducción de cantidad de taladros en la malla de perforación en la Rpa. (±)944 W.	Métodos       Presupuesto operativo	Numero de taladros capacitación mensual a operadores.  Buen control operativo de la supervisión. Compras Gastos administrativos	Departamento de planeamiento de la empresa especializada IESA.S. A   Logística IESA. S.A.  EXSA (soporte técnico)

<b>VARIABLE</b>  <b>DEPENDIEN</b>  <b>TE:</b>  Y = Minimizar  costos de aceros  de perforación en  la Rpa.  (±)944 W.	Reducción de  numero detaladros  en malla de  perforacion  Cumplimiento con el  estándar de  perforacion	Y1= buena práctica en la  perforacionY2=cumplir con el  estándar de perforacion para  evitar desgastes inapropiados	objetivos	Corto plazo  mediano plazo.	IESA S.A.  NEXA  RESOURCES -  ATACCOCHA.
---	--	---	-----------	-----------------------------------	--

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Según la orientación de la investigación es aplicada. Tomando en cuenta la técnica de contrastación de hipótesis es explicativa. Según la direccionalidad es retrospectiva. Según la fuente de recolección de datos es recolectivo y según la evaluación del fenómeno es transversal (Hernández-Sampieri, 2010).

#### **3.2. Nivel de Investigación**

Esta tesis de investigación está enfocada en un nivel explicativo, la variable en función a otra, por ser estudio de causa efecto; y aplicativo por plantear resolver problemas enmarcada en la innovación técnica e industrial como científica (Hernández-Sampieri, 2010).

#### **3.3. Métodos de investigación**

Se aplicará el método cuantitativo hipotético-deductivo, debido a que la hipótesis pueda ser analizada de manera deductivo e inductivo que a posterior debe comprobarse. Así, lo que se busca es que la parte teórica no pierda su

sentido, haciendo que esta teoría sea relacionada después la realidad (Hernández-Sampieri, 2010).

### **3.4. Diseño de investigación**

El diseño de investigación a utilizarse en este estudio de investigación es de tipo cuantitativo de forma cuasi experimental, para que se realice la investigación los datos son recopilados en el área de trabajo para analizarlos al final del estudio dando como resultados ratios, rendimientos, cuadros estadísticos, porcentajes (Laura, 2014).

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población.**

La población está constituida por el uso de aceros de perforación en la Rpa. ( $\pm$ ) 944W del Nv. 3300 – Nv. 3080.

#### **3.5.2. Muestra**

La muestra para esta investigación está constituida por los aceros de perforación (brocas y barras de perforación) usados en la Rpa. ( $\pm$ ) 944W. Es necesario señalar que no podemos tener una muestra calculada, porque la vida útil de dichos aceros es dispersa. (Lind et al., 2015).

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las técnicas de recolección de datos corresponden a: cuaderno de apuntes, cuadros de trabajo, planos, fotografía.

Entre los planos que se utiliza tenemos: Planos del proyecto de la labor, cuadro de vida útil de aceros, cálculo de barrenos y espaciamiento, cuadro de N° de equipos/pies perforados, mallas de perforación, estándares de perforación, registros de capacitaciones al personal, retroalimentación in-situ al personal.

### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.**

Esta tesis de investigación consideró una base de datos del área de

costos, tomados los datos por el área de operaciones en el área in-situ como también planos de avance diario, mensual, programando planos geológicos y planos de mapeo geomecánica.

**Validación** Los datos para la reducción y optimización de costos en aceros de perforación son válidos, debido a que nos facilitaron el área de costos, toda su base de datos y planeamiento de la Compañía Minera Atacocha – Nexa Resources a si mismo todos los planos, también fueron asesorados por un técnico de esta, haciendo seguimiento las voladuras con el Emulex 45 y un especialista de Epiroc que verificaba el buen control del uso de los aceros de perforación.

**Confiabledad** Los datos obtenidos para la reducción y optimización de costos en aceros de perforación son de alta confiabilidad, pues estos datos fueron tomados día a día de los avances de perforación en la Rpa.944, con la finalidad de cumplir con el objetivo.

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Las técnicas de procesamiento y análisis de datos serán orientadas al proceso de información de campo, a fin de obtener informaciones básicas sobre:

#### **a) Reporte diario de operación en labores de avance:**

- Aceros utilizados (brocas, barras de perforación).
- Número de taladros (barden, espaciamiento).
- Avance lineal.

#### **b) Se utilizará el programa Excel para calcular los costos de:**

- Consumo de aceros/guardia (pies perforados/N° de equipo).
- Cálculos de eficiencias, rendimientos y costos unitarios en aceros de perforación.

#### **c) Software:**

- Procesadores de Texto.

- Hojas de Cálculo.
- Bases de Datos.
- Graficadores: AutoCAD, Excel.

### 3.9. Tratamiento estadístico

Para el análisis de los datos se realizó en una estadística descriptiva: La estadística descriptiva es el proceso de recolección, agrupar y presentar datos de una manera tal que describa fácil y rápidamente dichos datos, según (WEbster, 2001), posterior a la recolección de datos, se realizara el procesamiento de la información con la elaboración de tablas, gráficos estadísticos, así para poder obtener resultados positivos.

- **Tablas:** Se realizaron tablas con datos de las variables. Así mismo, Kerlinger & Lee (2002) las clasifican en 3 tipos de tablas las cuales son: unidimensional, bidimensional y k – dimensional, por lo tanto, diremos que el número de variables determina el número de dimensiones de una tabla, por ello, esta investigación de Reducción y Optimización de Costo Operativos en Aceros de Perforación, usara tablas bidimensionales (Kerlinger & Lee, 2002).
- **Gráfica:** según APA (2010) la gráfica se clasifica como un tipo de figura, una figura puede ser un esquema gráfica, una fotografía, un dibujo o cualquier otra ilustración o representación no textual”. Acercade la graficas de Kerlinger & Lee (2002) nos dice “una de las poderosas herramientas de análisis es el grafico”. Por tanto, en esta investigación se utilizará figuras como fotografías, dibujos, planos.

Asimismo, se utilizó para nuestros datos el paquete de Microsoft Office especialmente Microsoft Excel, AutoCAD.

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica**

El proyecto de investigación tiene una metodología válida y rigurosa conduciendo a resultados válidos y fiables con fin de mejorar la valorización de la empresa y minimizar costos en brocas, barras y shank, por lo tanto, se implementó una afiladora de brocas y la reducción de número de taladros. Para el proyecto, no perforamos los taladros de recorte en la corona debido a la implementación del Emulex 65 a Emulex45 (EXSA, 2015), por parte de la asistencia técnica de NEXA. Dicho Emulex 45 tiene una menor energía para dañar la masa rocosa de la corona, en cambio el Emulex 65 tiene mayor energía lo cual daña la masa rocosa de la corona por lo tanto se realizaban los taladros de recorte. También se tubo soporte de todas las áreas de la empresa especializada IESA S.A para cumplir con el objetivo trazado (Mendieta, 2019)

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1. Descripción del trabajo de campo

##### 4.1.1. Perforación

La perforación para avances lineales se realiza con equipos Jumbos electrohidráulicos de dos brazos que perforan longitudes de 14 pies en secciones de 4.50 x 4.00 m (Debido recomendación geomecánica) para la Rpa. (±) 944 W (Mete, 2014).

##### **Equipo de Perforación**

En equipos de perforación se tenía cuatro jumbos:

- 2 jumbos electro hidráulico de un brazo - Sandvik Miningand Construction LYON S.A.S.
  - ✓ Equipo Electrohidraulico DD311
  - ✓ Equipo electrohidraulico DD310
  
- 2 jumbo electro hidraulico de dos brazo - Sandvik Miningand Construction LYON S.A.S.
  - ✓ Equipo electrohidraulico DD 321
  - ✓ Equipo electrohidraulico DD 320



*Figura 9 Jumbo electro hydraulic – un brazo.*



*Figura 10 Jumbo electro hydraulic – dos brazos.*

### **Cálculo de Barden y Estacionamiento**

**a) Cálculo de barden y espaciamiento según criterio de r. Holmberg utilizado en IESA S.A.**

Para el cálculo de dimensiones de Barden según criterio de Holmberg, se determina para diferente barden, cumpliendo lo siguiente:

$$B1 \leq 1.7 \times D2$$

**Donde:**

**D2:**

B1: burden 1 Reemplazando.

$$B1 \leq 1.7 \times 0.204$$

$$B1 \leq 0.35$$

**1º Cuadrante**

$$B1 = 1.5 \times D2$$

$$B1 = 1.5 \times 0.204$$

$$B1 = 0.30$$

**2º Cuadrante**

$$B2 = B1 \times \sqrt{2}$$

$$B2 = 0.30 \times \sqrt{2}$$

$$B2 = 0.42$$

**3º Cuadrante**

$$B3 = 1.5 \times B2 \times \sqrt{2}$$

$$B3 = 1.5 \times 0.42 \times \sqrt{2}$$

$$B3 = 0.89$$

**4º Cuadrante**

$$B4 = 1.5 \times B3 \times \sqrt{2}$$

$$B4 = 1.5 \times 0.89 \times \sqrt{2}$$

$$B4 = 1.88$$

**b) Cálculo de espaciamiento en la corona (EC)**

Según el criterio de Pearson (1973) “El espaciamiento de la corona de la labor depende al diámetro del taladro”.

Donde la constante K de Pearson es de 15 a 16 de acuerdo al tipo de roca. El cálculo del espaciamiento de los taladros de la corona de dicha Rpa. (±) 944 W (Gomez Roca, 2017).

$$EC = K \times D1$$

$$EC = 16 \times 0.045$$

$$EC = 0.70$$

**c) Cálculo de Espaciamiento en los hastiales (Eh)**

El cálculo de Espaciamiento de los taladros de hastiales de la frente de perforación de la Rpa. (±) 944 W. es la división de la longitud del hastial entre el número de taladros menos 1 por lo tanto, la fórmula es la siguiente:

$$Eh = \frac{\text{Longitud del hastial}}{N-1}$$

$$Eh = \frac{2.5}{4-1}$$

$$Eh = 0.83$$

**d) Cálculo de Espaciamiento en el arrastre (EA)**

El cálculo de Espaciamiento en los taladros de arrastre de dicha Rpa. (±) 944 W, se realiza con la siguiente formula:

$$Ea = \frac{\text{Ancho} - 2 \times 0.10}{N-1}$$

$$N-1$$

$$Ea = 1.075$$

### **Cálculo del Número de Taladros para una Roca Tipo III**

Cálculo del área de la sección de la galería ( $m^2$ ).

$$Area (S) = B \cdot H \cdot 11/12$$

$$Area(S) = 4.5 \cdot 4 \cdot 11/12$$

$$Area (S) = 16.5 \text{ m}^2$$

Cálculo del perímetro de la galería.

$$P_{Perimetro} = 4\sqrt{S}$$

$$P_{Perimetro} = 4\sqrt{16.5}$$

$$P_{Perimetro} = 16.24 \text{ m}$$

*Tabla 3* Coeficiente de roca.

Dt: Distancia entre Taladros	C: Coeficiente de Roca
Roca dura	0.5
Roca intermedia	0.6
Roca suave	0.7

*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* Nos indica la dureza de la roca y el coeficiente de la roca.

### **Cálculo del número total de taladros.**

$$N^{\circ}Tal = ( \frac{P_{dt}}{C} ) + ( S * C )$$

**Donde:**

$C$  = Coeficiente de factor de roca

$dt$  = distancia de taladros

S=Área de la sección

P=Perímetro de la sección.

$$N^{\circ}Tal = \left( \frac{16.24}{0.6} \right) + (16.5 * 1.5)$$

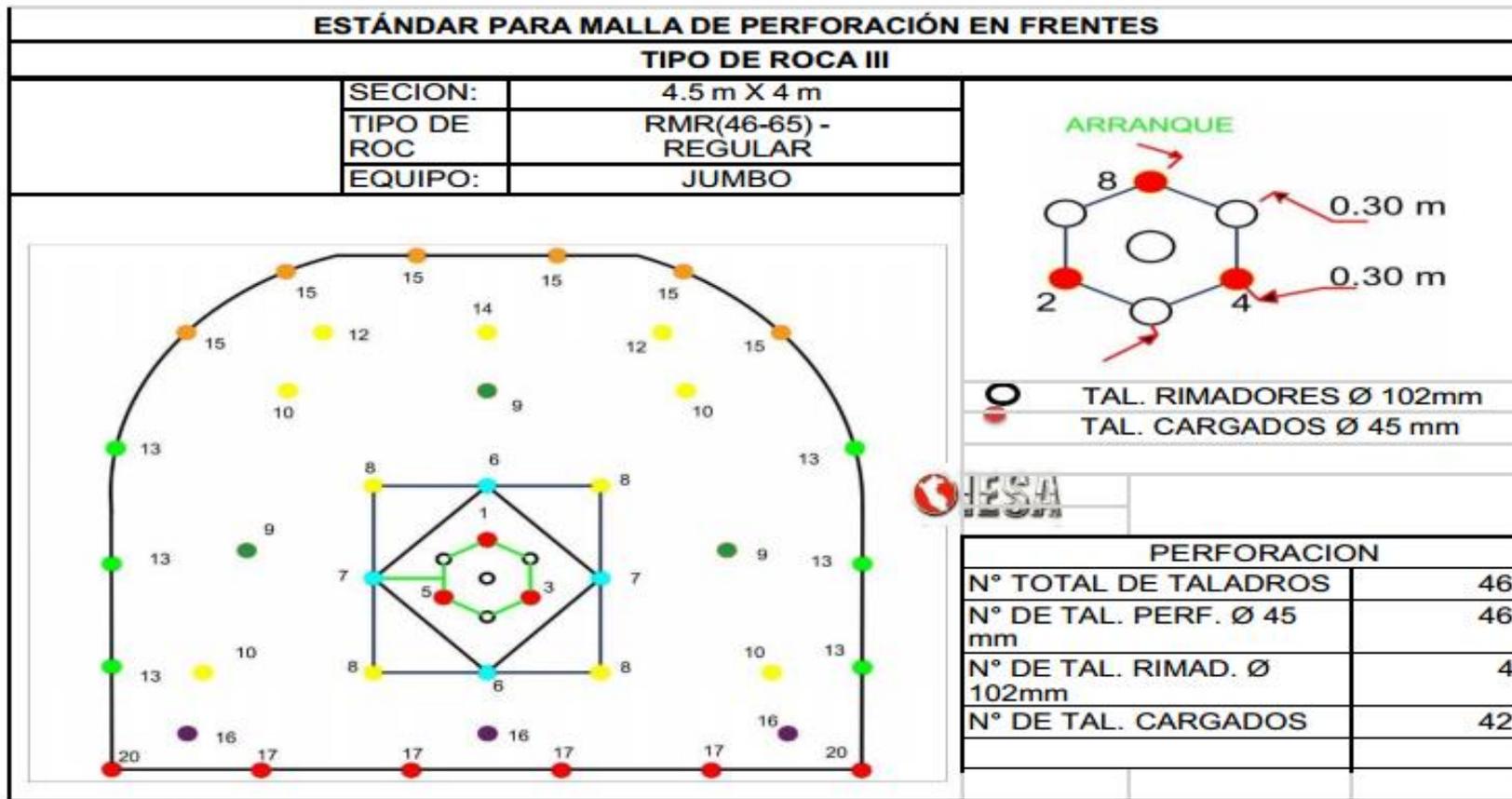
$$N^{\circ}Tal = 51 \text{ taladros}$$

### ***Diseño de Malla de Perforación***

#### **a) Malla de perforación para una roca tipo III**

En la Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resources en la Empresa Especializada IESA S.A para una roca tipo III el diseño de malla de perforación es de 51 taladros, 42 taladros cargados ( $\varnothing$  45 mm), 5 taladros vacíos (voladura controlada) y 4 taladros rimados ( $\varnothing$  102 mm). La malla de perforación se muestra en la *Figura 11* y Tabla 4 con la distribución de taladros (More, 2021).

Dicha malla de perforación se realiza con taladros de recorte en la corana (voladura controlada) debido que se utilizaba el explosivo de mayor energía (Emulex 65) con cargas desacopladas (canas).



*Figura 11 Malla de perforación para roca tipo III*

Fuente: departamento de perforación y voladura Nexa

Nota: la figura muestra el estándar de malla de perforación en frentes para una roca tipo III

Tabla 4 Distribución de Taladros

SECUENCIA DE SALIDA	DESCRIPCION DE TALADROS	CANTIDAD DE TALADROS	
		VACIOS	CARGA
1	Aranque	3	
2	1° Ayuda de Arranque	4	
3	2° Ayuda de Arranque	4	
4	3° Ayuda de Arranque		
5	4° Ayuda de Arranque		
6	Arrastre		
7	Ayuda de		
8	Coron		
9	Ay		
10			

Fuente: Departamento de perforación y voladura.

NOTA: La tabla muestra la distribución de taladros.

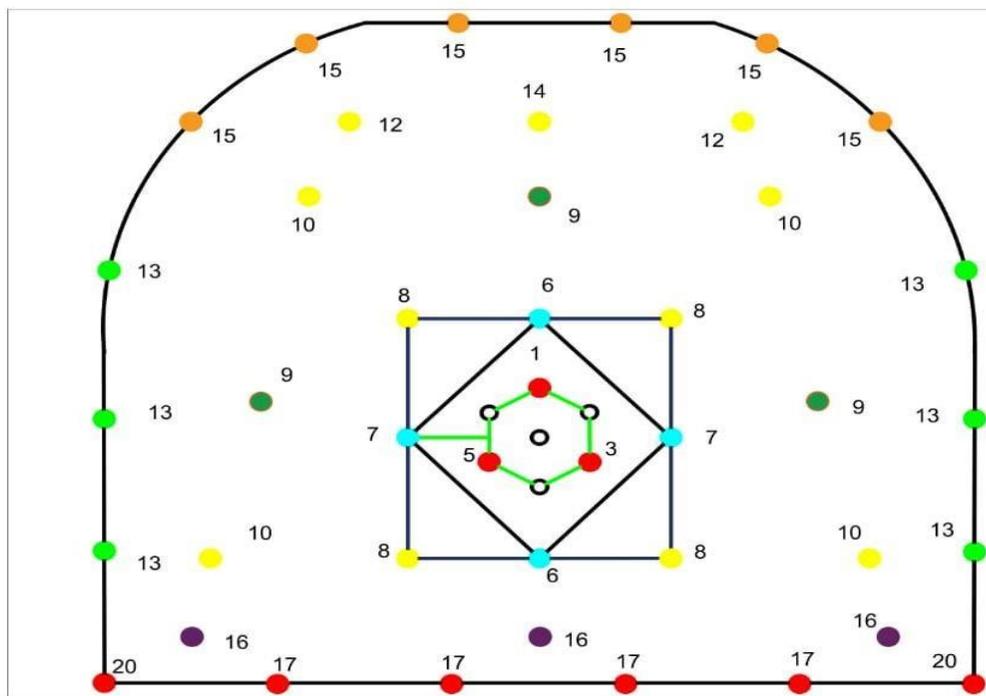
**b) Malla de perforación para una roca tipo III durante el proyecto.**

En de la Empresa Especializada IESA S.A para una roca tipo III el diseño de malla de perforación es de 46 taladros, 42 taladros cargados ( $\varnothing$  45 mm) y 4 taladros rimados ( $\varnothing$  102 mm). Para el proyecto no perforamos los taladros de recorte en la corona debido a la implementación del Emulex 65 a Emulex 45, por parte de la asistencia técnica de Exsa. Dicho Emulex 45 tiene una menor energía para dañar la masa rocosa de la corona en cambio, el Emulex 65 tiene mayor energía lo cual daña la masa rocosa de la corona por lo tanto se realizaban los taladros de recorte. A continuación, se puede observar la *Figura 12* donde se muestra la malla de perforación y la *Tabla 5* de distribución de taladros (Salazar, 2016).

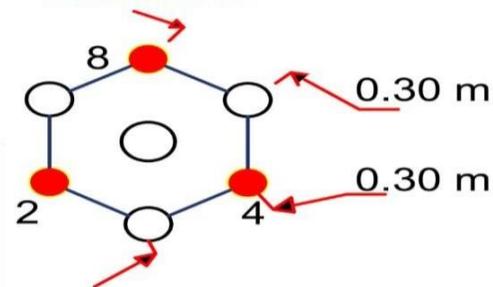
## ESTÁNDAR PARA MALLA DE PERFORACIÓN EN FRENTEROS

### TIPO DE ROCA III

SECCION:	4.5 m X 4 m
TIPO DE ROC	RMR(46-65) - REGULAR
EQUIPO:	JUMBO



ARRANQUE



- TAL. RIMADORES Ø 102mm
- TAL. CARGADOS Ø 45 mm



#### PERFORACION

N° TOTAL DE TALADROS	46
N° DE TAL. PERF. Ø 45 mm	46
N° DE TAL. RIMAD. Ø 102mm	4
N° DE TAL. CARGADOS	42

Figura 12 Malla de perforación para una roca tipo III. Fuente: departamento de perforación y voladura Nexa.

Nota: la figura muestra el estándar de malla de perforación en frentes para una roca tipo III.

Tabla 5 Distribución de taladros.

SECUENCIA DE SALIDA	DESCRIPCION DE TALADROS	CANTIDAD DE TALADROS	
		VACIO S	CARGADO S
1	Arranque	3	0
2	1° Ayuda de Arranque	4	0
3	2° Ayuda de Arranque	4	0
4	3° Ayuda de Arranque	3	0
5	4° Ayuda de Arranque	4	0
6	Arrastre	6	0
7	Ayuda de Arrastre	3	0
8	Corona	6	0
9	Ayuda de Corona	3	0
10	Cuadradores	6	0
	Alivio Rimado	0	4
	Alivio Sin Rimar	0	5
Total ( Und)		<b>42</b>	<b>9</b>

Fuente: Departamento de perforación y voladura.

Nota: Tabla que muestra la distribución de taladros para una roca III

A continuación, se muestra el pintado de malla de perforación en la Rpa. ( $\pm$ )

944W. Ver *Figura 13*



*Figura 13 Pintado de malla de perforación. Fuente: Elaboración propia.*

*Nota: Esta figura nos muestra el pintado de malla de perforación.*

### **c) Malla de perforación para una roca tipo iv**

En la Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource en la Empresa Especializada IESA S.A para una roca tipo IV el diseño de malla de perforación es de 39 taladros cargados ( $\varnothing$  45 mm), 5 taladros de recorte (voladura controlada) y 4 taladros rimados ( $\varnothing$  102 mm). La malla de perforación se muestra en la *Figura 14* y *Tabla 6* con los datos de la distribución de taladros.

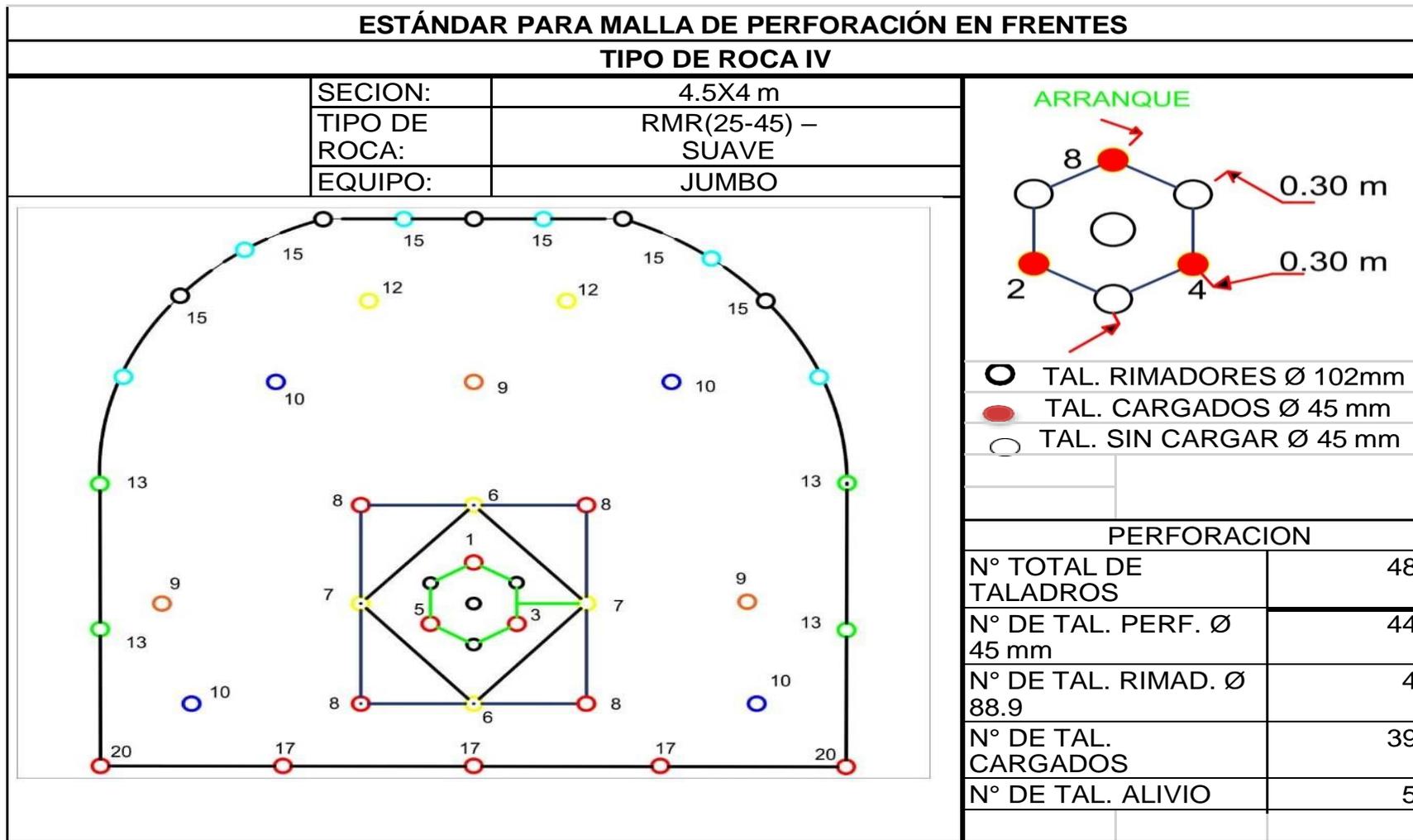


Figura 14 Malla de perforación para una roca tipo IV.

Fuente: departamento de perforación y voladura Nexa. Nota: la figura muestra el estándar de malla de perforación en frentes para una roca tipo IV.

Tabla 6 Distribución de taladros

<u>SECUENCIA DE SALIDA</u>	<u>DESCRIPCION DE TALADROS</u>	<u>Cant. de Taladros</u>
		<b>CARGADOS</b>
1	Arranques	3
2	1° ayudas de arranque	4
3	2° ayudas de arranque	
4	3° ayudas de arranque	
5	4° ayudas de arranque	
6	Ayuda de arrastre	
7	Ayuda de coro	
8	Cuadrado	
9	Coro	
10	A	

Fuente: Departamento de perforación y voladura.

NOTA: Tabla que muestra la distribución de taladros para una roca IV.

A continuación, se muestra el pintado de malla de perforación en laRpa.

(±) 944W. Ver Figura 15.



Figura 15 Pintado de malla de perforación.

### **Proceso de Perforación.**

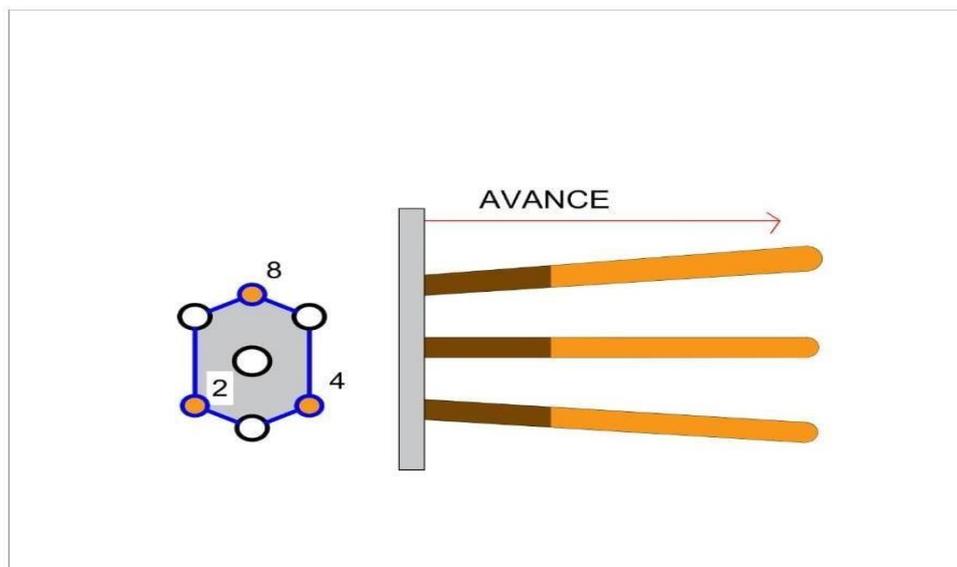
Método de trabajo de Perforación, se trabaja con jumbos electrohidráulicos de un brazo y de dos brazos de modelo de modelos (DD321;DD320; DD311; DD310), cada equipo de perforación trabaja con un operador y su respectivo ayudante, en la siguiente tabla se muestra los parámetros técnicos para la perforación de dicho proyecto a realizarse.

*Tabla 7* Parámetros técnicos de perforación de IESA S.A. –Unidad Minera Atacocha.

PARAMETROS	VALORES
SECCION	4.5X4 m
TIPO DE ROCA	REGULAR
MATERIAL	DESMONTE
DIAMETRO DE TALADRO	45mm
DIAMETRE DE TAL. RIMADO	102 mm
EQUIPO	JUMBO

### **Control de Paralelismo en Perforación**

En este caso el burden no se mantiene uniforme, mayormente este problema es determinante en los arranques y en la corona de labor



*Figura 16* Desviación de Taladros.

En la empresa especializada IESA S.A para el control del paralelismo se implementó guidores de barras en desuso para que los taladros de perforación

tengan un buen paralelismo evitando fallas en la perforación que puede repercutir en una perforación deficiente y esto se realizaba previa coordinación con el operador y ayudante; para que esto sea colocado en secuencia de acuerdo al avance de los taladros perforación. Se puede observar que cuando no se usa los guidores el paralelismo es deficiente es por ello que el supervisor es el encargado de realizar seguimiento in-situ del uso de guidores, verificar la perforación con guidores en la *Figura 17*.

También cuando no se utiliza los guidores de barras en desuso para la perforación se pinta una línea por el techo de la labor (cola) para que direccionan con la pluma del jumbo ejecutando eficientemente el paralelismo de los taladros, producto de ello una voladura eficiente. Verificar la perforación direccionado con la cola en la *Figura 18*.

De mismo modo para la comprobación del paralelismo de los taladros después de la perforación completada se realiza colocando tubos de arrastre ( $\varnothing$  42 mm) en todos los cuadrantes de la perforación (primer cuadrante, segundo cuadrante, tercer cuadrante, cuarto cuadrante). Verificar la comprobación del paralelismo de taladros en la *Figura 19 y Figura 20*.



*Figura 17 Perforación con guidores.*

*Nota:* La figura muestra la perforación con guidores



*Figura 18 Perforación direccionada con la cola.*

*Nota:* Figura que muestra la perforación direccionada con la cola.



*Figura 19 Comprobación del paralelismo en el primer cuadrante.*

*Nota: Figura que muestra la comprobación del paralelismo en el primer cuadrante.*



*Figura 20 Comprobación del paralelismo en los cuatro cuadrantes.*

*Nota: Figura que muestra la comprobación del paralelismo en los cuadrantes.*

### ***Control de Profundidad de Perforación***

#### **4.1.2. A. Cálculo avance efectivo mediante el Algoritmo de Holmberg**

Mediante el criterio de Holmberg se calcula el avance efectivo de perforación cuya longitud efectiva ( $LE$ ), es igual a la longitud del taladro ( $L$ ) por la constante 95% (0.95) siendo eficiencia teórica de perforación." Seguidamente se calcula por la fórmula siguiente.

$$LE = 0.95 \times L$$

$$LE = 3.99 \times 0.95$$

$$LE = 3.79 \text{ m.}$$

### ***Cálculo de la Velocidad de Perforación***

Para el cálculo de la velocidad de perforar es importante contar la longitud de avance de Perforación (3.99), el tiempo de perforación por taladro (3.07), seguidamente se calcula por la fórmula siguiente.

$$\text{Velocidad de perforación} = \frac{\text{LONGITUD DE TALADRO}}{\text{TIEMPO EFECTIVO POR TALADRO}}$$

$$\text{Velocidad de perforación} = \frac{3.99}{3.07}$$

$$\text{Velocidad de perforación} = 1.20 \text{ m/ min}$$

### ***Muestreo de Tiempos de Perforación***

#### **a) Alcance**

Los resultados finales obtenidos fueron tomados de las evaluaciones técnicas realizadas en la Rpa. ( $\pm$ ) 944W, entre el Nv.3300 y Nv. 3080 en frentes de avance de desarrollo.

#### **b) Condición de operaciones**

El muestreo se realizó bajo las siguientes condiciones:

- ✓ Las pruebas se realizaron en las dos guardias en la Rpa. (-) 944W y la Rpa.

(+) 944w en un periodo de 5meses.

- ✓ Se trabajó en coordinación con los 6 operadores de las dos áreas realizando un control estricto de los aceros.
- ✓ Los equipos de perforación fueron los asignados paracada área con sus respectivos operadores de acuerdo a un traslape al guardia ingresante.

**c) Datos técnicos**

Las brocas de botones con rosca son hechas por barrasde acero de alta calidad y aleación de carburo de tungsteno.

*Tabla 8 Datos Técnicos.*

<b>DATOSTECNICOS</b>
Barra T 38- H35 de 14´
Acople T 38/ R38
Shank Cop 1838T38X 4 35 MM
Broca SR 35 BUTTON BIT 45 mm
Broca Rimadora de 102 mm
Afiladora de brocas
Copas de Afilado de 10
Copas de Afilado de 11

*Nota: Datos técnicos lo que se utiliza para el proyecto de investigación.*

***Control de Tiempo en el Ciclo de Perforación***

En la Tabla 9 se muestra los tiempos en el ciclo de perforación, mediante el proceso de recolección de datos in-situ se obtuvo en el campo para determinar el cálculo de la velocidad de perforación y cuánto tiempo se demora en realizar dicho proceso entodo el frente (Sapag, 2011).

