

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Industrial**



**“OPTIMIZACION DE TIEMPOS PARA INCREMENTAR LA  
PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE LANZADO DE SHOTCRETE DE LA  
EMPRESA ZICSA CONTRATISTAS GENERALES S.A., AREQUIPA 2020”**

Tesis presentada por la Bachiller:

**Bedregal Guevara, Yoselyn Shirley**

Para optar el Título Profesional de

**Ingeniera Industrial**

Asesora:

**Ing. Tupayachi Quispe, Danny Pamela**

Arequipa - Perú

2020

ESCUELA DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL



**INFORME DICTAMINATORIO**  
**DE BORRADOR DE TESIS**

VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO: “OPTIMIZACION DE TIEMPOS PARA  
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE LANZADO DE  
SHOTCRETE DE LA EMPRESA ZICSA CONTRATISTAS GENERALES S.A.  
AREQUIPA 2020\_

PRESENTADO POR EL(LA) BACHILLER (ES) :

\_Yoselyn Shirley, Bedregal Guevara\_

NUESTRO DICTAMEN ES:

FAVORABLE

OBSERVACIONES.

CONFORME

Arequipa, 23 de junio del 2020.

\_\_\_\_\_  
JURADO DICTAMINADOR

Nombre: Danny Pamela Tupayachy

\_\_\_\_\_  
Quispe

Código: 2239

\_\_\_\_\_  
JURADO DICTAMINADOR

Nombre: Max Delgado Montesinos

Código: 1258

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado la sabiduría necesaria para alcanzar este triunfo.

A mis padres, mi hermana que confían en mí y me brindan su apoyo incondicional, además de estar conmigo en momentos significativos.

A mi asesor de tesis, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo, sino a lo largo de mi vida universitaria con la enseñanza de sus conocimientos, amistad y el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

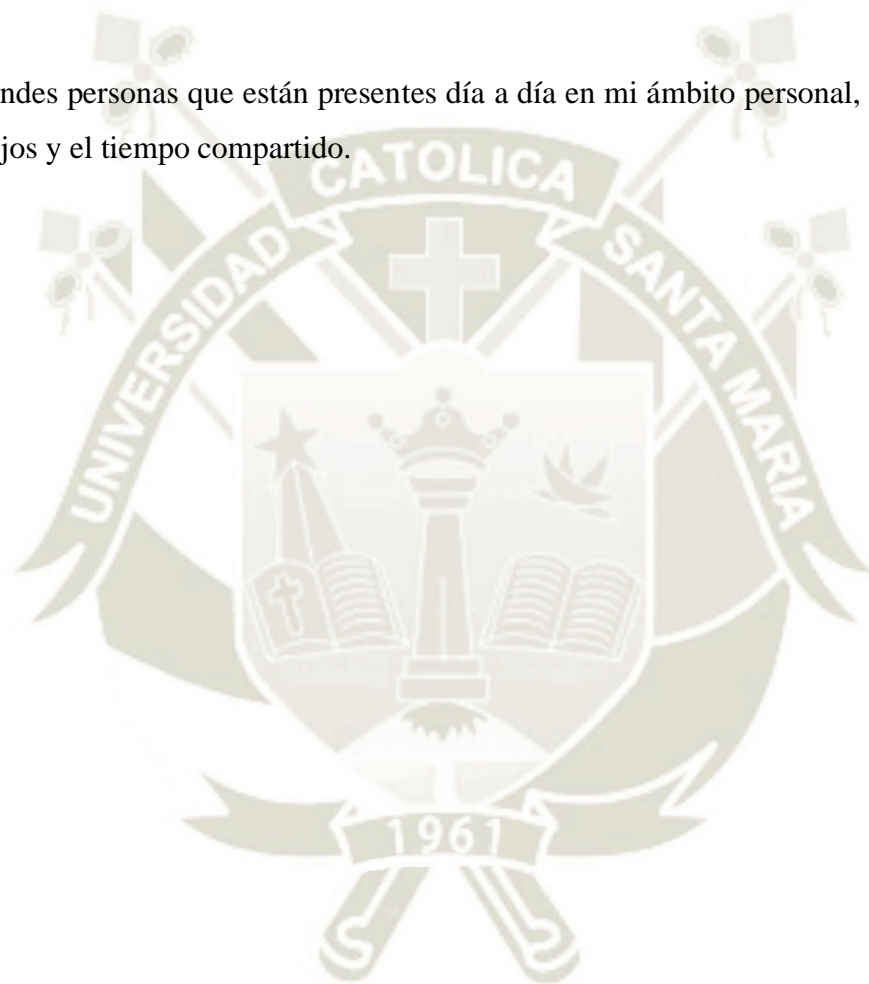


## DEDICATORIA

A mis padres, Jowar y Vanessa, en reconocimiento al sacrificio de brindarme todo aquello que necesito, de inculcarme sólidos valores para mi formación personal, profesional y laboral.

A mi hermana, Ashly, en reconocimiento a su apoyo comprensión, relevantes para mi formación personal, profesional y laboral.

A las grandes personas que están presentes día a día en mi ámbito personal, por la confianza, los consejos y el tiempo compartido.



## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo demostrar mediante una propuesta de mejora en el proceso productivo del lanzado de shotcrete, el incremento de la productividad en la empresa Zicsa Contratistas Generales; para lo cual se aplicará las herramientas de ingeniería industrial tales como: estudio de tiempos y métodos de trabajo.

La recolección de los datos para el diagnóstico inicial se basó en la observación directa, recolección de datos por la medición de tiempos con cronometro y la consulta en diversas fuentes de información. Posteriormente se procedió a la descripción del proceso para determinar las fases claves del mismo, mediante diagramas de flujo, diagramas de Ishikawa, diagramas de Pareto, entre otros, los cuales proporcionaron información detallada para así facilitar el estudio, permitiendo detectar las fallas e irregularidades presentes para posteriormente mejorarlas.

Seguidamente, se procedió con el estudio de tiempos para la realización de la propuesta de mejora, partiendo del problema principal, el incumplimiento del programa de planeamiento y los excesivos tiempos improductivos, encontrando la causa raíz del incumplimiento, siendo la espera de la mezcla de shotcrete por la falta de equipos disponibles, originado por la mala distribución de equipos y labores mineras. Proponiendo una nueva zonificación de equipos, basado en la cercanía y la cantidad de las labores mineras programadas, con el fin de reducir los tiempos improductivos, reducir los costos y garantizar el cumplimiento del programa de planeamiento.

En conclusión, con la propuesta de mejora planteada, se demuestra la reducción de los tiempos improductivos en un 70% y se garantiza el cumplimiento del programa de planeamiento en un 97%, anulando las penalidades aplicadas anteriormente.

**Palabras clave:** Producción, Tiempos, Costos.

## ABSTRACT

The objective of this research is to demonstrate, through a proposal for improvement in the production process of shotcrete casting, the increase in productivity in the company Zicsa General Contractors; for which the industrial engineering tools such as study of working times and methods will be applied.

The data collection for the initial diagnosis was based on direct observation and consultation of various sources of information. Subsequently, the process was described to determine its key phases, using process diagrams, flow diagrams, Ishikawa diagrams, Pareto diagrams, among others, which provided detailed information to facilitate the study, allowing the detection of faults and irregularities present for later improvement.

Then, we proceeded with the study of times to carry out the improvement proposal, starting from the main problem, non-compliance with the planning program and excessive non-productive times, finding the root cause of non-compliance, waiting for the shotcrete mixture. due to the lack of available equipment, caused by the poor distribution of equipment and mining work. Proposing a new equipment zoning, based on the proximity and quantity of the scheduled mining work, in order to reduce downtime, reduce costs and ensure compliance with the planning program.

In conclusion, with the proposed improvement proposed, the reduction of non-productive times by 70% is demonstrated and compliance with the planning program is guaranteed by 97%, canceling the penalties previously applied.

**Keywords:** Production, Times, Costs.

## INTRODUCCIÓN

La minería es una actividad que no controla los precios de venta de sus productos por lo que, para seguir siendo competitiva en el mercado, cada día se debe trabajar en optimizar los procesos y bajar los costos en forma permanente. Si bien la reducción de costos constituye una herramienta de mejora de la actividad minera, se debe tener mucho cuidado a la hora de pensar y decidir en qué áreas se aplicarán las medidas de control. Por ello, antes de eliminar gastos o incrementar aquellos que pueden elevar la productividad, es preciso diagnosticar los procesos vigentes desde la perspectiva de la cadena de valor y establecer cuáles son los cuellos de botella existentes en el proceso para plantear las mejoras correspondientes, a eso obedece la tesis titulada “OPTIMIZACION DE TIEMPOS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE LANZADO DE SHOTCRETE DE LA EMPRESA ZICSA CONTRATISTAS GENERALES S.A. AREQUIPA 2020.”

Siendo el principal problema el incumplimiento del programa de planeamiento establecido por la compañía minera, realizándose la aplicación de penalidades ante un retraso del contratista y/o la resolución futura del contrato.

Tal incumplimiento es generado por retrasos durante el proceso de lanzamiento de shotcrete por la inadecuada distribución de los equipos, generando excesivos tiempos improductivos por una mala planificación del área operativa, por lo que sería recomendable realizar un estudio de tiempos para redimensionar la flota de equipos, en consecuencia, reducir todos los costos involucrados. Asimismo, realizar una comparación del proceso actual de trabajo con la propuesta de mejora, para así demostrar las posibles mejoras operativas.

El objetivo general al término de la presente investigación es demostrar el incremento de la productividad en el proceso de lanzamiento de shotcrete, que actualmente es el cuello de botella del ciclo de minado, garantizando el cumplimiento de los programas de planeamiento propuestos por la compañía minera.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUCCIÓN .....	vi
<b>CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL .....</b>	<b>1</b>
1.1. Identificación del problema.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	1
1.3. Objetivos .....	2
1.3.1. Objetivo General.....	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Hipótesis.....	2
1.5. Alcance.....	2
1.6. Justificación.....	3
1.7. Tipo de investigación .....	3
1.8. Variables .....	4
1.8.1. Variables Independientes.....	4
1.8.2. Variables Dependientes.....	4
1.9. Esquema de trabajo .....	5
1.9.1. Revisión de información.....	5
1.9.2. Definición y selección de la muestra.....	5
1.9.3. Recolección de datos.....	5
1.9.4. Elaboración de reporte de resultados.....	7
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
2.1. Antecedentes .....	8
2.1.1. Internacionales.....	8
2.1.2. Nacionales.....	9
2.1.3. Locales.....	10
2.2. Bases teóricas y científicas.....	11
2.2.1. Ingeniería de Métodos.....	11

2.2.2. Objetivos de la Ingeniería de Métodos.....	14
2.2.3. Alcance de la Ingeniería de Métodos.....	14
2.2.4. Estudio de tiempos.....	15
2.2.5. Productividad.....	17
2.2.6. Eficiencia y eficacia.....	19
2.2.7. Optimización.....	20
2.3. Definiciones y términos básicos.....	22
<b>CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA.....</b>	<b>24</b>
3.1. Descripción de la empresa.....	24
3.2. Misión y Visión.....	24
3.2.1. Misión.....	24
3.2.2. Visión.....	24
3.3. Ubicación y acceso.....	25
3.4. Descripción del Servicio.....	25
3.5. Ciclo de Minado en Unidad Operativa Inmaculada.....	26
3.5.1. Perforación y voladura.....	26
3.5.2. Acarreo y transporte.....	27
3.5.3. Desate Mecanizado.....	27
3.5.4. Lanzado de Shotcrete Vía Húmeda.....	28
3.5.5. Sostenimiento.....	28
3.6. Programa de planeamiento mensual.....	29
3.7. Causas del incumplimiento del programa mensual.....	30
3.8. Zonificación Actual de la Unidad Operativa Inmaculada.....	32
3.9. Proceso de Lanzado de Shotcrete Vía Húmeda.....	33
3.9.1. Shotcrete.....	33
3.9.2. Composición del Shotcrete.....	33
3.10. Proceso Productivo del Shotcrete.....	34
3.10.1. Diseño y elaboración de la mezcla.....	34
3.10.2. Transporte del Shotcrete.....	35
3.10.3. Lanzado del Shotcrete.....	35
3.11. Diagrama de flujo del proceso de shotcrete.....	36
3.12. Maquinaria utilizada en el proceso lanzado de shotcrete.....	37
3.12.1. Mixer de 4m <sup>3</sup> .....	37
3.12.2. Robot Lanzador Alpha 20.....	38

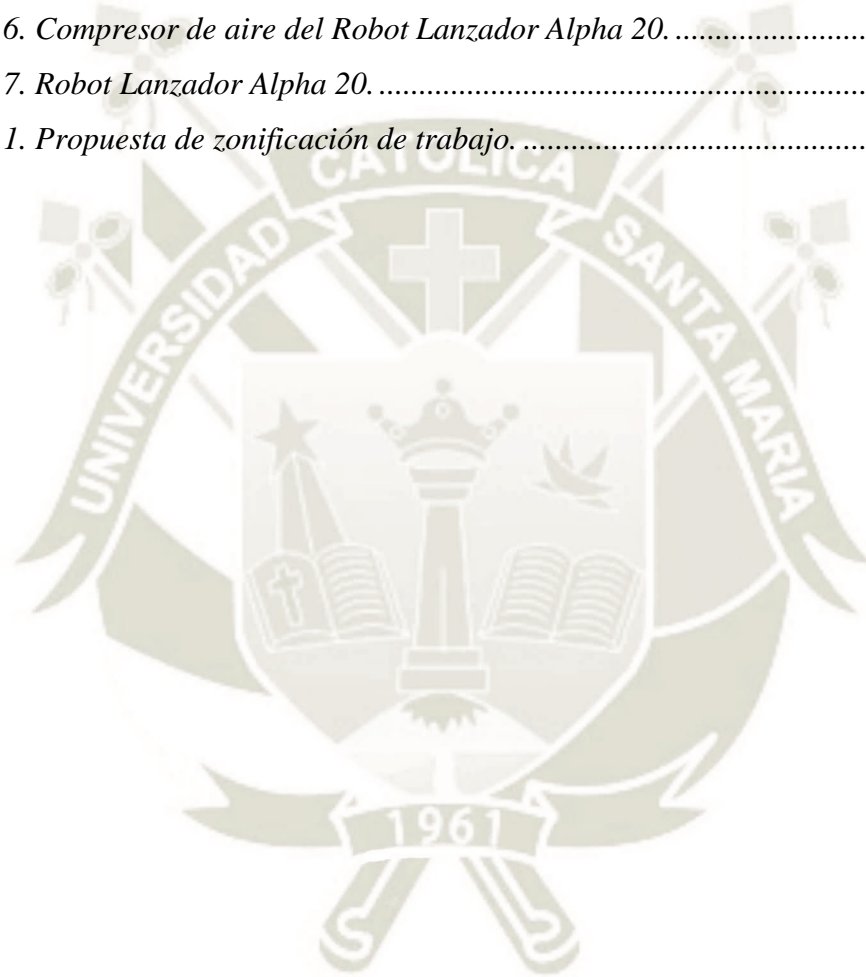
CAPÍTULO 4. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS .....	40
4.1. Población y muestra de estudio.....	40
4.2. División de las operaciones en elementos.....	43
4.2.1. Proceso de lanzado de shotcrete desde la perspectiva del robot lanzador.....	44
4.2.2. Proceso de lanzado de shotcrete desde la perspectiva del mixer. ....	45
4.3. Tiempos de observación.....	46
4.3.1. Determinación de las tolerancias.....	46
4.3.2. Determinación de los retrasos. ....	47
4.3.3. Ciclo efectivo del proceso de lanzado de shotcrete.....	48
4.3.4. Tiempo promedio de traslado.....	48
4.4. Cálculo del Tiempo Improductivo .....	51
4.5. Diagrama de Gantt del proceso de Lanzado Shotcrete .....	53
4.6. Necesidad de equipos considerando la zonificación actual .....	54
CAPÍTULO 5. PROPUESTA DE MEJORA .....	57
5.1. Introducción .....	57
5.2. Zonificación propuesta.....	58
5.3. Necesidad de equipo según zonificación propuesta.....	59
5.4. Estimación de indicadores.....	61
5.5. Beneficios.....	63
CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA .....	65
6.1. Costos por la reducción de un equipo mixer.....	65
6.2. Flujo de caja económico.....	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	70
BIBLIOGRAFÍA .....	72
ANEXOS .....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.1. Operacionalización de variables.</i> .....	4
<i>Tabla 3.1. Tabla descriptiva de la empresa Zicsa Contratistas Generales S.A.</i> .....	24
<i>Tabla 3.2. Estado de cumplimiento del programa mensual de planeamiento.</i> .....	29
<i>Tabla 3.3. Causas de incumplimiento del programa mensual.</i> .....	31
<i>Tabla 4.1. Tabla estadística para cálculo del número de observaciones del proceso de lanzado de shotcrete.</i> .....	42
<i>Tabla 4.2. Ciclo efectivo del lanzado de shotcrete.</i> .....	46
<i>Tabla 4.3. Ciclo efectivo del lanzado de shotcrete.</i> .....	48
<i>Tabla 4.4. Tiempo promedio de traslado del robot lanzador de labor a labor.</i> .....	49
<i>Tabla 4.5. Tiempo promedio de traslado del robot lanzador de labor a superficie.</i> .....	49
<i>Tabla 4.6. Tiempo promedio de traslado del mixer.</i> .....	50
<i>Tabla 4.7. Tiempo promedio de traslado robot lanzador y mixer.</i> .....	50
<i>Tabla 4.8. Tiempo improductivo del robot lanzador.</i> .....	51
<i>Tabla 4.9. Tiempo improductivo del mixer.</i> .....	52
<i>Tabla 4.10. Resumen de tiempos improductivos de equipos.</i> .....	52
<i>Tabla 4.11. Escenarios para el cálculo de necesidad de equipo con zonificación actual.</i> .....	54
<i>Tabla 4.12. Comparación del número de equipos actuales y requeridos con la zonificación actual.</i> .....	56
<i>Tabla 5.1. Comparación de indicadores actuales y propuestos.</i> .....	61
<i>Tabla 5.2. Reducción de tiempos con la propuesta de mejora.</i> .....	64
<i>Tabla 5.3. Ratios de mejora.</i> .....	64
<i>Tabla 6.1. Flujo de caja del mes diciembre 2019.</i> .....	66
<i>Tabla 6.2. Flujo de caja proyectado en escenario negativo.</i> .....	67
<i>Tabla 6.3. Flujo de caja proyectado en escenario positivo.</i> .....	68
<i>Tabla 6.4. Comparación de las utilidades por escenarios.</i> .....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 3.1. Ubicación de la Unidad Operativa Inmaculada.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 3.2. Transporte del shotcrete. ....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 3.3. Mixer de 4m<sup>3</sup>.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 3.4. Robot Lanzador Alpha 20. ....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 3.5. Bomba del Robot Lanzador Alpha 20. ....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 3.6. Compresor de aire del Robot Lanzador Alpha 20. ....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 3.7. Robot Lanzador Alpha 20. ....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 5.1. Propuesta de zonificación de trabajo. ....</i>	<i>58</i>



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 3.1. Diagrama de Gantt del ciclo de minado en U.O. Inmaculada.</i>	26
<i>Gráfico 3.2. Diagrama de Ishikawa sobre las causas de incumplimiento del programa.</i>	30
<i>Gráfico 3.3. Diagrama de Pareto de causas de incumplimiento del programa mensual.</i>	31
<i>Gráfico 3.4. Zonificación de Unidad Minera Inmaculada.</i>	32
<i>Gráfico 3.5. Diagrama de pastel de la composición del shotcrete.</i>	33
<i>Gráfico 3.6. Proceso productivo del shotcrete.</i>	34
<i>Gráfico 3.7. Diagrama de flujo del proceso de shotcrete.</i>	36
<i>Gráfico 4.1. Diagrama de flujo del proceso de lanzado de shotcrete desde la perspectiva del robot lanzador.</i>	44
<i>Gráfico 4.2. Diagrama de flujo del proceso de lanzado de shotcrete desde la perspectiva del mixer.</i>	45
<i>Gráfico 4.3. Diagrama de Gantt del proceso de lanzado de shotcrete.</i>	53
<i>Gráfico 4.4. Necesidad de equipos por escenarios considerando zonificación actual.</i>	55
<i>Gráfico 5.1. Necesidad de equipos considerando zonificación propuesta.</i>	59
<i>Gráfico 5.2. Gráfico del avance mensual ejecutado vs avance mensual propuesto.</i>	62
<i>Gráfico 5.3. Gráfico de la valorización mensual real vs valorización mensual propuesta.</i>	62
<i>Gráfico 5.4. Gráfico de la flota de equipos actual vs flota de equipos propuesta.</i>	63
<i>Gráfico 6.1. Diagrama de Pareto de las utilidades por escenarios.</i>	69

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. PROGRAMA MENSUAL DE AVANCES .....	75
ANEXO B. PLANOS DE LA U.O. INMACULADA.....	77



## CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

### 1.1. Identificación del problema

Zicsa Contratistas Generales es una empresa contratista minera, la cual trabaja en función a programas mensuales de planeamiento establecidos por la compañía minera del grupo Hochschild Mining.

El incumplimiento del programa mensual de planeamiento y los excesivos tiempos improductivos son el problema principal, generados durante el proceso de lanzado de shotcrete, por una mala distribución de equipos por coordinación del área operativa, aumentando la probabilidad de resolución del contrato y/o aplicación de penalidades.

### 1.2. Planteamiento del problema

Actualmente la empresa Zicsa Contratista Generales es una empresa del sector servicios especializada en operaciones para minería y construcción que ha mostrado un gran crecimiento a nivel nacional, la empresa está inscrita en el “Registro de empresas contratistas mineras” siendo la unidad de estudio la Unidad Operativa Inmaculada del grupo Hochschild Mining, la cual trabaja de acuerdo a los programas mensuales de planeamiento establecidos para realizar el ciclo de minado de las labores mineras.

El principal problema encontrado en la empresa es el incumplimiento del programa mensual de planeamiento, en consecuencia, la aplicación de penalidades; y los excesivos tiempos improductivos generados por una mala distribución de equipos y coordinación por parte del área operativa, aumentando la probabilidad de resolución del contrato, al ser esta una contratista.

Dentro de todo el ciclo operativo es el proceso de lanzado de shotcrete el que genera mayores tiempos improductivos, por lo que sería recomendable realizar un estudio de tiempos con la finalidad de reducir estos tiempos mediante un análisis de la flota de equipos para garantizar el cumplimiento del programa y en consecuencia reducir los costos generados por penalidades aplicadas en el caso de que no supere el 90% del cumplimiento, siendo este una gran fuente de costos para la empresa Zicsa que podrían eliminarse con la optimización del proceso de lanzado de shotcrete.

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo General.

Diseñar una propuesta de optimización de tiempos del proceso de lanzado de shotcrete para incrementar la productividad y reducir costos de la empresa Zicsa Contratistas Generales S.A.

#### 1.3.2. Objetivos Específicos.

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa.
- Realizar un estudio de tiempos, planeamiento del proceso a fin de disminuir costos y aumentar la productividad.
- Analizar los resultados y diseñar una propuesta de mejora.
- Realizar una comparación del proceso actual de trabajo y la propuesta de mejora, para así visualizar las mejoras operativas.

### 1.4. Hipótesis

Dado que se generan retrasos en la entrega de las labores mineras programadas establecidas en el programa mensual de planeamiento, por deficiencias en el proceso de lanzado de shotcrete.

Es probable que, con la aplicación de la propuesta de mejora se incremente la productividad y se reduzcan costos de la empresa Zicsa Contratistas Generales S.A.

### 1.5. Alcance

Esta investigación se centrará en el proceso de lanzado de shotcrete, al encontrarlo como el proceso más deficiente de todo el ciclo de minado, con la finalidad de disminuir los tiempos improductivos, garantizando el cumplimiento del programa mensual de planeamiento establecido por la compañía minera.

Existen diversos lugares en los que se suele trabajar con shotcrete vía húmeda para obtener los resultados como son la calidad y el rendimiento de los equipos de lanzado, esta tecnología de sostenimiento con shotcrete vía húmeda es una nueva tendencia de sostenimiento mecanizado en el país, de ahí parte que los equipos más sofisticados para

el lanzado de shotcrete en vía húmeda son los robots lanzadores Alpha, los cuales son utilizados por la empresa Zicsa, siendo una gran ventaja para sus operaciones.

Para el análisis experimental, se realizará un estudio de tiempos del proceso de lanzado de shotcrete. El lugar de estudio para la toma de tiempos correspondientes a nuestra investigación se desarrollará en la ciudad de Ayacucho, en la minería subterránea de la Unidad Operativa Inmaculada del grupo Hochschild Mining.

### **1.6. Justificación**

En la práctica, la investigación es conveniente porque actualmente la empresa no cuenta con un plan de mejora lo que está generando problemas tanto con el cumplimiento de sus metas, como de sus compromisos con el cliente. El presente trabajo servirá como referencia para otros casos de mejoramiento en empresas similares.

En el aspecto económico, la presente propuesta plantea mejorar la planificación del proceso de lanzado de shotcrete garantizando un abastecimiento continuo y oportuno, disminuyendo tiempos improductivos, costos e incrementando la productividad.

En el aspecto social, la investigación posee relevancia ya que las mejoras que se puedan implementar redundarán en el mejoramiento de la satisfacción laboral y con ello se propiciará el incremento de la productividad; de igual forma el presente trabajo podrá servir como materia de estudio por estudiantes de ingeniería y personas interesadas.

Finalmente, en el aspecto personal, la presente investigación permitirá afianzar los conceptos teóricos adquiridos durante todo el proceso de la carrera profesional, asimismo lograr hacer uso de las herramientas y métodos adquiridos durante la formación que permita lograr el análisis y optimizar todos los procesos de manera adecuada para poder solucionar los problemas que se plantean dentro de la empresa.

### **1.7. Tipo de investigación**

El presente trabajo de investigación es de tipo exploratorio-descriptivo, debido a que este tipo de investigación permite conocer la situación actual de la empresa, así como la descripción exacta de los procesos, actividades, tareas y objetos que se encuentran en el entorno a investigar.

## 1.8. Variables

Se tienen dos tipos de variables:

### 1.8.1. Variables Independientes.

- Optimización de tiempos: La gestión del tiempo es un proceso, la optimización una habilidad, optimizar el tiempo es hacer una tarea de manera efectiva en el menor tiempo posible.

### 1.8.2. Variables Dependientes.

- Productividad: La productividad es una medida económica que calcula cuántos bienes y servicios se han producido por cada factor utilizado (trabajador, capital, tiempo, costos, entre otros)
- Eficiencia: Se refiere a lograr las metas con la menor cantidad de recursos utilizados posibles.
- Eficacia: Consiste en alcanzar las metas establecidas en la empresa.

Variable independiente	Dimensión	Indicadores
Optimización de tiempos	Tiempo de ejecución del proceso	Tiempo promedio traslado labor a labor
		Tiempo promedio de lanzado de shotcrete
		Tiempo promedio de demoras
		Tiempo promedio de fragua
Variable dependiente	Dimensión	Indicadores
Productividad	Eficiencia	Horas de trabajo empleadas
		Horas de trabajo planificadas
	Eficacia	Servicio obtenido
		Servicio planificado

*Tabla 1.1. Operacionalización de variables.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

## 1.9. Esquema de trabajo

El presente trabajo consta de las siguientes partes:

### 1.9.1. Revisión de información.

Considerar las recomendaciones de “Reducción de costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura”, O. Jáuregui (2009).

### 1.9.2. Definición y selección de la muestra.

- El diseño teórico se realizará apoyados de una hoja de cálculo.
- Se realizará el estudio de tiempos en la minería subterránea de la Unidad Operativa Inmaculada, ciudad de Ayacucho.
- Los estudios de tiempo se realizarán en un promedio de una semana, considerando el cambio de guardia, que son los días jueves y se trabaja media guardia.

### 1.9.3. Recolección de datos.

El presente trabajo de investigación es un estudio de tipo documental y de campo, debido a que parte de los datos a analizarse para el estudio serán datos históricos documentados de la empresa Zicsa y es de tipo campo por qué se obtendrán datos mediante la observación directa.

#### - **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la presente investigación se utilizará las siguientes técnicas para la recolección de datos:

- Técnica de Observación: Observación detenida y detallada del proceso de lanzamiento de shotcrete con el fin de obtener determinada información necesaria para la investigación. De igual manera se trabajará con bases de datos emitidas por la empresa Zicsa Contratistas Generales para analizar los tiempos de cada una de las actividades del proceso de lanzamiento de Shotcrete.

- Instrumentos - Ficha de registro: Nos permitirá el control sistemático de la información adquirida de la observación del proceso de lanzado de shotcrete con el fin de posteriormente poder elaborar y analizar los indicadores correspondientes.

- **Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

La técnica de procesamiento será descriptiva y se hará uso de herramientas de ingeniería como:

- Diagrama Pareto: El cual nos servirá para organizar las causas encontradas en la baja productividad de la empresa en forma descendente, para así poder asignar prioridad a las causas, encontrando el 20% de las causas que originan el 80% de los efectos.
- Diagrama de Pastel: Es un círculo dividido en partes, donde el área de cada parte es proporcional al número de datos de cada categoría, que nos ayudara a comparar datos estadísticos.
- Diagrama de Operaciones: El cual se utilizará para diagramar la secuencia de actividades del proceso de lanzado de shotcrete para así poder identificar los problemas en el proceso y el surgimiento de los mismos, de igual forma servirá para controlar y medir el proceso.
- Diagrama de Gantt: Herramienta gráfica cuyo objetivo es exponer el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado.
- Diagrama de Ishikawa: También conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa y efecto, es una herramienta de calidad que ayuda a levantar las causas-raíces de un problema, analizando todos los factores que se involucran en la ejecución del proceso.
- Estudio de Tiempos: Se utilizará en base a un número limitado de observaciones el tiempo necesario para llevar acabo cada una de las tareas correspondientes al proceso de lanzado de Shotcrete.

- Indicador de eficiencia en la operación:

$$Eficiencia = \frac{Tiempo \acute{U}til}{Tiempo \text{ Total}} \quad (1-1)$$

- Indicador de eficacia en la operación:

$$Eficacia = \frac{Cantidad \text{ Producida}}{Cantidad \text{ Programada}} \quad (1-2)$$

#### 1.9.4. Elaboración de reporte de resultados.

- Determinar las causas-raíces del incumplimiento del programa mensual de planeamiento.
- Determinar los tiempos improductivos por equipos en el proceso de lanzado de shotcrete.
- Realizar una propuesta de mejora para la optimización del proceso lanzado de shotcrete.
- Comparar y analizar los resultados.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Internacionales.

Según Rave, Arias, García (2015) realizaron una investigación titulada “Planteamiento de un modelo logístico para reducir costos del subproceso de pintura en muebles Bovel Ltda.”

El objetivo general fue plantear un sistema que permitió minimizar los reprocesos y reducir los costos de los mismo, así mismo se hizo una análisis de los costos presentes en un orden de producción frente a los costos de estándar con una definición en el proceso, los resultados fueron la modificación al proceso, lo cual se hizo una serie de herramientas y técnicas para generar valor agregado a los productos donde los márgenes de rentabilidad sean cada vez más altos, se concluyó hacer un impacto y afectan en la calidad y productividad en el subproceso de pinturas en Muebles Bovel, lo cual se hizo un almacenamiento y las ineficiencias con el uso de mano de obra, así mismo se tomó los datos de análisis de métodos y tiempos, análisis estadísticos de procesos y por un medio de herramientas de calidad.