*Tabla 9 Tiempo de Perforación.*

<b>PROCESO</b>	<b>TIEMPO</b>
TALADRO PERFORADO	3.07 min
SALIDA DE BARRENO	0.08 min
CAMBIO DE TALADRO	0.15 min
TIEMPO TOTAL DE PERFORACION	3.30 min/ tal

*Fuente: Elaboración propia.*

*Nota: control de tiempo de perforación por taladro.*

### **Cálculo de Eficiencia de Perforación**

$$Eff = \frac{\text{LONGITUD DE TALADRO}}{\text{LONGITUD DE BARRENO}}$$

$$Eff = 90\%$$

#### **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados**

##### **4.2.1. Optimización de los Aceros de Perforación en la Unidad Minera**

**Atacocha S.A. – Nexa Resources**

##### **Optimización de Aceros de Perforación**

###### **a) Afilado de brocas de botones**

Una broca desgastada disminuye la penetración y tiende a desviarse más el taladro. Por ello hay que afilar las brocas. Hay que realizar una medida con el vernier y obtener como mínimo 42 mm de diámetro para el afilado caso contrario se afilarán. A continuación, se muestra la *Figura* y *Figura 21* el procedimiento de cómo se realiza la medición de la broca.



*Figura 21 Medición de broca a afilar.*

*Nota: La figura muestra la medición de broca a afilar.*



*Figura 22 Medición de broca a afilar.*

*Nota:* Figura que muestra la medición de broca a afilar.

Antes de instalar la broca purgar las líneas de agua y aire. Instalar las líneas de agua y aire ajustando adecuadamente las campanas para evitar las fugas. Verificar las presiones de agua, aire (6 a 8 bares) y lubricación adecuada durante el funcionamiento.

Verificar la estabilidad del banco, instalar la broca en la porta broca, ajustar en la rosca hasta que este seguro y firme, afilar en forma circular hasta que el inserto recupere su forma original. A continuación, se muestra la *Figura 222* la comparación de rendimiento de broca afilando.

#### 4.2.2. Rendimientos de brocas afilados

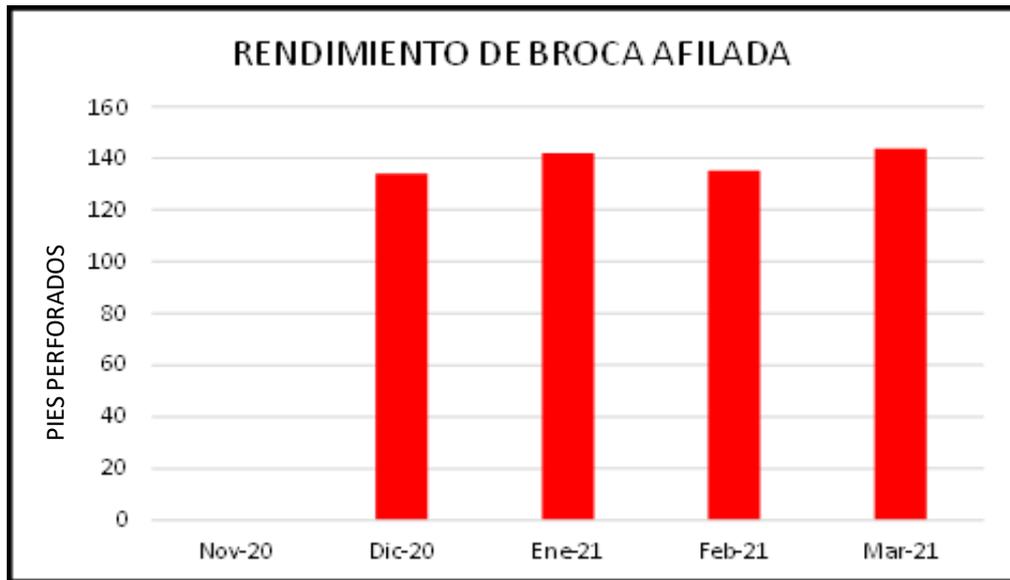


Figura 23 Rendimiento de broca afilada del proyecto de la Rpa. ( $\pm$ )944W.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de broca afilada del proyecto de Rpa.( $\pm$ )944W.

##### a) Reducción de número de taladros

El buen cálculo de número de taladros es muy importante para la reducción de costos en aceros de perforación, en el mes de noviembre amplían su proyecto de la Rpa. ( $\pm$ ) 944 W, para poder comunicar el Nv. 3300hacia el Nv. 3080, lasmallas de perforación eran estándar de Nexa por tipo deroca evaluando en la Rampa con números de taladros yaestablecidos para unaroca tipo III se realizaba 51 taladros (voladura controlada) y para una roca tipo IV 48talardos. Posterior a eso diseñamos otra malla de perforación para una roca tipo IV reduciendo el número de taladros de alivio (taladros de recorte) en la corona por la implementación de explosivos de emulex 65% a emulex 45%. A continuación, se muestra la Tabla 10 y laTabla 11.

Tabla 10 Número de taladros antes del proyecto.

TIPO DE ROCA	N° TOTAL DE TALADROS
III	51
IV	48

Tabla 11 Número de taladros durante la ejecución del proyecto.

TIPO DE ROCA	N° TOTAL DETALADROS
III	51
IV	48

**b) Capacitación y entrenamiento al personal**

Se realizó la capacitación y reentrenamiento al personal tanto en la salade capacitación y en interior mina (in-situ) sea operadores, ayudantes, supervisión y en general a todo el personal. En afilado de brocas y disminución de numero de taladros en frentes de avance de acuerdo a la evaluación del área de geomecánica y la asistencia técnica de EXSA. A continuación, se muestra la lista de capacitación. Ver *Figura 24*.



*Figura 24 Capacitación del personal.*

*Nota: Figura que muestra la capacitación al personal*

#### **4.2.3. Factores de Rendimiento de Aceros de Perforación**

##### **Análisis de la Vida Útil de los Aceros de Perforación**

###### **a) Análisis de vida útil de brocas**

Garantizar una eficiencia optima en la perforación radica en elegir adecuadamente el acero cuya calidad se refleje en su rendimiento, por ello es importante realizar una correcta elección de este, desde el inicio de su adquisición sujeta a las pruebas de campo y su rendimiento neto en metros o pies perforados.

Hemos apostado por una broca SR35 BUTTON BIT 45mm un material un 15 % más duro y con un 10 % más de resistencia a la fatiga y una vida útil de 1300 pies.

Luego de obtener la broca epiroc que garantice una perforación optima, es importante tener en cuenta el monitoreo de uso adecuado de las brocas, teniendo en cuenta cualquier desgaste para darle el auxilio necesario si es para afilarlo o su cambio respectivo de acuerdo al desgaste que presente.

###### **b) Análisis de vida útil de barras**

Hemos optado por una Barra T38-H35-SR35x14' que están fabricados con una calidad de acero especificado y avanzado proceso de calentamiento que genera un equilibrio entre la resistencia a la abrasión y flexibilidad y una vida útil de 6500 pies.

###### **c) Análisis de vida útil de shank**

En la Empresa Especializada IESA S.A trabajamos con Shank cop 1838t38x4 35 mm que están fabricados con el acero de alta calidad que tienen un avanzado tratamiento que es exclusivo (cromado y fosfatado) y tiene una vida útil de 10500 pies.

#### **4.2.4. Rendimientos de Brocas de Perforación**

**Rendimiento del Mes de Noviembre**

En el mes de noviembre se perforo 30 días ambas rampas negativo (Rpa. (-) 944W )y positivo (Rpa. (+) 944W) de turno día y noche realizando 120 disparos, el rendimiento promedio mensual antes del proyecto era de 1422.57 pies / broca en la Rpa. (-) 944W y en la Rpa. (+) 944 W era de 1420.71pies/ broca, esto se debía a la falta de afilado de brocas. A continuación, se muestran la Tabla 12 y la *Figura 25* y *Figura 26* con el rendimiento de las brocas para ambas rampas.

*Tabla 12* Rendimiento de broca del mes de noviembre.

<b>RENDIMIENTO DE BROCA (NOVIEMBRE) Rpa. (±) 944 W</b>					
<b>N° BROCAS</b>	<b>PIES PERFOR ADOS EPIROC</b>	<b>PIES PERFORADO S (IN-SITU)</b>	<b>METROS PERFORAD OS (IN- SITU)</b>	<b>PIES PERFORAD OS (IN- SITU)</b>	<b>METROS PERFOR ADOS (IN- SITU)</b>
1	1300	1417	431.9016	1417	431.9016
2	1300	1326	404.1648	1326	404.1648
3	1300	1417	431.9016	1417	431.9016
4	1300	1391	423.9768	1391	423.9768
5	1300	1404	427.9392	1404	427.9392
6	1300	1261	384.3528	1261	384.3528
7	1300	1391	423.9768	1391	423.9768
8	1300	1456	443.7888	1456	443.7888
9	1300	1261	384.3528	1261	384.3528

10	1300	1404	427.9392	1404	427.9392
11	1300	1521	463.6008	1521	463.6008
12	1300	1404	427.9392	1404	427.9392
13	1300	1391	423.9768	1391	423.9768
14	1300	1378	420.0144	1378	420.0144
15	1300	1391	423.9768	1391	423.9768
16	1300	1352	412.0896	1352	412.0896
17	1300	1404	427.9392	1404	427.9392
18	1300	1625	495.3	1625	495.3
19	1300	1456	443.7888	1456	443.7888
20	1300	1469	447.7512	1469	447.7512
21	1300	1365	416.052	1365	416.052
22	1300	1339	408.1272	1339	408.1272
23	1300	1417	431.9016	1417	431.9016
24	1300	1430	435.864	1430	435.864
25	1300	1521	463.6008	1521	463.6008
26	1300	1495	455.676	1495	455.676
27	1300	1495	455.676	1495	455.676
28	1300	1521	463.6008	1521	463.6008

---

<b>TOTAL</b>	<b>36400</b>	<b>39702</b>	<b>12101.1696</b>	<b>39702</b>	<b>12101.17</b>
--------------	--------------	--------------	-------------------	--------------	-----------------

---

<b>PROMEDIO</b>	<b>1300</b>	<b>1417.928571</b>	<b>432.184628</b>	<b>1417.928571</b>	<b>432.18463</b>
-----------------	-------------	--------------------	-------------------	--------------------	------------------

---

**6**

*Fuente: Área de costos IESA S.A*

*Nota: Tabla que muestra el rendimiento de broca en el de noviembre*

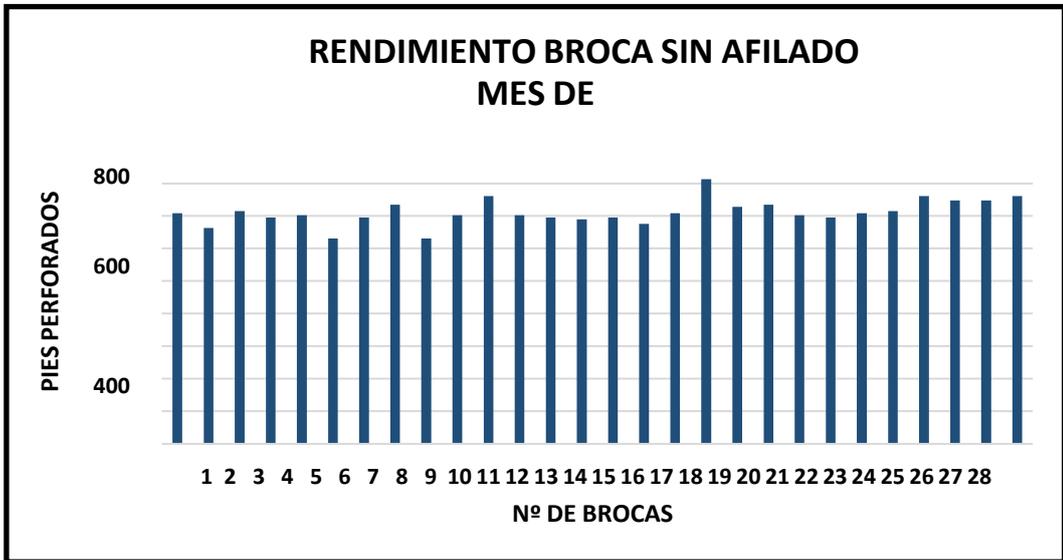


Figura 25 Rendimiento de broca Rpa. (-) 944W noviembre.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de broca Rpa. (-) 944W noviembre.

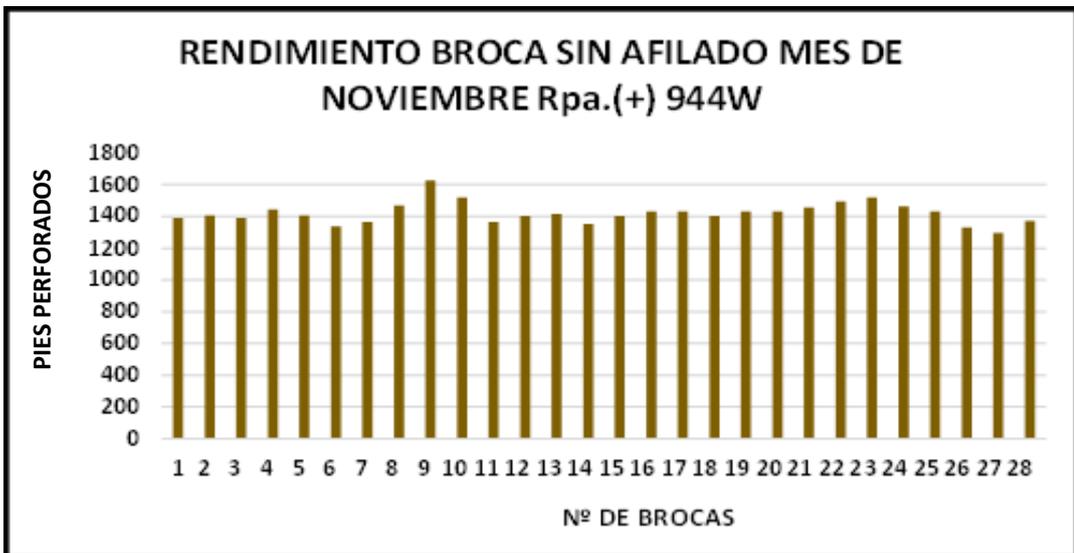


Figura 26 Rendimiento de broca Rpa. (+) 944W noviembre.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de broca Rpa. (+) 944W noviembre.

### Rendimiento del Mes de Diciembre

En el mes de diciembre se realizó 120 disparos ambas rampas de turno día y noche con 71864 pies en total, el rendimiento promedio mensual durante el proyecto era de 1562.26 pies / broca en la Rpa. (±) 944W, esto se debía a la

implementación de un afilado de brocas y en buen control realizado por el supervisor a cargo. A continuación, se muestran la Tabla 13, Tabla 14 y *Figura 27*, *Figura 28* y *Figura 29*, para la rampa positiva y *Figura 23*, *Figura 24* y *Figura 25*, para la rampa negativa.

*Tabla 13* Rendimiento de broca del mes de diciembre.

<b>RENDIMIENTO DE BOCA DEL MES DE DICIEMBRE Rpa. (- 944W)</b>					
<b>Nº BROCA S</b>	<b>PIES PERFORADO SEPIROC</b>	<b>PIES PERFORADO S</b>	<b>PIES PERFORADO SAFILADOS</b>	<b>PIES PERFORADO SPOR BROCA</b>	<b>METROS PERFORADO SPOR BROCA</b>
1	1300	1352	130	1482	451.7136
2	1300	1378	117	1495	455.676
3	1300	1391	143	1534	467.5632
4	1300	1365	143	1508	459.6384
5	1300	1287	130	1417	431.9016
6	1300	1404	130	1534	467.5632
7	1300	1508	0	1508	459.6384
8	1300	1391	156	1547	471.5256
9	1300	1313	130	1443	439.8264
10	1300	1287	143	1430	435.864
11	1300	1326	130	1456	443.7888
12	1300	1339	117	1456	443.7888
13	1300	1456	0	1456	443.7888
14	1300	1391	130	1521	463.6008
15	1300	1326	130	1456	443.7888
16	1300	1391	117	1508	459.6384
17	1300	1313	156	1469	447.7512
18	1300	1314	182	1496	455.9808
19	1300	1482	0	1482	451.7136
20	1300	1456	130	1586	483.4128
21	1300	1534	143	1677	511.1496
22	1300	1500	0	1500	457.2
23	1300	1528	156	1684	513.2832
24	1300	1430	130	1560	475.488
<b>TOTAL</b>	<b>3120</b>	<b>33462</b>	<b>2743</b>	<b>36205</b>	<b>11035.284</b>
	<b>0</b>				
<b>PROMEDI</b>	<b>1300</b>	<b>1394.2</b>	<b>114.291666</b>	<b>1508.54166</b>	<b>459.8035</b>
<b>O</b>		<b>5</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	

*Fuente:* Área de costos IESA. S.A.

*Nota:* Tabla que muestra el rendimiento de broca en el de diciembre

Tabla 14 Rendimiento de broca Diciembre.

<b>RENDIMIENTO DE BOCA DEL MES DE DICIEMBRE Rpa. (+944W)</b>					
<b>N° BROCAS</b>	<b>PIES PERFORADO SEPIROC</b>	<b>PIES PERFORADO S</b>	<b>PIES PERFORADO SAFILADOS</b>	<b>PIES PERFORADO SPOR BROCA</b>	<b>METROS PERFORADO SPOR BROCA</b>
1	1300	1352	130	1482	451.7136
2	1300	1378	117	1495	455.676
3	1300	1443	143	1586	483.4128
4	1300	1365	143	1508	459.6384
5	1300	1339	130	1469	447.7512
6	1300	1404	130	1534	467.5632
7	1300	1508	0	1508	459.6384
8	1300	1391	156	1547	471.5256
9	1300	1313	130	1443	439.8264
10	1300	1287	143	1430	435.864
11	1300	1326	130	1456	443.7888
12	1300	1339	117	1456	443.7888
13	1300	1508	0	1508	459.6384
14	1300	1391	130	1521	463.6008
15	1300	1326	130	1456	443.7888
16	1300	1391	117	1508	459.6384
17	1300	1313	156	1469	447.7512
18	1300	1300	182	1482	451.7136
19	1300	1482	143	1625	495.3
20	1300	1447	0	1447	441.0456
21	1300	1390	0	1390	423.672
22	1300	1450	156	1606	489.5088
23	1300	1350	117	1467	447.1416
24	1300	1370	117	1487	453.2376
<b>TOTAL</b>	<b>31200</b>	<b>33163</b>	<b>2717</b>	<b>35880</b>	<b>10936.224</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>1300</b>	<b>1382.30434</b>	<b>113.043478</b>	<b>1495.34782</b>	<b>455.78201</b>
		<b>8</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>7</b>

Fuente: Área de costos IESA. S.A.

Nota: Tabla que muestra el rendimiento de broca en el de noviembre.

4.2.5. Rendimientos de broca de la rpa. (+) 944w

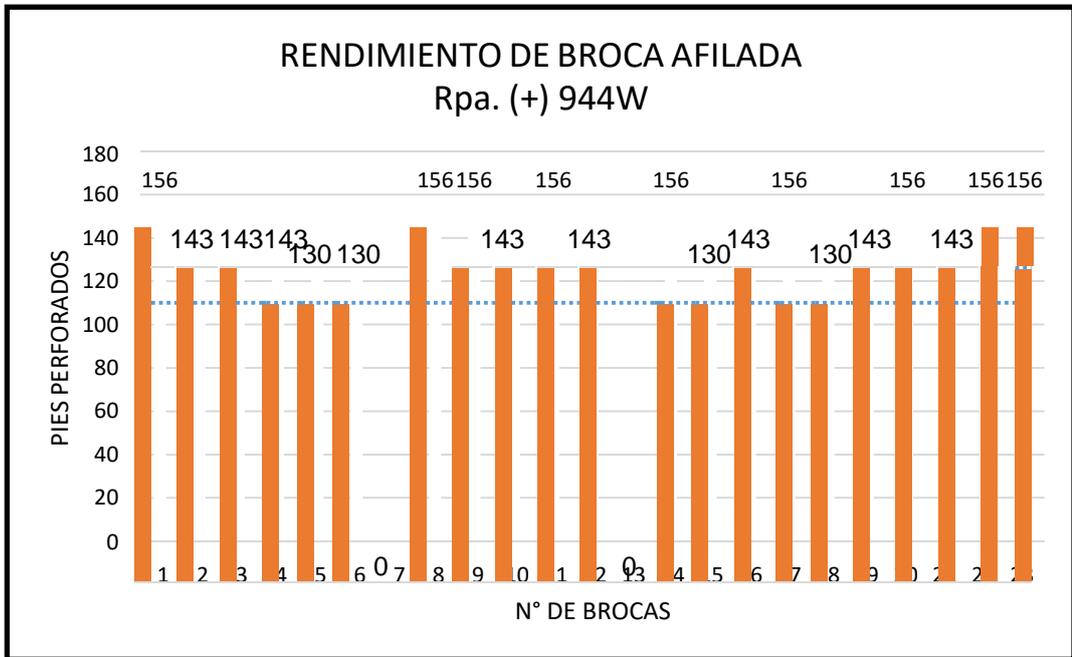


Figura 27 Rendimiento de broca afilado Rpa. (+) 944W.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de broca afilado Rpa. (+) 944W.

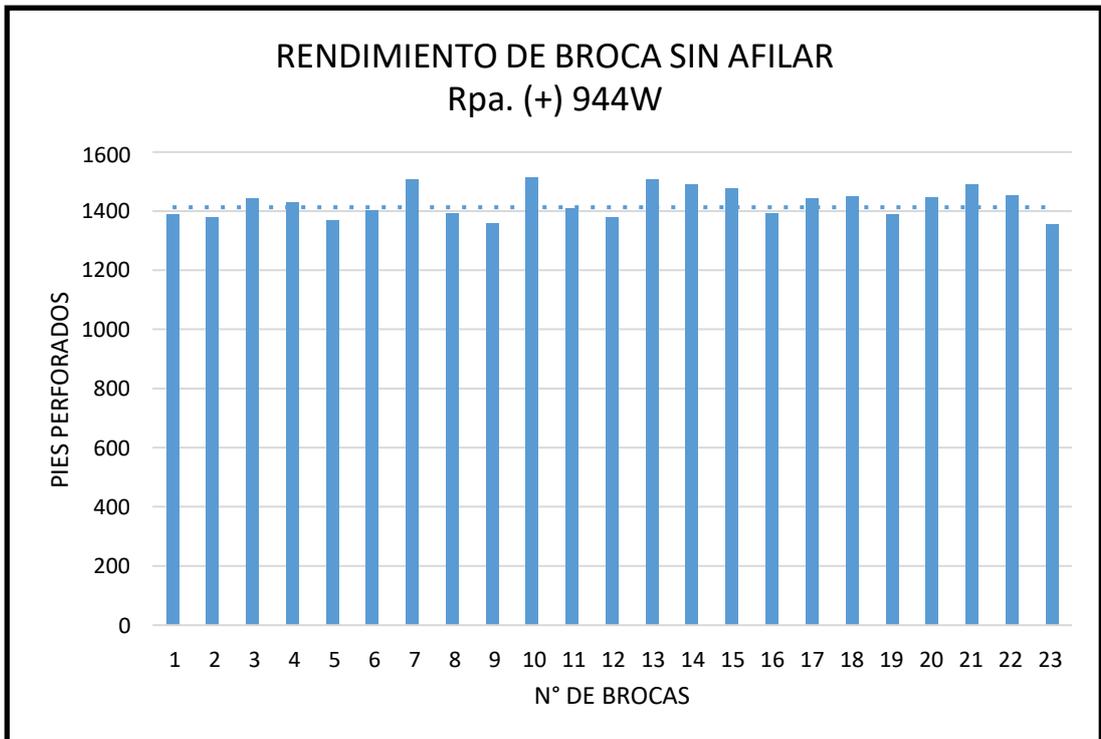


Figura 28 Rendimiento de broca sin afilar Rpa. (+) 944W.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de broca sin afilar Rpa. (+) 944W

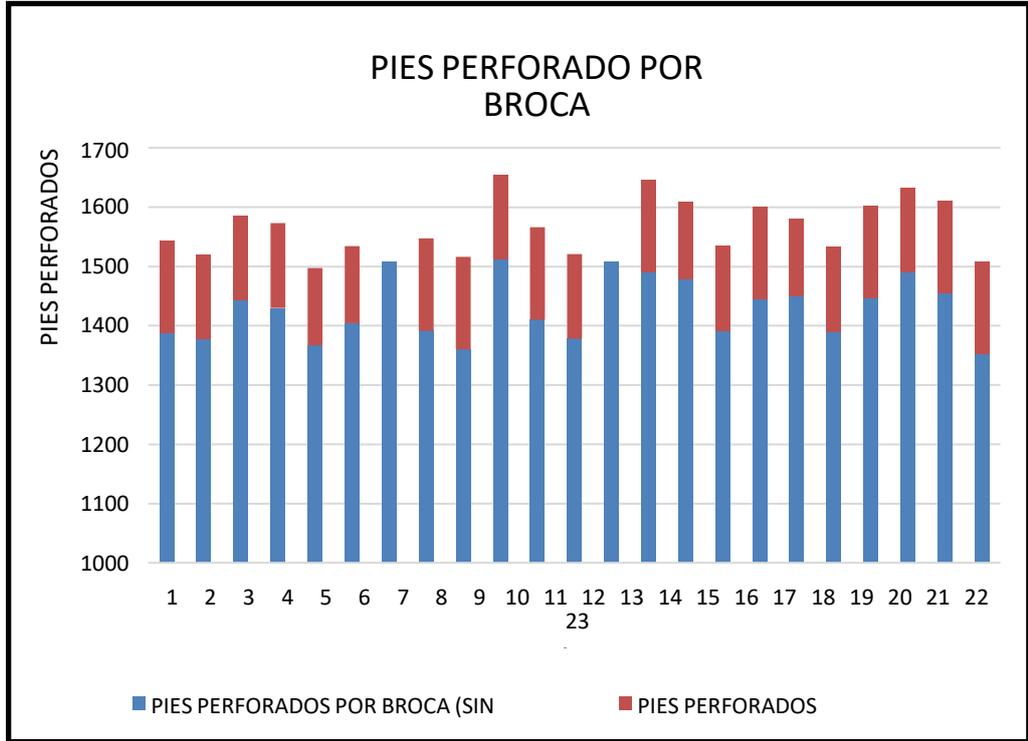


Figura 29 Pies perforados por broca Rpa. (+) 944W.

Nota: Figura que muestra los pies perforados por broca Rpa. (+) 944W.

4.2.6. Rendimientos de broca de la Rpa. (-) 944w

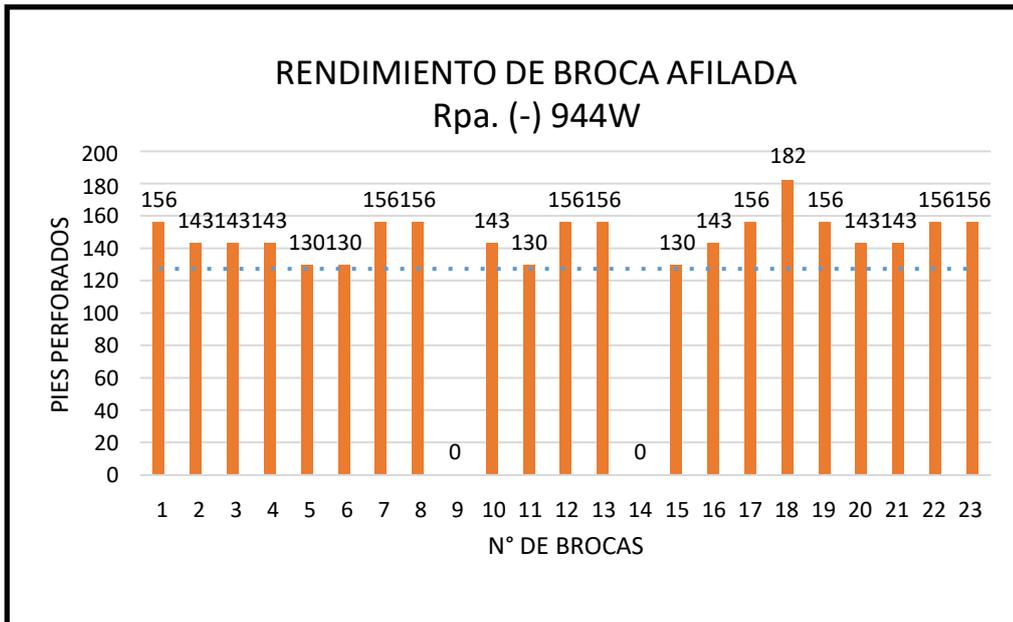


Figura 30 Rendimiento de la broca afilada Rpa. (-) 944W.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de broca afilada Rpa. (-) 944W

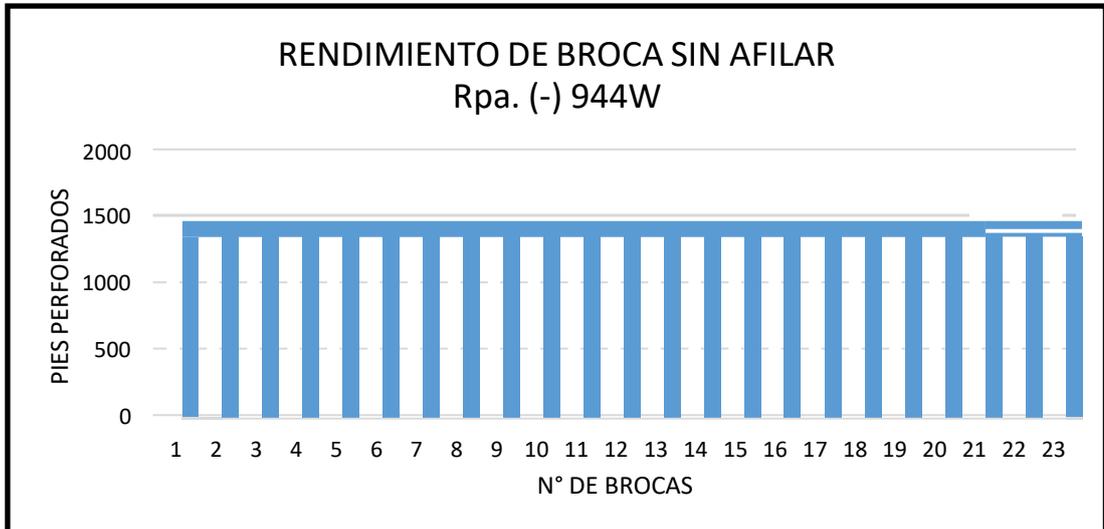


Figura 31 Rendimiento de broca sin afilar Rpa. (-) 944W.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de broca sin afilar Rpa. (-) 944W.

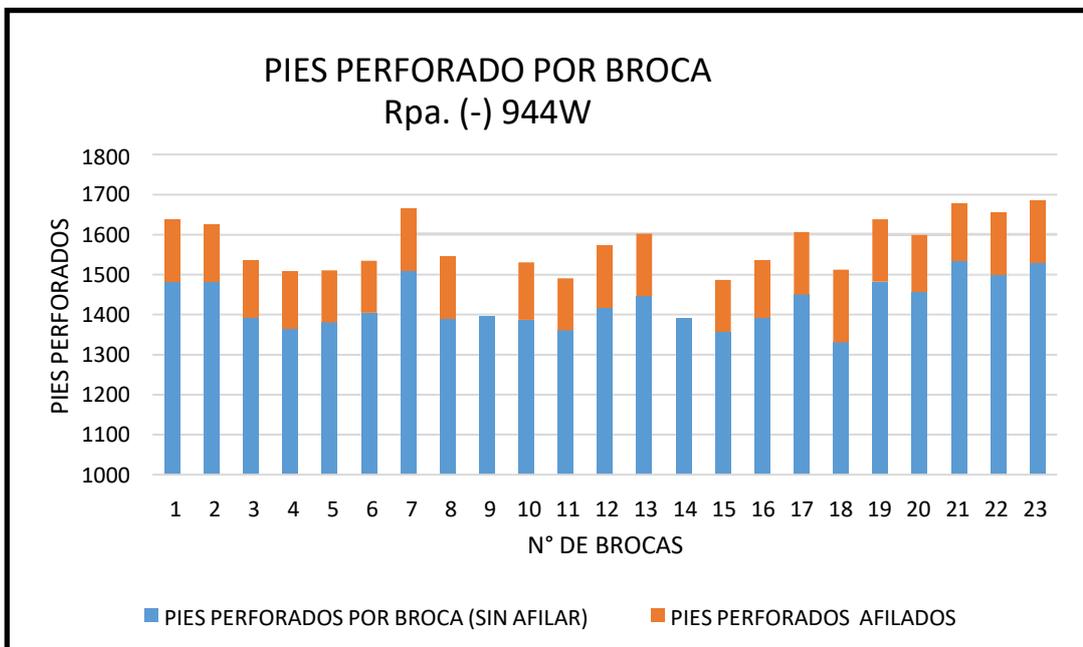


Figura 32 Pies perforados por broca Rpa. (-) 944W diciembre.

Nota: Figura que muestra los pies perforados por broca Rpa. (-) 944W diciembre

### ***Rendimiento del Mes de Enero***

En el mes de enero se disparó los 31 días con un total de 124 disparos en la Rpa. ( $\pm$ ) 944W realizando 4 disparos diarios, el rendimiento promedio mensual es 1547 pies / broca y un total de 74256pies perforados en la Rpa. ( $\pm$ ) 944W, esto se debía a la implementación de un afilado de brocas y en buen control realizado por el supervisor a cargo. A continuación, se muestra la Tabla 15 y los gráficos de barra *Figura 33*, *Figura 326* y *Figura 35* para Rpa. (+) 944 W y *Figura 36*, *Figura 37* y *Figura 38* para Rpa. (-) 944 W

Tabla 15 Rendimiento de broca Enero.