Según Rodríguez (2006) realizo una investigación "Reducción de costos de producción, mediante estándares de productividad, e impacto en el flujo de caja para una empresa productora de arneses eléctricos".

El objetivo es minimizar de una manera significativa en los costos de producción que se obtuvo en las líneas de arneses eléctricos, así mismo se hizo una elaboración de arneses eléctricos, que se utilizó con una herramienta de estudio de tiempos que fue hechas mediante una cooperación, finalmente se hizo una obra optima, lo cual tiene una reducción sobre los tiempos y disminución una variedad de números operativos, el cual se conocerá los costos real de cada arnés una empresa fija en su mismo precio de venta público, así mismo tenga un valor actual neto, en una tasa interna de retorno y la utilidad esperada.

Según María (2017) realizó la investigación titulada “Optimización de las distancias de transporte mediante la ubicación y diseño de botaderos en Minera Antucoya”.

El objetivo planteado fue la actualización del diseño de los botaderos mina, con el fin de optimizar las distancias de transporte mediante la minimización de sus tiempos de ciclo, para lo cual se realizó un análisis para así posteriormente presentar 3 propuestas según lo límites de la mina, se realizó una evaluación técnica-económica estudiando cualitativamente aspectos geotécnicos, operativos y de planificación, junto con cuantificar los costos operacionales y de inversión en transporte mina, optimizando como resultado la reducción de horas de transporte y el costo de producción.

### **2.1.2. Nacionales.**

Según (Torre, 2017) en su investigación titulada “Aplicación de la Ingeniería de Métodos para la mejora de la productividad en la línea de producción de bandejas porta cables perforadas de la empresa FALUMSA S.R.L., Lima, 2017”.

El objetivo era determinar de qué manera la aplicación de la Ingeniería de métodos mejora la productividad en la empresa FALUMSA S.R.L., el análisis indico que la baja productividad era debido a que no se contaba con un tiempo estándar y que había actividades que no generaban valor, al aplicar nuevos procedimientos, disminuyendo de 15 a 12 operaciones, disminuyendo 16 segundos en el proceso y eliminando traslados innecesarios, logrando un proceso más fluido y mejorando el índice de eficacia en un 36.67% y en consecuencia el índice de productividad mejoro en un 15.33%.

Según (Camarena, 2016) en su investigación titulada “Optimización del sostenimiento con shotcrete vía húmeda con fines de minimizar costos y mejorar la producción de lanzado de la E.E. ROBOCON S.A.C. en la mina San Cristóbal”

El objetivo de optimizar el sistema de lanzado de shotcrete por vía húmeda controlando el efecto rebote de fibras y diseño de mezcla, para alcanzar un rendimiento estándar en la producción total de lanzado reduciendo costos de operación, se disminuyó la existencia de 3 actividades desviadas del lanzado de shotcrete en la operación gracias a las capacitaciones constantes en temas de unos, proceso y técnicas de lanzado a los operadores, así mismo recomienda el uso de

sostenimiento mecanizado para reducir accidentes por caída de roca, disminución en el tiempo de ciclo de minado y ahorro en costos de operación.

Según (Percy, 2019) Realizo una investigación titulada “Análisis técnico para la optimización del sostenimiento en los frentes de la compañía Minera Casapalca S.A.”

Los objetivos de reducir los riesgos laborales, reducir tiempos de ejecución y minimizar los costos del sostenimiento, se consideró los criterios técnicos, económicos y eficientes para la aplicación del método de sostenimiento mecanizado. Se concluye que el costo de sostenimiento por Concreto Lanzado (Shotcrete) es menor a comparación de otro sostenimiento como con cuadros de madera. Otras de las razones son por su velocidad de instalación, es más rápido y por la seguridad que brinda, siendo estas algunas razones, por la cual se haya optado la utilización de este tipo de sostenimiento.

### **2.1.3. Locales.**

Según (Torres, 2016) en su investigación titulada “Diseño y aplicación de shotcrete para optimizar el sostenimiento en la unidad económica San Cristóbal-Minera Bateas”.

El objetivo del diseño y aplicación de una propuesta correcta del shotcrete por vía húmeda para optimizar el sostenimiento, logrando así beneficios económico así como también un considerable ahorro de tiempo y mejora de la seguridad en los trabajadores de operaciones de la mina Bateas concluye que existe posibilidad de ahorro en tiempos y costes al aplicar por vía húmeda como sostenimiento permanente, pero por razones de traslado y distancia es más conveniente el lanzado por vía seca, ya que en vía seca se utiliza mallas y en vía húmeda no se utiliza salvo requiera sostenimiento pesado. Así mismo recomienda tener labores listas para el sostenimiento con shotcrete ya que se observó que los equipos esperar a que se preparen las labores dificultando que se complete con el requerimiento por parte de las operaciones de la mina, el total de labores a sostener.

Según (Pauca, 2019) en su investigación titulada “Selección y reemplazo de equipo de acarreo para optimizar tiempos y reducir costos operativos- Mina Parcoy Consorcio Minero Horizonte- JJD Contratistas S.A.C.”.

El objetivo de realizar un estudio de tiempos, definir la capacidad máxima de carga de los equipos, optimizar la flota, mejorar la eficacia de los equipos y determinar el costo operativo; para lo cual se utilizó una tabla de toma de tiempos de ciclos y registro fotográfico, se analizó cada ruta de acarreo y el proceso mismo, se determinaron los costos del proceso; se propuso una movilidad acondicionada para ingreso de la supervisión y operadores a interior de mina, disminución de traslados, asignación de un área de taller, disminución de traslados innecesarios, estandarización de la distancia de acarreo, distribución de flota; ahorrando un total de US\$ 3451082.40 mejorando el rendimiento de la flota en un 25%.

Según (Marvin, 2015) en su investigación titulada “Reducción de las demoras operativas y optimización de tiempos por abastecimiento de combustible con el sistema Vr - 300 Gpm. en los volquetes de mina - Unidad Operativa Cuajone”.

El objetivo principal es el de reducir las demoras operativas incidiendo principalmente en las demoras de acarreo los cuales representan en las operaciones de la mina, el 57% de nuestro costo total, el cual es posible disminuirlo aumentando la productividad y reduciendo los tiempos muertos. Para alcanzar el objetivo se ha determinado reducir el tiempo de servicio en grifo y el tiempo por volquete fuera de ruta. El resultado se reflejó en un menor costo unitario operativo (US\$/t).

## **2.2. Bases teóricas y científicas**

Este capítulo tiene como objetivo definir los diferentes conceptos de las herramientas y métodos utilizados en el desarrollo de esta tesis para una mayor comprensión de los tópicos expuestos en los capítulos posteriores.

### **2.2.1. Ingeniería de Métodos.**

La Ingeniería de métodos es la técnica encargada de incrementar la productividad con los mismos recursos u obtener lo mismo con menos dentro de una

organización, empleando para ello un estudio sistemático y crítico de las operaciones, procedimientos y métodos de trabajo. Técnica que se ocupa de aumentar la productividad del trabajo, eliminando todos los desperdicios de materiales, de tiempo y esfuerzo; que procuran hacer más fácil y lucrativa cada tarea y aumenta la calidad de los productos o servicios.

(Palacios, 2009) menciona que, “La Ingeniería de métodos comprende el estudio del proceso de fabricación o prestación de servicio, el estudio de movimientos y el cálculo de tiempos”, asimismo de que consiste en buscar que el personal se integre correctamente en el proceso de producción, además se evalúa al trabajador para establecer métodos de mejora, para así poder usar eficientemente los recursos como la materia prima, la maquinaria y el espacio donde se realiza la actividad, eliminar desperdicios y obtener un mejor desempeño en la tarea asignada. Palacios (2009) nos dice que:

Se ocupa de la integración del ser humano en el proceso de producción de artículos o servicios. La tarea consiste en decidir dónde encaja el ser humano en el proceso de convertir materias primas en productos terminados o prestar servicios y en decidir cómo puede una persona desempeñar efectivamente las tareas que se le asignen.

La ingeniería de métodos, considera el papel de una persona en cualquier parte de la organización, desde el gerente hasta el último de los trabajadores. La importancia de la ingeniería de métodos, radica en el desempeño efectivo del personal en cualquier tarea, ya que el costo de contratar, capacitar y entrenar a una persona, es cada vez más alto. Es evidente que el ser humano es y será por mucho tiempo, una parte importantísima del proceso de producción en cualquier tipo de planta. Pero también es cierto, que su óptimo aprovechamiento dependerá del grado de utilización de su inteligencia, de su potencial de ingenio y creatividad. La ingeniería de métodos comprende el estudio del proceso de fabricación o prestación del servicio, el estudio de movimientos y el cálculo de tiempos. (pp. 27-28).

Asimismo, (Quesada & Villa, 2007) mencionan que, el estudio de métodos plantea diversos objetivos, los más significativos son la estandarización y mejora de los procesos y procedimientos, así como, evaluación de la disposición y el diseño del ambiente de trabajo, economizar y reducir el nivel de fatiga del

personal, usar eficientemente los materiales, maquinaria y mano de obra, aumentando no solo la seguridad, si no también, creando mejores condiciones en el puesto de trabajo.

Adicionalmente según (Vaughn, 1988), la ingeniería de fabricación se convierte en ingeniería de métodos cuando se establecen nuevos y mejores diseños de trabajo para la producción de bienes y servicios, por lo tanto, el trabajador tiene que adaptarse al método de mejora que se le proponga.

De la misma forma (George, 1992), nos dice que el enfoque básico del estudio de métodos consiste en el seguimiento de ocho etapas o pasos.

1. Seleccionar: El trabajo que se a de estudiar y definir sus límites.
2. Registrar: Por observación directa los hechos relacionados con ese trabajo y recolectar de fuentes apropiadas todos los datos adicionales que sean necesarios.
3. Examinar: De forma crítica, el modo en que se realiza el trabajo, su propósito, el lugar donde se realiza, la secuencia en que se lleva a cabo y los métodos utilizados.
4. Establecer: El método más práctico, económico y eficaz, mediante los aportes de las personas concernidas.
5. Evaluar: Las diferentes opciones para establecer un nuevo método comparando la relación costo-eficacia entre el nuevo método y el actual.
6. Definir: El nuevo método de forma clara y presentarlo a todas las personas a quienes pueda concernir.
7. Implantar: El nuevo método como práctica normal y formar a todas las personas que han de utilizarlo.
8. Controlar: La aplicación de nuevo método e implantar procedimiento adecuados para evitar una vuelta al uso del método anterior.

### **2.2.2. Objetivos de la Ingeniería de Métodos.**

En todo centro de trabajo, mejorar el rendimiento de los procesos para incrementar la productividad y eficiencia es una constante. Sin embargo, variables relacionadas con el equipo humano, la fabricación de productos, el clima organizacional, las instalaciones y las tecnologías utilizadas pueden afectar negativamente los resultados esperados. Descubrir estas fuentes de ineficiencias y desperdicios con el fin de corregirlos, estandarizarlos y medirlos para contribuir al progreso empresarial es el objetivo de la Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos. (Palacios, 2009)

### **2.2.3. Alcance de la Ingeniería de Métodos.**

El campo de la Ingeniería de Métodos comprende el diseño, la formulación y la selección de los mejores métodos, procesos, herramientas, equipos diversos y especialidades necesarias para lograr manufacturar o procesar un producto después de que han sido elaborados los diseños y planos de trabajo en la sección de ingeniería del producto.

El mejor método debe entonces enlazarse con las mejores técnicas o habilidades disponibles, a fin de lograr una eficiente interrelación hombre-máquina. Una vez que se ha establecido claramente un método adecuado, la responsabilidad de determinar el tiempo requerido para fabricar el producto, queda dentro del alcance de este trabajo. También está incluida la responsabilidad de vigilar que se cumplan las normas o estándares predeterminados, y que los trabajadores sean retribuidos adecuadamente según su rendimiento, fuerzas, destrezas, responsabilidades y experiencia, y que tengan un sentido de satisfacción por el trabajo realizado en la empresa.

Estas medidas incluyen también la definición del problema en relación con el costo esperado, la descomposición del trabajo en diversas operaciones, el análisis de cada una de éstas para determinar los procedimientos de manufactura más económicos según la producción considerada sin perder de vista la seguridad de los trabajadores y el interés en el trabajo, la aplicación de los tiempos apropiados

y, finalmente, las acciones necesarias para asegurar que el método encontrado sea puesto en operación de forma eficaz.

#### **2.2.4. Estudio de tiempos.**

El estudio de tiempos se utiliza principalmente como herramienta de la Ingeniería de Métodos para determinar estándares de tiempo para la planeación de la producción, calcular los costos, programación, evaluación de la productividad, entre otros.

Es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número de observaciones, el tiempo para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.

Según (Palacios, 2009) nos indica que el estudio iniciado por Taylor, se realizó para establecer tiempos estándares en los puestos de trabajo, para que un operario normal, calificado y entrenado, con herramientas apropiadas, trabajando a marcha normal y bajo condiciones ambientales normales, ejecute un trabajo o tarea, con el objetivo de evaluar y determinar la capacidad de las máquinas, operarios, los ciclos de producción, costos de manufactura y planear las necesidades de la organización.

##### **- Técnica de medida: El cronómetro Industrial**

Se mide cada uno de los tiempos por medio de un cronómetro. Para registrar tiempos, se debe elegir un operario medio, es decir, ni el más eficaz, ni el más perezoso. También se pueden realizar varias mediciones de trabajo a varios operarios distintos. Se debe cronometrar el tiempo del proceso completo, desde que empieza hasta que termina, así como elemento a elemento, para comprobar después si coincide la suma total. Es muy importante no quedarnos solo con el tiempo si no el horario en el que se realiza esta medición por si fuera necesario un estudio de la fatiga.

##### **- Tipo de métodos para la técnica del cronometro**

- En el método continuo se deja correr el cronómetro mientras dura el estudio. En esta técnica, el cronómetro se lee en el punto terminal de cada elemento, mientras las manecillas están en movimiento. En caso de

tener un cronómetro electrónico, se puede proporcionar un valor numérico inmóvil.

- En el método de regresos a cero el cronómetro se lee a la terminación de cada elemento, y luego se regresa a cero de inmediato. Al iniciarse el siguiente elemento el cronómetro parte de cero. El tiempo transcurrido se lee directamente en el cronómetro al finalizar este elemento y se regresa a cero otra vez, y así sucesivamente durante todo el estudio.

- **Hoja de tiempo**

Este estudio lo llevaremos a cabo mediante hojas de tiempos. Una hoja de tiempos es un documento en forma de tabla que pone en relación procesos y elementos con periodos o tipos de tiempo y ayuda a la compilación y al análisis de los datos que se recojan. También es posible que incluya una columna observaciones para que el encargado de su elaboración detalle alguna consideración. Debe recopilar datos de tiempo de ciclo, tiempo por movimiento y tiempo por elemento.

- **Tiempo estándar y ritmo de trabajo**

Una vez cronometrados todos los tiempos y recogidas en las hojas de tiempo, pasaremos a calcular tiempo, más concretamente el tiempo estándar para cada uno de los procesos. Una vez calculado el tiempo estándar, se obtendrá un ritmo de trabajo, que podrá ser utilizado para establecer un tiempo mínimo exigible al trabajador, así como un tiempo óptimo para implantar un sistema de incentivos.

Según (Rodríguez, 2006) nos dice que el tiempo estándar es el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido por un trabajador calificado, quien trabajando a un nivel normal de desempeño realiza una tarea dada conforme a un método especificado, eliminando la variabilidad, en condiciones normales sin imprevistos.

#### - **Técnicas para determinar el tiempo estándar**

Los estándares de tiempo pueden determinarse por medio de varias técnicas diferentes de estudio de tiempos:

- Pueden basarse en registros históricos del tiempo, tomados en el pasado para crear la tarea.
- Utilización de estimaciones realizadas por un individuo conocedor sobre el tiempo que le tomaría a un operador calificado efectuar el trabajo, bajo un marco de referencia de desempeño aceptable.
- Técnica de los tiempos predeterminados (MTM, MOST), donde las tareas son analizadas de acuerdo con el contenido de trabajo de forma tal que se predeterminan los tiempos para los segmentos de trabajo que sumados hacen el tiempo total de la tarea.
- Estudio de tiempos con cronómetro (la técnica que utilizaremos para el desarrollo de esta tesis).

#### **2.2.5. Productividad.**

Según (García, 2011) en su libro titulado “Productividad y reducción de costos” indica que, la productividad es la relación entre los productos logrados y los insumos que fueron utilizados o los factores de la producción que intervinieron. El índice de productividad expresa el buen aprovechamiento de todos y cada uno de los factores de producción, los críticos e importantes, en un periodo definido. Puntualiza a la productividad como la relación que existe entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla. Así pues, lo define como la correcta utilización de los recursos, trabajo, capital, tierra, materiales, energía e información en la producción de diversos bienes y servicios.

El objetivo de la productividad es medir la eficiencia de producción por cada factor o recurso utilizado, entendiendo por eficiencia el hecho de obtener el mejor o máximo rendimiento utilizando un mínimo de recursos. Es decir, cuantos menos recursos sean necesarios para producir una misma cantidad, mayor será la productividad y, por tanto, mayor será la eficiencia.

La fórmula para calcular la productividad es el cociente entre producción obtenida y recursos utilizados. (Productividad = Producción obtenida / Cantidad de factor utilizado).

- **Importancia de la productividad**

El aumento de productividad es tan importante porque permite mejorar la calidad de vida de una sociedad, repercutiendo en los sueldos y la rentabilidad de los proyectos, lo que a su vez permite aumentar la inversión y el empleo. Para una empresa, una industria o un país, la productividad es un factor determinante en el crecimiento económico. Cuando se estima la tendencia de crecimiento a largo plazo de un país se descompone en dos componentes principales: los cambios en el empleo y la productividad.

Un análisis de lo más productivo supone:

- Ahorro de costes: Es posible al permitir deshacerse de aquello que es innecesario para la consecución de los objetivos.
- Ahorro de tiempo: Debido a que permite realizar un mayor número de tareas en menor tiempo y dedicar ese tiempo «ahorrado» a seguir creciendo a través de otras tareas.

- **Factores que afectan a la productividad**

Una de las formas más comunes de aumentar la productividad es invertir en bienes de capital para hacer el trabajo más eficiente, manteniendo o reduciendo el trabajo.

Estos son los principales factores que afectan a la productividad de una empresa:

- Calidad y disposición de recursos naturales: Si una empresa tiene o se encuentra cerca de recursos naturales será más productiva. Tanto por el valor de esos recursos, por no tener que comprarlos ni transportarlos desde lejos.
- El capital invertido: La cantidad de capital es un factor directo de la productividad.

- La cantidad y calidad de los recursos humanos; labor o trabajo: El número de empleados de la industria, su nivel de educación y experiencia.
- El nivel tecnológico: Cuanto mayor sea el conocimiento y nivel tecnológico mayor será la productividad. Tecnología no solo son productos mecánicos, sino procesos productivos.
- La configuración de la industria: El tipo de industria afectará enormemente a la productividad de una empresa. La estructura de una industria viene determinada por intensidad de la competencia, competidores potenciales, barreras de entrada, productos sustitutivos y poder de negociación. Esta estructura se puede analizar mediante las cinco fuerzas de Porter.
- Entorno macroeconómico: La coyuntura económica influirá tanto en la demanda de productos y servicios como en la necesidad de innovación y mejorar la eficiencia. Son las fuerzas externas que van a tener un impacto indirecto sobre la organización.
- Entorno microeconómico: El micro entorno tiene un impacto directo en su capacidad de servir su producto o servicio al cliente final, como por ejemplo la regulación de la industria.

#### 2.2.6. Eficiencia y eficacia

La eficacia difiere de la eficiencia en el sentido que la eficiencia hace referencia a la mejor utilización de los recursos, en tanto que la eficacia hace referencia en la capacidad para alcanzar un objetivo, aunque en el proceso no se haya hecho el mejor uso de los recursos, es decir, no importa si fuimos eficientes en el proceso llevado a cabo para alcanzar el objetivo y ser eficaces.

##### - **Eficiencia**

Según (García, 2011) la eficiencia es la relación entre los recursos programados y los insumos utilizados realmente. El índice de eficiencia, expresa el buen uso de los recursos en la producción de un producto en un periodo definido. La eficiencia es usar correctamente los recursos que se

emplearán en la producción de los productos y/o servicios, es la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados.

Eficiencia es hacer las cosas bien, su fórmula es:

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ útil}{Tiempo\ total} \quad (2-1)$$

#### - **Eficacia**

(García, 2011) expresa que, la eficacia es la relación entre los productos logrados y las metas que se tienen fijadas. El índice de eficacia demuestra el buen resultado de la realización de un producto en un periodo definido. La eficacia es el grado en que se ejecutan las actividades planeadas y se obtienen los resultados planeados, es mejorar la productividad del equipo, los materiales y los procesos, además de capacitar y concientizar al personal para que demuestre sus habilidades y realice su trabajo en óptimas condiciones, con ello se logrará alcanzar los objetivos trazados por la organización, por lo tanto, la eficacia se mejora disminuyendo los productos defectuosos, tiempos de producción, fallas en la maquinaria, materiales innecesarios, entre otros.

Eficacia es obtener resultados, su fórmula es:

$$Eficacia = \frac{Cantidad\ producida}{Cantidad\ programada} \quad (2-2)$$

### 2.2.7. Optimización

Según (Rodríguez, 2006) nos dice que la optimización dentro del campo de la ingeniería básicamente se usa de una manera eficiente con recursos cerrados que se puede asignar a las acciones con alternativas y opciones. En otras palabras, se dice que la optimización tiene el fin de analizar y asemejar una mejor solución, la que sea posible entre todas las soluciones que se plantean y que son viables.

La mejor idea para la ejecución de la optimización es brindando la comprensión y el manejo de los parámetros que llegan a componer un procedimiento o un sistema. Esto comparte a la misma vez la raíz.

- **Optimización de tiempos**

Todo procedimiento de producción se hará siguiendo una metodología de ejecución que es el que establece los tiempos para la ejecución. El tiempo que se necesita para la ejecución de una tarea es una unidad clave para la producción y competitividad de una manufactura y que depende solamente al método que se está utilizando. Sin embargo, el análisis de los métodos suele ser un aspecto que no se utiliza mucho en el entorno de la ingeniería.

- **Optimización de costos**

Los costos de producción son los más fundamentales, evidentemente, debido a que es en esta línea donde se toma una gran ventaja con la competencia del mercado. Sin embargo, el objetivo u meta de optimizar costos es más complicado de lo que se piensa o espera. Cada constructor y cada marca, debe optimizar sus costos de la producción sin sacrificar la calidad del producto del mercado. No importa si la competencia es en el segmento de menor comercio, cada marca tiene que tener la misión de poder conservar todos sus clientes en el mercado sobre el producto que se ofrece y cumplir con la expectativa de los consumidores. Minimizar un costo de producción que conlleve un problema técnico o de imagen, puede traer la pérdida de la preferencia de una gran masa de clientela y/o consumidores y, en consecuencia, de participación en el mercado comercial, que es lo más difícil de abarcar o, en su caso, de recobrar, dada la competitividad en este comercio industrial.

### 2.3. Definiciones y términos básicos

- **Ingeniería de métodos**

La Ingeniería de métodos es una técnica que analiza y determina la forma de trabajar del operario en una estación de trabajo con el fin de aumentar la productividad y la calidad del producto, ello se establece mediante el estudio de tiempos y el estudio de movimientos.

- **Estudio de tiempos**

Es una técnica en el que se establece el tiempo de ejecución de una tarea en una estación de trabajo, para determinar al trabajador que realizará la operación tiene que estar en un buen ambiente, debe ser hábil, trabajar en un ritmo normal y en una sola estación.

- **Diagrama de Operaciones del Proceso**

El DOP es una representación gráfica donde se demuestra las operaciones e inspecciones para elaborar un producto, abarca desde la entrada de la materia prima hasta la salida del producto terminado.

- **Tiempo estándar**

Es el tiempo determinado en el que se tiene que realizar una tarea, para ello, el trabajador debe ser hábil y capaz, además de trabajar a un ritmo normal y que solo realice una determinada tarea.

- **Productividad**

La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenidos y los recursos utilizados para obtener dicha producción, en donde se miden la eficiencia y la eficacia.

- **Eficiencia**

Es la correcta utilización de los recursos para la fabricación de un producto.

- **Eficacia**

Es cumplir con los objetivos planteados.

- **Perforación**

Abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar el explosivo y sus accesorios.

- **Voladura**  
Acción de fracturar o fragmentar la roca, el suelo duro, el hormigón o de desprender algún elemento metálico, mediante el empleo de explosivos.
- **Acarreo**  
Traslado corto de material roto en la mina.
- **Desate**  
Consiste en hacer caer las rocas sueltas que están por desprenderse.
- **Desate mecanizado.**  
Se emplea equipos Scalers, equipo electrohidráulico de bajo perfil que cuenta con un brazo telescópico cuyo alcance es de 6 metros de altura donde está acoplado un martillo de percusión, el cual realiza el desate de la labor minera.
- **Shotcrete**  
Hormigón o mortero colocado por proyección neumática de alta velocidad desde una boquilla. Sus componentes son áridos, cemento y agua, y se puede complementar con materiales finos, aditivos químicos y fibras de refuerzo.
- **Sostenimiento**  
Proceso esencial para proteger de accidentes a personal y al equipo. Puede ser pasivo o activo según sea requerido.
- **Mixer**  
Maquina concretera de capacidad de  $4m^3$ , de reducidas dimensiones, instalada sobre un camión que permite preparar el shotcrete fresco en pequeñas cantidades, sin desperdicios y trasladarse a las labores mineras programadas.
- **Robot Lanzador Alpha 20**  
Robot lanzador de shotcrete o hormigón proyectado, vehículo de largo alcance en lugares de trabajo subterráneos, portador de un brazo telescópico con motor diésel.

## CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

### 3.1. Descripción de la empresa

Zicsa Contratista Generales es una empresa del sector servicios especializada en operaciones para minería y construcción que ha mostrado un gran crecimiento a nivel nacional. Empresa con más de 56 años de experiencia en el mercado, aliada reconocida de las más importantes empresas mineras del país. Inscrita en el “Registro de Empresas Contratistas Mineras” siendo la unidad de estudio: Unidad Operativa Inmaculada del grupo Hochschild Mining.

<b>Razón Social:</b>	ZICSA CONTRATISTAS GENERALES S.A.
<b>RUC:</b>	20100313899
<b>Tipo Empresa:</b>	Sociedad Anónima
<b>Tamaño:</b>	500 a 1000 empleados
<b>Fecha Inicio Actividades:</b>	02 / Enero / 1980
<b>Especialidades:</b>	Servicios de operación en minería y construcción

*Tabla 3.1. Tabla descriptiva de la empresa Zicsa Contratistas Generales S.A.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

### 3.2. Misión y Visión

#### 3.2.1. Misión.

Lograr la excelencia de resultado en nuestras operaciones mineras satisfaciendo los objetivos de nuestros clientes y accionistas, desarrollando profesionalmente a nuestros colaboradores y fomentando el desarrollo sostenible de las comunidades.

#### 3.2.2. Visión.

Zicsa será reconocida como una organización confiable que se constituye como un aliado estratégico para el desarrollo de sus clientes.

### 3.3. Ubicación y acceso

Inmaculada es una mina de 20.000 hectáreas de dos tercios de oro y un tercio de plata ubicada en el distrito de Oyolo, provincia Paucar del Sara en el Departamento de Ayacucho a una altitud entre 4200-4800 m.s.n.m.

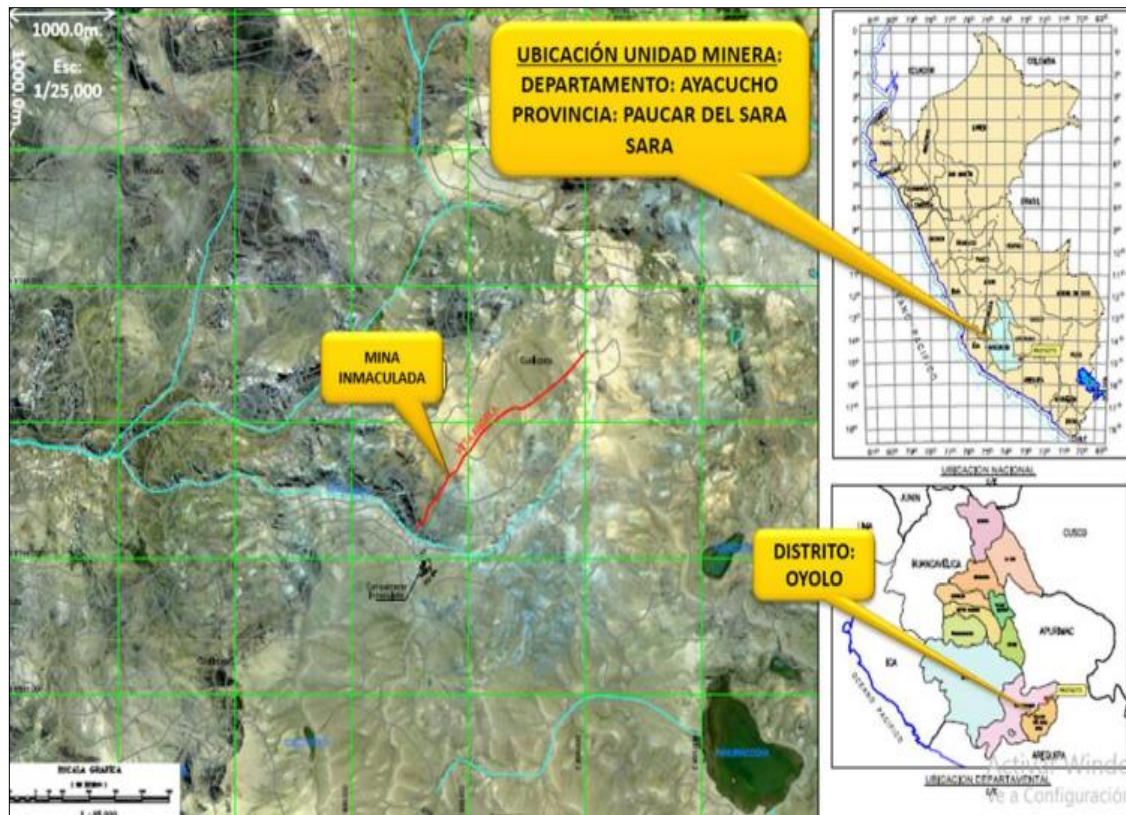


Figura 3.1. Ubicación de la Unidad Operativa Inmaculada.

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.4. Descripción del Servicio

Zicsa Contratista Generales brinda los servicios de avance y preparación, estipulados en el contrato con la compañía minera, la cual trabaja según un programa de planeamiento mensual, aplicando penalidades por el incumplimiento del programa que sería equivalente al 2% de la valorización correspondiente al programa no alcanzado en el caso de que no supere el 90% del cumplimiento del programa de planeamiento.

Los servicios de avance y preparación incluyen todos los procesos del ciclo minado para minería mecanizada: perforación, voladura, limpieza, desate mecanizado, raspado, lanzado de shotcrete, y sostenimiento.