RENDIMIENTO DE BROCA ENERO Rpa. (±)									
944W									
N° BROCAS	PIES PERFOR ADOS EPIROC	PIES PERFOR ADOS (SIN AFILAR)	PIES PERFOR ADOS AFILADOS	PIES PERFOR ADOS POR BROCA (AFILADO)	METROS PERFOR ADOS POR BROCA	PIES PERFOR ADOS (SIN AFILAR)	PIES PERFOR ADOS AFILADOS	PIES PERFOR ADOS POR BROCA (AFILADO)	METROS PERFORADO: POR BROCA
1	1300	1380	143	1523	464.2104	1426	143	1569	478.2312
2	1300	1360	130	1490	454.152	1430	156	1586	483.4128
3	1300	1391	143	1534	467.5632	1390	143	1533	467.2584
4	1300	1365	156	1521	463.6008	1404	156	1560	475.488
5	1300	1413	143	1556	474.2688	1397	156	1553	473.3544
6	1300	1424	156	1580	481.584	1392	156	1548	471.8304
7	1300	1360	143	1503	458.1144	1401	143	1544	470.6112
8	1300	1400	156	1556	474.2688	1399	156	1555	473.964
9	1300	1401	156	1557	474.5736	1395	156	1551	472.7448
10	1300	1387	143	1530	466.344	1398	143	1541	469.6968
11	1300	1396	143	1539	469.0872	1390	143	1533	467.2584
12	1300	1402	130	1532	466.9536	1396	143	1539	469.0872
13	1300	1410	143	1553	473.3544	1388	156	1544	470.6112
14	1300	1448	156	1604	488.8992	1398	143	1541	469.6968
15	1300	1389	157	1546	471.2208	1405	156	1561	475.7928
16	1300	1430	143	1573	479.4504	1413	143	1556	474.2688
17	1300	1398	143	1541	469.6968	1422	156	1578	480.9744
18	1300	1409	146	1555	473.964	1394	156	1550	472.44
19	1300	1490	0	1490	454.152	1388	156	1544	470.6112

20	1300	1460	143	1603	488.5944	1423	143	1566	477.3168
<b>RENDIMIENTO DE BROCA ENERO Rpa. (±)944W</b>									
<b>N° BROCAS</b>	<b>PIES PERFOR ADOS EPIROC</b>	<b>PIES PERFOR ADOS (SIN AFILAR)</b>	<b>PIES PERFOR ADOS AFILADOS</b>	<b>PIES PERFOR ADOS POR BROCA (AFILAD O)</b>	<b>METROS PERFOR ADOS POR BROCA</b>	<b>PIES PERFOR ADOS (SIN AFILAR)</b>	<b>PIES PERFOR ADOS AFILADOS</b>	<b>PIES PERFOR ADOS POR BROCA (AFILAD O)</b>	<b>METROS PERFOR ADOS POR BROCA</b>
21	1300	1410	143	1553	473.3544	1420	156	1576	480.3648
22	1300	1455	156	1611	491.0328	1396	156	1552	473.0496
23	1300	1395	130	1525	464.82	1390	0	1390	423.672
24	1300	1410	143	1553	473.3544	1402	156	1558	474.8784
<b>TOTAL</b>	<b>31200</b>	<b>33783</b>	<b>3345</b>	<b>37128</b>	<b>11316.614</b>	<b>33657</b>	<b>3471</b>	<b>37128</b>	<b>11316.614</b>
<b>PROME DIO</b>	<b>1300</b>	<b>1407.625</b>	<b>139.375</b>	<b>1547</b>	<b>471.5256</b>	<b>1402.375</b>	<b>144.625</b>	<b>1547</b>	<b>471.5256</b>

Fuente: Área de costos IESA. S.A.

Nota: Tabla que muestra el rendimiento de broca en el de enero

#### 4.2.7. Rendimientos de broca de la Rpa. (+) 944w

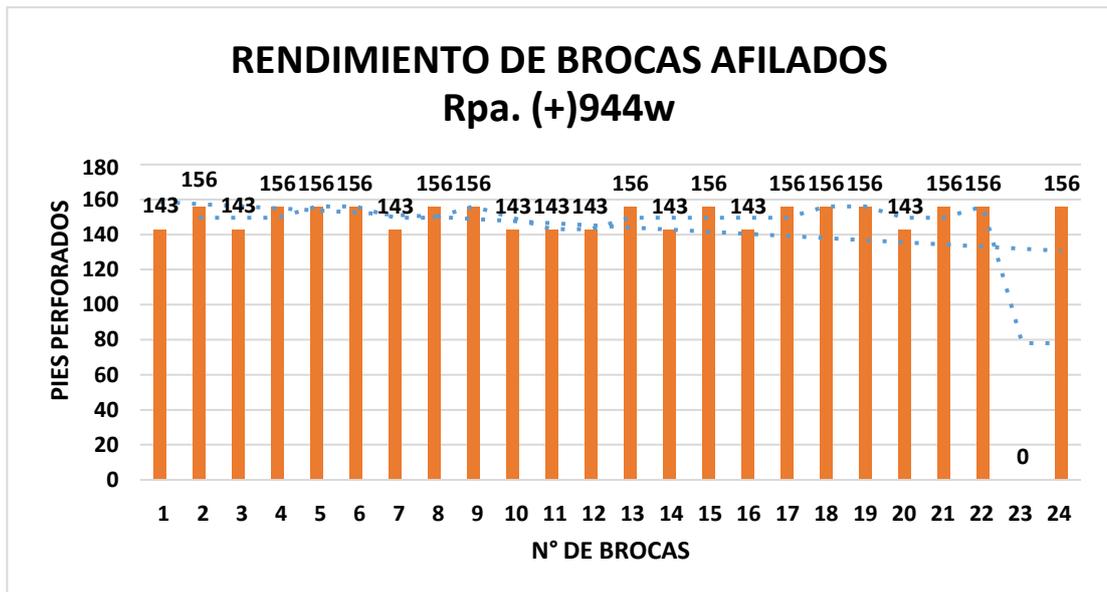


Figura 33 Rendimiento de broca afilada Rpa. (+) 944W.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de broca afilada Rpa. (+) 944W.

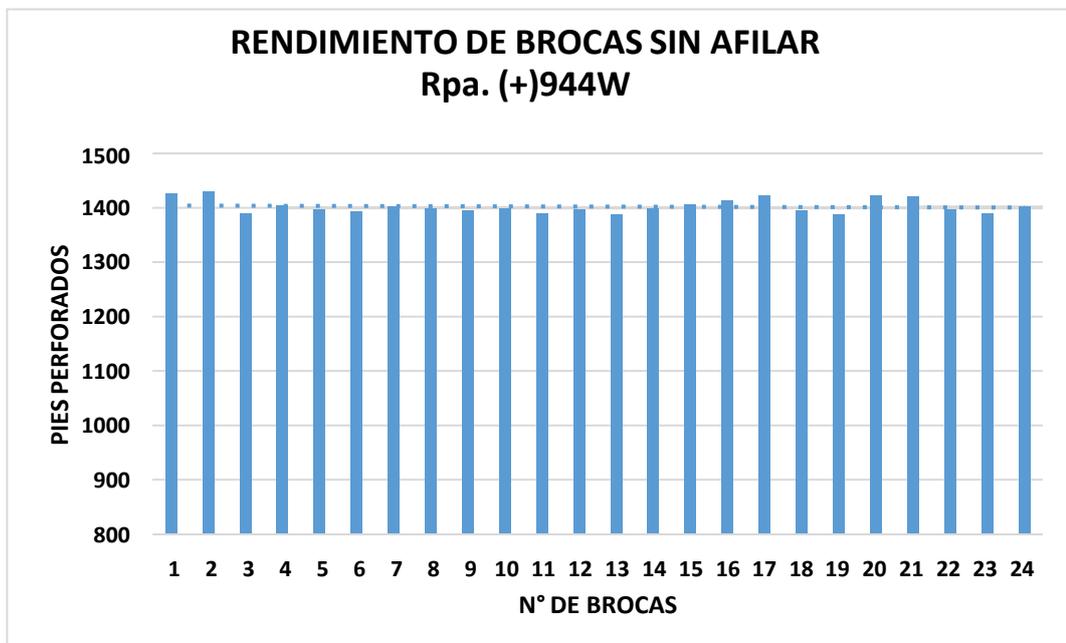


Figura 34 Rendimiento de broca sin afilar Rpa. (+) 944W.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de broca sin afilar Rpa. (+) 944W.

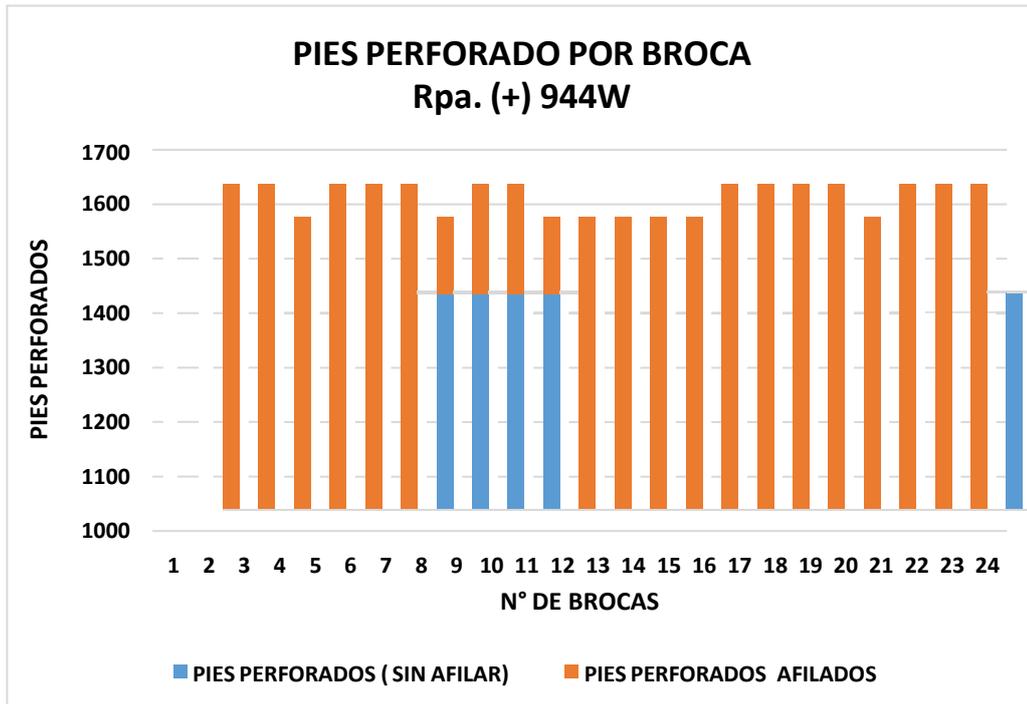


Figura 35 Pies perforados por broca Rpa. (+) 944W.

Nota: Figura que muestra los pies perforados por broca Rpa. (+) 944W.

#### 4.2.8. Rendimientos de broca de la Rpa. (-) 944W

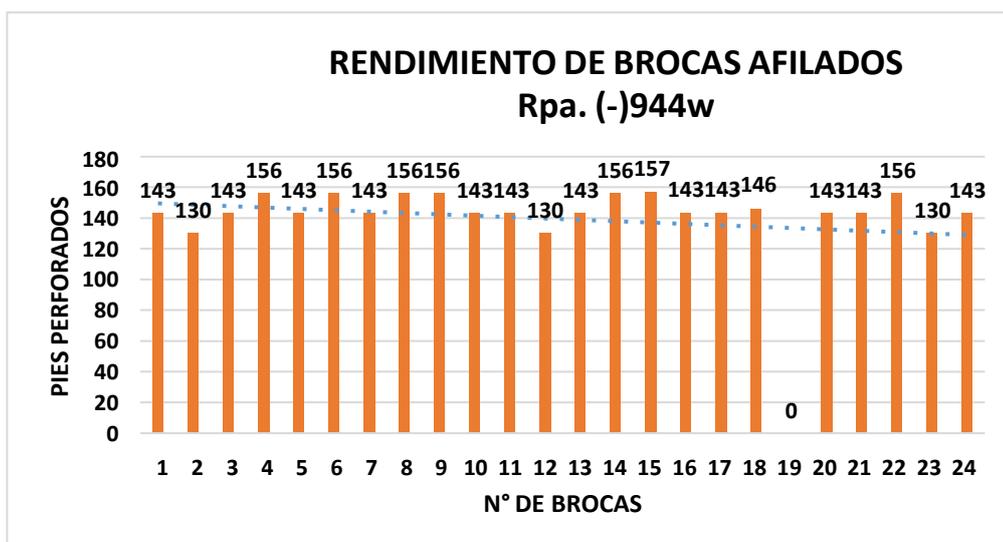


Figura 36 Rendimiento de broca afilado Rpa. (-) 944W.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de broca afilado Rpa. (-) 944W

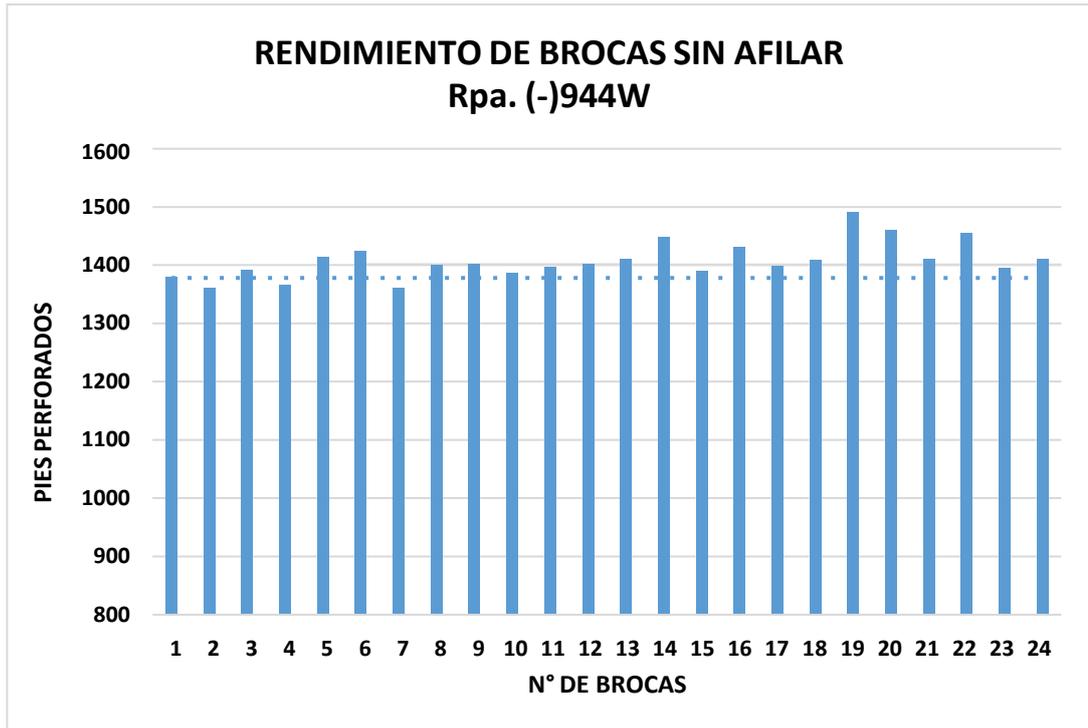


Figura 37 Rendimiento de broca sin afilar Rpa. (-) 944W.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de broca sin afilar Rpa. (-) 944W.

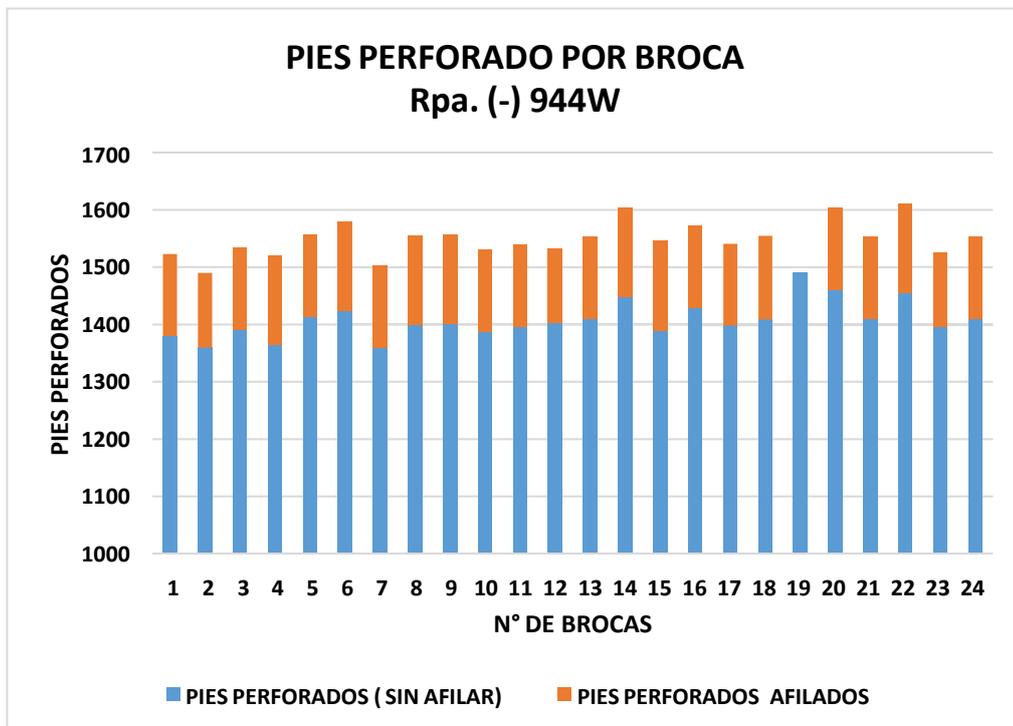


Figura 38 Pies perforados por broca Rpa. (-) 944W.

Nota: Figura que muestra los pies perforados por broca Rpa. (-) 944W.

### ***Rendimiento del mes de febrero***

En el mes de febrero se disparó los 28 días con un total de 112 disparos en la Rpa. ( $\pm$ ) 944W realizando 4 disparos diarios, el rendimiento promedio mensual es 1524.5454 pies / broca en la Rpa. ( $\pm$ )944W, esto se debió a la implementación de un afilado de brocas y en buen control realizado por el supervisor a cargo. A continuación, se muestra la Tabla 16 y los gráficos de barra en *Figura 39, Figura 27 y Figura 28* para Rpa. (+) 944W y *Figura 29, Figura 43 y Figura 44* para Rpa. (-) 944 W.

Tabla 16 Rendimiento de broca Febrero.

<b>RENDIMIENTO DE BROCA FEBRERO Rpa.</b>									
<b>(±)944W</b>									
<b>N° BROCAS</b>	<b>PIES PERFOR ADOS EPIROC</b>	<b>PIES PERFOR ADOS POR BROCA ( SIN AFILAR )</b>	<b>PIES PERFOR ADOS AFILADOS</b>	<b>PIES PERFOR ADOS POR BROCA (AFILADO)</b>	<b>METROS PERFOR ADOS POR BROCA</b>	<b>PIES PERFOR ADOS POR BROCA ( SIN AFILAR )</b>	<b>PIES PERFOR ADOS AFILADOS</b>	<b>PIES PERFOR ADOS POR BROCA ( AFILADO)</b>	<b>METROS PERFOR ADOS POR BROCA</b>
1	1300	1345	143	1488	453.5424	1378	156	1534	467.5632
2	1300	1380	143	1523	464.2104	1352	143	1495	455.676
3	1300	1356	143	1499	456.8952	1360	130	1490	454.152
4	1300	1390	156	1546	471.2208	1362	143	1505	458.724
5	1300	1410	130	1540	469.392	1369	156	1525	464.82
6	1300	1370	143	1513	461.1624	1380	143	1523	464.2104
7	1300	1360	143	1503	458.1144	1387	143	1530	466.344
8	1300	1391	146	1537	468.4776	1360	156	1516	462.0768
9	1300	1390	117	1507	459.3336	1404	156	1560	475.488
10	1300	1401	0	1401	427.0248	1438	117	1555	473.964
11	1300	1363	130	1493	455.0664	1380	117	1497	456.2856
12	1300	1412	143	1555	473.964	1343	130	1473	448.9704
13	1300	1332	156	1488	453.5424	1352	156	1508	459.6384
14	1300	1450	156	1606	489.5088	1368	130	1498	456.5904
15	1300	1430	143	1573	479.4504	1370	143	1513	461.1624
16	1300	1470	143	1613	491.6424	1383	156	1539	469.0872
17	1300	1360	117	1477	450.1896	1390	130	1520	463.296
18	1300	1352	156	1508	459.6384	1360	117	1477	450.1896
19	1300	1460	156	1616	492.5568	1410	143	1553	473.3544

**RENDIMIENTO DE BROCA FEBRERO Rpa.  
(±)944W**

N° BROCAS	PIES PERFOR ADOS EPIROC	PIES PERFOR ADOS POR BROCA ( SIN AFILAR )	PIES PERFOR ADOS AFILADOS	PIES PERFOR ADOS POR BROCA (AFILADO)	METROS PERFOR ADOS POR BROCA	PIES PERFOR ADOS POR BROCA ( SIN AFILAR )	PIES PERFOR ADOS AFILADOS	PIES PERFOR ADOS POR BROCA ( AFILADO)	METROS PERFOR ADOS POR BROCA
20	1300	1418	117	1535	467.868	1418	156	1574	479.7552
21	1300	1420	0	1420	432.816	1460	143	1603	488.5944
22	1300	1456	143	1599	487.3752	1396	156	1552	473.0496
<b>TOTAL</b>	<b>28600</b>	<b>30716</b>	<b>2824</b>	<b>33540</b>	<b>10222.992</b>	<b>30420</b>	<b>3120</b>	<b>33540</b>	<b>10222.992</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>1300</b>	<b>1396.181818</b>	<b>128.3636364</b>	<b>1524.5454545</b>	<b>464.6814545</b>	<b>1382.7273</b>	<b>141.81818</b>	<b>1524.5455</b>	<b>464.68145</b>

Fuente: Area de costos IESA. S.A.

Nota: Tabla que muestra el rendimiento de broca en el de febrero.

#### 4.2.9. Rendimientos de broca de la Rpa. (+) 944W

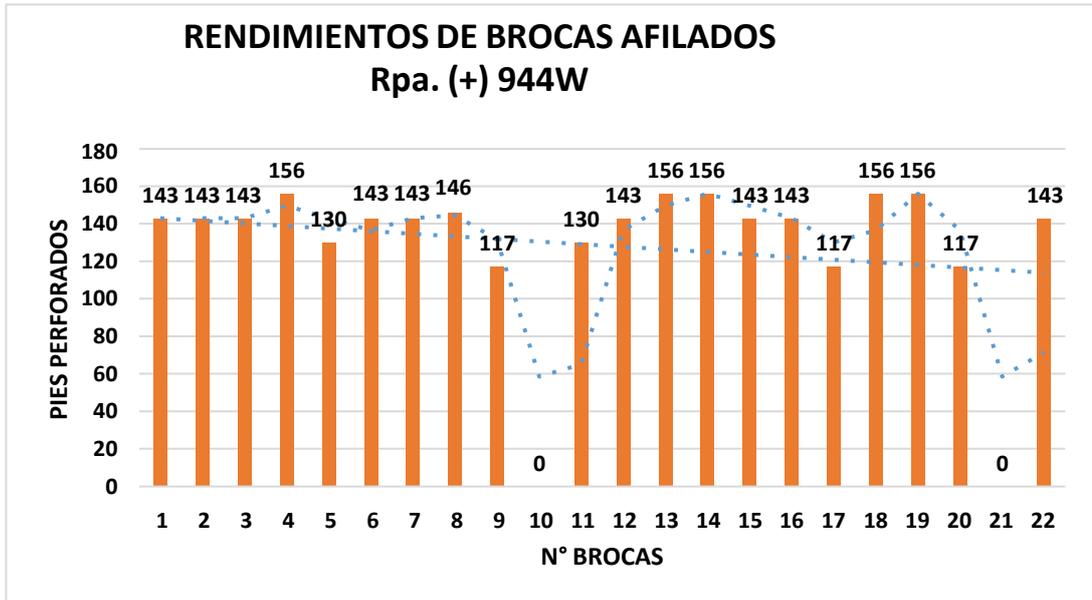


Figura 39 Rendimiento de broca afilado Rpa. (+) 944W.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de broca afilado Rpa. (+) 944W.

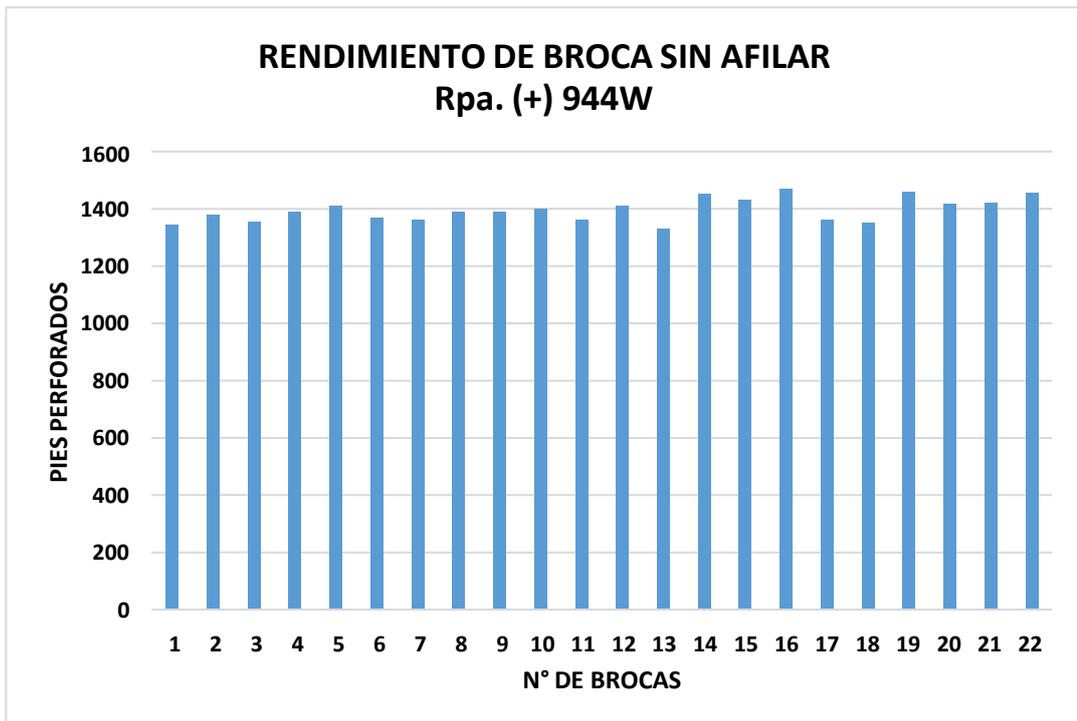


Figura 40 Rendimiento de broca sin afilar Rpa. (+) 944W.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de broca sin afilar Rpa. (+) 944W.

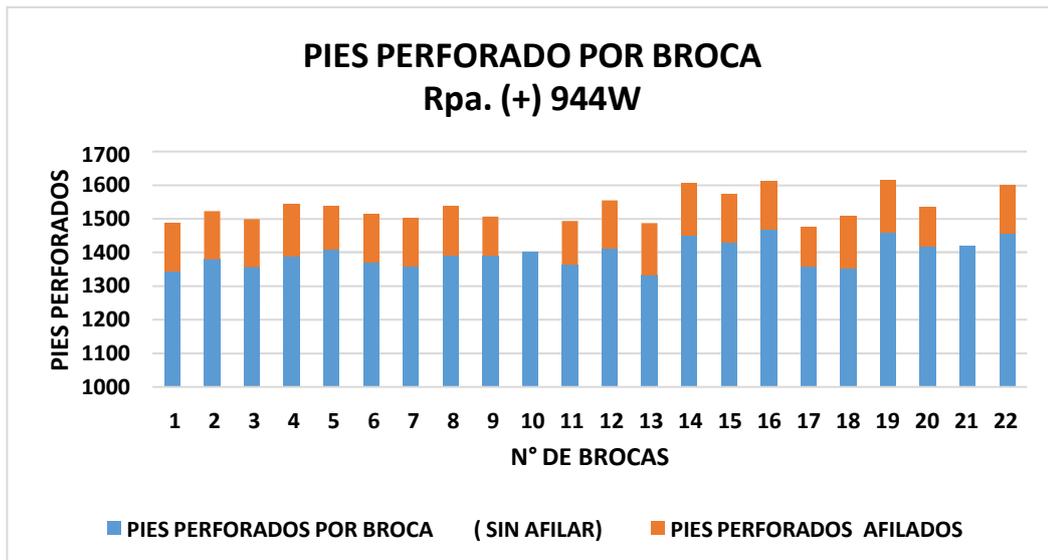


Figura 41 Pies perforados por broca Rpa. (+) 944W.

Nota: Figura que muestra los pies perforados por broca Rpa. (+) 944W.

#### 4.2.10. Rendimientos de broca de la Rpa. (-) 944W.

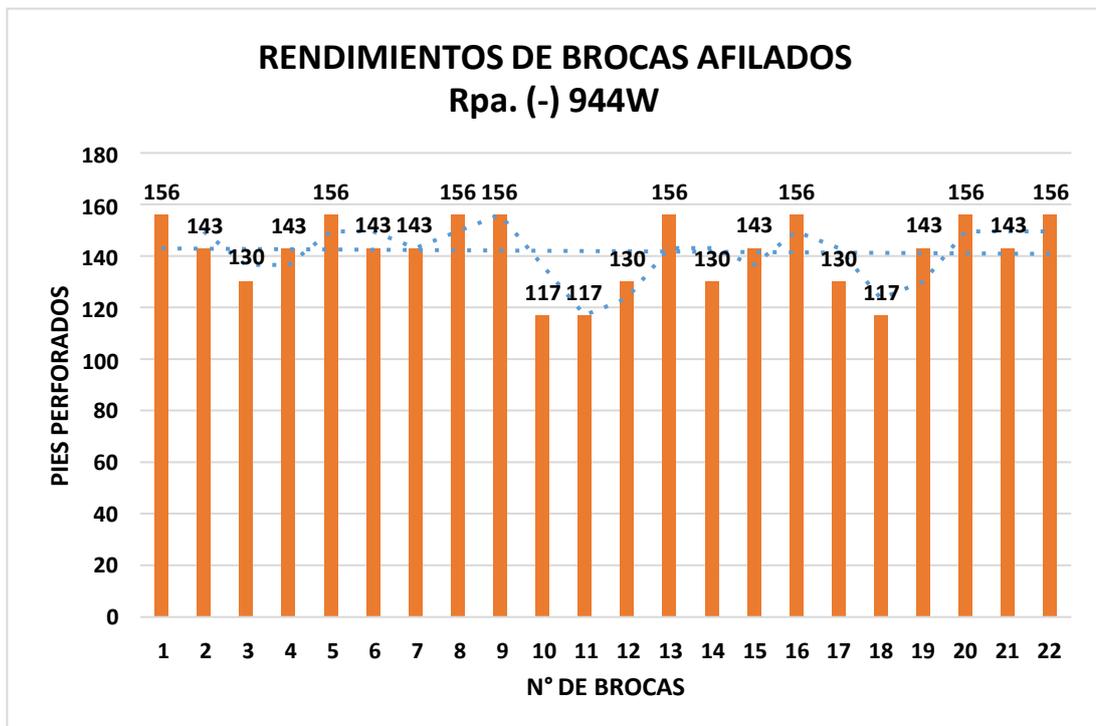


Figura 42 Rendimiento de broca afilada Rpa. (-) 944W.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de broca afilada Rpa. (-) 944W

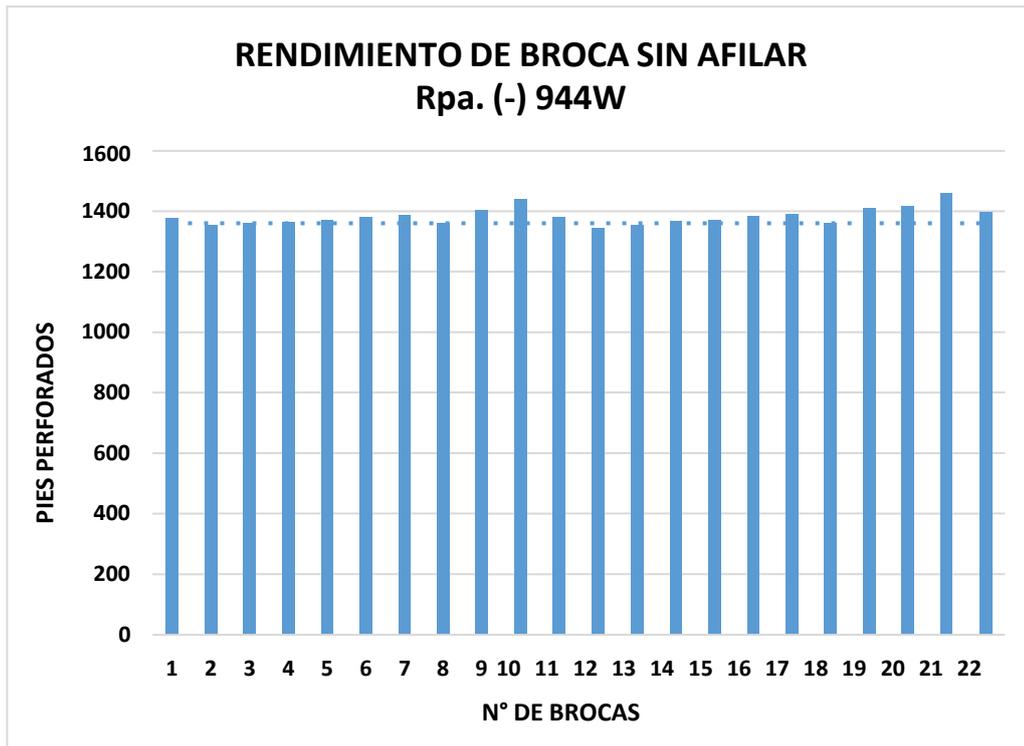


Figura 43 Rendimiento de broca sin afilar Rpa. (-) 944W.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de broca sin afilar Rpa. (-) 944W.