### 3.5. Ciclo de Minado en Unidad Operativa Inmaculada

El ciclo de minado para minería mecanizada de las operaciones de explotación, considera las siguientes operaciones: perforación, voladura, limpieza, desate mecanizado, raspado, lanzado de shotcrete y sostenimiento. Teniendo una duración de ciclo de minado de 10 horas considerando las 2 horas de espera de fragua.

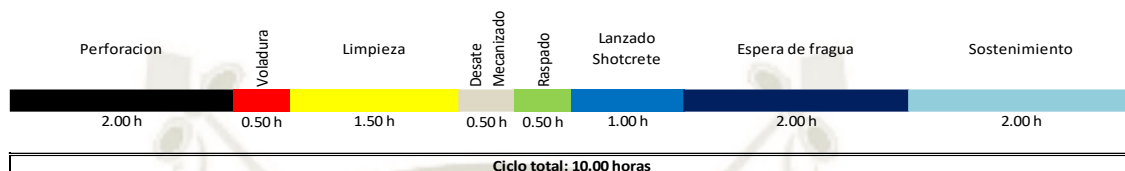


Gráfico 3.1. Diagrama de Gantt del ciclo de minado en U.O. Inmaculada.

Fuente: Elaboración Propia.

#### 3.5.1. Perforación y voladura.

Existe una relación intrínseca entre la perforación y la voladura, ya que puede afirmarse categóricamente que “una buena perforación posibilita una buena voladura, pero una mala perforación asegura una mala voladura”.

La técnica de perforación y voladura se basa en la ejecución de perforaciones en la roca, donde posteriormente se colocarán explosivos que, mediante su detonación, transmiten la energía necesaria para la fragmentación del macizo rocoso a explotar.

El tipo de perforación empleada en la Unidad Operativa Inmaculada es la perforación eléctrica y neumática.

- **Perforación eléctrica:** Se realiza empleando energía eléctrica, que un generador lo provee y para ello se emplea una perforadora con una barra helicoidal. El equipo de perforación utilizado es el Jumbo Electrohidráulico con barras de 14 o 16 pies, según sea la necesidad de la perforación de la labor, máquina diseñada para realizar labores subterráneas de forma rápida y automatizada, como cámaras, galerías, bypass, rampas, subniveles, accesos y cruceros.

- **Perforación neumática:** Se realiza mediante el empleo de una perforadora convencional. Se usa como energía el aire comprimido para realizar huecos de diámetro pequeño. El equipo de perforación utilizado es el Jackleg, usada para realizar taladros horizontales en refugios de secciones pequeñas con una malla de 2.0 x 2.0 metros.

Para la voladura se usa el anfo como agente de voladura, emulsión encartuchada como iniciador y los correspondientes accesorios de voladura (cordón detonante, fulminantes no eléctricos, mecha de seguridad y cordón de ignición).

### 3.5.2. Limpieza y transporte.

El carguío en interior de mina, una vez realizada la voladura es necesario que el material resultante de la misma: desmonte o mineral, según el tipo de labor, deba ser limpiado y trasladado a algún lugar para continuar con la limpieza de la labor minera.

Para la limpieza de las labores mineras previamente perforadas y voladas se utilizan los equipos Scooptrams. La limpieza se da en forma mecanizada, para la extracción del mineral disparado se utiliza equipos Scooptrams de mayor dimensión para los tajos normales (de 13 yd<sup>3</sup> de capacidad), Scooptrams de menor capacidad (de 6 yd<sup>3</sup>, para las recuperaciones).

### 3.5.3. Desate Mecanizado.

Posterior a la limpieza de los tajos se realiza el desatado de rocas del techo y hastiales en forma mecanizada, que consiste en hacer caer las rocas sueltas que están por desprenderse de las labores mineras.

Para el desatado mecanizado se emplea equipos Scalers, equipo electrohidráulico de bajo perfil que cuenta con un brazo telescópico cuyo alcance es de 6 metros de altura donde está acoplado un martillo de percusión, el cual realiza el desate de la labor minera.

Este proceso es de vital importancia debido a que al realizar el correcto desatado de rocas se pueden prevenir posibles accidentes, lesiones al personal, maquinas e instalaciones.

#### **3.5.4. Lanzado de Shotcrete Vía Húmeda.**

Con el método húmedo se utiliza un concreto ya mezclado en la planta de shotcrete ubicado en Superficie. En cualquier momento del proceso es posible inspeccionar y controlar la relación agua/cemento, por tanto, la calidad. La consistencia puede ser ajustada por medio de aditivos, produciendo una calidad constante a lo largo del proceso de proyección. La mezcla ya lista se descarga en una bomba y se transporta a presión a través de la manguera. En la boquilla del extremo de la manguera, se agrega aire a una presión de 7 bar, aumentando la velocidad del shotcrete a fin de lograr una buena compactación y adherencia a la superficie.

#### **3.5.5. Sostenimiento.**

Para el sostenimiento se emplea el equipo empernador Bolter, para la colocación de pernos de roca tales como los pernos hydrabolt, pernos helicoidales, pernos de anclaje y malla electro soldada.

En la Unidad Operativa Inmaculada se cuenta con dos tipos de sostenimiento según sea el tipo de terreno de la labor minera: sostenimiento ligero y/o sostenimiento pesado, el cual es establecido por el área de Geomecánica con el fin de evitar la caída de rocas, planchones, que dañan a las instalaciones, equipos y ocasionan lesiones al personal incluyendo la muerte.

Los sostenimientos ligeros generalmente son para labores mineras de condición normal, con un espesor de 2 pulgadas, y el sostenimiento pesado para labores ubicadas en terrenos muy fracturados con un espesor de 4 pulgadas, diferenciándose por una capa adicional de malla electro soldada.

### 3.6. Programa de planeamiento mensual

Se trabaja de acuerdo a un programa mensual de planeamiento establecido por la compañía minera. Las labores programadas se distribuyen en tres zonas según disposición de Zicsa.

El programa de planeamiento es un documento emitido mensualmente por la compañía minera, en el cual se establece las labores mineras a trabajar durante el mes. Se emite un programa preliminar de planeamiento, el cual es entregado a Zicsa con una semana de anticipación, con la finalidad de revisar las labores mineras programadas. En el caso existan labores que no se puedan ciclar por ciertas condiciones de interior de mina, Zicsa debe hacer conocimiento de ello a la compañía minera para realizar la reprogramación de dichas labores mineras. Tras la conformidad por parte de Zicsa, se emite el programa final de planeamiento correspondiente al mes, al cual se aplica penalidades en caso de que el incumplimiento sea menor al 90%.

Se trabaja con un programa mensual promedio de avances de 2100 a 2200 metros lineales, es decir de 13 a 14 labores mineras por guardia, teniendo en cuenta que se trabaja de lunes a domingo, considerando un día de cambio de guardia, el día jueves, en el cual no se trabaja una guardia por un tema de capacitación al personal.

A continuación, se muestra el resumen mensual de los últimos 5 meses del año 2019, con sus respectivos programas mensuales, avances reales, cumplimiento, valorizaciones y/o penalidades aplicadas por incumplimiento.

	Programa de avances (metros)	Ejecutado de avances (metros)	Cumplimiento (%)	Valorización sin penalidad (Nuevos soles)	Penalidad Aplicada (Nuevos soles)	Valorización Efectiva (Nuevos soles)
AGOSTO	2,142.00	2,008.00	<b>93.7%</b>	7,128,802.84	-	7,128,802.84
SETIEMBRE	2,178.00	1,930.00	<b>88.6%</b>	6,851,887.19	137,037.74	6,714,849.45
OCTUBRE	2,151.00	1,979.00	<b>92.0%</b>	7,025,847.02	-	7,025,847.02
NOVIEMBRE	2,198.00	1,960.00	<b>89.2%</b>	6,958,393.21	139,167.86	6,819,225.35
DICIEMBRE	2,128.00	1,914.00	<b>89.9%</b>	6,795,083.98	135,901.68	6,659,182.30

*Tabla 3.2. Estado de cumplimiento del programa mensual de planeamiento.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

### 3.7. Causas del incumplimiento del programa mensual

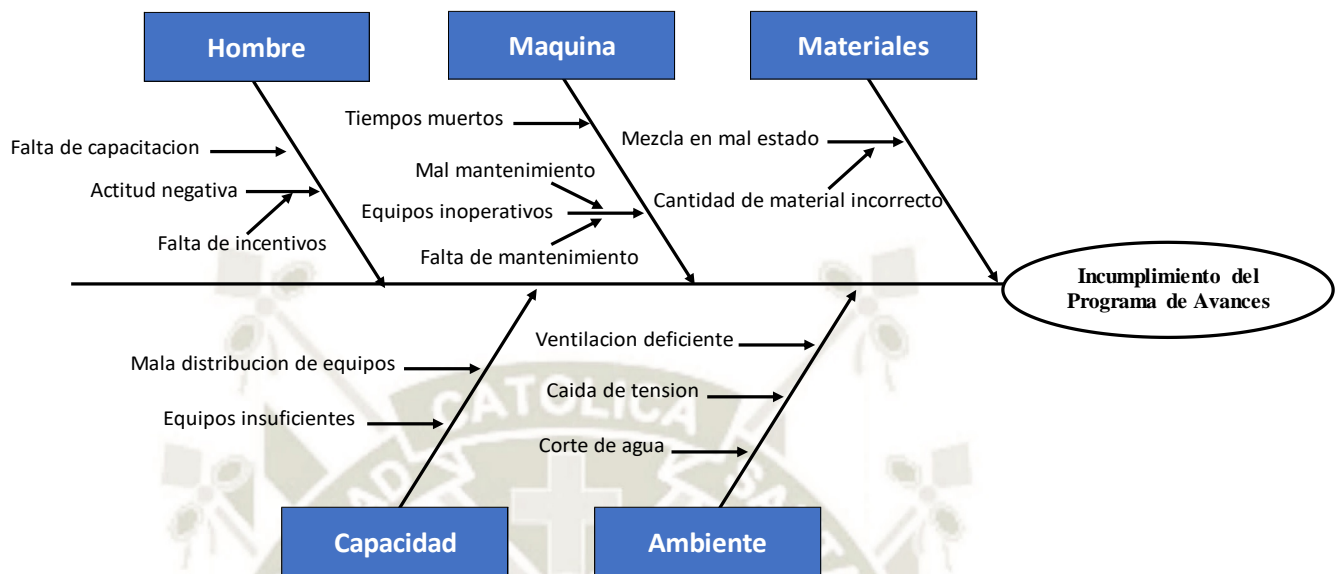


Gráfico 3.2. Diagrama de Ishikawa sobre las causas de incumplimiento del programa.

Fuente: Elaboración Propia.

Las principales causas-raíces del incumplimiento del programa mensual son la espera de la mezcla de shotcrete por retrasos en la llegada a la labor minera del equipo mixer; la espera de labores liberadas, es decir labores listas para el lanzamiento de shotcrete; las constantes fallas mecánicas de los equipos por un mal mantenimiento colocándolos inoperativos temporalmente; la congestión de los accesos generados por la gran cantidad de equipos que existen en la mina por parte de la compañía minera y de todas las contratistas mineras, generando mayores tiempos de transporte; la ventilación deficiente en ciertas zonas de la mina, restringiéndose el pase cuando sobrepasa los 30ppm; la caída de tensión temporal en ciertas zonas; la falta de agua temporal por la baja presión, la mezcla de shotcrete en mal estado por no cumplir con los estándares de calidad propuestos, desechándose dicha mezcla.

Todos estos retrasos son generados por una mala coordinación y planificación por parte del área operativa principalmente en la zona de profundización, debido a que los equipos mixer no se abastecen para llegar a tiempo a las labores programadas por una mala distribución de los equipos.

Realizándose un análisis de la información se encuentra que el principal problema por el cual no se logra cumplir con el programa mensual de planeamiento es por la espera de la llegada de la mezcla de shotcrete por parte de los equipos mixer, retraso generado por la falta de equipos mixer disponibles en la zona de profundización, generando un total de 130 metros lineales perdidos por mes, siendo el 65% de los retrasos, en el cual se basará esta investigación con el fin de reducir dicho retraso, optimizando el proceso de lanzado de shotcrete y garantizando el cumplimiento del programa de planeamiento.

Causas de Incumplimiento	Metros perdidos por mes	Frecuencia (%)	Frecuencia Acumulada (%)
Espera de la mezcla	130	65%	65%
Equipos inoperativos	24	12%	77%
Ventilacion deficiente	23	11%	88%
Espera de labor liberada	9	4%	93%
Caida de tension	6	3%	96%
Mezcla en mal estado	6	3%	99%
Falta de agua	3	1%	100%
<b>Total</b>	<b>201</b>	<b>100%</b>	

Tabla 3.3. Causas de incumplimiento del programa mensual.

Fuente: Elaboración Propia.

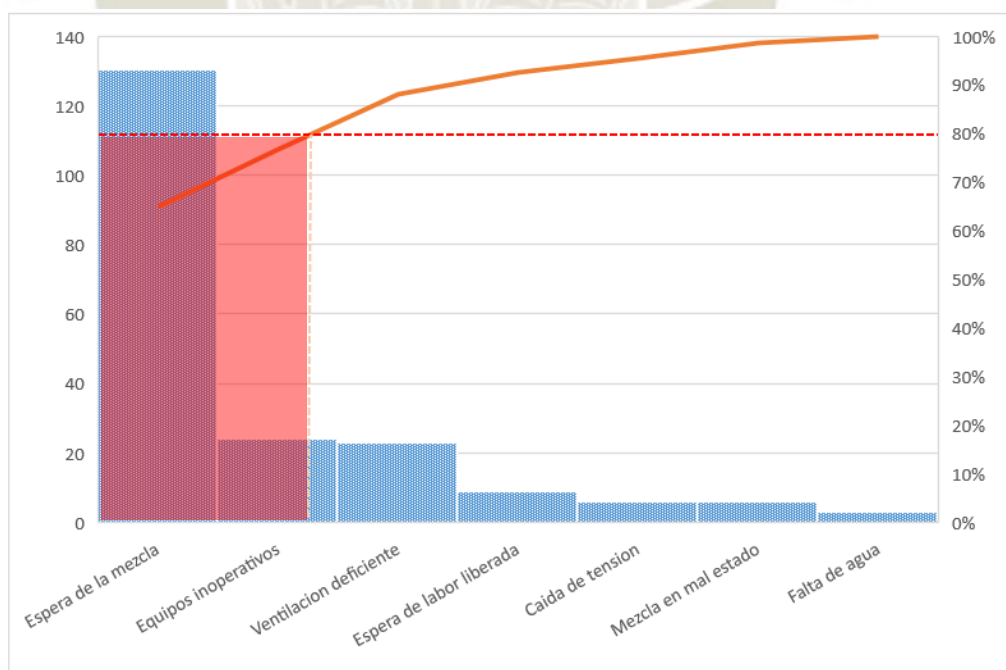


Gráfico 3.3. Diagrama de Pareto de causas de incumplimiento del programa mensual.

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.8. Zonificación Actual de la Unidad Operativa Inmaculada

La Unidad Inmaculada se encuentra dividida en tres zonas de trabajo: Zona de profundización (Zona-3) y Zona Alta (Zona-2, Zona-1). Siendo la zona de profundización la que cuenta con mayor número de labores mineras programadas.

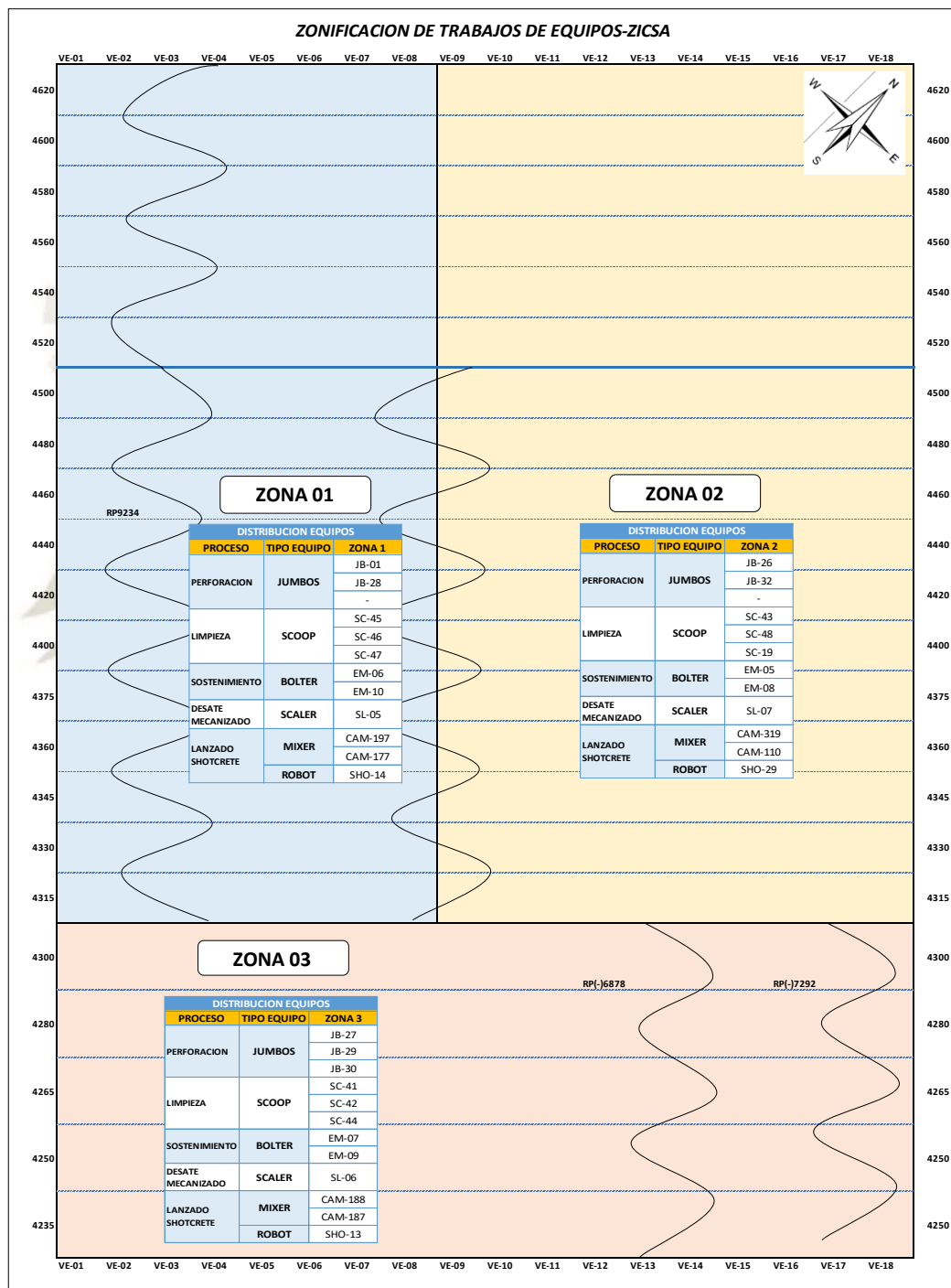


Gráfico 3.4. Zonificación de Unidad Minera Inmaculada.

Fuente: Empresa Zicsa Contratistas Generales.

### 3.9. Proceso de Lanzado de Shotcrete Vía Húmeda

#### 3.9.1. Shotcrete

Shotcrete, de acuerdo al Instituto Americano del Shotcrete (ACI, American Concrete Institute, por sus siglas en inglés), es definido como el mortero o shotcrete aplicado neumáticamente y proyectado a alta velocidad. Es una mezcla de cemento, aditivos, agua, agregados y fibra metálica.

#### 3.9.2. Composición del Shotcrete.

- Cemento, es importante almacenarlo en un silo que cumpla las condiciones requeridas de temperatura y hermeticidad. Conforman las  $\frac{3}{4}$  partes de la mezcla de shotcrete.
- Aditivos, los aditivos usados para elaborar el shotcrete son los estabilizadores y reductores de agua, que reducen el tiempo de fraguado, permitiendo una resistencia inicial mayor.
- Agua, el PH del agua debe ser de preferencia neutro, con una temperatura mínima de 15 grados centígrados, estando libre de sedimentos y partículas que inhiban el proceso de hidratación del shotcrete.
- Agregados, se debe monitorear la granulometría, la humedad del agregado, la presencia de arcillas, material orgánico o partículas demasiado angulosas.
- Fibra metálica, debe almacenarse en recipientes secos a fin de evitarse la posibilidad de corrosión.

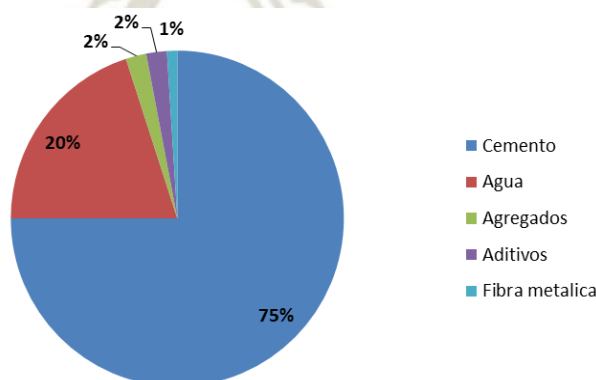
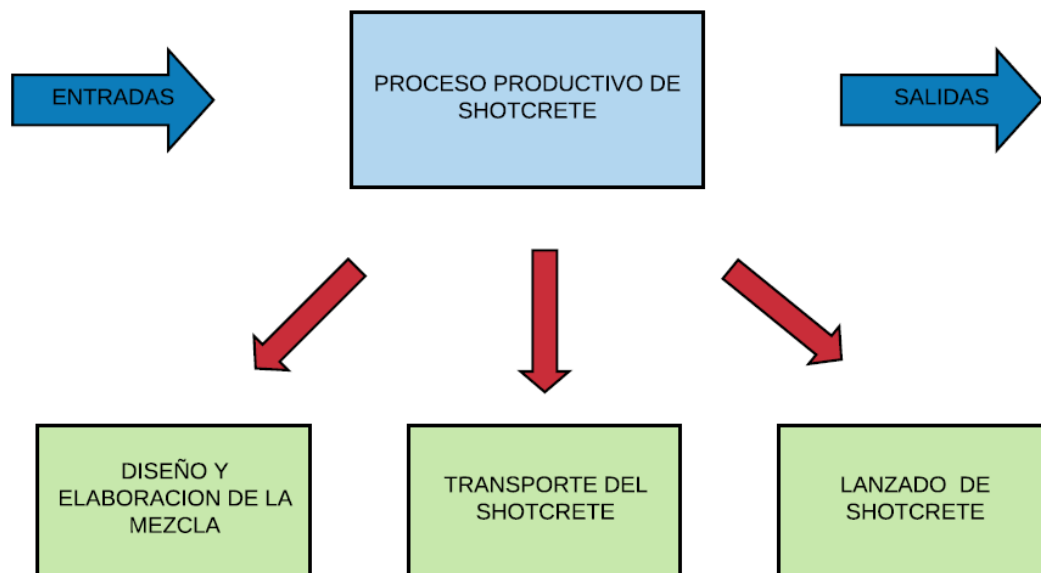


Gráfico 3.5. Diagrama de pastel de la composición del shotcrete.

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.10. Proceso Productivo del Shotcrete



*Gráfico 3.6. Proceso productivo del shotcrete.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

#### 3.10.1. Diseño y elaboración de la mezcla.

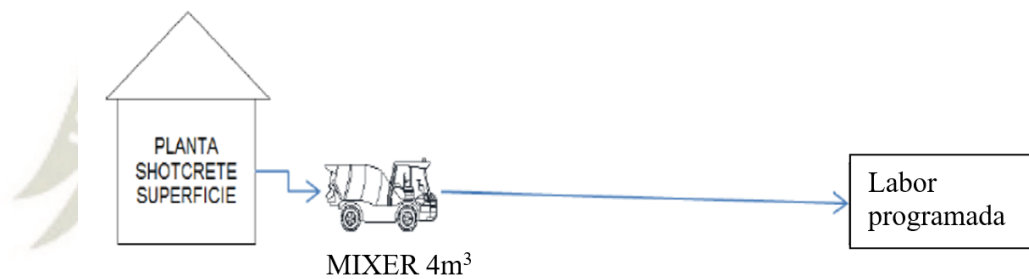
Los insumos no siempre llegan en condiciones óptimas de calidad. La selección y control de insumos son de gran importancia, un error en esta etapa puede provocar la elaboración de un producto no confiable o inservible para el sostenimiento. Es así que se deben realizar monitoreo y control de todos los insumos antes de la elaboración de la mezcla, control de los almacenes donde se encuentran todos los materiales a utilizar para la elaboración de la mezcla.

Luego del control previo de los insumos que ingresan al proceso, la segunda fase consiste en la dosificación automática y la mezcla de dichos componentes. El empleo de una planta automatizada de shotcrete permite una alta confiabilidad en las proporciones de los componentes minimizando los sobrecostos, inseguridades por excesos o defectos y asegurando la calidad de la mezcla hasta la llegada a la labor minera programada.

### 3.10.2. Transporte del Shotcrete.

Esta es la etapa en la cual está centrado el problema, objeto del presente estudio y donde puede obtenerse la mayor eficiencia y, por ende, el mayor ahorro en el proceso. El costo en las etapas anteriores depende sólo de la cantidad de material producido y de las horas-hombre necesarias para el control; sin embargo, en esta nueva etapa debemos añadir otro objeto de costo: la distancia a transportarse del shotcrete y la distribución de equipos a fin de reducir el tiempo de transporte de labor a labor minera programada.

Se elabora el shotcrete en superficie y se traslada por medio de equipos mixer de  $4\text{m}^3$  de capacidad al pie de la labor minera en interior de mina, lugar donde se encuentran con los equipos robot lanzador para su instalación y lanzamiento de shotcrete correspondiente.



*Figura 3.2. Transporte del shotcrete.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

### 3.10.3. Lanzado del Shotcrete.

Se inicia con la llegada del mixer de  $4\text{m}^3$  al pie de la labor minera y su posicionamiento contiguo al robot lanzador de shotcrete, donde se realiza la instalación de los equipos, dejándolos listos para el lanzamiento de shotcrete programado.

En esta última fase, el shotcrete se transforma en shotcrete lanzado, luego de la adición del aditivo acelerante y la proyección por medios neumáticos. Posteriormente se procede a la desinstalación de los equipos para su transporte a las otras labores mineras programadas.

### 3.11. Diagrama de flujo del proceso de shotcrete

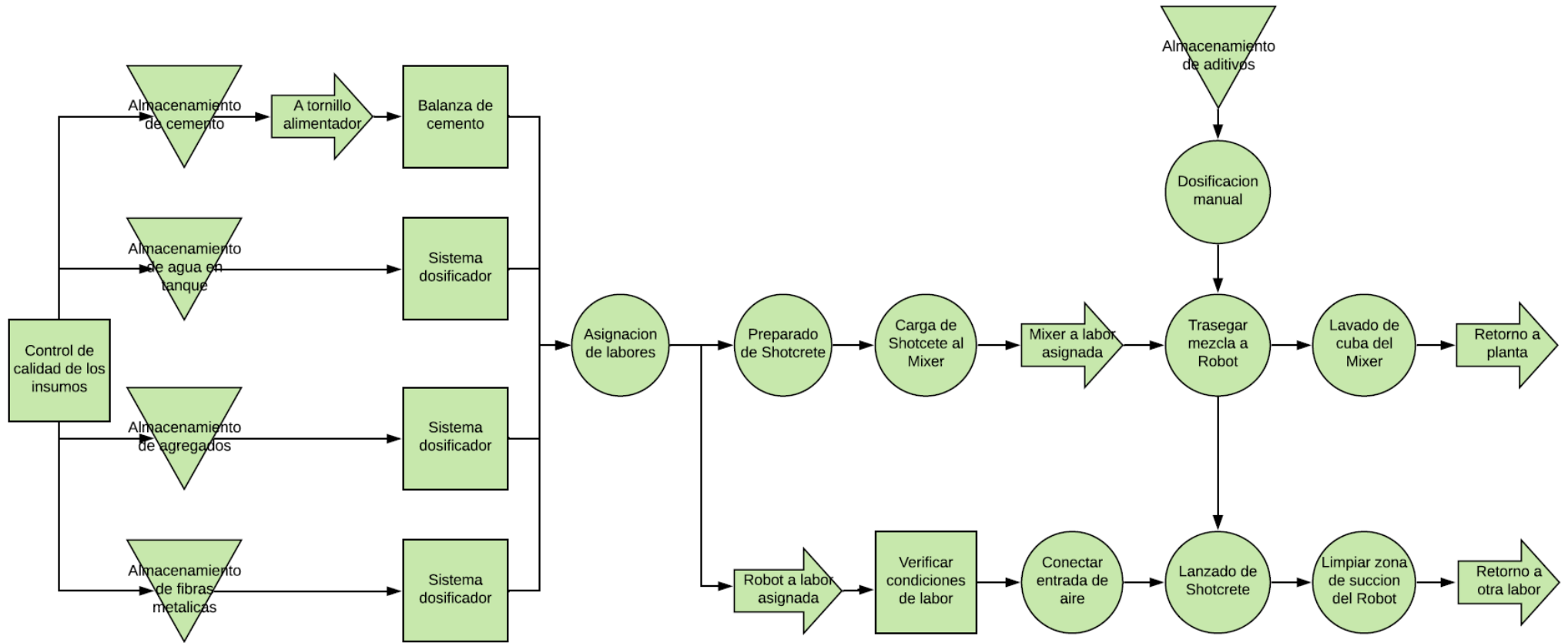


Gráfico 3.7. Diagrama de flujo del proceso de shotcrete.

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.12. Maquinaria utilizada en el proceso lanzado de shotcrete

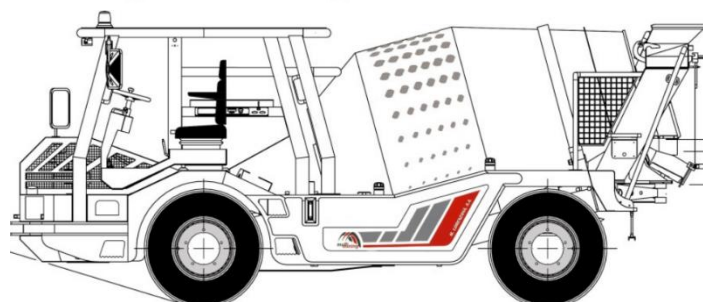
#### 3.12.1. Mixer de 4m<sup>3</sup>.

Mixer, mezclador, hurón, equipo hormigonera; maquina concretera de capacidad de 4m<sup>3</sup>, de reducidas dimensiones, instalada sobre un camión que permite preparar el shotcrete fresco en pequeñas cantidades, sin desperdicios y trasladarse a las labores mineras programadas.

La empresa Zicsa tiene 07 equipos mixer, 06 en la operación y 01 en stand by. Los equipos en operación se encuentran distribuidos dos por cada zona y el equipo en Stand by reemplaza al equipo que se encuentre en mantenimiento programado, correctivo o al que presente alguna falla o retraso en operación. En la operación todos los equipos se encuentran en superficie en espera de una labor disponible en su zona para el lanzamiento de shotcrete correspondiente o en el taller de mantenimiento, por alguna revisión o mantenimiento correctivo preventivo.