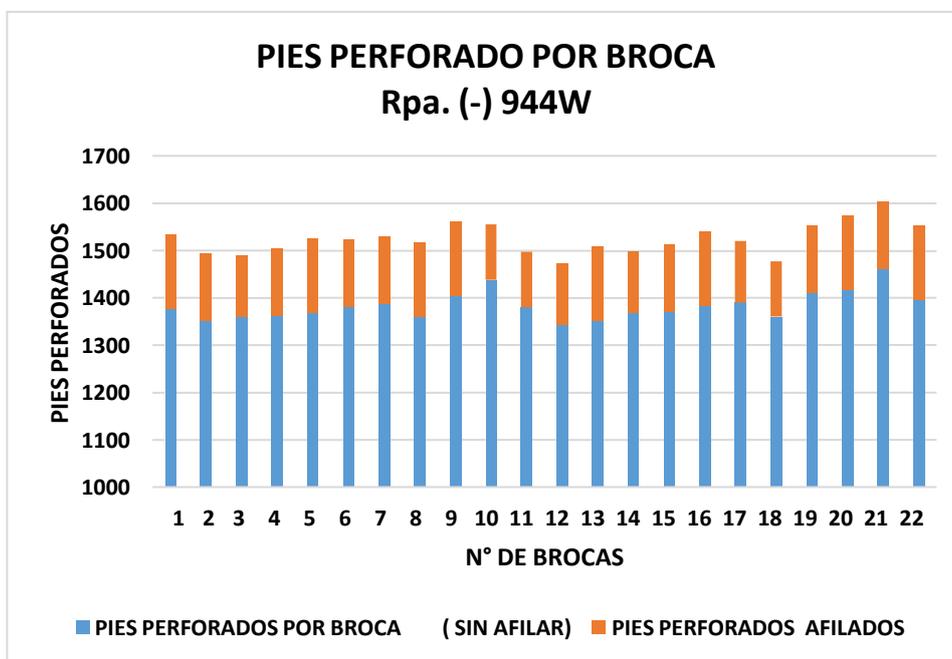


Figura 44 Pies perforados por broca Rpa. (-) 944W febrero.

Nota: Figura que muestra los pies perforados por broca Rpa. (-) 944W febrero.

### ***Rendimiento del mes de Marzo***

En el mes de marzo se disparó los 30 días con un total de 120 disparos en la Rpa. ( $\pm$ ) 944W realizando 4 disparos diarios, el rendimiento promedio mensual es 1562.26 pies / broca en la Rpa. ( $\pm$ ) 944 W, esto se debió a la implementación de un afilado de brocas y enbuen control realizado por el supervisor a cargo. A continuación, se muestra la Tabla 17 y los gráficos de barra representado en *Figura 430, Figura 46 y Figura 47* para la Rpa. (+) 944 W y *Figura 48, Figura 49 y Figura 31* para la Rpa. (-) 944 W

Tabla 17 Rendimiento de broca Marzo.

RENDIMIENTO DE BROCA MARZO Rpa. (±)944W									
N° BROCAS	PIES PERFOR ADOS EPIROC	PIES PERFOR ADOS POR BROCA (SIN AFILAR)	PIES PERFOR ADOS AFILADOS	PIES PERFOR ADOS POR BROCA (AFILADO)	METROS PERFOR ADOS POR BROCA	PIES PERFOR ADOS POR BROCA ( SIN AFILAR )	PIES PERFOR ADOS AFILADOS	PIES PERFOR ADOS POR BROCA ( AFILADO)	METROS PERFOR ADOS POR BROCA
1	1300	1340	143	1483	452.0184	1418	156	1574	479.7552
2	1300	1440	156	1596	486.4608	1380	143	1523	464.2104
3	1300	1420	143	1563	476.4024	1444	169	1613	491.6424
4	1300	1396	169	1565	477.012	1408	130	1538	468.7824
5	1300	1429	143	1572	479.1456	1460	156	1616	492.5568
6	1300	1435	143	1578	480.9744	1347	143	1490	454.152
7	1300	1460	169	1629	496.5192	1379	169	1548	471.8304
8	1300	1450	143	1593	485.5464	1410	156	1566	477.3168
9	1300	1412	130	1542	470.0016	1398	169	1567	477.6216
10	1300	1345	143	1488	453.5424	1365	143	1508	459.6384
11	1300	1365	156	1521	463.6008	1389	143	1532	466.9536
12	1300	1389	143	1532	466.9536	1445	156	1601	487.9848
13	1300	1470	169	1639	499.5672	1420	169	1589	484.3272
14	1300	1434	156	1590	484.632	1455	143	1598	487.0704
15	1300	1424	156	1580	481.584	1422	143	1565	477.012
16	1300	1460	169	1629	496.5192	1400	169	1569	478.2312
17	1300	1444	169	1613	491.6424	1398	130	1528	465.734
18	1300	1450	156	1606	489.5088	1480	0	1480	451.104
19	1300	1402	0	1402	427.3296	1460	143	1603	488.594

**RENDIMIENTO DE BROCA MARZO Rpa.  
(±)944W**

N° BROCAS	PIES PERFOR ADOS EPIROC	PIES PERFOR ADOS POR BROCA (SIN AFILAR)	PIES PERFOR ADOS AFILADOS	PIES PERFOR ADOS POR BROCA (AFILADO)	METROS PERFOR ADOS POR BROCA	PIES PERFOR ADOS POR BROCA ( SIN AFILAR )	PIES PERFOR ADOS AFILADOS	PIES PERFOR ADOS POR BROCA ( AFILADO)	METROS PERFOR ADOS POR BROCA
20	1300	1420	143	1563	476.4024	1388	156	1544	470.6112
21	1300	1433	156	1589	484.3272	1420	156	1576	480.3648
22	1300	1480	0	1480	451.104	1436	169	1605	489.204
23	1300	1410	169	1579	481.2792	1430	169	1599	487.3752
<b>TOTAL</b>	<b>29900</b>	<b>32708</b>	<b>3224</b>	<b>35932</b>	<b>10952.073</b> 6	<b>32552</b>	<b>3380</b>	<b>35932</b>	<b>10952.07</b> 4
<b>PROME DIO</b>	<b>1300</b>	<b>1422.0869</b> 5 7	<b>140.17391</b> 3	<b>1562.2608</b> 7	<b>476.17711</b> 3	<b>1415.3043</b> 4 8	<b>146.9565</b> 2	<b>1562.2609</b>	<b>476.1771</b> 1

Fuente: Area de costos IESA. S.A.

Nota: Tabla que muestra el rendimiento de broca en el de marzo.

4.2.11. Rendimientos de broca de la Rpa. (+) 944W.

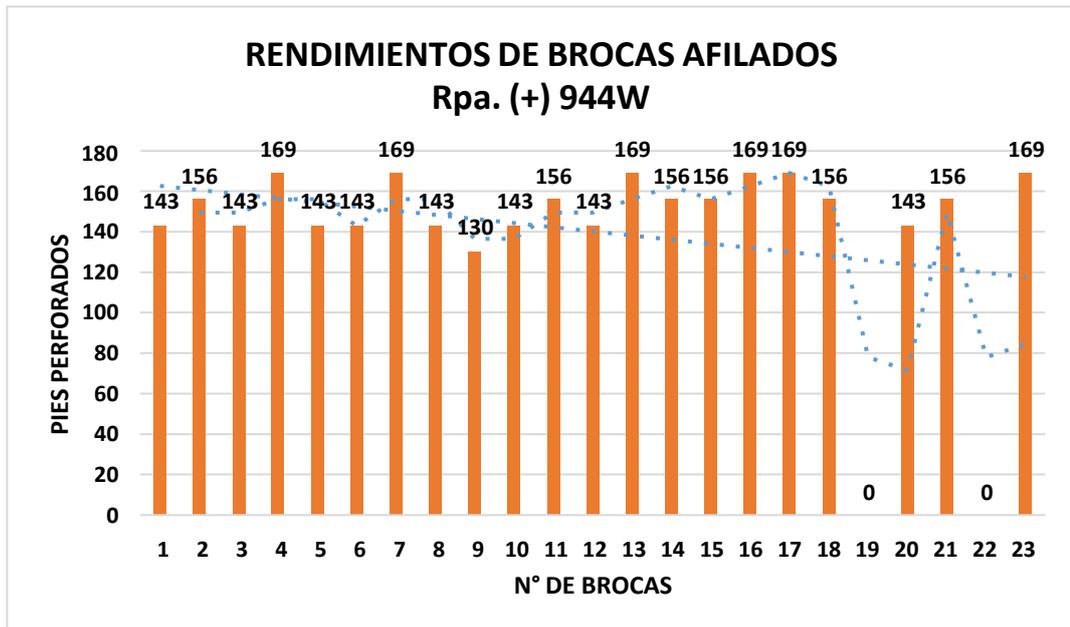


Figura 45 Rendimiento de broca afilada Rpa. (+) 944W.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de broca afilada Rpa. (+) 944W.

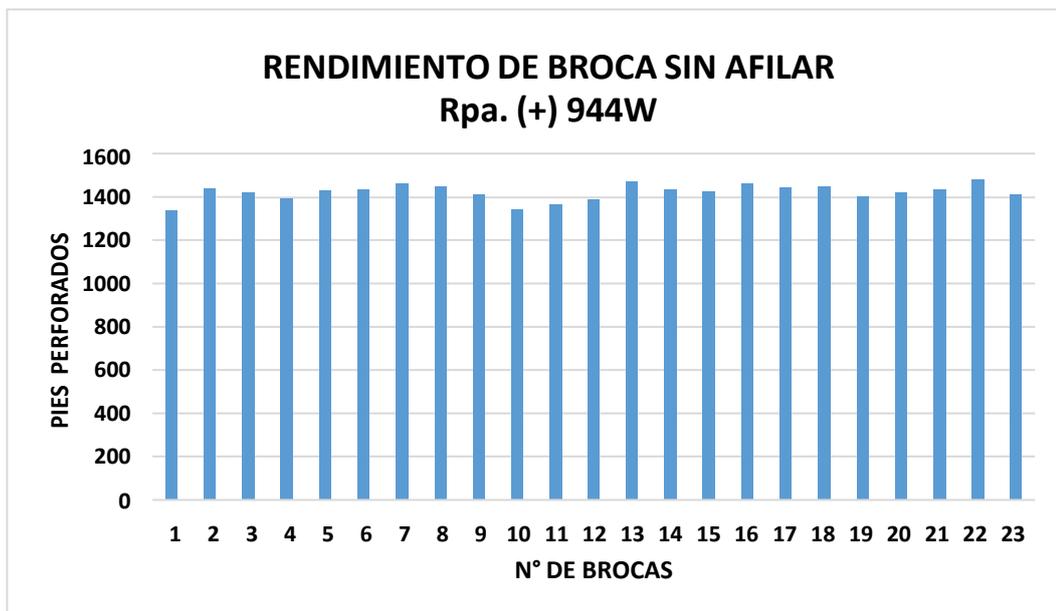


Figura 46 Rendimiento de broca sin afilar Rpa. (+) 944W.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de broca sin afilar Rpa. (+) 944W.

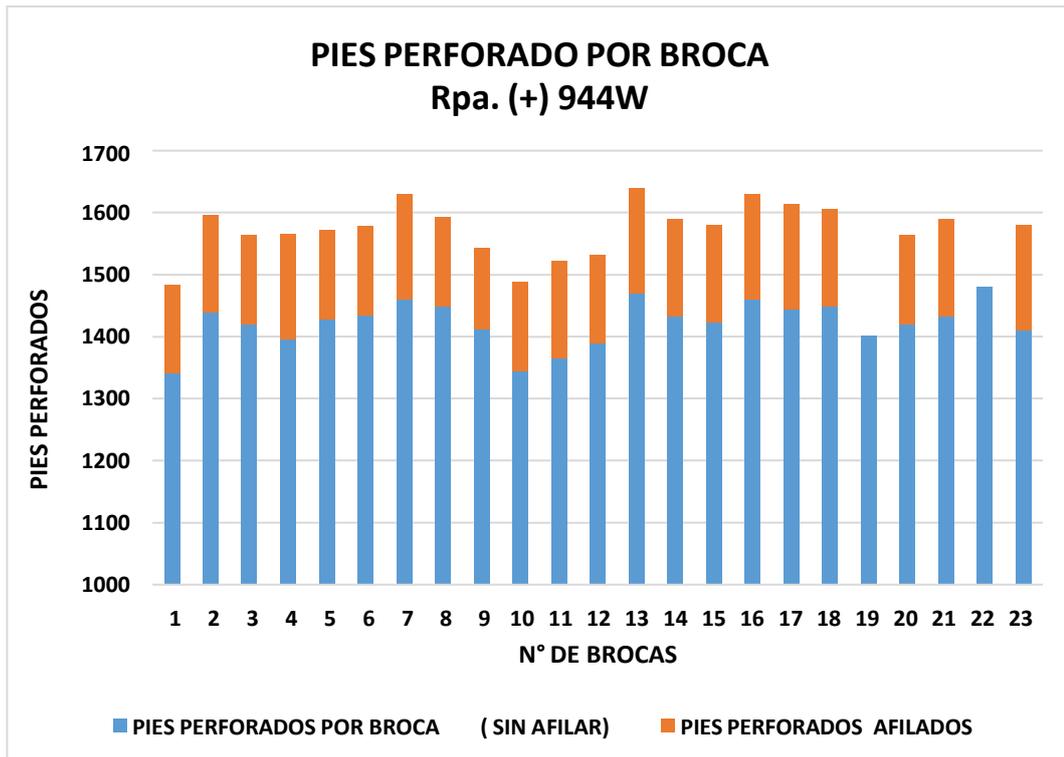


Figura 47 Pies perforados por broca Rpa. (+) 944W marzo.

Nota: Figura que muestra los pies perforados por broca Rpa. (+) 944W marzo.

#### 4.2.12. Rendimientos de broca de la Rpa. (-) 944W.

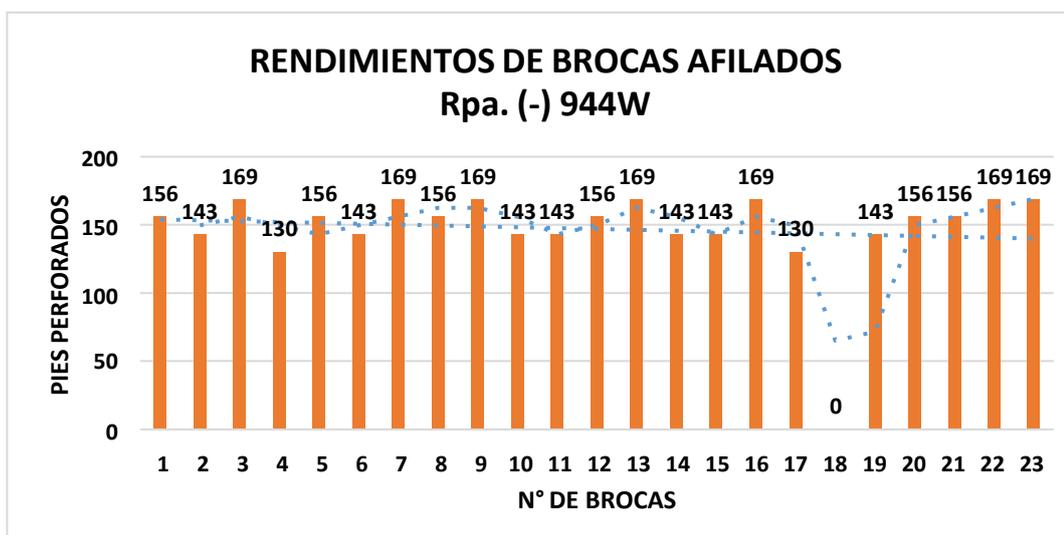


Figura 48 Rendimiento de broca Afilado Rpa. (-) 944W.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de broca Afilado Rpa. (-) 944W

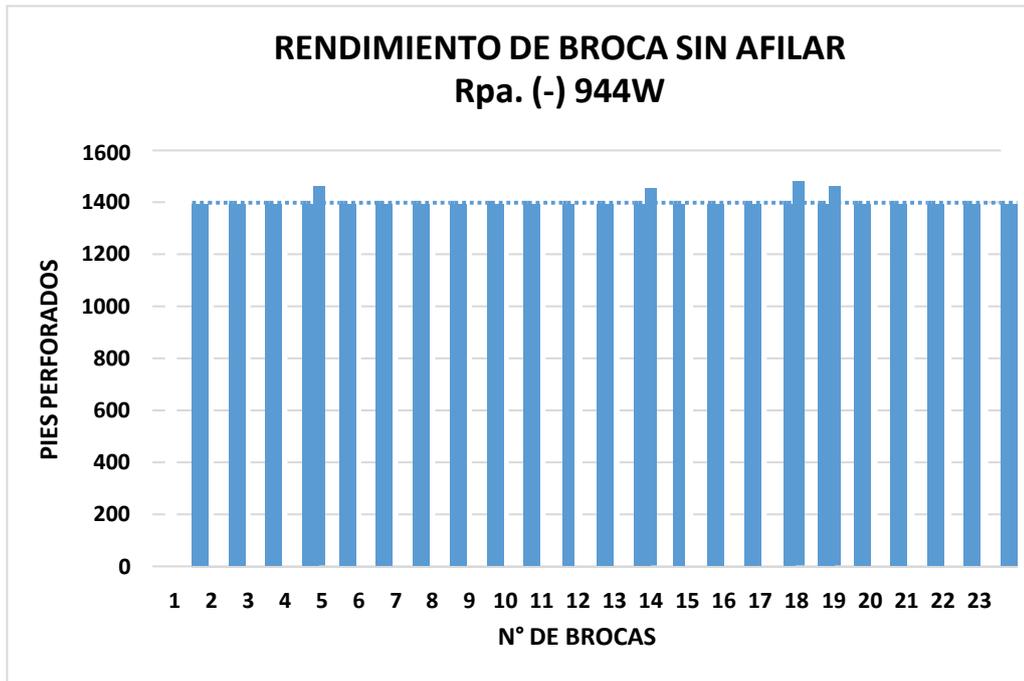


Figura 49 Rendimiento de broca sin afilar Rpa. (-) 944W.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de broca sin afilar Rpa. (-) 944W.

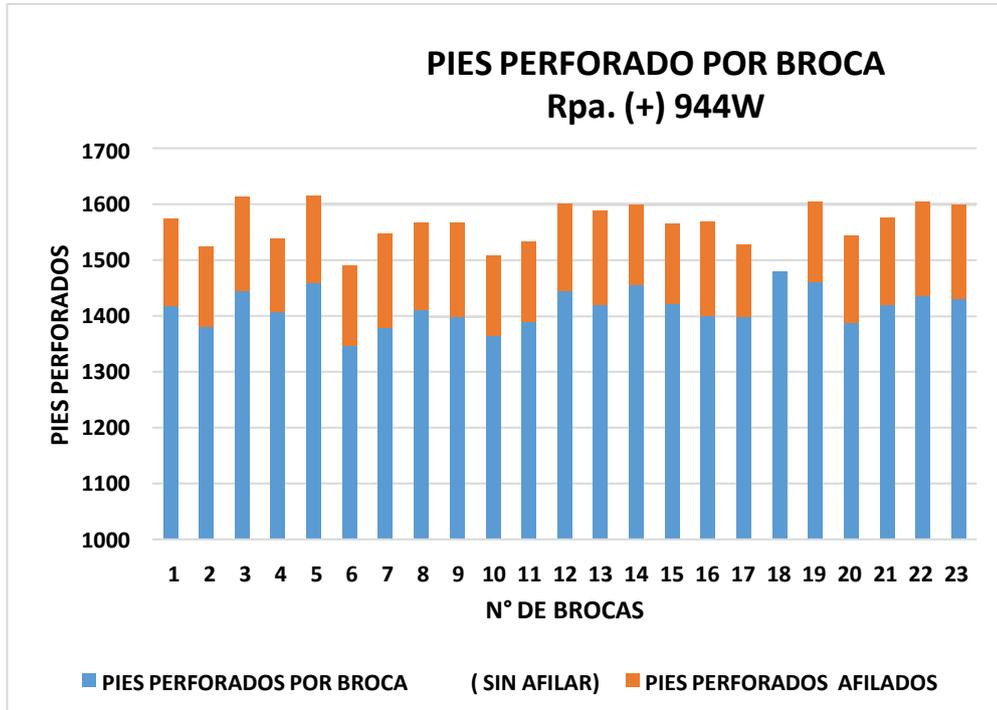


Figura 50 Pies perforados por broca Rpa. (+) 944W marzo.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Figura que muestra los pies perforados por broca Rpa. (+) 944W marzo

#### 4.2.13. Rendimiento de Barras de Perforación

##### Rendimiento del mes de noviembre

En el mes de noviembre se realizó 120 disparos en la Rpa. (±) 944W realizando 4 disparos diarios, el rendimiento promedio mensual antes del proyecto era de 7218.54 pies / barra en la Rpa. (±) 944W. Este rendimiento es antes de implementar el Emulex 45%, por lo tanto, perforábamos los taladros de recorte en la corona haciendo un total de 51 taladros para una roca tipo III, por la utilización del Emulex 65% de mayor efecto de brisance. A continuación, se muestra la Tabla 18 y los gráficos de barra representado en la *Figura 32*

Tabla 18 Rendimientos de barras de la Rpa. (±)944W noviembre.

<b>RENDIMIENTO DE BARRA/PIES Rpa. (±) 944 W (NOVIEMBRE)</b>			
<b>N° BARRAS</b>	<b>PIES PERFORADOS EPIROC</b>	<b>PIES PERFORADOS</b>	<b>METROS PERFORADOS</b>
1	6500	7204	2195.7792
2	6500	7216	2199.4368
3	6500	7215	2199.132
4	6500	7223	2201.5704
5	6500	7220	2200.656
6	6500	7215	2199.132
7	6500	7218	2200.0464
8	6500	7227	2202.7896
9	6500	7224	2201.8752
10	6500	7220	2200.656
11	6500	7222	2201.2656
<b>TOTAL</b>	<b>71500</b>	<b>79404</b>	<b>24202.3392</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>6500</b>	<b>7218.545455</b>	<b>2200.212655</b>

Fuente: Área de costos IESA. S.A.

Nota: Tabla que muestra el rendimiento de barra en el de noviembre



*Figura 51 Rendimiento de barra Rpa. ( $\pm$ ) 944W noviembre.*

*Fuente: Elaboración propia.*

*Nota: Figura que muestra el rendimiento de barra Rpa. ( $\pm$ ) 944W noviembre*

#### **Rendimiento del mes de Diciembre**

En el mes de diciembre se realizó 120 disparos en la Rpa. ( $\pm$ ) 944W realizando 4 disparos diarios, el rendimiento promedio mensual durante el proyecto era de 7984.88 pies / barra. Este rendimiento es implementando el Emulex 45%, por lo tanto, no se realiza los taladros de recorte en la corona haciendo un total de 46 taladros para una roca tipo III, por la utilización del Emulex 45% de menor efecto de brisance. A continuación, se muestra la Tabla 19 y los gráficos de barra en la *Figura 33*.

Tabla 19 Rendimientos de barras de la Rpa. (±)944W diciembre.

<b>COSTO DE BARRA/PIES Rpa. (±) 944 W (NOVIEMBRE)</b>			
<b>N° BARRAS</b>	<b>PIES PERFORADOS EPIROC</b>	<b>PIES PERFORADOS</b>	<b>METROS PERFORADOS</b>
1	6500	7839	2389.3272
2	6500	8437	2571.5976
3	6500	8437	2571.5976
4	6500	7839	2389.3272
5	6500	7176	2187.2448
6	6500	7839	2389.3272
7	6500	8970	2734.056
8	6500	8372	2551.7856
9	6500	7176	2187.2448
<b>TOTAL</b>	<b>58500</b>	<b>72085</b>	<b>21971.508</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>6500</b>	<b>8009.444444</b>	<b>2441.278667</b>

Fuente: Área de costos IESA. S.A.

Nota: Tabla que muestra el rendimiento de barra en el de diciembre

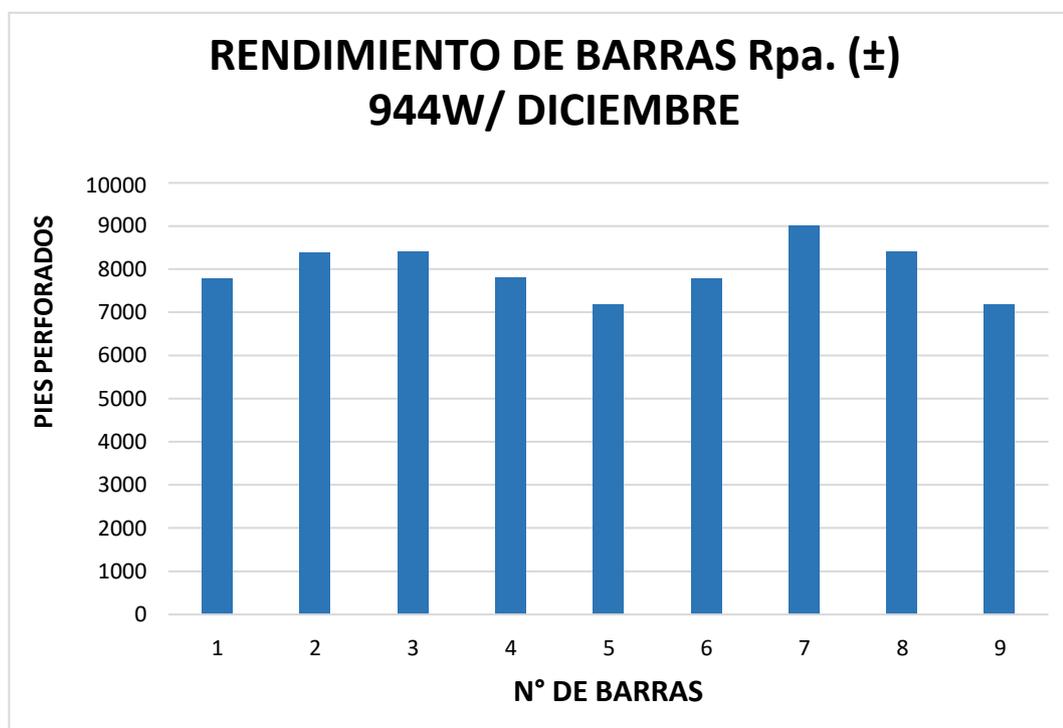


Figura 52 Rendimiento de barra Rpa. (±) 944W diciembre.

Fuente: Elaboración propia.

*Nota:* Figura que muestra el rendimiento de barra Rpa. (±) 944W diciembre.

### **Rendimiento del mes de Enero**

En el mes de enero se realizó 124 disparos en la Rpa. (±) 944W realizando 4disparos diarios, el rendimiento promedio mensual durante el proyecto era de 7425.6 pies / barra. Este rendimiento es implementando el Emulex 45%, por lo tanto, no se realiza los taladros de recorte en la corona asiendo un total de 46 taladros para una roca tipo III, por la utilización del Emulex 45% de menor efecto de brisance. A continuación, semuestra la Tabla y los gráficos de barra en la *Figura 53*.

*Tabla 20* Rendimientos de barras de la Rpa. (±)944W enero.

<b>RENDIMIENTO DE BARRA/PIES Rpa. (±)944W/ ENERO</b>			
<b>N° BARRAS</b>	<b>PIES PERFORADOS EPIROC</b>	<b>PIES PERFORADOS</b>	<b>METROS PERFORADOS</b>
1	6500	7421	2261.9208
2	6500	7428	2264.0544
3	6500	7427	2263.7496
<b>4</b>	6500	7426	2263.4448
<b>5</b>	6500	7427	2263.7496
6	6500	7425	2263.14
7	6500	7424	2262.8352
8	6500	7426	2263.4448
9	6500	7427	2263.7496
10	6500	7425	2263.14
<b>TOTAL</b>	<b>65000</b>	<b>74256</b>	<b>22633.2288</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>6500</b>	<b>7425.6</b>	<b>2263.32288</b>

*Fuente:* Área de costos IESA. S.A.

*Nota:* Tabla que muestra el rendimiento de barra en el de enero

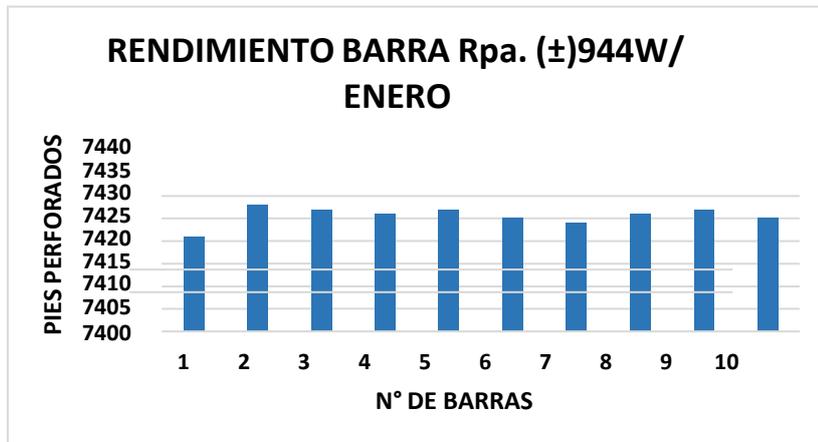


Figura 53 Rendimiento de barra Rpa. (±) 944W enero.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de barra Rpa. (±) 944W enero

#### Rendimiento del mes de febrero

En el mes de febrero se realizó 112 disparos en la Rpa. (±) 944W realizando 4 disparos diarios, el rendimiento promedio mensual durante el proyecto era de 8385 pies / barra. Este rendimiento es implementando el Emulex 45%, por lo tanto, no se realiza los taladros de recorte en la corona haciendo un total de 46 taladros para una roca tipo III, por la utilización del Emulex 45% de menor efecto de brisance. A continuación, se muestra la Tabla 21 y los gráficos de barra en la Figura 54.

Tabla 21 Rendimientos de barras de la Rpa. ( $\pm$ )944W.

RENDIMIENTO DE BARRA/PIES Rpa. ( $\pm$ )944W/ FEBRERO				
PIES PERFORADOS	N° BARRAS	PIES PERFORADOS EPIROC	PIES PERFORADOS	METROS PERFORADOS
	PIES PERFORADOS	1	6500	8090
2		6500	8649	2636.2152
3		6500	8470	2581.656
4		6500	8240	2511.552
5		6500	8482	2585.3136
6		6500	8371	2551.4808
7		6500	8614	2625.5472
8		6500	8164	2488.3872
<b>TOTAL</b>		<b>52000</b>	<b>67080</b>	<b>20445.984</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>6500</b>	<b>8385</b>	<b>2555.748</b>

Fuente: Área de costos IESA. S.A.

Nota: Tabla que muestra el rendimiento de barra en el de febrero

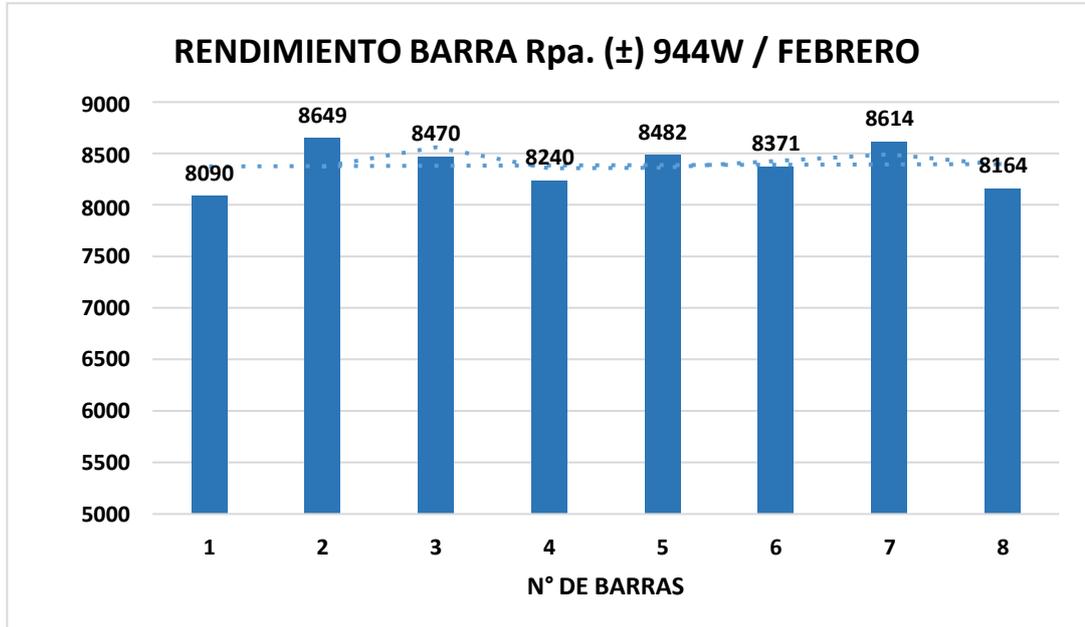


Figura 54 Rendimiento de barra Rpa. ( $\pm$ ) 944W febrero.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de barra Rpa. ( $\pm$ ) 944W febrero.

Fuente: Elaboración propia.

### Rendimiento del mes de Marzo

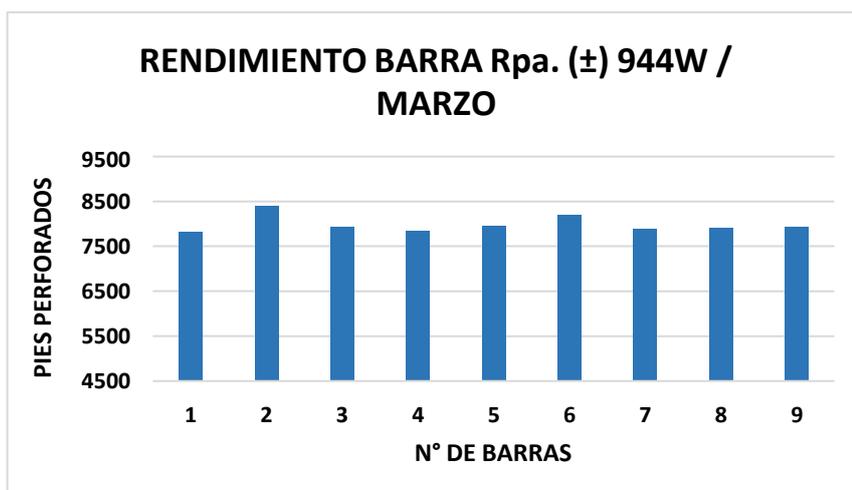
En el mes de marzo se realizó 120 disparos en la Rpa. ( $\pm$ ) 944W realizando 4disparos diarios, el rendimiento promedio mensual durante el proyecto era de 7189 pies / barra. Este rendimiento es implementando el Emulex 45%, por lo tanto, no se realiza los taladros de recorte en la coronahaciendo un total de 46taladros para una roca tipo III, por la utilización delEmulex 45% de menor efecto de brisance. A continuación, se muestra la Tabla 22 y los gráficos de barra en la *Figura 55*.

Tabla 22 Rendimientos de barras de la Rpa. ( $\pm$ )944W.

<b>RENDIMIENTO DE BARRA/PIES Rpa. (<math>\pm</math>)944W/ FEBRERO</b>			
<b>N° BARRAS</b>	<b>PIES PERFORADOS EPIROC</b>	<b>PIES PERFORADOS</b>	<b>METROS PERFORADOS</b>
1	6500	7820	2383.536
2	6500	8394	2558.4912
3	6500	7923	2414.9304
4	6500	7846	2391.4608
5	6500	7945	2421.636
6	6500	8206	2501.1888
7	6500	7890	2404.872
8	6500	7900	2407.92
9	6500	7940	2420.112
<b>TOTAL</b>	<b>58500</b>	<b>71864</b>	<b>21904.1472</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>6500</b>	<b>7984.888889</b>	<b>2433.794133</b>

*Fuente:* Área de costos IESA. S.A.

*Nota:* Tabla que muestra el rendimiento de barra en el de marzo



*Figura 55 Rendimiento de barra Rpa. (±) 944W marzo.*

*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* Figura que muestra el rendimiento de barra Rpa. (±) 944W marzo

#### **4.2.14. Rendimiento de Shank**

##### **Rendimiento del mes de Noviembre**

En el mes de noviembre se realizó 120 disparos en la Rpa. (±) 944W realizando 4 disparos diarios, el rendimiento promedio mensual durante el proyecto era de 11343.43 pies / shank en la Rpa. (±) 944W. Este rendimiento es antes de implementar el Emulex 45%, por lo tanto, perforábamos los taladros de recorte en la corona haciendo un total de 51 taladros para una rocatip III, por la utilización del Emulex 65% de mayor efecto de brisance. A continuación, se muestra la Tabla 23 y los gráficos de barra en la *Figura 534*.

Tabla 23 Rendimientos de barras de la Rpa. ( $\pm$ )944W.

<b>RENDIMIENTO DE SHANK / PIES Rpa. (<math>\pm</math>)944W/ NOVIEMBRE</b>			
<b>N° BARRAS</b>	<b>PIES PERFORADOS EPIROC</b>	<b>PIES PERFORADOS</b>	<b>METROS PERFORADOS</b>
1	10500	11340	3456.432
2	10500	11342	3457.0416
3	10500	11343	3457.3464
4	10500	11344	3457.6512
5	10500	11343	3457.3464
6	10500	11347	3458.5656
7	10500	11345	3457.956
<b>TOTAL</b>	<b>73500</b>	<b>79404</b>	<b>24202.3392</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>10500</b>	<b>11343.42857</b>	<b>3457.477029</b>

Fuente: Área de costos IESA. S.A.

Nota: Tabla que muestra el rendimiento de shank en el de noviembre

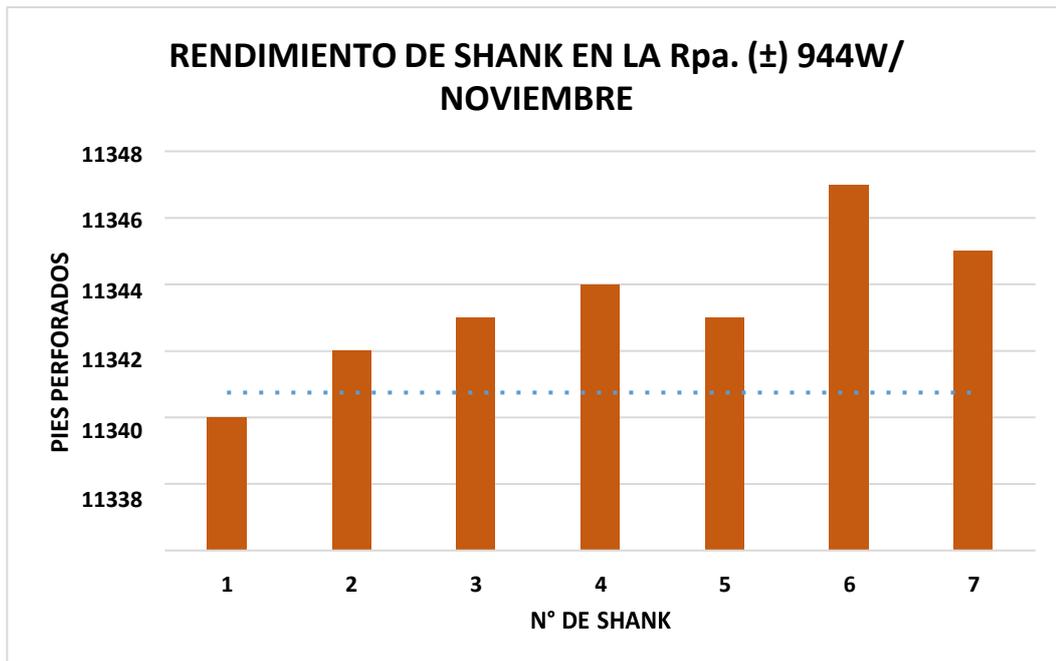


Figura 56 Rendimiento de shank Rpa. ( $\pm$ ) 944W noviembre.

Fuente: Elaboración propia

Nota: Figura que muestra el rendimiento de shank Rpa. ( $\pm$ ) 944W noviembre.

### Rendimiento del mes de diciembre

En el mes de diciembre se realizó 120 disparos en la Rpa. ( $\pm$ ) 944W realizando 4 disparos diarios, el rendimiento promedio mensual durante el proyecto era de 11977.33 pies / broca en la Rpa. ( $\pm$ ) 944W. Este rendimiento es implementando el Emulex 45%, por lo tanto, no se realiza los taladros de recorte en la corona asiendo un total de 46 taladros para una roca tipo III, por la utilización del Emulex 45% de menor efecto de brisance. A continuación, se muestra la Tabla 24 y los gráficos de barra en la *Figura 57*.

Tabla 24 Rendimientos de barras de la Rpa. ( $\pm$ )944W.

<b>CONSUMO DE SHANK/ MES Rpa. (<math>\pm</math>) 944</b>			
<b>N° SHANK</b>	<b>PIES PERFORADOS EPIROC</b>	<b>PIES PERFORADOS</b>	<b>METROS PERFORADOS</b>
1	10500	12688	3867.3024
2	10500	12623	3847.4904
3	10500	11362	3463.1376
4	10500	12090	3685.032
5	10500	11960	3645.408
6	10500	11362	3463.1376
<b>TOTAL</b>	<b>63000</b>	<b>72085</b>	<b>21971.508</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>10500</b>	<b>12014.16667</b>	<b>3661.918</b>

*Fuente:* Área de costos IESA. S.A.

*Nota:* Tabla que muestra el rendimiento de shank en el de diciembre

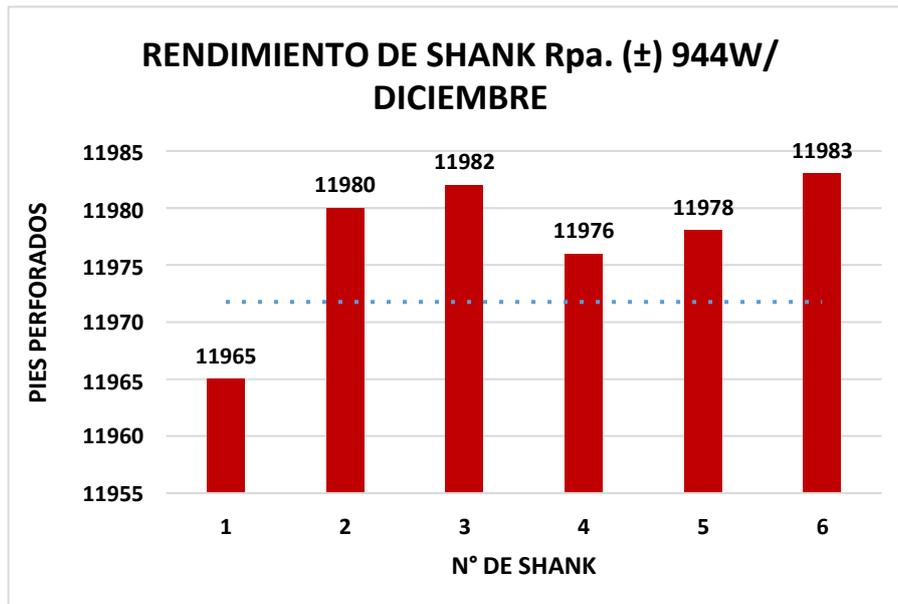


Figura 57 Rendimiento de shank Rpa. (±) 944W noviembre.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de shank Rpa. (±) 944W noviembre.

### Rendimiento del mes de enero

En el mes de enero se realizó 124 disparos en la Rpa. (±) 944W realizando 4disparos diarios, el rendimiento promedio mensual durante el proyecto era de 11389 pies / broca en la Rpa. (±) 944W. Este rendimientoes implementando el Emulex 45%, por lo tanto, no se realiza los taladros de recorte en la corona asiendo un total de 46 taladros para una roca tipoIII, por la utilización del Emulex 45% de menor efecto de brisance. A continuación, se muestra la Tabla 25 y los gráficos de barra en la *Figura*.

Tabla 25 Rendimientos de barras de la Rpa. ( $\pm$ )944W.

<b>RENDIMIENTO DE SHANK/PIES Rpa. (<math>\pm</math>)944W/ ENERO</b>				
	<b>N° SHANK</b>	<b>PIES PERFORADOS EPIROC</b>	<b>PIES PERFORADOS</b>	<b>METROS PERFORADOS</b>
<b>PIES PERFORADOS</b>	1	10500	12374	3771.5952
	2	10500	12377	3772.5096
	3	10500	12375	3771.9
	4	10500	12376	3772.2048
	5	10500	12376	3772.2048
	6	10500	12378	3772.8144
	<b>TOTAL</b>	<b>63000</b>	<b>74256</b>	<b>22633.2288</b>
	<b>PROMEDIO</b>	<b>10500</b>	<b>12376</b>	<b>3772.2048</b>

Fuente: Área de costos IESA. S.A.

Nota: Tabla que muestra el rendimiento de shank en el de enero.

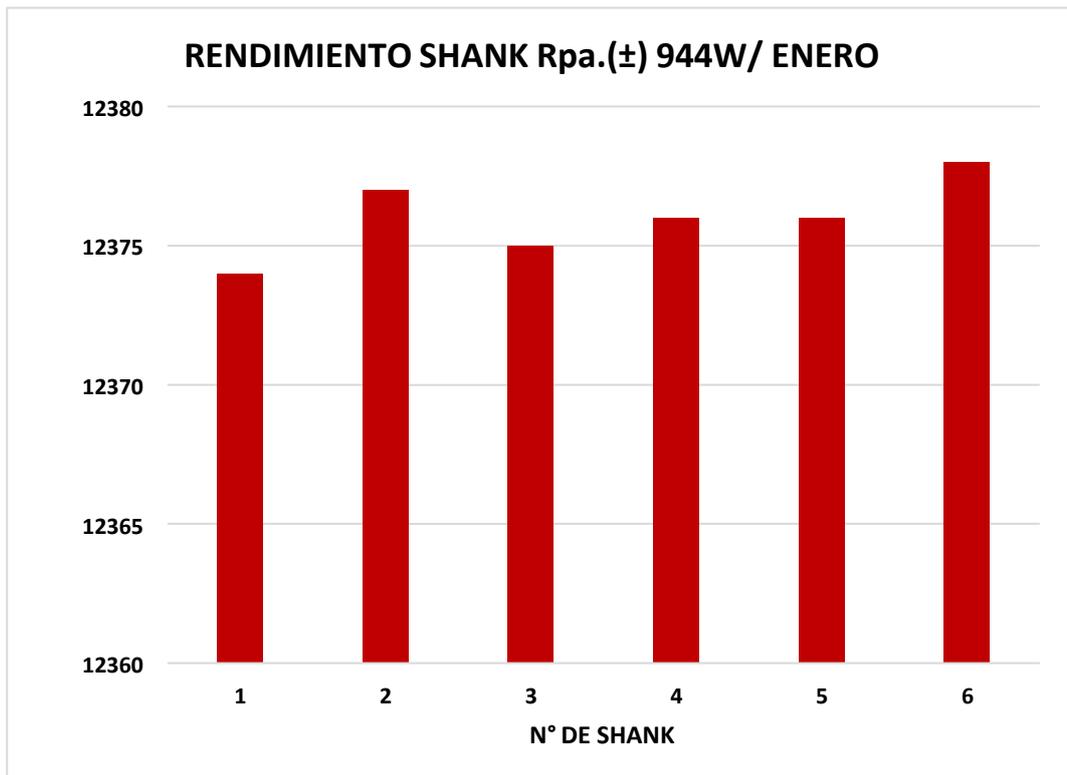


Figura 58 Rendimiento de barra Rpa. ( $\pm$ ) 944W enero.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Figura que muestra el rendimiento de barra Rpa. ( $\pm$ ) 944W enero.

### Rendimiento del mes de Febrero

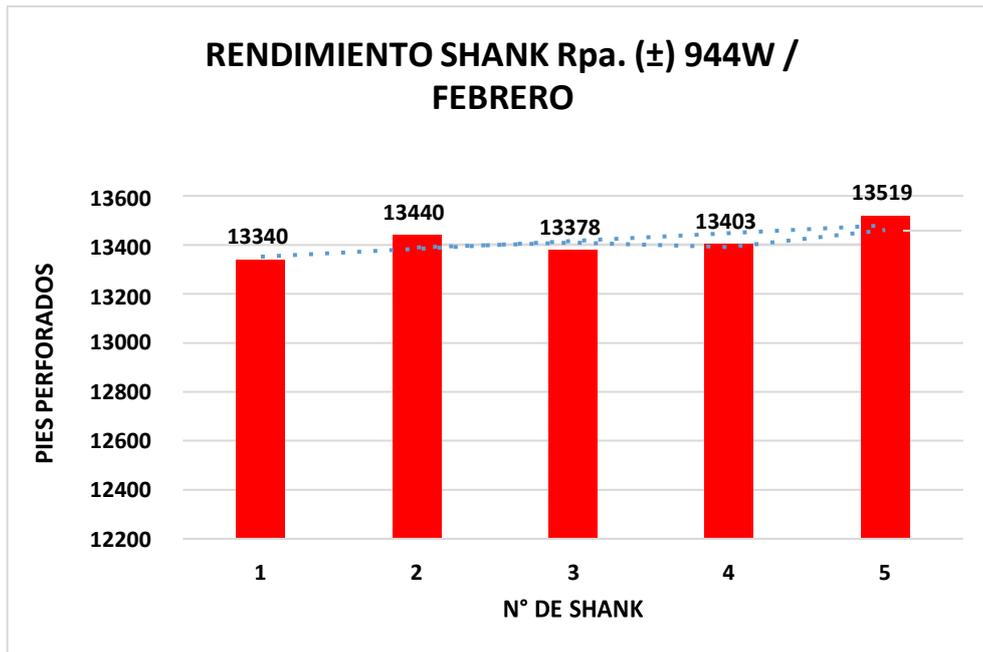
En el mes de febrero se realizó 112 disparos en la Rpa. (±) 944W realizando 4 disparos diarios, el rendimiento promedio mensual durante el proyecto era de 13416 pies / broca en la Rpa. (±) 944W. Este rendimiento es implementando el Emulex 45%, por lo tanto, no se realiza los taladros de recorte en la corona haciendo un total de 46 taladros para una roca tipo III, por la utilización del Emulex 45% de menor efecto de brisance. A continuación, se muestra la Tabla 26 y los gráficos de barra en la Figura 59.

Tabla 26 Rendimientos de barras de la Rpa. (±)944 W.

<b>RENDIMIENTO DE SHANK / PIES Rpa. (±)944W/ FEBRERO</b>			
<b>N° SHANK</b>	<b>P.P EPIROC</b>	<b>PIES PERFORADOS</b>	<b>METROS PERFORADOS</b>
1	10500	13340	4066.032
2	10500	13440	4096.512
3	10500	13378	4077.6144
4	10500	13403	4085.2344
5	10500	13519	4120.5912
<b>TOTAL</b>	<b>52500</b>	<b>67080</b>	<b>20445.984</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>10500</b>	<b>13416</b>	<b>4089.1968</b>

Fuente: Área de costos IESA. S.A

Nota: Tabla que muestra el rendimiento de shank en el de febrero



*Figura 59 Rendimiento de barra Rpa. (±) 944W febrero.*

*Nota:* Figura que muestra el rendimiento de barra Rpa. (±) 944W febrero.

### **Rendimiento del mes de marzo**

En el mes de marzo se realizó 120 disparos en la Rpa. (±) 944W realizando 4disparos diarios, el rendimiento promedio mensual durante el proyecto era de 11977.33 pies / broca en la Rpa. (±) 944W. Este rendimiento es implementando el Emulex 45%,por lo tanto, no se realiza los taladros de recorte en la coronahaciendo un total de 46 taladros para una roca tipo III, por lautilización del Emulex 45% de menor efecto de brisance. A continuación, se muestra la Tabla 27 y los gráficos de barraenla *Figura 35*.

Tabla 27 Rendimientos de barras de la Rpa. (±)944W.

RENDIMIENTO DE SHANK / PIES Rpa. (±)944W/ MARZO				
	N° SHANK	P.P EPIROC	PIES PERFORADOS	METROS PERFORADOS
PIES PERFORADOS	1	10500	11990	3654.552
	2	10500	11980	3651.504
	3	10500	11960	3645.408
	4	10500	11990	3654.552
	5	10500	11994	3655.7712
	6	10500	11950	3642.36
<b>TOTAL</b>		<b>63000</b>	<b>71864</b>	<b>21904.1472</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>10500</b>	<b>11977.33333</b>	<b>3650.6912</b>

Fuente: Área de costos IESA. S.A

Nota: Tabla que muestra el rendimiento de shank en el de marzo

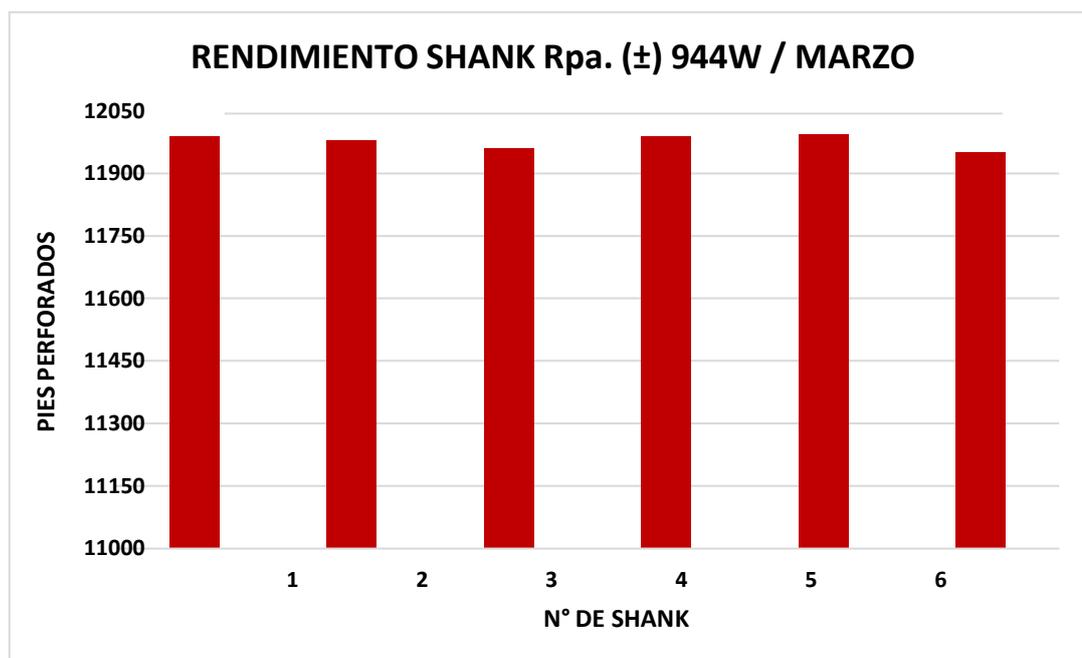


Figura 60 Rendimiento de barra Rpa. (±) 944W marzo.

Nota: Figura que muestra rendimiento de barra Rpa. (±) 944W marzo.

### Comparación de Rendimientos Obtenidos Durante Todo el Proyecto

#### Rendimiento de Broca de Todo el Proyecto

El rendimiento promedio de 5 meses de todo el proyecto es 1522.799 pies / brocas -mes en la Rpa. (±) 944W. A continuación, se muestra la Figura 36

el rendimiento total del proyecto.

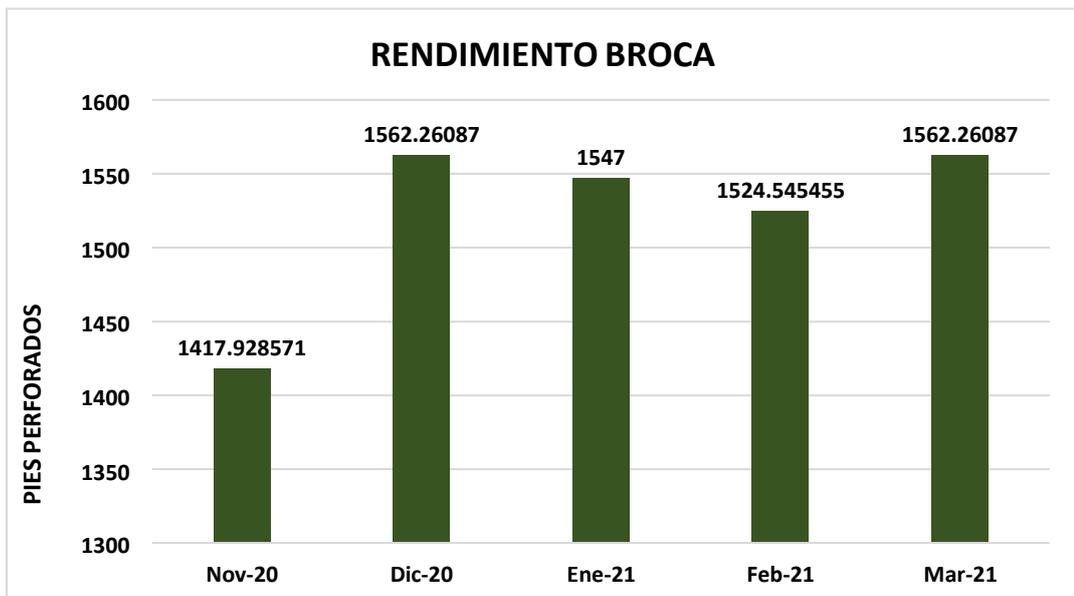


Figura 61 Rendimiento de Broca del proyecto Rpa. ( $\pm$ ) 944W

Nota: Figura que muestra el rendimiento de Broca del proyecto Rpa. ( $\pm$ ) 944W.

#### **Rendimiento Barra de Todo el Proyecto**

El rendimiento promedio de 5 meses de todo el proyecto es 7799.785 pies / barras - mes en la Rpa. ( $\pm$ ) 944W. A continuación, se muestra la Figura 37 el rendimiento total del proyecto.

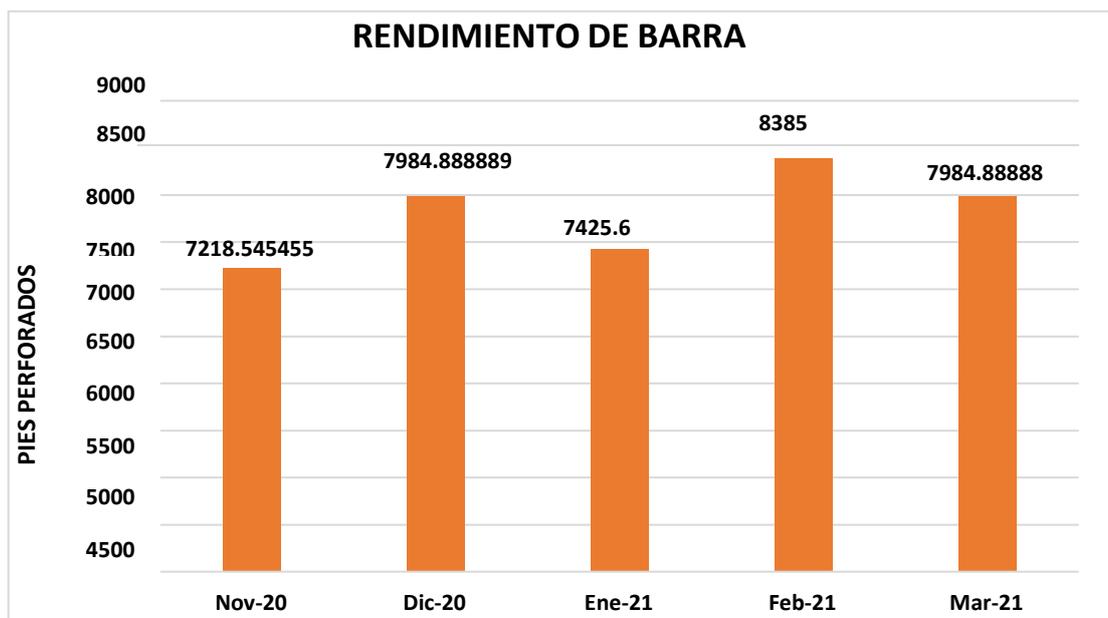
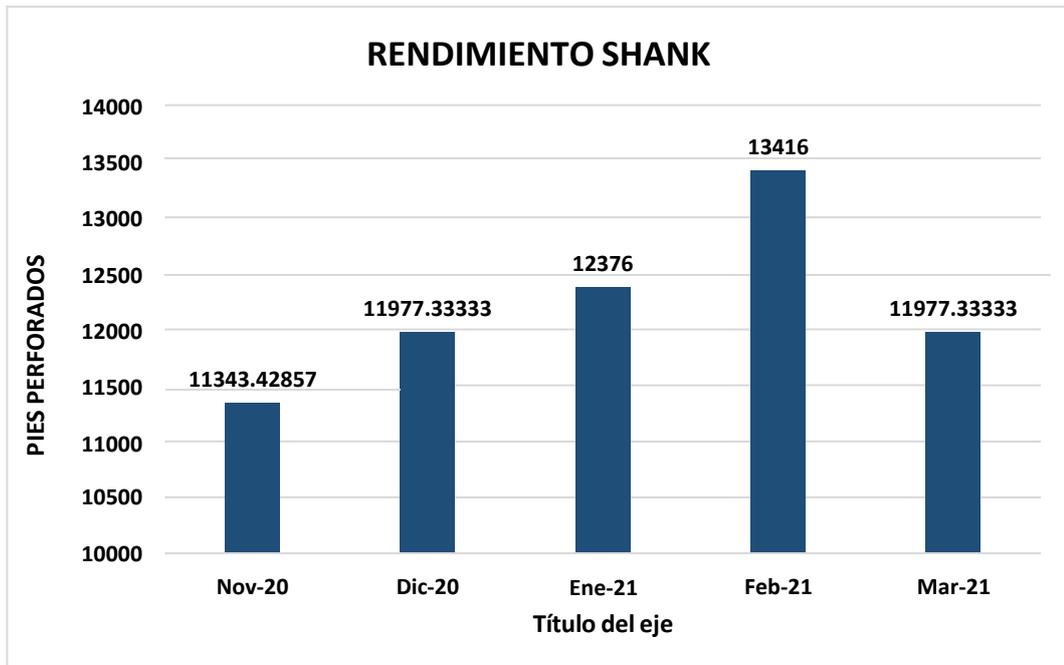


Figura 62 Rendimiento de Barra del proyecto Rpa. ( $\pm$ ) 944W

Nota: Figura que muestra el rendimiento de Barra del proyecto Rpa. ( $\pm$ ) 944W.

### **Rendimiento Shank de Todo el Proyecto**

El rendimiento promedio de 5 meses de todo el proyecto es 12218.02 pies / shank - mes en la Rpa. ( $\pm$ ) 944W. A continuación, se muestra la *Figura 63* el rendimiento total del proyecto.

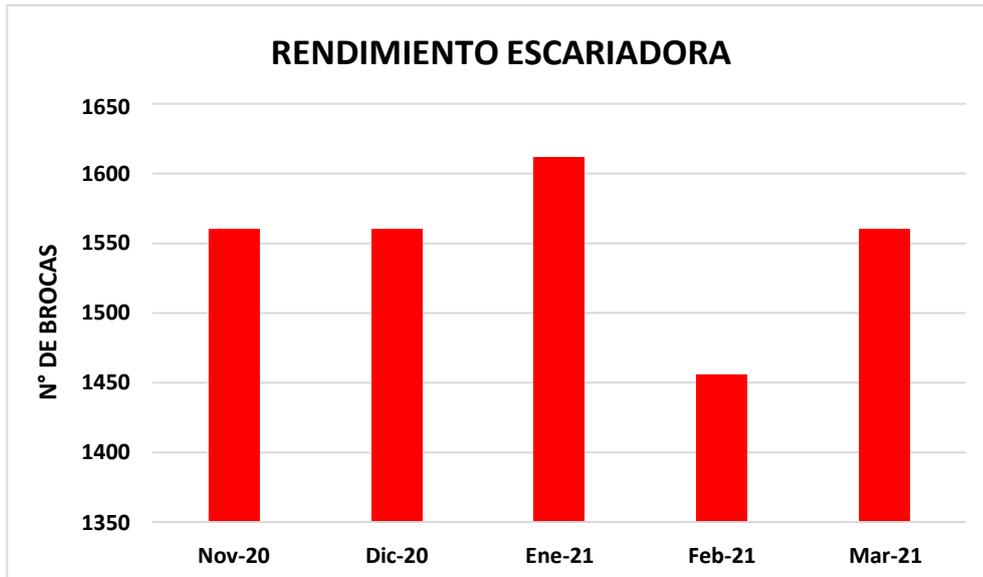


*Figura 63 Rendimiento de Shank del proyecto Rpa. ( $\pm$ ) 944W.*

*Nota:* Figura que muestra el rendimiento de Shank del proyecto Rpa. ( $\pm$ ) 944W.

### **Rendimiento Escariadora de Todo El Proyecto**

El rendimiento promedio de 5 meses de todo el proyecto es 1539.2pies / escariadora - mes en la Rpa. ( $\pm$ ) 944W. A continuación, se muestra la *Figura 64* el rendimiento total del proyecto.



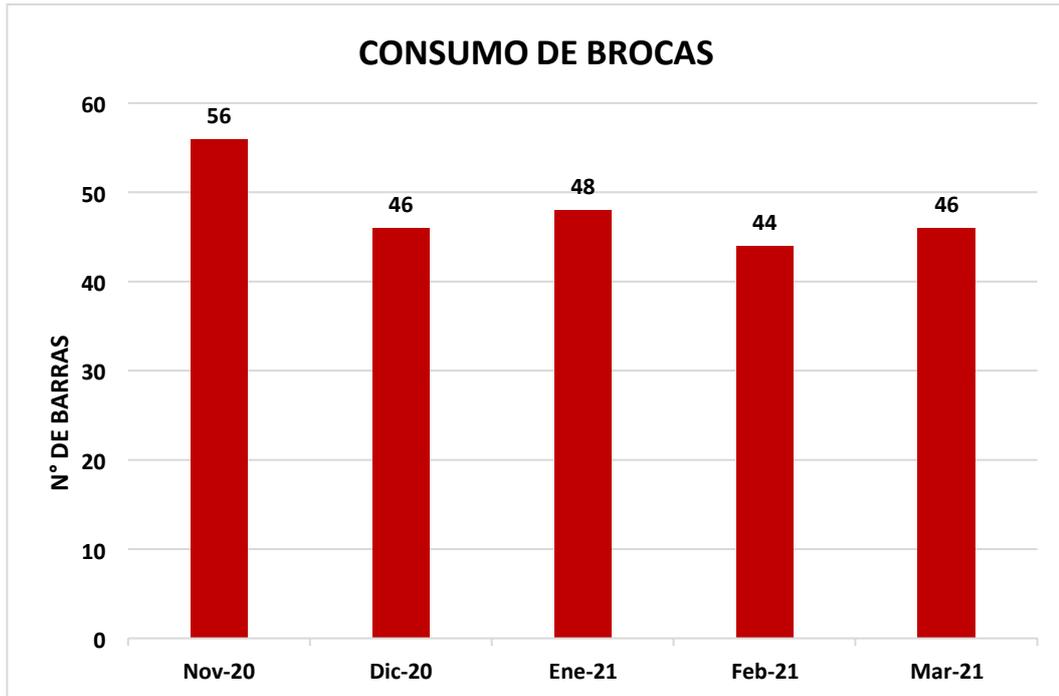
*Figura 64 Rendimiento de Broca escariadora del proyecto Rpa. (±) 944W.*

*Nota:* Figura que muestra el rendimiento de Broca escariadora del proyecto Rpa. (±)944W.

### **Consumo de Aceros de Perforación**

#### ***Estadística de Consumo de Brocas por Mes***

Como se puede observar en el mes de noviembre se utilizó más brocas por motivos de mayor número de taladros en lamella de perforación y en los meses siguientes es menor el consumo esto se debe al cambio de explosivo para las coronas de emulex 65% (mayor efecto de brisance) a emulex 45% (menor efecto de brisance) y la falta de afilado de brocas. A continuación, se muestra la *Figura 65* el consumo de broca total del proyecto.