En el transporte del shotcrete, el factor determinante es la distancia a transportarse hacia el frente de trabajo programado. Para recorrer grandes distancias, es necesario emplear aditivos para estabilizar la mezcla del shotcrete. Por lo tanto, la distancia de transporte repercute mucho en los costes de la mezcla, del transporte y del mantenimiento de los equipos.

DISTRIBUCION EQUIPOS			
TIPO EQUIPO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
MIXER	CAM-197	CAM-319	CAM-188
	CAM-177	CAM-110	CAM-187



*Figura 3.3. Mixer de 4m<sup>3</sup>.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

### 3.12.2. Robot Lanzador Alpha 20

La proyección de shotcrete con equipos robotizados por vía húmeda es el método más eficiente en proyectos con altos niveles de producción. Se utiliza sobre todo en obras subterráneas para aumentar la seguridad del operador.

El shotcrete se introduce a través de la tolva del equipo y es transportado por la tubería hasta la boquilla del brazo proyector, donde se mezcla con el aire comprimido para proyectarse sobre el sustrato.

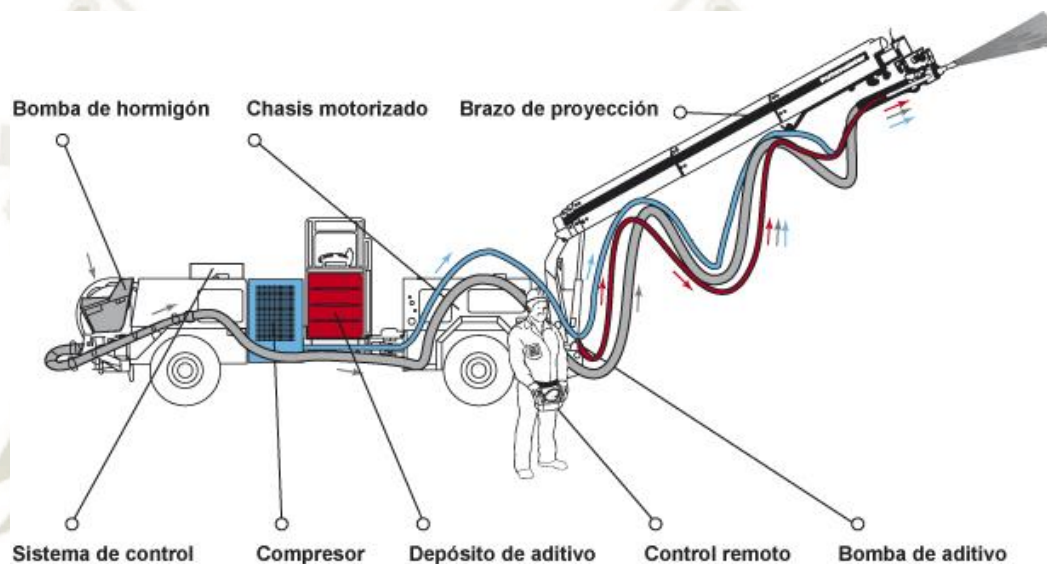


Figura 3.4. Robot Lanzador Alpha 20.

Fuente: Elaboración Propia.

La bomba es la encargada de conducir la mezcla hacia el brazo proyector. Para bombear la mezcla de shotcrete húmeda se utilizan principalmente bombas de hormigón de doble pistón.

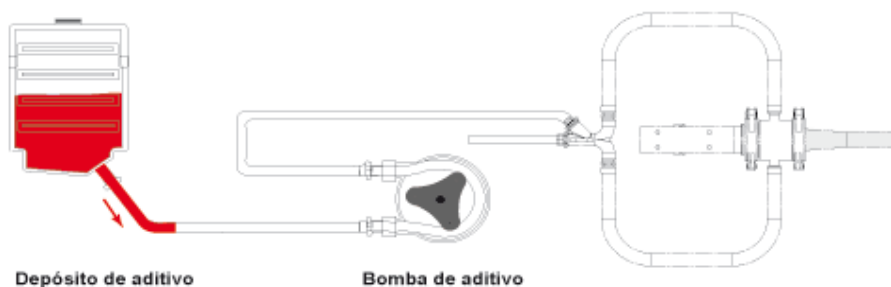


Figura 3.5. Bomba del Robot Lanzador Alpha 20.

Fuente: Elaboración Propia.

El brazo de proyección del equipo robotizado posiciona el flujo del shotcrete en el lugar requerido. Alcanzando unas distancias de proyección de hasta 17 m. En el cabezal de proyección se mezcla el shotcrete y aire para proceder a la aplicación a través de la boquilla.

El compresor de aire es el encargado de proporcionarle al hormigón la energía cinética necesaria para su proyección y compactación. El shotcrete tiene que impactar a una velocidad determinada contra la pared. Esta velocidad no se consigue sólo gracias al caudal de aire que da el compresor, sino en combinación con un diámetro de salida de la boquilla adecuado.



Figura 3.6. Compresor de aire del Robot Lanzador Alpha 20.

Fuente: Elaboración Propia.

La empresa Zicsa tiene 04 equipos robot lanzador Alpha, 03 en la operación y 01 en Stand by. Los equipos en operación se encuentran distribuidos uno por cada zona y el equipo en Stand by reemplaza al equipo que se encuentre en mantenimiento programado o al equipo que tenga alguna falla.

DISTRIBUCION EQUIPOS			
TIPO EQUIPO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
ROBOT	SHO-14	SHO-29	SHO-13



Figura 3.7. Robot Lanzador Alpha 20.

Fuente: Elaboración Propia.

## CAPÍTULO 4. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

En el presente capítulo se describen los resultados de la investigación obtenidos luego de la aplicación del correspondiente instrumento de recolección de datos, conformado por la medición de tiempos con cronometro durante el proceso de lanzado de shotcrete.

Una vez aplicado los instrumentos de recolección de la información, se procedió a realizar el tratamiento de información correspondiente para el análisis de los mismos, por cuanto la información que arrojará será la que indique las conclusiones finales a las cuales llegará la investigación. Se mostrará el ciclo efectivo de trabajo, tiempo de traslado de labor a labor, tiempo de traslado de labor a superficie, tiempos improductivos generados por cada equipo y la distribución de los mismos en la zonificación de equipos. Dicha información será utilizada para la elaboración de una propuesta de mejora para el proceso de lanzado de shotcrete con el fin de garantizar el cumplimiento del programa mensual de planeamiento.

Los datos obtenidos en la fase de recolección de datos a continuación son suministrados y sometidos a un proceso analítico e interpretativo. El análisis de los resultados que se realizara serán de tipo cuantitativo a través de la presentación de datos mediante gráficos y diagramas; y de tipo cualitativo mediante comentarios de la información recolectada.

### 4.1. Población y muestra de estudio

Para la determinación de las observaciones necesarias por fórmulas estadísticas, el número  $N$  de observaciones necesarias para obtener el tiempo de reloj representativo con un error de  $e$  %, con riesgo fijado de  $R$  %, se aplica la siguiente fórmula:

$$N = \left( \frac{K \cdot \sigma}{e \cdot \bar{x}} \right)^2 + 1 \quad (4-1)$$

Donde:

$N$  = número mínimo de observaciones.

$K$  = coeficiente de riesgo.

$\sigma$  = la desviación estándar.

$e$  = error expresado en forma decimal.

$\bar{x}$  = media aritmética.

Siendo,  $K$  = el coeficiente de riesgo cuyos valores son:

$K = 1$  para riesgo de error de 32 %

$K = 2$  para riesgo de error de 5 %

$K = 3$  para riesgo de error de 0.3 %

Para el calculo de la desviacion estandar:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum f(x_i - \bar{x})^2}}{n} \quad (4-2)$$

Donde:

$\sigma$  = la desviación estándar.

$x_i$  = los valores obtenidos de los tiempos de reloj del lanzado de shotcrete.

$\bar{x}$  = la media aritmética de los tiempos de reloj del lanzado de shotcrete.

$f$  = frecuencia de cada tiempo de reloj tomado.

$n$  = número de mediciones efectuadas.

Para el cálculo de la media aritmética:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (4-3)$$

Donde:

$\bar{x}$  = media aritmética.

$\sum x$  = sumatoria de datos.

$n$  = tamaño de la muestra.

Se tomaron las siguientes lecturas en minutos del proceso de lanzado de shotcrete del equipo Robot Lanzador #29. Las 24 lecturas tomadas fueron: 29, 27, 25, 26, 25, 25, 26, 22, 25, 26, 24, 25, 26, 27, 25, 23, 26, 26, 27, 25, 26, 23, 23, 23, dicho cronometraje se realizó del 01 al 07 de diciembre del 2019, en la Unidad Operativa Inmaculada, se inició a las 8h. 30min. y terminó a las 15h. 00min.

Se determina el número mínimo de observaciones necesarias para obtener el tiempo de reloj representativo con un error de 4% y un riesgo de 5%.

Valores Xi	Frecuencia f	Xi-x	(Xi - x)2	f(Xi - x)2
22.00	1.00	- 3.21	10.29	10.29
23.00	4.00	- 2.21	4.88	19.51
24.00	1.00	- 1.21	1.46	1.46
25.00	7.00	- 0.21	0.04	0.30
26.00	7.00	0.79	0.63	4.39
27.00	3.00	1.79	3.21	9.63
29.00	1.00	3.79	14.38	14.38
<b>Totales</b>	<b>24.00</b>			<b>59.96</b>

Tabla 4.1. Tabla estadística para cálculo del número de observaciones del proceso de lanzado de shotcrete.

Fuente: Elaboración propia.

Calculamos  $\bar{x}$ , la media aritmética mediante la ecuación (4-3):

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{(22 \times 1) + (23 \times 4) + (24 \times 1) + (25 \times 7) + (26 \times 7) + (27 \times 3) + (29 \times 1)}{24}$$

$$\bar{x} = 25.21$$

Calculamos  $\sigma$ , la desviación estándar, mediante la ecuación (4-2):

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum f(xi - \bar{x})^2}}{n}$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{59.96}}{24}$$

$$\sigma = 1.58$$

Para calcular  $N$ , el número mínimo de observaciones, usamos la ecuación (4-1). Se utilizó un valor del riesgo del 5%, donde  $K = 2$  y el valor del error fijado es  $e = 0.04$ .

$$N = \left( \frac{K \cdot \sigma}{e \cdot \bar{x}} \right)^2 + 1$$

$$N = \left( \frac{2 \times 1.58}{0.04 \times 25.21} \right)^2 + 1$$

$$N = 10.83 + 1$$

$$N = 11.83$$

$$N \cong 12$$

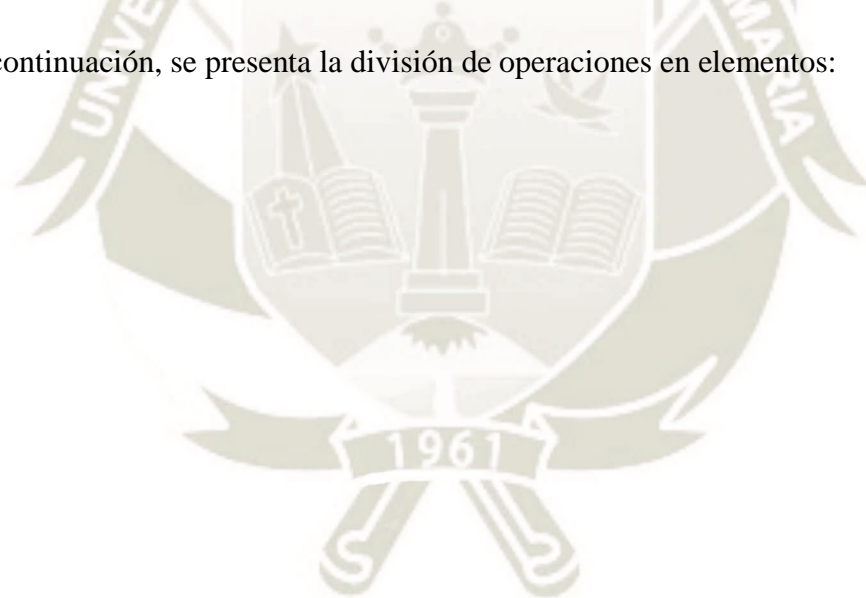
Se deben realizar 11 lecturas para estar en los rangos propuestos, siendo 72 lecturas las muestras tomadas para el estudio de tiempos del proceso de lanzado, superando lo requerido. Esta data se tomó del 01 al 07 de diciembre del 2019, considerando la medición de los tres equipos robot lanzador y seis equipos mixer.

#### **4.2. División de las operaciones en elementos**

El proceso de lanzado de shotcrete lleva una secuencia de operaciones, y es necesario identificar; tanto el inicio, como el final de las mismas. Para lograrlo es necesario, observar algunos ciclos y se trata, que los elementos sean lo más breve posibles.

Se tomará en cuenta para la división de las operaciones en elementos, el proceso desde dos perspectivas distintas debido a que los equipos que interviene durante el proceso de lanzado de shotcrete, realizan actividades y recorridos diferentes, necesarios identificar para encontrar los cuellos de botella y deficiencias durante la operación.

A continuación, se presenta la división de operaciones en elementos:



#### 4.2.1. Proceso de lanzado de shotcrete desde la perspectiva del robot lanzador.

- Traslado del equipo: El robot se traslada desde superficie hasta la labor minera programada, luego de concluir el proceso de lanzado de shotcrete, se traslada inmediatamente hacia otra labor minera, así sucesivamente, sin necesidad de regresar a superficie. Ya culminada la jornada laboral se regresa el equipo a superficie.
- Ciclo efectivo del lanzado de shotcrete:
  - Instalación del equipo: El robot lanzador en espera del equipo mixer para realizar la instalación correspondiente para el lanzado de shotcrete, donde la mezcla se introduce a través de la tolva del equipo y es transportado por la tubería hasta la boquilla del brazo proyector, donde se mezcla con el aire comprimido para proyectarse sobre el sustrato.
  - Lanzado de shotcrete: La mezcla es bombeada por mangueras hacia una boquilla, en donde se le inyecta aire comprimido antes de ser proyectada sin interrupción en forma continua.
  - Desinstalación de equipo: Terminado el lanzado de shotcrete se desinstala el equipo para luego realizar la limpieza de la zona de succión y trasladarse a otra labor minera programada.

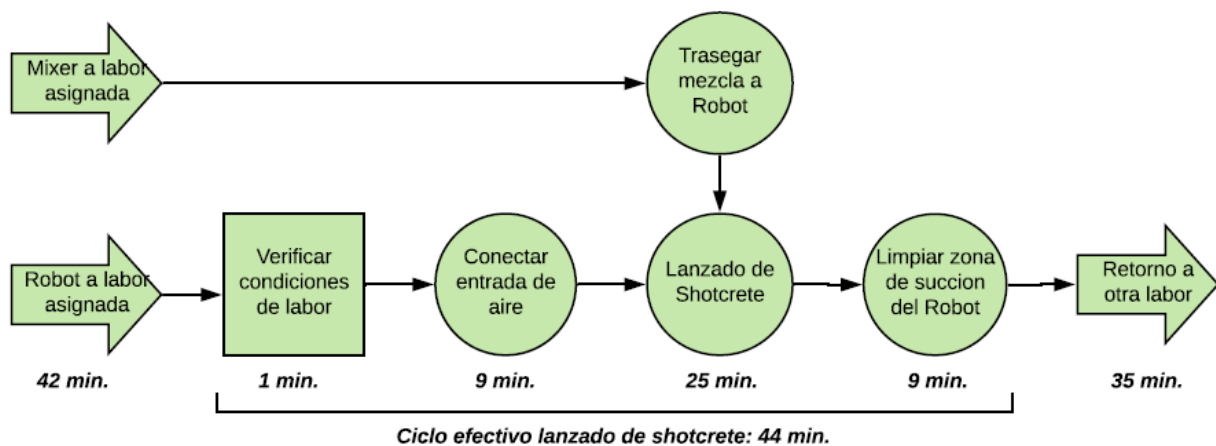


Gráfico 4.1. Diagrama de flujo del proceso de lanzado de shotcrete desde la perspectiva del robot lanzador.