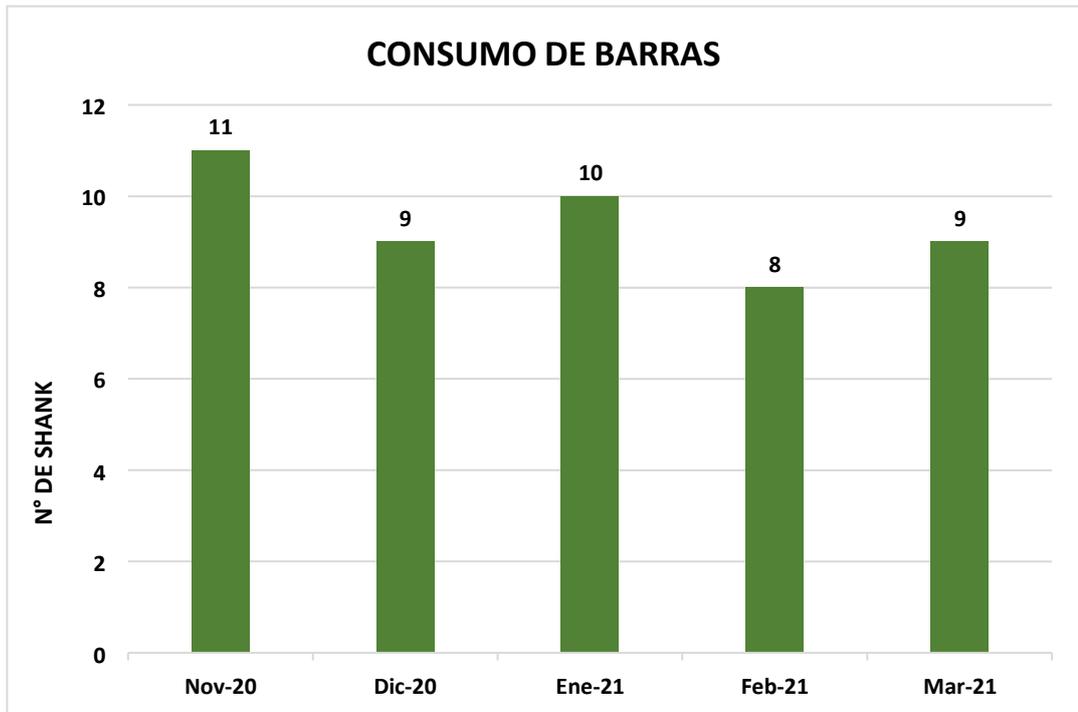


*Figura 65 Consumo de broca del proyecto Rpa. (±) 944W.*

*Nota:* Figura que muestra el consumo de broca del proyecto Rpa. (±) 944W.

#### **Estadística de Consumo de Barras por Mes**

El mayor consumo de barras fue en el mes de noviembre antes de modificar la malla de perforación, siendo este el principal factor por motivos que se realizaba mayores pies perforados por frentes de disparos, reduciendo una barra por mes. A continuación, se muestra:

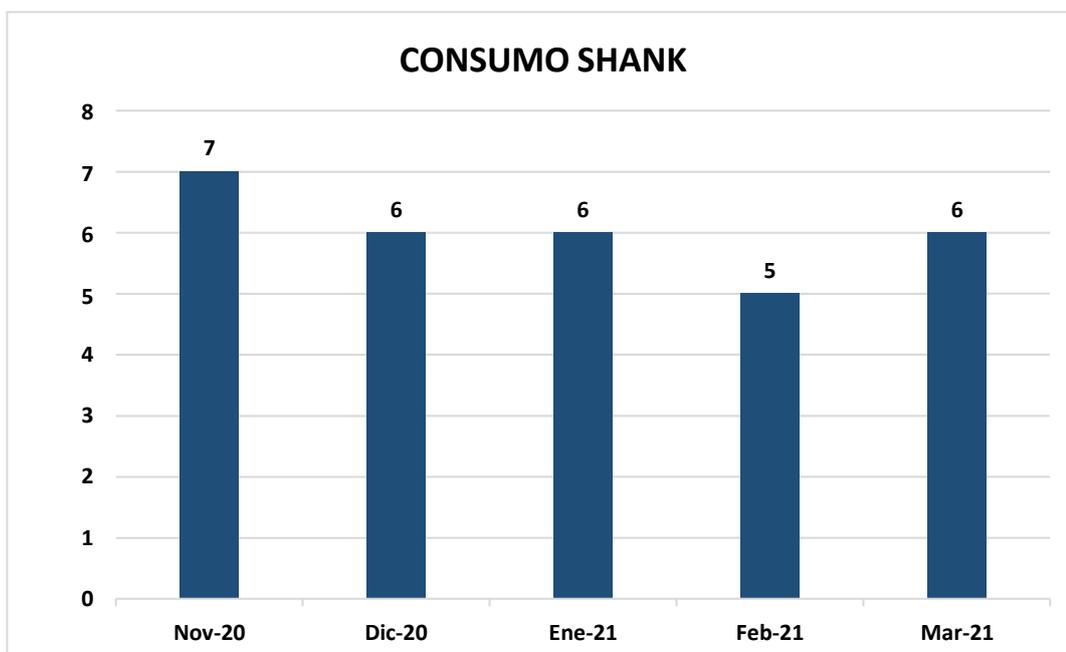


*Figura 66 Consumo de barra total del proyecto.*

*Nota:* Figura que muestra el consumo de barra total del proyecto.

#### ***Estadística de Consumo de Shanks por Mes***

Como se puede observar en la gráfica se ha reducido un promedio 1 shank por mes, después de reducir el número de taladros en la malla de perforación debido a la implementación del Emulex 45%. A continuación, se muestra la *Figura 67* el consumo de shank total del proyecto.



*Figura 67 Consumo de shank del proyecto Rpa. ( $\pm$ ) 944w.*

*Nota:* Figura que muestra el consumo de shank del proyecto Rpa. ( $\pm$ ) 944w.

#### 4.3. Prueba de hipótesis

##### 4.3.1. Hipótesis General

Sean las hipótesis nula y alterna:

**H0:** La adecuada optimización del consumo de acero de perforación en la excavación mineras subterráneas no reduciría los costos de perforación.

**H1:** La adecuada optimización del consumo de acero de perforación en las excavaciones mineras subterráneas reduciría los costos de perforación.

Para la prueba de hipótesis haremos uso de la base de datos de la Tabla 28 que se muestra a continuación.

Tabla 28 Costo del acero de perforación sin proyecto y conproyecto en la Unidad Minera Atacocha S.A.

id	grupo con y sin proyecto	acero_perf	costo/mes (\$)
1	1	1	4,424
2	1	1	4,424
3	1	1	4,424
4	1	1	4,424
5	1	2	4,400
6	1	2	4,400
7	1	2	4,400
8	1	2	4,400
9	1	3	1,603
10	1	3	1,603
11	1	3	1,603
12	1	3	1,603
13	2	1	3,634
14	2	1	3,634
15	2	1	3,634
16	2	1	3,634
17	2	2	3,600
18	2	2	4,000
19	2	2	3,200
20	2	2	4,000
21	2	3	1,374
22	2	3	1,374
23	2	3	1,145
24	2	3	1,374

Donde:

La variable cualitativa acero\_perf (acero de

perforación) consiste: 1 = broca

2= barra

3= shank

La variable grupo con y sin

proyecto: 1= sin proyecto

2= con proyecto.

Tabla 29 Descriptivos de las variables.

	Group	N	Mean	Media	SD	SE
costo/mes (\$) delos elementos delabarra de perforación	Sin proyecto	12	3475.67	4400	1383.09	399.26
	Con proyecto	12	2883.58	3617	1176.2	339.54

Donde:

N = numero de datos tomados

SD= Desviación Estándar Mean= Media

SE=Error De Estándar

Median= Mediana

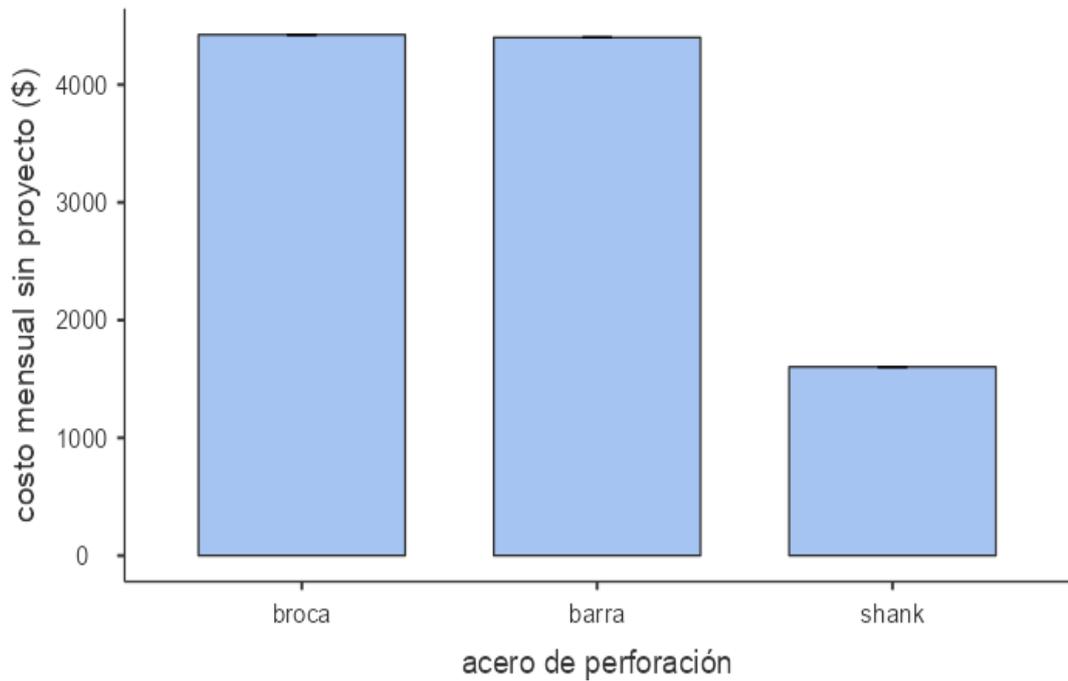


Figura 68 Costo mensual de los aceros de perforación SIN PROYECTO (\$).

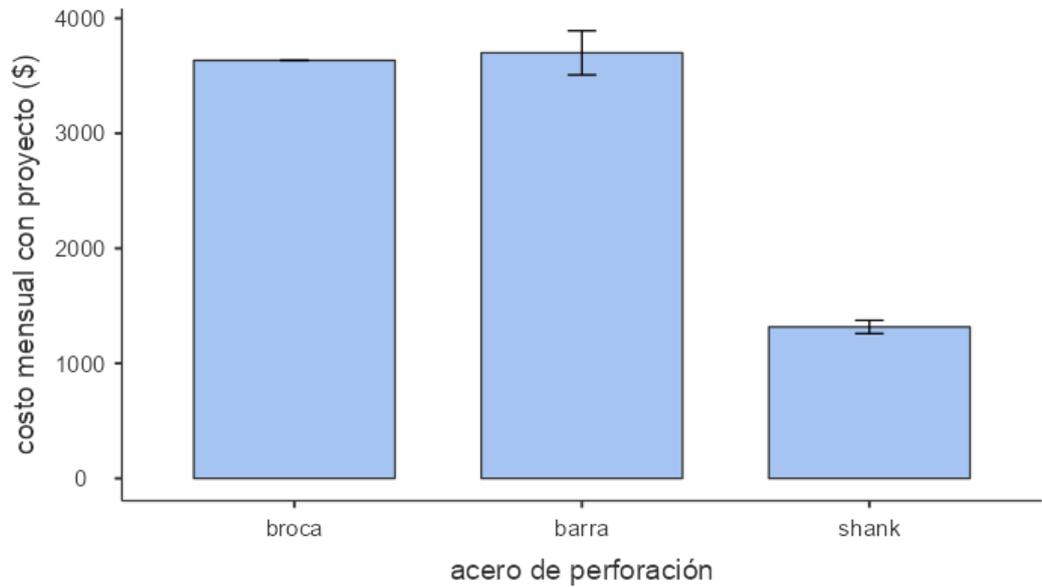


Figura 69 Costo mensual de los aceros de perforación CON PROYECTO(\$).

### 1) Prueba de normalidad

Para lo cual tenemos:

- H0: La distribución de los datos se ajustan a la curva normal.
- H1: La distribución de los datos no se ajustan a la curvanormal.

Usando el programa estadístico Jamovi, tenemos:

Tabla 30 Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk).

	N	Shapiro-Wilk	
		W	P
Costo mensual sin proyecto (\$)	12	0.61	<.001
Costo mensual con proyecto (\$)	12	0.74	0.002

Como  $p < 0.05$

Se rechaza la H0,

Por lo tanto, la distribución de los datos no se ajusta a la curva normal.

costo mensual sin proyecto (\$)

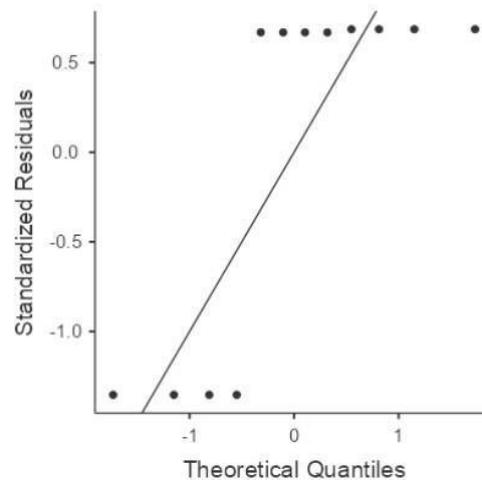


Figura 70 Gráfico del Q-Q plot del costo mensual sin proyecto.

costo mensual con proyecto (\$)

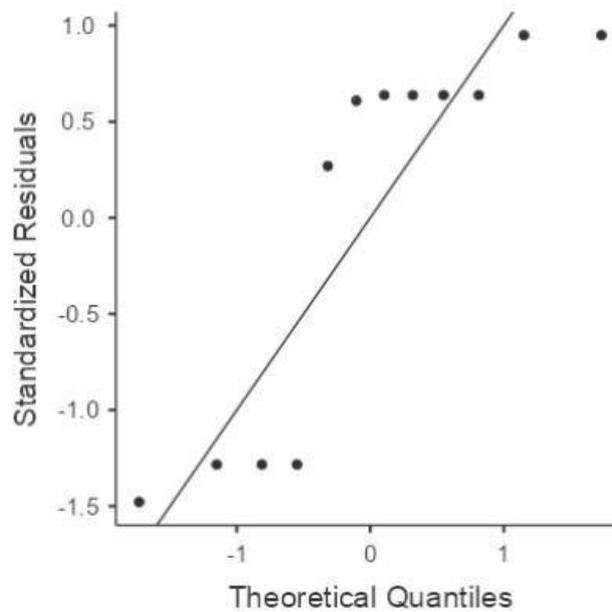


Figura 71 Gráfico del Q-Q plot del costo mensual conproyecto.

En la Figura 38 y Figura 39 se observan que los puntos no siguen la tendencia de la curva normal. La recta representa la curva normal.

## 2) Comparación de dos grupos independientes

Para lo cual calculamos el pvalor para la prueba no paramétrica de Ude Mann Whitney, así como también el tamaño del efecto según los criterios para el coeficiente de correlación de rango biserial.

- H0: La diferencia de medias es igual a 0.
- H1: La diferencia de medias es distinto a 0. Es decir, haydiferencias.

Usando el programa estadístico, tenemos:

*Tabla 31* Prueba para muestras independientes de Mann-Whitney U

		Statistic	p	Mean difference		Effect Size
costo/mes (\$)aceros de perforación	Mann-WhitneyU	32	0.021	766	Rank biserial correlation	0.56

De la Tabla 31 tenemos el valor de  $p=0.021$ ,

Como  $p<0.05$  se rechaza la H0, por lo tanto existen diferencias estadísticamente significativas entre el costo mensual de los aceros de perforación entre los grupos con proyecto y sin proyecto Para evaluar el tamaño del efecto, tenemos los criterios para el coeficiente de correlación de rango biserial que se muestra en la siguiente tabla:

*Tabla 32* Criterios para el coeficiente de correlación de rango biserial

Coeficiente	Interpretación
Menor a 0.10	Nulo o Trivial
Entre 0.10 y 0.30	Pequeño
Entre 0.30 y 0.50	Mediano
Mayor a 0.50	Grande

Según los resultados de la Tabla 31, el tamaño del efecto es de 0.56, además según la Tabla 32, este valor es mayor que 0.50, por lo que podemos concluir que el tamaño del efecto es grande.

Además, mostramos los indicadores descriptivos de los datos, en la Tabla 29 de la página 159. Ver Figura 72.

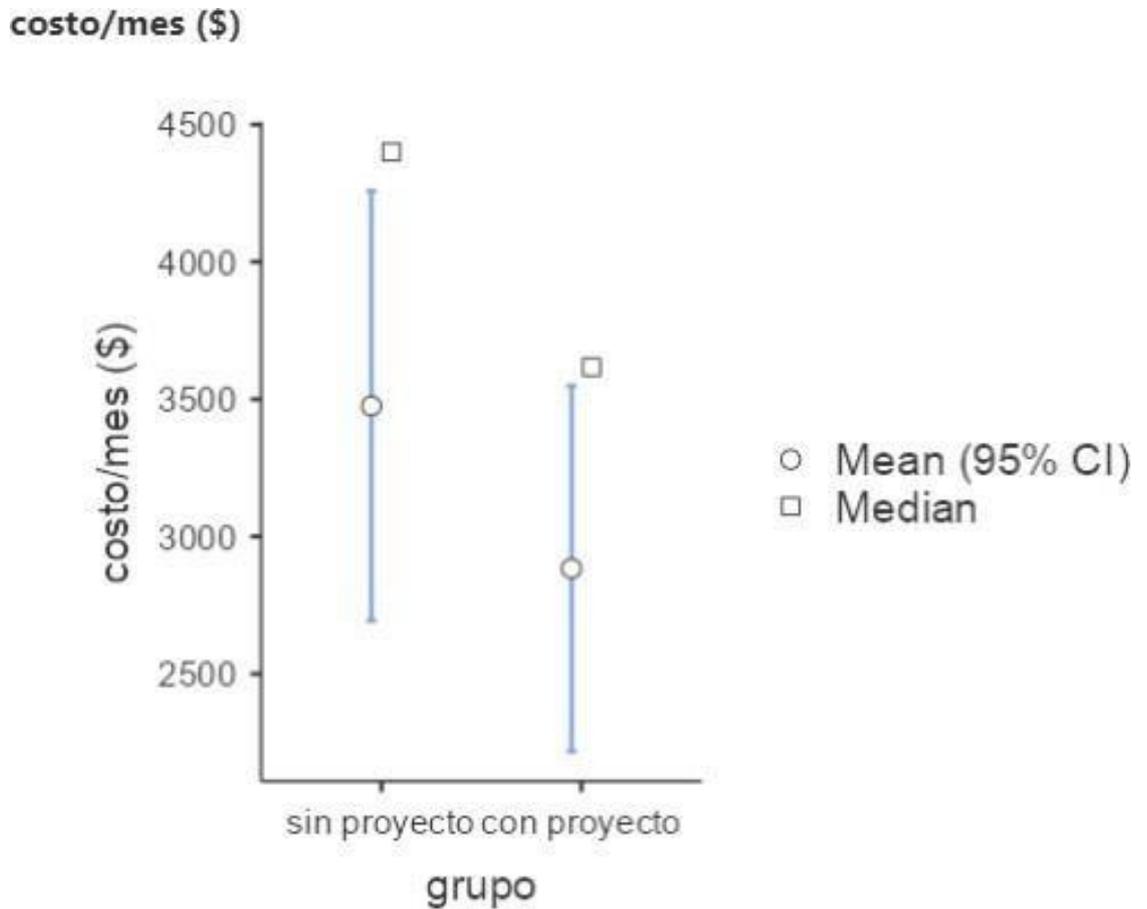


Figura 72 Gráfico de la media y mediana de los costos mensuales en dólares sin proyecto y con proyecto donde se observa la diferencia significativa.

Finalmente, habiéndose demostrado mediante la comparación de medias que es  $\neq 0$  por lo que existen diferencias estadísticamente significativas entre los costos mensuales en dólares de los costos de perforación sin proyecto y con proyecto, por lo que se demuestra que la optimización de los aceros de perforación influye en la reducción de los costos operativos de perforación en la Empresa Especializada IESA S.A. el cual contribuye en el incremento de la rentabilidad de la Empresa Minera.

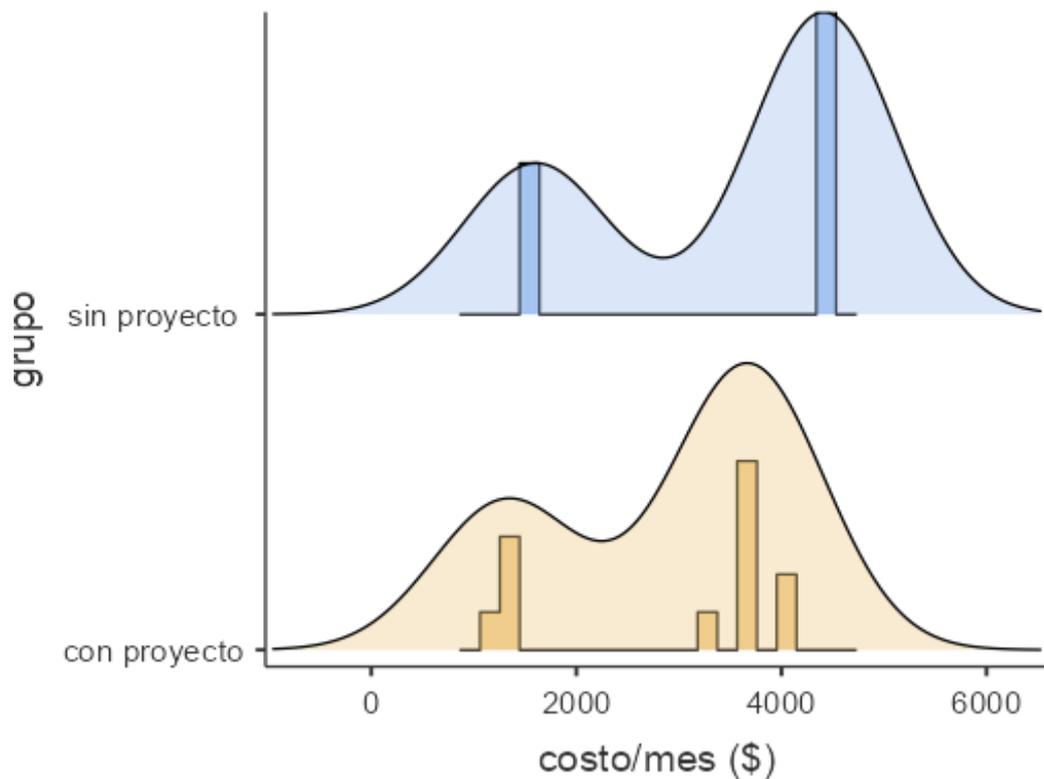


Figura 73 Histograma y curva de densidad de la prueba de hipótesis.

#### 4.4. Discusión de resultados

##### 4.4.1. Comparación de los costos unitarios optimizados con los no optimizados de aceros de perforación

###### Costos de Perforación

###### a) Costos de barra de perforación

Cálculo de Costos en barra de perforación de 14 es uno de los accesorios fundamentales en el proceso de perforación cuyo valor de adquisición asciende a 400 dólares y cuya vida útil es de 4800 pies perforados por local se determina los costos por pie perforado (Lind et al., 2012).

$$\text{costopies} = \frac{\text{costo barra}}{\text{vida util pies}}$$

$$\text{costopies} = \frac{400 \$}{6500 \text{ pies}}$$

$$\text{costopies} = 0.062\$ / \text{pies}$$

### b) Costos de broca de perforación

La broca de 45 mm es uno de los accesorios más fundamentales, donde su consumo es fuerte y el costo elevado en el proceso de perforación cuyo costo de adquisición es de 79 \$, teniendo una vida útil de 1300 pies perforados, por lo cual el costo de perforación por pie se determina por la siguiente fórmula.

$$\text{costopies} = \frac{\text{costo broca}}{\text{vida util pies}}$$

$$\text{costopies} = \frac{79\$}{1300 \text{ pies}}$$

$$\text{costopies} = 0.061\$ / \text{pies}$$

### c) Calculo Costo de shank

Cálculo de Costos en Shank cop 1838 T 38x435 mm es uno de los accesorios fundamentales en el proceso de perforación cuyo valor de adquisición asciende a 229 dólares y cuya vida útil es de 10500 pies perforados por lo cual se determina los costos por pie perforado.

$$\text{costopies} = \frac{\text{costo Shank}}{\text{vida util pies}}$$

$$\text{costopies} = \frac{229\$}{10500 \text{ pies}}$$

$$\text{costopies} = 0.022 \$ / \text{pies}$$

### Costo Unitario de Aceros de Perforación

En la Empresa Especializada IESA S.A - Unidad Minera Atacocha S.A.A. - Nexa Resources los precios unitarios no varían. A continuación, se muestra la Tabla 3.

Tabla 33 Costo unitario.

MATERIALES	PU	Unidad	Vida Útil	Cantidad
Barra T 38- H35 de 14´	\$400.00	pza	6500	1
Acople T 38/ R38	\$72.00	pza	3500	1
Shank Cop 1838T38X 4 35 MM	\$229.00	pza	10500	1
Broca SR 35 BUTTON BIT 45 mm	\$79.00	pza	1300	1
broca Rimadora de 102 mm	\$220.00	pza	1200	1
Afiladora de brocas	\$1,750.00	pza	100000	1
	0			
Copas de Afilado de 10	\$27.00	pza	1000	1
copas de Afilado de 11	\$28.00	pza	1000	1

Nota: Tabla de base de datos de precios unitarios:

Fuente: Área de costos IESA S.A.

#### Reducción de Costos de Brocas

El costo de broca es de 79\$, antes del proyecto su consumo era de 56 brocas en el mes de noviembre en la Rpa. (±) 944W a un costo de \$4424 y en los meses siguientes se utilizó un promedio de 46 brocas en la (±) 944W, obteniendo un costo de \$3634 esto debido a la implementación de una afiladora y reducción de número de taladros en la malla de perforación. El costo optimizado es de \$ 790 por mes. A continuación, se muestra los costos en la Tabla 34 y la Figura 74 diferencia de costos y la Figura 75 optimización de costos por mes.

Tabla 34 Costo de broca.

<b>COSTO DE BROCA SR35 BUTTON BIT 45mm</b>				
<b>MES</b>	<b>CANTIDA D</b>	<b>PU</b>	<b>TOTAL/ MES</b>	<b>COSTO OPTIMIZADO /MES</b>
<b>NOVIEMBRE</b>	56	\$79.0 0	\$4,424.00	\$ -
<b>DICIEMBRE</b>	46	\$79.0 0	\$3,634.00	<b>\$790.00</b>
<b>ENERO</b>	48	\$79.0 0	\$3,792.00	<b>\$632.00</b>
<b>FEBREO</b>	44	\$79.0 0	\$3,476.00	<b>\$948.00</b>
<b>MARZO</b>	46	\$79.0 0	\$3,634.00	<b>\$790.00</b>

Figura 74 Diferencia de costos en broca por meses (Rpa. (±) 944W).

Nota: Figura que muestra la diferencia de costos en broca por meses (Rpa. (±) 944W).

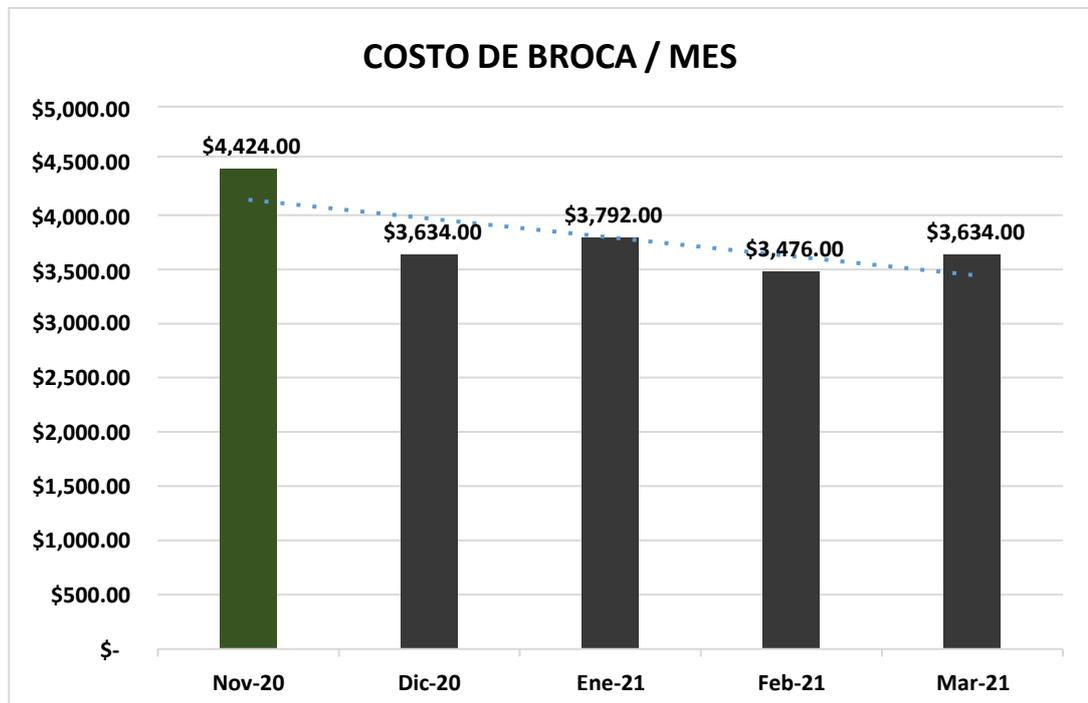


Figura 75 Optimización de costos en broca (Rpa. (±) 944W).

Nota: Figura que muestra la optimización de costos en broca (Rpa. (±) 944W).

### Reducción de Costos de Barras

El costo de barra es de \$400, antes del proyecto su consumo era de 11 barras en el mes de noviembre en la Rpa. (±) 944W a un costo de \$4400 y en los meses siguientes se utilizó un promedio de 9 barras en la (±) 944W, obteniendo un costo de \$ 3600 esto debido a la reducción de taladros en la malla de perforación y se optimizó \$ 800 por mes. A continuación, se muestran los costos en la Tabla 35 y la diferencia de costos en la *Figura 76* y la optimización de costos por mes en la *Figura 77*.

Tabla 35 Costo de barra.

<b>BARRA T38-H35-R35 de 14'</b>				
<b>MES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PU</b>	<b>TOTAL/ MES</b>	<b>COSTO OPTIMIZADO/ MES</b>
<b>NOVIEMBRE</b>	11	\$400.0	\$4,400.00	\$ -
<b>DICIEMBRE</b>	9	\$400.0	\$3,600.00	<b>\$800.00</b>
<b>ENERO</b>	10	\$400.0	\$4,000.00	<b>\$400.00</b>
<b>FEBREO</b>	8	\$400.0	\$3,200.00	<b>\$1,200.00</b>
<b>MARZO</b>	9	\$400.0	\$3,600.00	<b>\$800.00</b>
<b>COSTO OPTIMIZADO/ TOTAL</b>				<b>\$3,200.00</b>

*Fuente:* Área de costos IESA S.A.

*Nota:* Tabla de costos optimizados de barra.

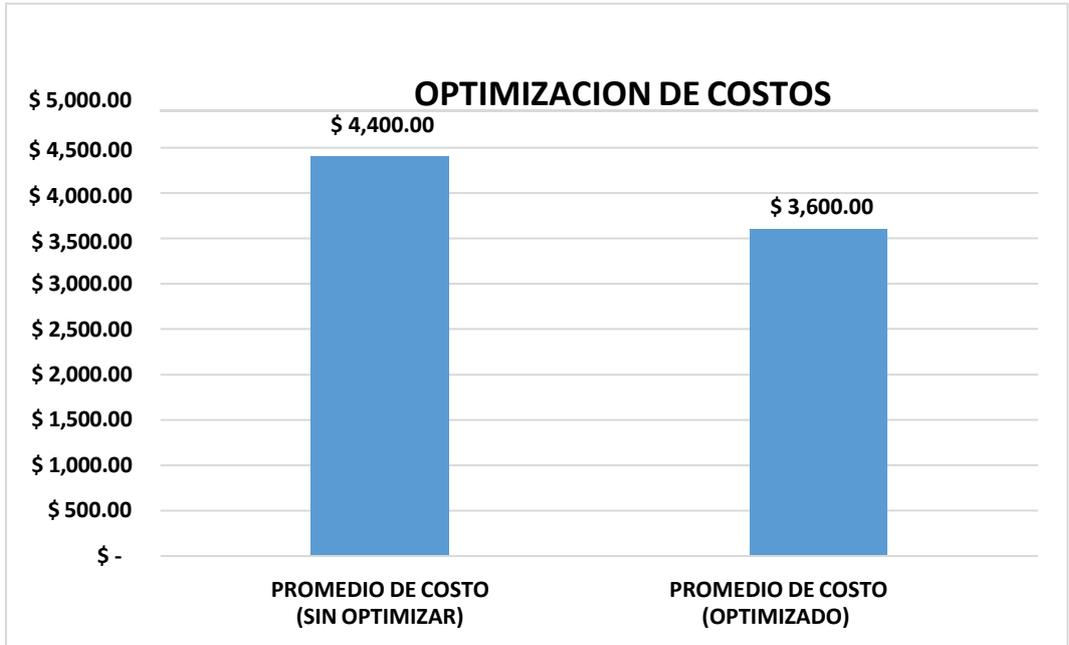


Figura 76 Diferencia de costos en barra (Rpa. (±) 944W).

Nota: Figura que muestra la diferencia de costos en barra (Rpa. (±) 944W).

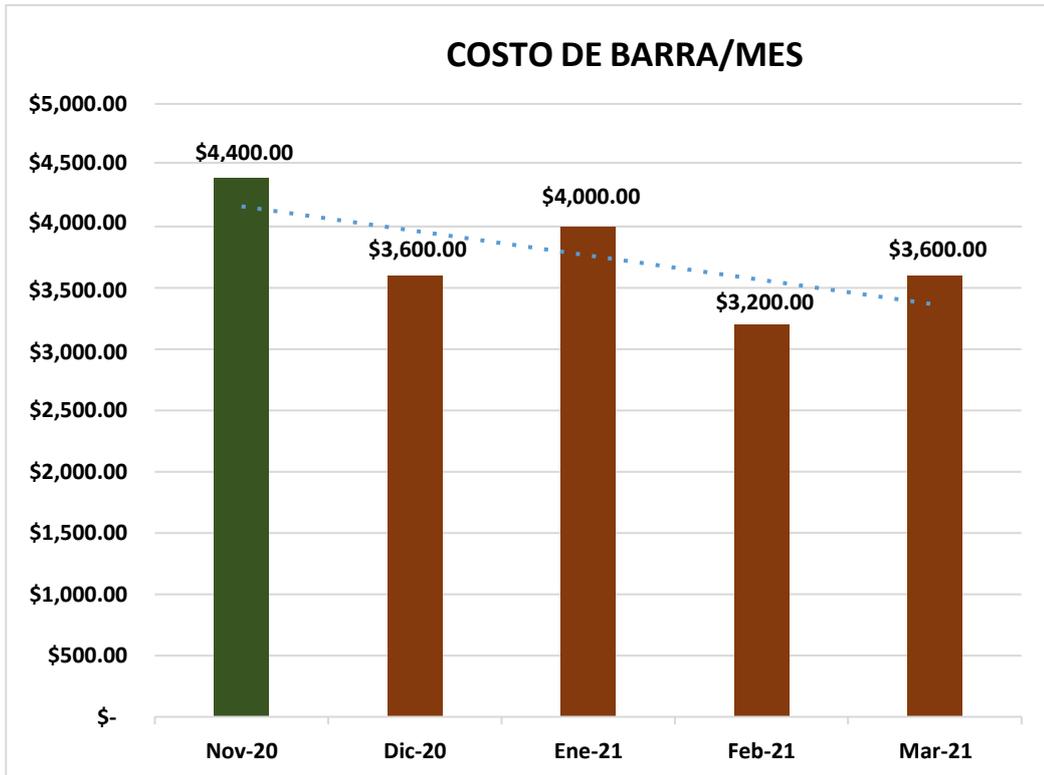


Figura 77 Diferencia de costos en barra por meses (Rpa. (±) 944W).

Nota: Figura que muestra la diferencia de costos en barra por meses (Rpa. (±) 944W).

### Reducción de Costos de Shank

El costo de shank es de \$229, antes del proyecto su consumo era de 7 shanks en el mes de noviembre en la Rpa.(±) 944W a un costo de \$1603 y en los meses siguientes se utilizó un promedio de 6 shanks en la (±) 944W, obteniéndose un costo de \$ 1145 esto debido a la reducción de taladros en la malla de perforación y se optimizó \$ 286.25 por mes. A continuación, se muestran los costos en la Tabla 36 y la diferencia de costos en la *Figura 78* y la optimización de costos por mes en la *Figura 79*.

*Tabla 36* Costo de Shank.

<b>SHANK COP 1838T38x4 35 mm</b>				
<b>MES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PU</b>	<b>TOTAL/ MES</b>	<b>COSTO OPTIMIZADO / MES</b>
<b>NOVIEMBRE</b>	7	\$229.00	\$1,603.00	\$ -
<b>DICIEMBRE</b>	6	\$229.00	\$1,374.00	<b>\$229.00</b>
<b>ENERO</b>	6	\$229.00	\$1,374.00	<b>\$229.00</b>
<b>FEBREO</b>	5	\$229.00	\$1,145.00	<b>\$458.00</b>
<b>MARZO</b>	6	\$229.00	\$1,374.00	<b>\$229.00</b>
<b>COSTO OPTIMIZADO/TOTAL</b>				<b>\$1,145.00</b>

*Fuente:* Área de costos IESA S.A.

*Nota:* Tabla de costos optimizados de shank

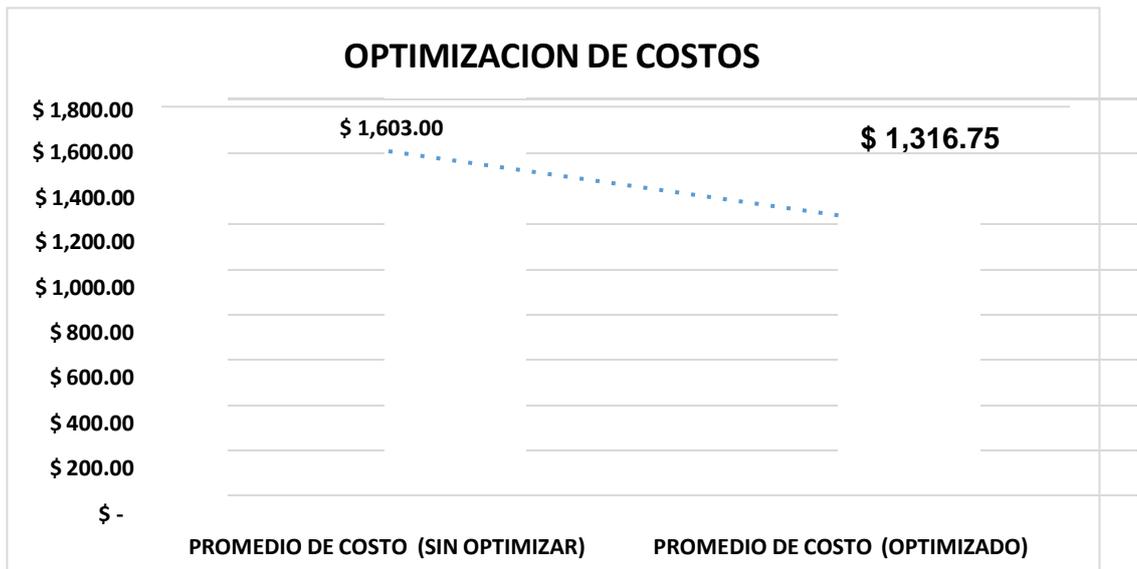


Figura 78 Diferencia de costos en shank (Rpa. (±) 944W).

Nota: Figura que muestra la diferencia de costos en shank (Rpa. (±) 944W).



Figura 79 Diferencia de costos en shank por meses (Rpa. (±) 944W).

Nota: Figura que muestra la diferencia de costos en shank por meses (Rpa. (±) 944W).

**Costo total optimizado de todo el proyecto en aceros de perforación**

El costo total en aceros de perforación es de \$ 45508 y el costo optimizado es de \$6627 en todo el proyecto como se puede visualizar en la gráfica

Tabla 37 Costo optimizado de todo el proyecto.

<b>COSTO TOTAL DE ACEROS DE PERFORACION</b>												
<b>COSTO DE BROCA SR35 BUTTON BIT 45mm</b>				<b>BARRA T38-H35-R35 de 14'</b>				<b>SHANK COP 1838T38x4 35 mm</b>				
<b>MES</b>	<b>CANTID AD</b>	<b>PU</b>	<b>TOTA L/ MES</b>	<b>COSTO OPTIMIZA DO /MES</b>	<b>CANTID AD</b>	<b>PU</b>	<b>TOTAL/ MES</b>	<b>COSTO OPTIMIZA DO/MES</b>	<b>CANTID AD</b>	<b>PU</b>	<b>TOTA L/ MES</b>	<b>COSTO OPTIMIZAD O /MES</b>
<b>NOVIEM BRE</b>	56	\$79. 00	\$4,424. 00	\$ -	11	\$400. 00	\$4,400.00	\$ -	7	\$229. 00	\$1,603. 00	\$ -
<b>DICIEMB RE</b>	46	\$79. 00	\$3,634. 00	<b>\$790.00</b>	9	\$400. 00	\$3,600.00	<b>\$800.00</b>	6	\$229. 00	\$1,374. 00	<b>\$229.00</b>
<b>ENERO</b>	48	\$79. 00	\$3,792. 00	<b>\$632.00</b>	10	\$400. 00	\$4,000.00	<b>\$400.00</b>	6	\$229. 00	\$1,374. 00	<b>\$229.00</b>
<b>FEBREO</b>	44	\$79. 00	\$3,476. 00	<b>\$948.00</b>	8	\$400. 00	\$3,200.00	<b>\$1,200.00</b>	5	\$229. 00	\$1,145. 00	<b>\$458.00</b>
<b>MARZO</b>	46	\$79. 00	\$3,634. 00	<b>\$790.00</b>	10	\$400. 00	\$4,000.00	<b>\$400.00</b>	6	\$229. 00	\$1,374. 00	<b>\$229.00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>240</b>	<b>-</b>	<b>\$18,960 .00</b>	<b>\$3,160.00</b>	<b>48</b>	<b>-</b>	<b>\$19,200.0 0</b>	<b>\$2,800.00</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>\$6,870. 00</b>	<b>\$1,145.00</b>
<b>COSTO OPTIMIZADO</b>											<b>\$7,105.00</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Tabla que muestra el costo total optimizado en el proyecto de investigación.

## CONCLUSIONES

Luego de obtener los resultados en el siguiente proyecto se llega a las siguientes conclusiones.

1. Con el adecuado control, afilado de brocas y reducción de número de taladros en nuestra malla de perforación se optimizó en consumo de las brocas de perforación de SR35 Button Bit 45 mm obteniendo una mejora en el elevado costo, reduciendo un promedio de 10 brocas por mes, logrando optimizar \$ 3,160.00 dólares en el proyecto solo por brocas.
2. El adecuado control y la reducción de número de taladros en nuestra malla de perforación optimizó en consumo de barras de perforación T38- H35-R35 de 14', reduciendo un promedio de 2 barras por mes, logrando optimizar \$ 3,200.00 dólares durante todo el proyecto.
3. De la misma manera se optimizó el consumo de shank COP 1838T38X4 35 mm con el buen control de uso y la reducción de taladros reduciendo 5 unidades de shank en todo el proyecto y un costo optimizado de \$ 1,145.00 dólares.
4. El rendimiento que se obtuvo durante el proyecto entre barra y shank es de 397581.878 metros con 47 unidades de barras y 30 unidades de shank.
5. El rendimiento que se obtuvo durante el proyecto de brocas es de 365471.797 metros y de brocas afiladas es 33280.6719 metros con un total de 240 brocas en todo el proyecto.
6. El rendimiento obtenido de broca rimadora es 30992 metros con un consumo de 20 unidades durante todo el proyecto.
7. Por lo que podemos concluir que el buen control de los aceros, implementación de una afiladora y la reducción de número de taladros en nuestra malla de perforación, optimiza en consumo de brocas SR35 Button Bit 45 mm, barras T38-H35-R35 de 14', shank COP 1838T38X4 35 mm nos permite generar una reducción de costos, esto implica que la tesis es rentable

## RECOMENDACIONES

Como los resultados del análisis técnico en la reducción y optimización de costos en aceros de perforación es una mejora para la empresa es necesario continuar con las capacitaciones al área de operaciones, con el fin de mantener la cultura de la optimización del demasiado consumo de aceros de perforación

1. Continuar con el buen control de aceros de perforación y con ello garantizar que llegue a la vida útil.
2. Continuar con el afilado de brocas de perforación y realizar constante capacitación a toda el área de operaciones.
3. Continuar trabajando con menor número de taladros para una roca tipo III con caliza gris y negra para así reducir demasiado consumo de barras y shank.
4. Coordinar monitoreo periódico con el técnico de Epiroc en los equipos de perforación para garantizar un eficiente desempeño.
5. Realizar seguimiento al consumo de aceros por semana, por mes y evaluar su rendimiento por pies perforados.
6. A todo el personal de operaciones tomar cada una de las recomendaciones para garantizar una óptima vida útil de los aceros de perforación, por ello representa en todo aspecto una reducción de costos

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, H. . E. K. (2012). *Aspects of Evaluating Mining Projects*.
- Altamirano Condor, Á. (2014). Diseño de tronadura en una fase-aplicación a minería continua-CODELCO-División Andina.
- Aparco Huillcas, A., & Garcia de la Cruz, J. A. (2019). OPTIMIZACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS ACEROS DE PERFORACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN MINA SAN VICENTE-CIA. SAN IGNACIO DE MOROCOCHA SAA AÑO 2018.
- Aranda, D. (2019). Evaluación Técnica - Económica del Proyecto Minero Utcuyacu 2016. 98.
- Arroyo, P., & Vásquez, R. (2005). Ingeniería Económica ¿Cómo medir la rentabilidad de un proyecto”? In NASPA Journal (Vol. 42, Issue 4).
- Baca, G. (2009). Evaluacion de proyectos. 5 edicion. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Bernaola Alonso, J., Castilla Gómez, J., & Herrera Herbert, J. (2013). Perforación y voladura de rocas en minería.
- Blanchard, O. (2012). Macroeconomía (S. A. Perason Educación (ed.)).
- Bogdanovic, D., Nikolic, D., & Ivana, I. (2012). Mining method selection by integrated AHP and PROMETHEE method. Anais Da Academia Brasileira de Ciencias, 84(1), 219–233. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652012005000013>
- Brennan, M. J., & Schwarts, E. S. (1985). Evaluating Natural Resource Investments. The Journal of Business. <http://www.jstor.org/journals/ucpress.html>.
- Buendía, C. J. (2021). Implementación del método de explotación corte y relleno ascendente en vetas angostas en el tajo Carmelita de la Mina Toctopata – Andahuaylas.
- Carrasco, S. (2005). Metodología de la investigación científica. Lima: San Marcos.

- Chavez, F. E. (2018). Metodología de perforación y voladura controlada en la construcción del nivel 660, para evitar la sobre excavación en la mina Acchilla, U.E.A. Julcani, Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., 2018. Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, 1, 1–127.  
file:///C:/Users/MEY/Downloads/T033\_46655702\_T.pdf
- Concha Cuadros, R., & Tarifa Huillca, E. (2020). Reducción y optimización de costos en perforación y voladura implementando barrenos de 16 pies para labores de desarrollo en la UO Inmaculada-Sociedad Minera Ares SAC.
- EPIROC. (2018). Herramientas para Perforación de Roca.EXSA. (2015). Manual Práctico de Voladura.
- Foo, N., Bloch, H., & Salim, R. (2018). The optimisation rule for investment in mining projects. *Resources Policy*, 55, 123–132.  
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2017.11.005>
- Garrido, A. (2007). Diagnostico y Optimización de Disparos en desarrollo horizontal Mina el Teniente. Santiago de Chile: UC.
- Gomez Roca, J. R. (2017). “Reducción de costos de explotación mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura en la mina Huancapeti.” 116.  
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2198>
- Herman, G., & Brion Andrade, H. (2015). Introducción a la Ingeniería de Túneles- Caracterización, Clasificación y Análisis Geomecánico del Maciso Rocos. Ecuador.
- Hernández-Sampieri, R. (2010). Metodología de la investigación (Mc Graw Hill (ed.); Quinta edi).
- Holmberg, R. (1993). Rock blasting and explosives engineering crc press. UnitedStates of America.
- Jáuregui Aquino, O. A. (2009). Reducción de los costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura.

- Kerlinger, F., & Lee, H. B. (2002). Investigación del comportamiento (cuarta edición ed.). Mc Graw Hill. Mexico.
- Konya, C. J. (1995). Blast design. Intercontinental Development.
- Laura, H. (2014). Implementación del método corte y relleno ascendente semimecanizado para mejorar la productividad en Mina Julcani, Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. Universidad Nacional Del Centro Del Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5992>
- Leland Blank, A., & Anthony Tarquin, P. E. (2005). Engineering economy.
- Lind, D. A., Marchal, W. G., Wathen, S. A., Obón León, M. del P., & León Cárdenas, J. (2012). Estadística aplicada a los negocios y la economía. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Lind, D. A., Marchal, W. G., Wathen, S. A., Obón León, M. del P., & León Cárdenas, J. (2015). Estadística aplicada a los negocios y la economía. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- López Jimeno, C., López Jimeno, E., & García Bermúdez, P. (2003). Manual de perforación y voladura de rocas. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Mendieta, M. K. (2019). Aplicación del método holmberg para optimizar la mallade perforación y voladura en la galería 218 NW, nivel 610-mina Acchilla, UEA Julcani, compañía de minas Buenaventura SAA.
- Mete, M. (2014). Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión.
- More, G. (2021). Evaluación económica financiera del proyecto minero crucero 690w corredor sur (nivel 1515) en la Unidad Minera San Vicente de la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A. Elseiver. [http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2484/T033\\_45522655\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2484/T033_45522655_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ore Acuña, C. R. (2019). Optimización del uso de aceros de perforación para el método

- de minado Bench and Fill en la Veta Mary unidad minera Carahuacra de  
Volcan Compañía Minera S.A.A.  
<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/148984/Preparacion-minera-con-equipos-autonomos-y-semiautonomos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pino, R. (2018). Metodología de la investigación: Elaboración de diseños para contrastar hipótesis. San Marcos.
- Pulgar, J. (1967). Geografía del Perú. Las ocho regiones naturales. Lima: Ausonia.
- Reyes Marroquin, P. B. (2019). "Reducción de costos operativos por medio del control de indicadores en el proceso de perforación y voladura en Minera Yanaquihua S.A.C. 1–80.
- Rodriguez Mejía, R., Cueva Tintaya, E., & Carlotto Caillaux, V. (2011). Geología del Cuadrángulo de Cerro de Pasco, hoja 22-k. Ingemmet.
- Salazar, F. C. (2016). Evaluación económica para explotación de arcillas tipo caolinita en la concesión minera Rumicucho, centro poblado Huayrapongo, distrito de Llacanora, provincia y departamento de Cajamarca, 2016. Universidad Privada Del Norte, 358. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20500.12692/47084>
- SANDVIK. (2020). Herramientas de perforación - barra.
- Sapag, N. C. (2011). Proyectos de inversión. Formulación y evaluación (P. Educación (ed.); Segunda ed).
- Urquiza Apaza, H. E. (2019). Análisis del Consumo de Barrenos y Brocas en Corporación Minera Ananea S.A. Tesis, 1–168.  
[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapa\\_za\\_Mamani\\_Joel\\_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapa_za_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Zenteno, F. (2019). La inversión pública y el crecimiento económico en la Región Pasco, 2008-2018. Universidad Nacional de Ingeniería, 505. [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1130/1/lopez\\_gj.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1130/1/lopez_gj.pdf)

## **ANEXOS**

## **Matriz de consistencia**

**Matriz de consistencia**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b> ¿Cómo influye la reducción y optimización los costos operativos en aceros de perforación en la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b> Lograr la Reducción y optimización de costos operativos en aceros de perforación en la rampa en de la Empresa Especializada IESA S.A. -Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource.</p>	<p><b>HIPOTESIS GENERAL:</b> Se optimizará el consumo de aceros de perforación con la finalidad de minimizar los costos de perforación en la Empresa Especializada IESA S.A. -Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> <b>Variable independiente</b> X=Optimización de aceros de perforación en la Rpa. (±)944 W de la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource. <b>Variable dependiente:</b> Y= Minimizar costos de aceros de perforación en la Rpa. (±)944W de la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource.</p>	<p>X1= Optimizar costos por buen control en la vida útil de broca y barra de perforación en la Rpa. (±)944 W de la Empresa Especializada IESA S.A. -Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource X2= Optimizar costos porafilado de brocas en la Rpa. (±)944 W de la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource. X3= Optimizar costos por Menor número de taladros en la malla de perforación en la Rpa. (±)944 W de la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource. Y1= Valor Actual Neto de la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource (VAN) Y2= Tasa Interno de Retorno de la Empresa</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS:</b> a) ¿Cómo influye el buen control en la vida útil de broca y barra de perforación en la reducción de costos en aceros de perforación en la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource?</p>	<p><b>OBJETIVO ESPECIFICO:</b> a) Cumplir el buen control en la vida útil de broca y barra de perforación en la reducción de costos en aceros de perforación en la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource.</p>	<p><b>HIPOTESIS ESPECIFICAS:</b> a) El buen control en la vida útil de broca y barra de perforación ayuda significativamente en la reducción de costos en aceros de perforación en la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource</p>	<p><b>VARIABLES SECUNDARIO 1:</b> <b>Variable independiente:</b> buen control en la vida útil de broca y barra de perforación para reducir costos en la Rpa. (±)944 W de la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource <b>Variable dependiente:</b> Alcanzar el máximo tiempo de vida útil de broca y barra de perforación en la Rpa. (±)944 W de la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource</p>	<p>X3= Optimizar costos por Menor número de taladros en la malla de perforación en la Rpa. (±)944 W de la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource. Y1= Valor Actual Neto de la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource (VAN) Y2= Tasa Interno de Retorno de la Empresa</p>

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>
b) ¿Cómo influye el afilado de brocas en la vida útil para reducir costos en brocas de 45mm de perforación en la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource?	b) Cumplir con el estándar de afilado de brocas para incrementar la vida útil para así poder reducir costos en brocas de 45mm de perforación en la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource	b) El afilado de brocas incrementa la vida útil y reduce significativamente costos en brocas de 45mm de perforación en la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource.	<b>VARIABLE SECUNDARIO 2:</b> <b>Variable independiente:</b> Afilado de brocas de 45mm en la Rpa. (±)944 W de la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource <b>Variable dependiente:</b> Alcanzar el máximo tiempo de uso de brocas de perforación en la Rpa. (±)944 W de la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource.	Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource (TIR).
c) ¿cómo influye al disminuir número de taladros en nuestro diseño de malla de perforación, reemplazando emulex 45 por emulex 65 para reducir costos en aceros de perforación en la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource?	c) disminuir número de taladros en nuestro diseño de malla de perforación, reemplazando emulex 45 por emulex 65 para reducir costos en aceros de perforación en la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource	c) Al disminuir número de taladros en nuestro diseño de malla de perforación por causa de cambio de explosivo que es reemplazando emulex 65 por emulex 45, influye a reducir costos en aceros de perforación en la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource	<b>VARIABLE SECUNDARIO 3:</b> <b>Variable independiente:</b> Menor número de taladros en la malla de perforación en la Rpa. (±)944 W de la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource. <b>Variable dependiente:</b> Alcanzar menor consumo de brocas y barras de perforación en la Rpa. (±)944 W de la Empresa Especializada IESA S.A. - Unidad Minera Atacocha S.A. - Nexa Resource	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 38 Base de datos para la prueba de hipótesis.

<b>ACCESORIO</b>	<b>DISCRIPCION</b>	<b>Nov-20</b>	<b>Dic-20</b>	<b>Ene-21</b>	<b>Feb-21</b>	<b>Mar-21</b>	<b>TOTAL</b>
90515737	Barra T38-H35-R35 de 14'	11	9	10	8	9	<b>47</b>
90516120	Shank cop 1838t38x435 mm	7	6	6	5	6	<b>30</b>
90030016	Broca R32 x 45 mm	56	46	48	44	46	<b>240</b>
90029807	Broca Rimadora de 4"	4	4	4	4	4	<b>20</b>
<b>PIES PERFORADOS</b>		<b>79404</b>	<b>71864</b>	<b>74256</b>	<b>67080</b>	<b>71864</b>	<b>364468</b>
<b>RENDIMIENTO</b>	<b>PIES PERFORADOS RIMADOS</b>	<b>0</b>	<b>5460</b>	<b>5877</b>	<b>5957</b>	<b>5590</b>	<b>22884</b>
650 0	BARRA	7218.5455	7984.889	7425.6	8385	7984.88888	<b>7799.78</b> <b>5</b>
10500	SHANK.	11343.429	11977.33	12376	13416	11977.3333	<b>12218.0</b> <b>2</b>
130 0	BROCA.	1417.9286	1562.261	1547	1524.54545	1562.26087	<b>1522.79</b> <b>9</b>
120 0	RIMADORA	1560	1560	1612	1456	1560	<b>1549.6</b>
	BROCA AFILADO	0	134.0217	142	135.090909	143.565217	<b>138.669</b> <b>5</b>

**Instrumentos De Recolección De Datos:**

## Instrumentos de recolección de datos.

Tabla 39 Control de avance diario.

 <b>CONTROL DE AVANCE IESA - Noviembre 2020</b>													
NIVEL	FASE		LABOR	SECC. (Ancho)	SECC. (Altura)	PROG. MES (Mt)	EJEC. MTS	CUMPL. %	P.U	VENTA A LA FECHA	EJEC. (a 3.5 Mts)	Nº DE DISPAROS	
	Desarrollo		1	Rpa.(+) 944W	4.5	4.0	210.0	211.6	100.8%	540.42	\$ 114,353	0.0	60
	Desarrollo		1	Rpa.(-) 944W	4.5	4.0	210.0	211.1	100.5%	540.42	\$ 114,083	0.0	60
<b>TOTAL AVANCES</b>							<b>420.0</b>	<b>422.7</b>	<b>100.6%</b>		<b>\$228,436</b>	<b>0.00</b>	<b>120</b>
<b>TOTAL AVANCE DIARIO</b>							<b>420.0</b>	<b>422.7</b>	<b>100.6%</b>		<b>\$228,436</b>	<b>0.0</b>	<b>120.0</b>

Tabla 40 Control de tiempo de perforación.

CONTROL DE TIEMPO DE PERFORACION POR TALADROS				PROMEDIO
		TIPO DE ROCA	IV RMR ( 25- 45) SUAVE	
		SECCION	4.5X 4	
		EQUIPO	DD321	
N°		TALADROS	TIEMPO 14 PIES/ Min	
1	Alivio			
2	Alivio			
3	Alivio			
4	Alivio			
5	T. Aranque			
6	T. Aranque			
7	T. Aranque			
8	1° T. ayuda de Aranque			
9	1° T. ayuda de Aranque			
10	1° T. ayuda de Aranque			
11	1° T. ayuda de Aranque			
12	2° ayudas de arranque			
13	2° ayudas de arranque			
14	2° ayudas de arranque			
15	2° ayudas de arranque			
16	3° ayudas de arranque			
17	3° ayudas de arranque			
18	3° ayudas de arranque			
19	4° ayudas de arranque			
20	4° ayudas de arranque			
21	ayuda de corona			
22	ayuda de corona			
23	Corona			
24	Corona			
25	Corona			
26	Corona			
27	Corona			
28	cuadradores			
29	cuadradores			
30	cuadradores			
31	cuadradores			
32	ayuda de arraste			
33	ayuda de arraste			
34	Arrastre			
35	Arrastre			
36	Arrastre			
37	Arrastre			
38	Arrastre			
	TOTAL			
PROMEDIO TALADRO 45MM				
PROM.TAL.RIMADOS 102MM				
PROMEDIO TOTAL				



Tabla 44 Formato de orden de trabajo.

Tipo: Formato		Código: MCP-OPE-PR012.F01			
ORDEN DE TRABAJO		Versión: 01			
		Página: 1 de 1			
LUGAR DE TRABAJO	ÁREA	FECHA	GUARDIA		
SUPERVISOR	JEFE DE GUARDIA				
<b>RELACIÓN DE TRABAJADORES</b>					
<b>TRABAJOS A DESARROLLAR</b>			<b>CROQUIS</b>		
<b>OBSERVACIONES:</b>					
JEFE DE GUARDIA			SUPERVISOR		

Tabla 45 Formato de IPERC continuo.

Tipo: Formato		Código: MCP-SEG-PR003.F01																	
IPERC CONTINUO		Versión: 01																	
		Página: 2 de 2																	
<b>GRAVEDAD / SEVERIDAD</b>		<b>MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS</b>					<table border="1"> <tr> <th>NIVEL DE RIESGO</th> <th>NIVELES DE CONTROL REQUERIDO</th> <th>PLAZO</th> </tr> <tr> <td>CRITICO</td> <td>BLOQUEO FISICO, EPP ADECUADO A LA ACTIVIDAD, PROCEDIMIENTO, PETAR, ATS, ENTRENAMIENTO Y AUTORIZACIÓN, REQUIERE ACOMPAÑAMIENTO DEL SUPERVISOR.</td> <td>INMEDIATO</td> </tr> <tr> <td>MEDIO</td> <td>PROCEDIMIENTO, PETAR, ATS, ENTRENAMIENTO Y AUTORIZACION.</td> <td>PETAR, ATS INMEDIATO</td> </tr> <tr> <td>BAJO</td> <td>USO DE EPP ADECUADOS A LA ACTIVIDAD.</td> <td>INMEDIATO</td> </tr> </table>	NIVEL DE RIESGO	NIVELES DE CONTROL REQUERIDO	PLAZO	CRITICO	BLOQUEO FISICO, EPP ADECUADO A LA ACTIVIDAD, PROCEDIMIENTO, PETAR, ATS, ENTRENAMIENTO Y AUTORIZACIÓN, REQUIERE ACOMPAÑAMIENTO DEL SUPERVISOR.	INMEDIATO	MEDIO	PROCEDIMIENTO, PETAR, ATS, ENTRENAMIENTO Y AUTORIZACION.	PETAR, ATS INMEDIATO	BAJO	USO DE EPP ADECUADOS A LA ACTIVIDAD.	INMEDIATO
NIVEL DE RIESGO	NIVELES DE CONTROL REQUERIDO	PLAZO																	
CRITICO	BLOQUEO FISICO, EPP ADECUADO A LA ACTIVIDAD, PROCEDIMIENTO, PETAR, ATS, ENTRENAMIENTO Y AUTORIZACIÓN, REQUIERE ACOMPAÑAMIENTO DEL SUPERVISOR.	INMEDIATO																	
MEDIO	PROCEDIMIENTO, PETAR, ATS, ENTRENAMIENTO Y AUTORIZACION.	PETAR, ATS INMEDIATO																	
BAJO	USO DE EPP ADECUADOS A LA ACTIVIDAD.	INMEDIATO																	
Catastrófico	64	2048	1024	512	256	128													
Fatalidad / Crítico	32	1024	512	256	128	64													
Serio / Permanente	16	512	256	128	64	32													
Temporal / Marginal	8	256	128	64	32	16													
Menor / No Significativo	4	128	64	32	16	8													
		32	16	8	4	2													
		Común / Regular	Ha Sucedido / Probable	Podría Suceder / Poco común	Raro que suceda	Prácticamente Imposible que suceda													
<b>FRECUENCIA / PROBABILIDAD</b>																			
<b>ITEM</b>	<b>4. RIESGO PURO</b>				<b>5. Controles</b>		<b>6. RIESGO RESIDUAL</b>												
PELIGRO	RIESGO	C	M	B			C	M	B										
<p>(* Si la tarea presenta riesgos que no puede controlar, <b>NO INICIE</b> la actividad y comunique a su Jefe.)</p> <p>RECOMENDACIONES DEL SUPERVISOR / LÍDER DEL ÁREA</p> <p>SE LIBERA EL ÁREA PARA EFECTUAR EL TRABAJO.</p>																			
FIRMA DEL SUPERVISOR / LÍDER DEL ÁREA RESPONSABLE POR LA LIBERACIÓN DEL ÁREA					FIRMA DEL TRABAJADOR														

Tabla 46 Formato de checklist jumbo.

Tipo:Formato		Código:IE-SEG-PR002 F09			
<b>CHECK LIST DE JUMBO</b>		Versión:03			
		Página:1			
<b>OPERADOR</b>					
<b>DESCRIPCION DEL EQUIPO</b>					
<b>FECHA:</b>					
	<b>DIESEL</b>	<b>PERCUSION</b>	<b>COMPRESOR</b>	<b>ELECTRICO</b>	
<b>H. INICIAL</b>					
<b>H. FINAL</b>					
<b>SUPERVISOR RESPONSABLE:</b>					
<b>ITEM</b>	<b>EQUIPO EN GENERAL</b>	<b>B</b>	<b>R</b>	<b>M</b>	<b>OBSERVACION</b>
<b>1</b>	<b>FUNCIONAMIENTO DE LOS INTERRUPTORES DE PARADA DE EME</b>				
<b>2</b>	Revisar luces de trabajo				
<b>3</b>	Revisar el funcionamiento de la circulina				
<b>4</b>	Revisar el funcionamiento de losrelojes indicadores				
<b>5</b>	Revisar el tablero de perforacion				
<b>6</b>	Revisar fugas de aceite de los sistema hidraulico y motor				
<b>7</b>	Revisar y ajuste perno de los componente del jumbo				
<b>8</b>	Revisar el estado de la maguerrasy conexiones				
<b>9</b>	Revisar las manometro de los sistema de trabajo				
<b>10</b>	Condicion del equipo en lavado de la contraguardia				
<b>11</b>	Revisar el esta del cable electrico de 440v				
<b>12</b>	Revisar el estado del tablero electrico				
<b>13</b>	Revisison de los neumaticos y presione				
<b>14</b>	Revisar el esta de la maquera de barrido				
<b>15</b>	Revisar los puntos de engrase,aumentar grasa si es necesario				
<b>ITEM</b>	<b>MOTOR DIESEL</b>				
<b>1</b>	Revise el nivel de aceite del motor				
<b>2</b>	Limpieza del filtro de admision				
<b>3</b>	Drenar el agua del combustible				
<b>4</b>	Revisar el estado de lafajas				
<b>5</b>	Revisar el buen funcionamiento de la ventiladora				
<b>9</b>	Revisa el nivel de combustible				
<b>7</b>	Buen funcionamiento del horometro				
<b>ITEM</b>	<b>COMPRESORA</b>				
<b>1</b>	Limpieza del filtro de compresora				
<b>2</b>	Drenar el agua del compresora				
<b>3</b>	Revise el manometro de compresora				
<b>4</b>	Revise el buen funcionamiento de la compresora				
<b>ITEM</b>	<b>COMPONENTES DEL EQUIPO DE PERCUSION</b>				
<b>1</b>	Revise el estado de la perforadora				
<b>2</b>	Revise el estado de la magueras				
<b>3</b>	Revise el estado del cable de retorno y de avance				
<b>4</b>	Revise el estado del shank y cuple las roscas (hilo)				
<b>5</b>	Revise el estado el acumuladores				
<b>9</b>	Revisa el estado de los postisos				
<b>7</b>	Revise el estado de los cilindros				
<b>8</b>	Revise el nivel de aceite de lubricacion				
<b>9</b>	Drenar el agua del tanque hidraulico				
<b>10</b>	<b>OBSERVACION DEL OPERADOR</b>				
<b>FIRMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO</b>		<b>FIRMA DEL OPERADOR</b>			
<b>FIRMA SUPERVISOR</b>		<b>V". B" DPTO. SEGURIDAD IESA. S.A.</b>			

**Mapas.**

Mapas.

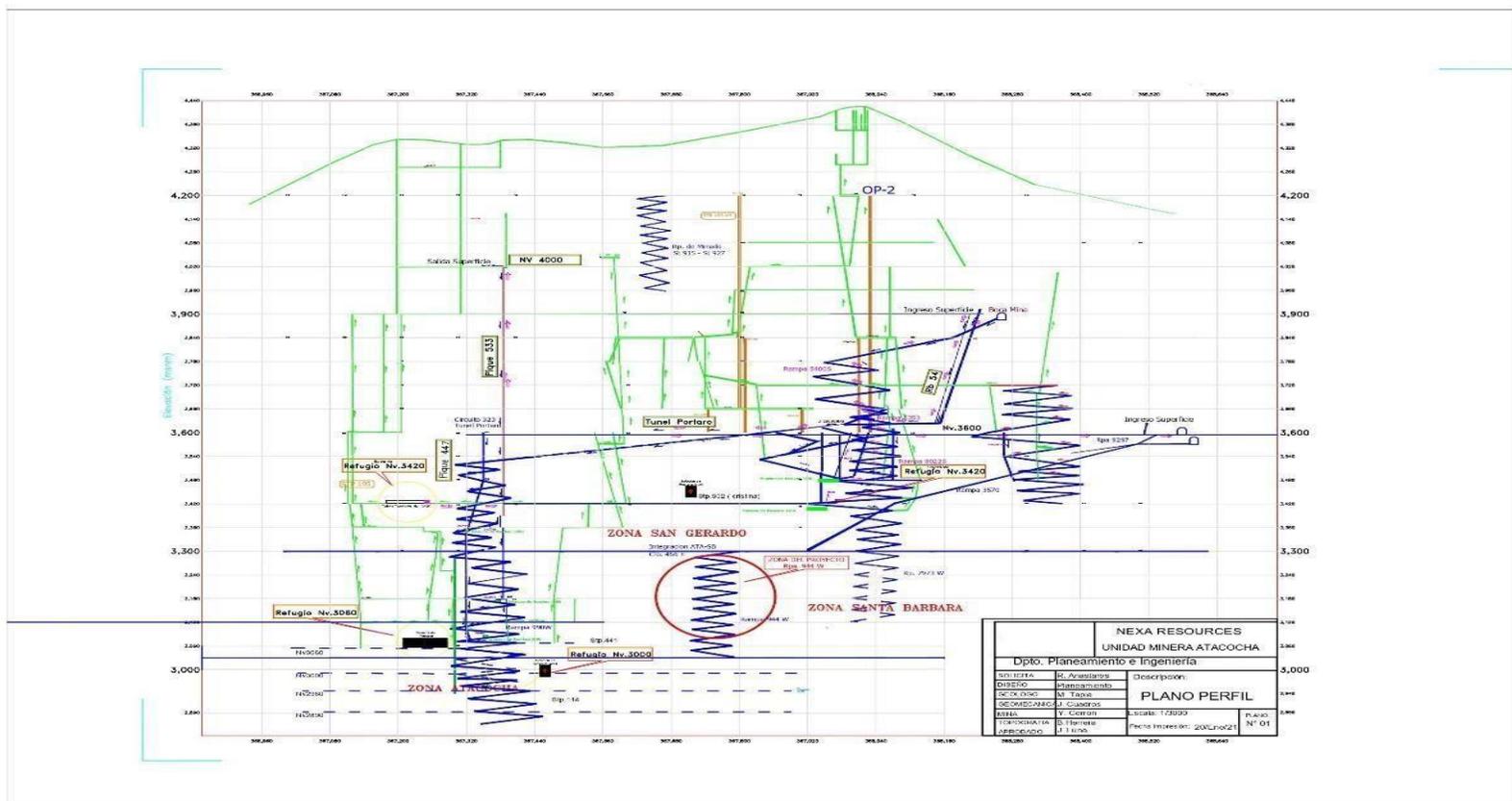


Figura 80 Perfil de la Unidad Minera Atacocha.

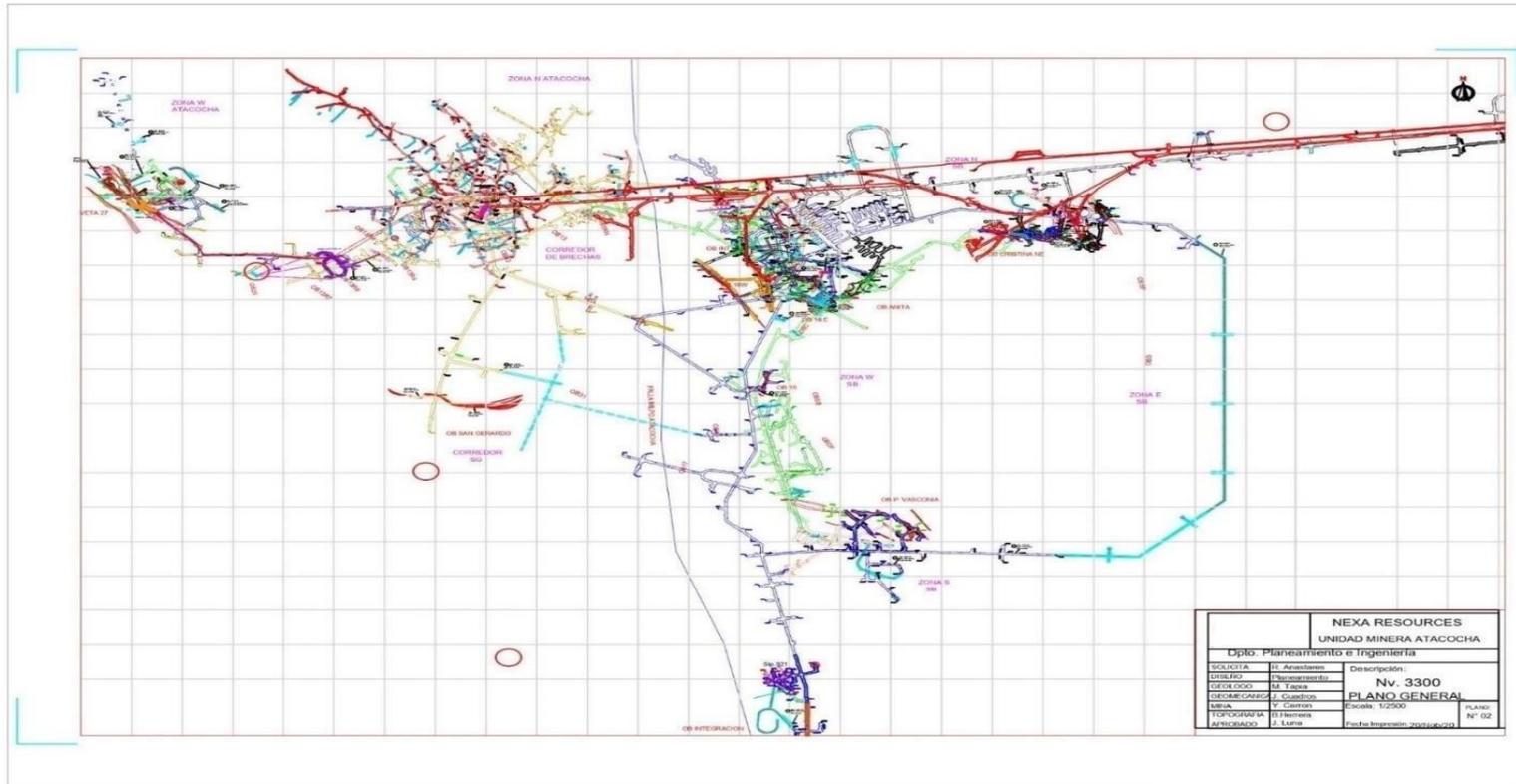


Figura 81 Figura general del Nv. 3300.

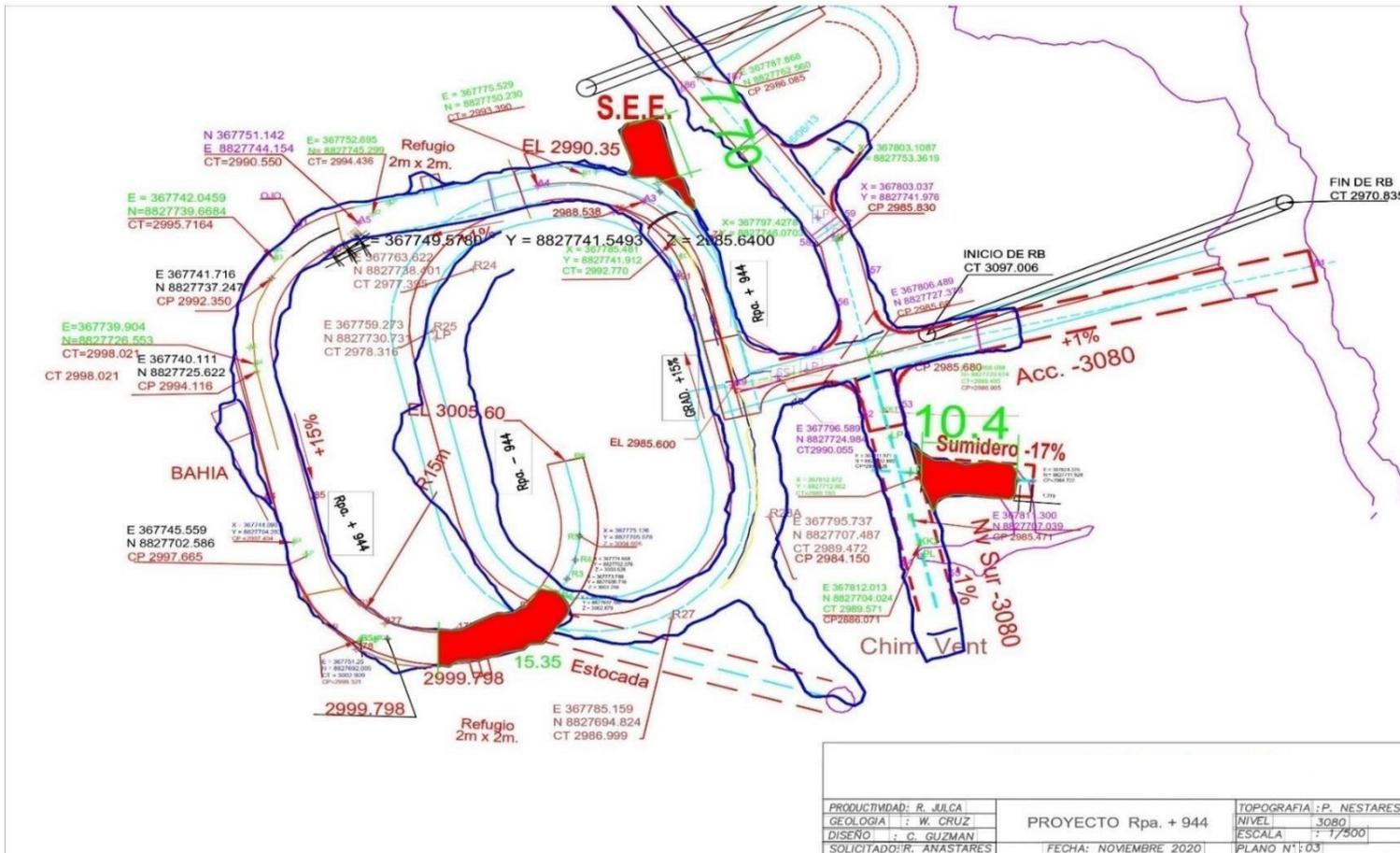


Figura 82 Figura del proyecto Rpa. 944 w en el Nv. 3080



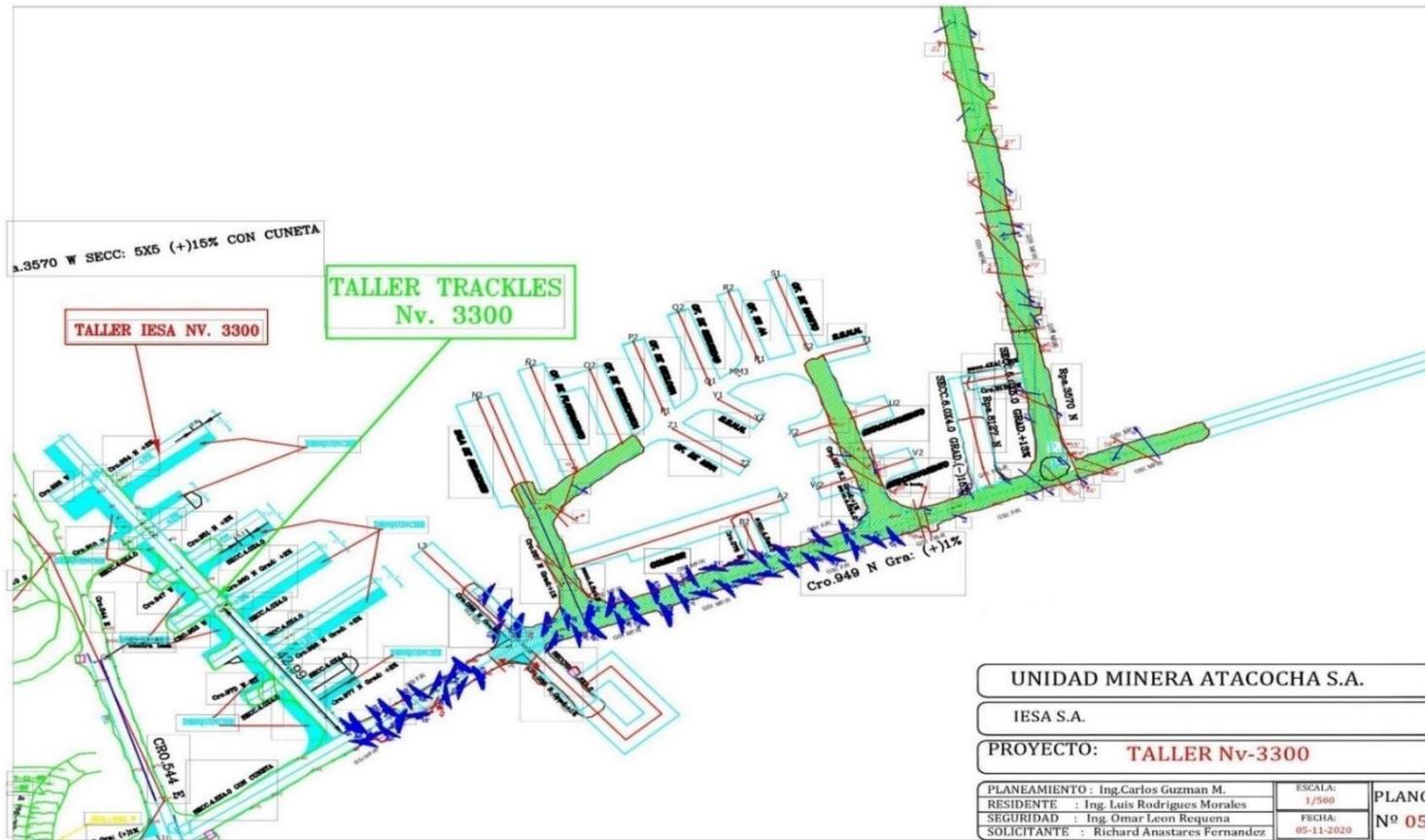


Figura 84 Taller Trackles del NV. 3300.

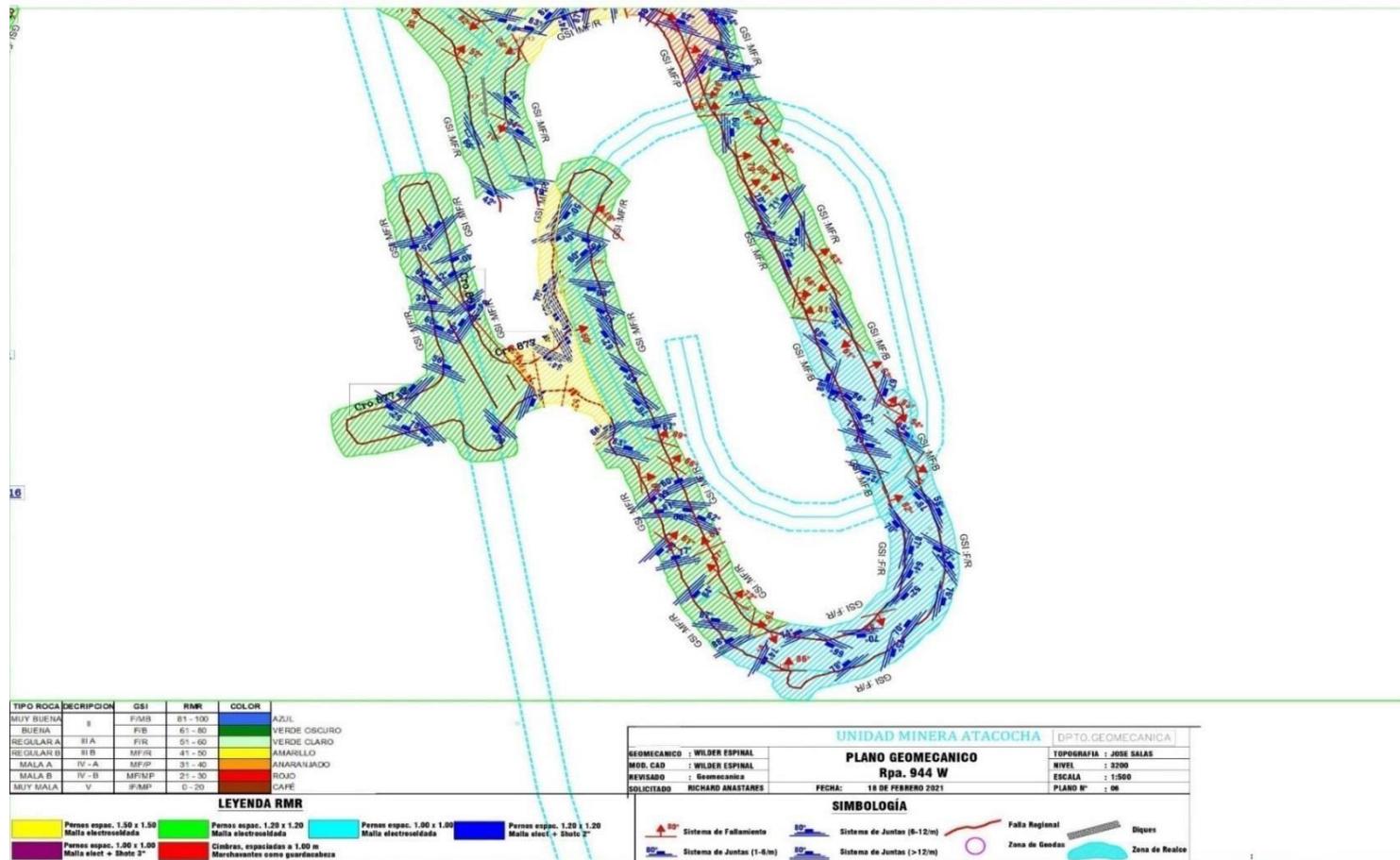


Figura 85 Figura Geomecanico de la Rpa. 944 en el Nv. 3080

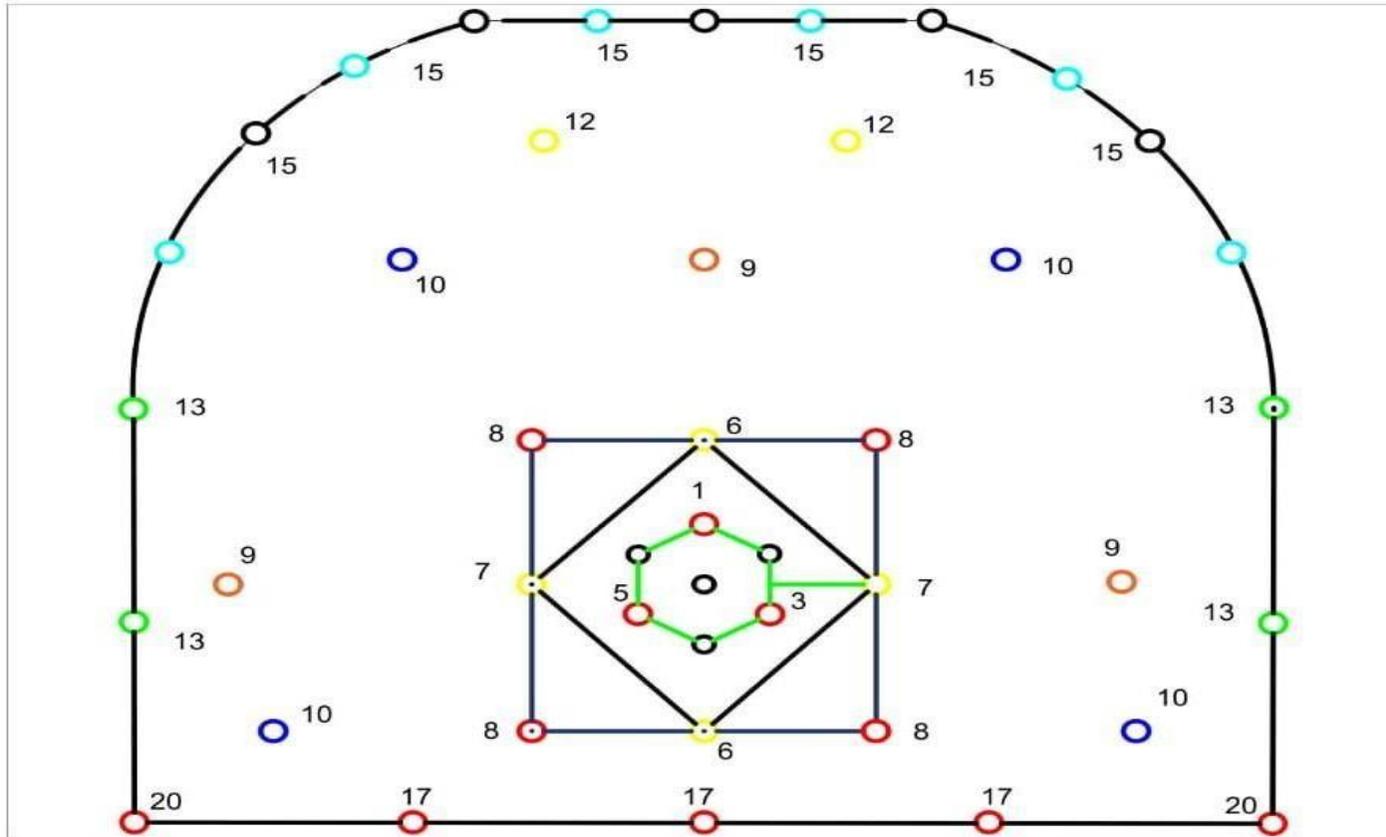


Figura 86 Figura de malla de perforación en frentes para tipo de roca IV.

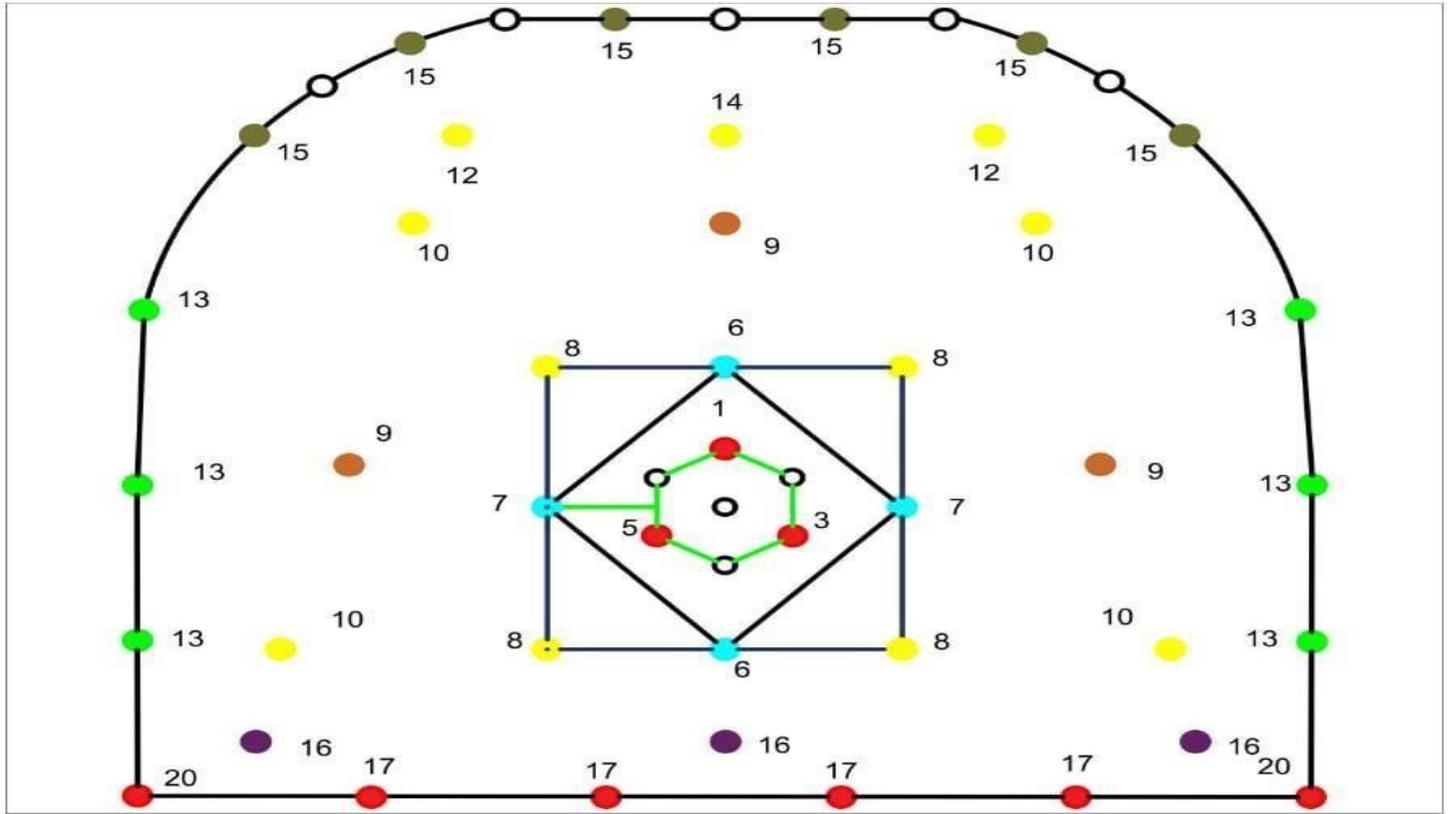


Figura 87 Malla de perforación en frentes para tipo de roca III.

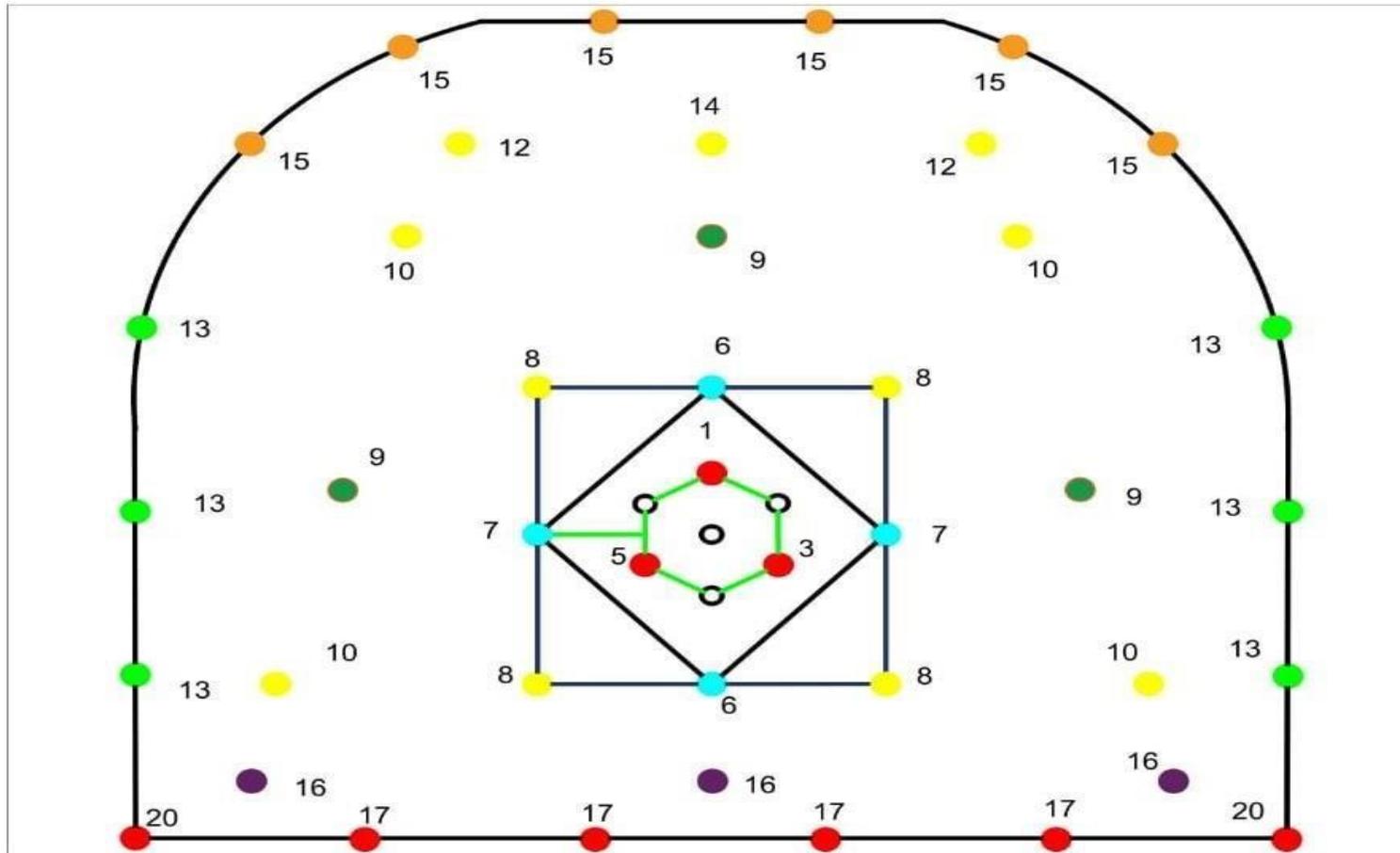


Figura 88 Figura de malla de perforación para un tipo de roca III en el proyecto.

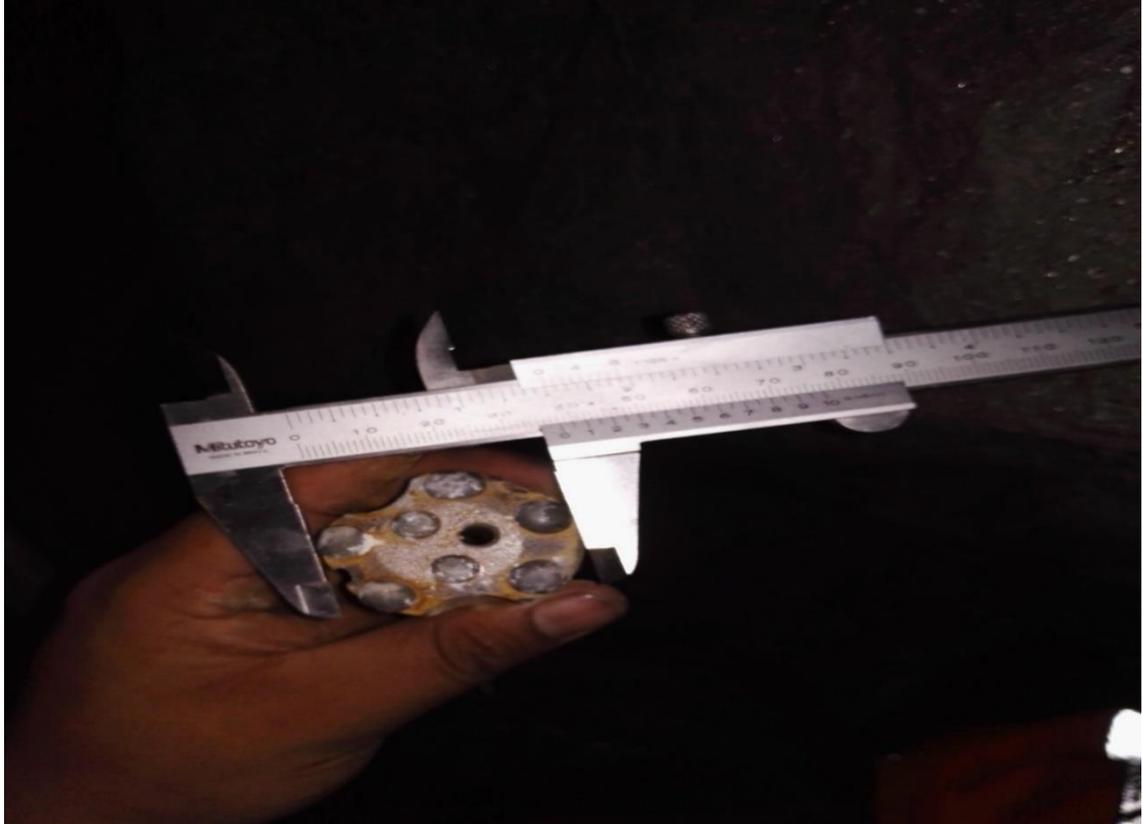
**Fotografías de la Unidad Minera Atacocha S.A.**



*Figura 89 Frente de perforación con Jumbo de 2 brazos.*



*Figura 90 Frente de perforación con Jumbo de 1 brazo.*



*Figura 91 Medición de broca con vernier en campo.*



*Figura 92 Medición de brocas con vernier en jumbo*



*Figura 93 Comparación de brocas usada y nueva.*



*Figura 94 Armado de caña para voladura controlada.*



*Figura 95 Carguío de frente de la Rpa 944.*

*Fuente: Unidad Minera Atacocha S.A.*