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.2.2. Proceso de lanzado de shotcrete desde la perspectiva del mixer.

- Trasegado de mezcla a mixer: En la superficie se realiza el proceso de trasladar o mover el shotcrete desde la planta de concreto hacia el equipo mixer de capacidad de 4m<sup>3</sup>.
- Traslado del equipo: El mixer se traslada desde la superficie hasta la labor minera programada, luego de concluir el proceso de lanzado de shotcrete, regresa nuevamente a superficie a abastecerse de mezcla de shotcrete.
- Ciclo efectivo del lanzado de shotcrete:
  - Instalación del equipo: El mixer llega a la labor minera programada, en la cual se encuentra el robot lanzador donde se realiza el trasegado de la mezcla previo para el lanzado de shotcrete.
  - Lanzado de shotcrete: Con los equipos previamente instalados, se realiza el lanzado de shotcrete respectivo.
  - Desinstalación de equipo: Terminado el lanzado de shotcrete se desinstala el equipo para luego realizar el lavado de la cuba y dirigirse a la superficie para el trasegado de la mezcla de shotcrete.

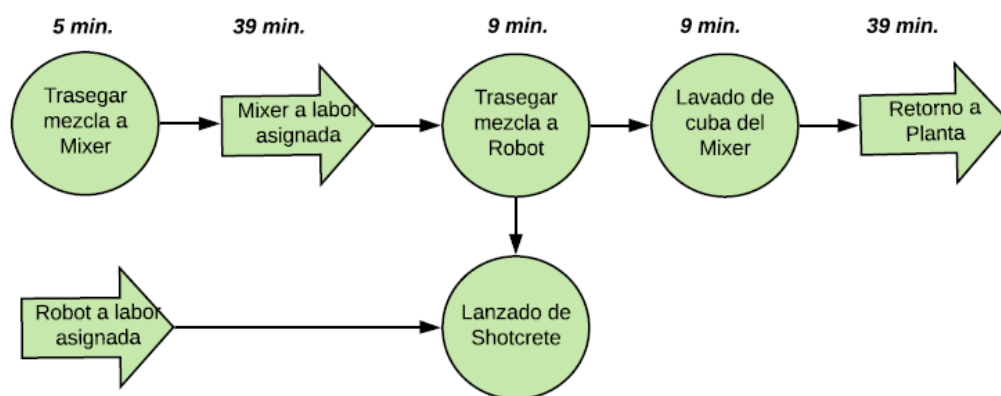


Gráfico 4.2. Diagrama de flujo del proceso de lanzado de shotcrete desde la perspectiva del mixer.

Fuente: Elaboración Propia.

### 4.3. Tiempos de observación

Se procede a registrar tiempos, haciendo uso del equipo necesario como cronometro, tabla de apoyo, hoja de registro de tiempos, lapicero y calculadora. El estudio es realizado en la Unidad Operativa Inmaculada; a través de observaciones directas a una distancia considerable, donde se está realizando el proceso, con el fin de visualizar todos los movimientos y procedimientos empleados en el método actual de trabajo.

#### 4.3.1. Determinación de las tolerancias.

La magnitud de las tolerancias asignadas para el cálculo del tiempo normal; son establecidas, mediante observaciones directas donde se analizan los siguientes aspectos:

- Revisiones técnicas de los equipos con un tiempo promedio de media hora diaria por guardia, actividad necesaria para prevenir posibles fallas durante la operación.
- Atoro de la mezcla en la tubería, es uno de los problemas más comunes, que se da por el uso continuo del equipo robot lanzador debido a la consistencia de la mezcla de shotcrete. Teniendo un tiempo promedio de 18 minutos por guardia, afectando solo a una labor del total programado.
- Congestión de los accesos, retrasos durante el transporte de los equipos debido al tráfico generado por la gran cantidad de equipos que maneja la compañía minera y otras contratas, el tiempo es variable, dependiendo de la hora en la que este transitando y la ubicación de las labores mineras, siendo el tiempo promedio 15 minutos aproximados por guardia.

Actividad	Tiempo de tolerancia
Revision tecnica de equipos	30 min.
Atoro de mezcla en tuberia	18 min.
Congestion de los accesos	15 min.

Tabla 4.2. Ciclo efectivo del lanzado de shotcrete.

Fuente: Elaboración propia.

Todas estas tolerancias equivalen al 14% de la jornada laboral diaria por guardia, equivalente a 63 minutos, dato que posteriormente será utilizado.

#### 4.3.2. Determinación de los retrasos.

Los retrasos no se toman en cuenta para el cálculo de tiempo normal, debido a que estas no forman parte del proceso, alteran y causan la entrega tardía de las labores mineras, por ende, el incumplimiento del programa mensual. Los retrasos son establecidos mediante observaciones directas donde se analizan las siguientes:

- Espera de la mezcla de shotcrete: Espera generada por una inadecuada planificación de trabajo, debido a la falta de equipos mixer disponibles en la zona de profundización.
- Equipos inoperativos: Tanto los equipos mixer y robot lanzador tienen un programa semanal de mantenimientos preventivos, incumpliendo algunas veces el programa por una mala coordinación por parte de los trabajadores, generándose fallas inusuales en los equipos, siendo un retraso en la operación.
- Ventilación deficiente: Las labores mineras ubicadas en zona de profundización no cuentan con una adecuada ventilación, restringiéndose el pase cuando sobrepasa los 30ppm, redireccionándose a otra labor minera que este en óptimas condiciones de trabajo.
- Espera de labor liberada: Espera de labores listas para el lanzamiento de shotcrete, generado por el retraso de otros procesos del ciclo minado.
- Caída de tensión: El bajo voltaje es uno de los problemas de calidad de energía más comunes y menos frecuentes que tiene repercusiones graves en el funcionamiento de todos los equipos y maquinaria conectada a una línea eléctrica, generalmente por una sobrecarga o saturación del sistema eléctrico.
- Mezcla en mal estado: Es un problema de calidad de la mezcla de shotcrete por no cumplir con los estándares propuestos, desechándose dicha mezcla.
- Falta de agua: Es un problema temporal no frecuente que tiene repercusiones graves para el desarrollo del ciclo minado generado por la baja presión.

#### 4.3.3. Ciclo efectivo del proceso de lanzado de shotcrete.

Se realizó un estudio de tiempos del ciclo efectivo de lanzado de shotcrete, en el cual no se considera el tiempo de traslado, solo se considera la instalación de los equipos, el lanzado neto de shotcrete de la labor minera programada y la desinstalación de los equipos. Realizándose la medición por guardia, durante una semana de domingo a sábado, de los tres robots lanzadores.

Se obtuvo un tiempo promedio de lanzado de shotcrete efectivo de 44 minutos.

FECHA	ROBOT 14	ROBOT 29	ROBOT 13
1-Dic	0.75	0.79	0.75
2-Dic	0.72	0.73	0.71
3-Dic	0.73	0.79	0.71
4-Dic	0.72	0.78	0.73
5-Dic	0.73		0.72
6-Dic	0.73	0.75	0.73
7-Dic	0.69	0.72	0.74
<b>Total</b>	<b>0.72 hrs.</b> 43min.	<b>0.76 hrs.</b> 46min.	<b>0.73 hrs.</b> 44min.

*Tabla 4.3. Ciclo efectivo del lanzado de shotcrete.*

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.3.4. Tiempo promedio de traslado

Se realizó un estudio de tiempos del traslado de los equipos, considerando el traslado de labor a labor minera programada, y de labor a superficie, según sea el caso de cada uno de los equipos, tomado la medición de tiempos de la totalidad de los equipos: 03 robots lanzadores y 06 equipos mixer.

##### Tiempo promedio de traslado del robot lanzador de labor a labor minera

Se obtuvo un tiempo promedio de traslado en equipos robot lanzador solo considerando el traslado de labor a labor minera programada aproximado de 35 minutos según la zonificación actual de los equipos.

<b>TIEMPO DE TRASLADO ROBOT LANZADOR LABOR A LABOR</b>			
FECHA	ROBOT 14	ROBOT 29	ROBOT 13
1-Dic	0.67	0.51	0.62
2-Dic	0.63	0.41	0.45
3-Dic	0.73	0.55	0.67
4-Dic	0.64	0.49	0.55
5-Dic	0.80		0.60
6-Dic	0.59	0.43	0.50
7-Dic	0.49	0.55	0.63
<b>Total hrs.</b>	<b>0.65 hrs.</b> 39min.	<b>0.49 hrs.</b> 29min.	<b>0.57 hrs.</b> 34min.

Tabla 4.4. Tiempo promedio de traslado del robot lanzador de labor a labor.

Fuente: Elaboración Propia.

El Robot #14 tiene mayor tiempo de traslado por la programación mensual de las labores mineras, teniendo mayores niveles de diferencia entre las labores programadas. El tiempo promedio de traslado es muy variable, oscilando desde 30 a 40 minutos según la planificación diaria y coordinación por parte del área operativa.

Tiempo promedio de traslado del robot lanzador de labor a superficie

Se obtuvo un tiempo promedio de traslado en equipos robot lanzador de labor a superficie de 42 minutos.

<b>TIEMPO DE TRASLADO ROBOT LANZADOR LABOR A BOCAMINA</b>			
FECHA	ROBOT 14	ROBOT 29	ROBOT 13
1-Dic	0.77	0.47	0.90
2-Dic	0.62	0.53	0.83
3-Dic	0.78	0.50	0.95
4-Dic	0.60	0.55	0.92
5-Dic	0.70		0.67
6-Dic	0.67	0.80	1.00
7-Dic	0.83	0.40	0.58
<b>Total hrs.</b>	<b>0.71 hrs.</b> 43min.	<b>0.54 hrs.</b> 33min.	<b>0.84 hrs.</b> 50min.

Tabla 4.5. Tiempo promedio de traslado del robot lanzador de labor a superficie.

Fuente: Elaboración Propia.

El Robot#13 es el de mayor tiempo de traslado por ubicarse en la zona de profundización y ser la zona con mayor congestión y de mayor recorrido.

Tiempo promedio de traslado del equipo mixer

Se obtuvo un tiempo promedio de traslado en los equipos mixer de 39 minutos, sabiendo que el traslado realizado por estos equipos es de labor a superficie ida y vuelta, por el trasegado de la mezcla que se realiza en superficie nivel 4500.

**TIEMPO DE TRASLADO MIXER**

FECHA	Tiempo Promedio
MIXER 1	38 min.
MIXER 2	31 min.
MIXER 3	33 min.
MIXER 4	36 min.
MIXER 5	45 min.
MIXER 6	49 min.
<b>Total min.</b>	<b>39 min.</b>

*Tabla 4.6. Tiempo promedio de traslado del mixer.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

Los mixer 5 y 6 son los de mayor tiempo de traslado por ubicarse en la zona de profundización y estar más alejada de la superficie.

Considerar que los equipos mixer realizan mayor recorrido en comparación de los equipos robot lanzador, debido a que estos regresan a superficie para realizar el trasegado de la mezcla de shotcrete. A partir de esta premisa se necesita mayor cantidad de equipos mixer, a pesar que ambos trabajan con la misma cantidad de labores. En resumen, el tiempo promedio de traslado del equipo mixer y robot lanzador es de 39 y 38 minutos aproximados por viaje, mostrados en la siguiente tabla.

**TIEMPO PROMEDIO DE TRASLADO**

	Robot Lanzador	Mixer
Labor a labor	35 min	-
Labor a Bocamina	42 min	39 min
Promedio de traslado	38 min	39 min

*Tabla 4.7. Tiempo promedio de traslado robot lanzador y mixer.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

#### 4.4. Cálculo del Tiempo Improductivo

Para efectos del cálculo del tiempo improductivo, no se consideran las tolerancias por ser considerados parte del proceso de lanzamiento de shotcrete, equivalentes al 14% de la jornada laboral por guardia, trabajando sobre una base de 6.45 horas disponibles por guardia de la jornada de trabajo de 7.50 horas.

##### Jornada de Trabajo:

Hora inicio promedio	08:30
Hora final promedio	17:00
Inicio almuerzo	12:00
Fin almuerzo	13:00
<b>Horas efectiva trabajo</b>	<b>7.50 hrs.</b>
<b>Tolerancia</b>	<b>14%</b>

Horas netas de trabajo	6.45 hrs.
------------------------	-----------

Se considera para el cálculo del tiempo improductivo aquellos retrasos como la espera de la mezcla, espera de labores liberadas, entre otros, los cuales se pueden eliminarse con una mejor planificación operativa y redistribución de flota de equipos, siendo actualmente un retraso para el cumplimiento de los objetivos de la empresa, es decir, el cumplimiento del programa mensual de planeamiento.

##### Tiempo improductivo promedio del robot lanzador

Los tiempos improductivos generados por los robots lanzadores son equivalentes al 7%, el cual corresponde a 27 minutos por guardia, haciendo un total de 25 horas 12 minutos improductivas mensuales, siendo el robot #13 el equipo con menos tiempo improductivo debido a que se ubica en zona de profundización y presenta mayor número de labores mineras programadas.

FECHA	Jornada Laboral	ROBOT 14		ROBOT 29		ROBOT 13		% Tiempo Improductivo
		Tiempo Ocioso	% Tiempo Improductivo	Tiempo Ocioso	% Tiempo Improductivo	Tiempo Ocioso	% Tiempo Improductivo	
1-Dic	6.45	-	0%	0.32	5%	-	0%	2%
2-Dic	6.45	0.43	7%	0.48	7%	0.04	1%	5%
3-Dic	6.45	-	0%	0.58	9%	0.31	5%	5%
4-Dic	6.45	0.40	6%	0.82	13%	-	0%	6%
5-Dic	6.45	1.15	18%	6.45		0.93	14%	16%
6-Dic	6.45	0.48	7%	0.62	10%	-	0%	6%
7-Dic	6.45	1.49	23%	0.97	15%	-	0%	13%
<b>Total hrs.</b>	<b>6.45</b>	<b>0.56</b>	<b>9%</b>	<b>1.46</b>	<b>10%</b>	<b>0.18</b>	<b>3%</b>	<b>7%</b>

Tabla 4.8. Tiempo improductivo del robot lanzador.

Fuente: Elaboración propia.

Tiempo improductivo promedio del mixer

Los tiempos improductivos generados por los equipos mixer son equivalentes al 41% el cual corresponde a 2 horas 38 minutos por guardia, haciendo un total de 148 horas improductivas mensuales.

FECHA	Jornada Laboral	Tiempo Ocioso	% Tiempo Improductivo
MIXER 1	6.45	3.72	58%
MIXER 2	6.45	4.38	68%
MIXER 3	6.45	3.69	57%
MIXER 4	6.45	3.49	54%
MIXER 5	6.45	0.33	5%
MIXER 6	6.45	0.36	6%
<b>Total hrs.</b>	<b>6.45</b>	<b>2.66</b>	<b>41%</b>

*Tabla 4.9. Tiempo improductivo del mixer.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Es por ello recomendable realizar una reevaluación de la flota de equipos, para disminuir los tiempos improductivos generados por cada uno de los equipos mixer y robot lanzador.

<b>TIEMPO IMPRODUCTIVO EQUIPOS</b>		
	Tiempo improductivo por guardia	Tiempo improductivo por mes
Robot Lanzador	27 min.	25 hrs. 12 min.
Mixer	2 hrs. 38 min.	148 hrs. 5 min

*Tabla 4.10. Resumen de tiempos improductivos de equipos.*

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.5. Diagrama de Gantt del proceso de Lanzado Shotcrete

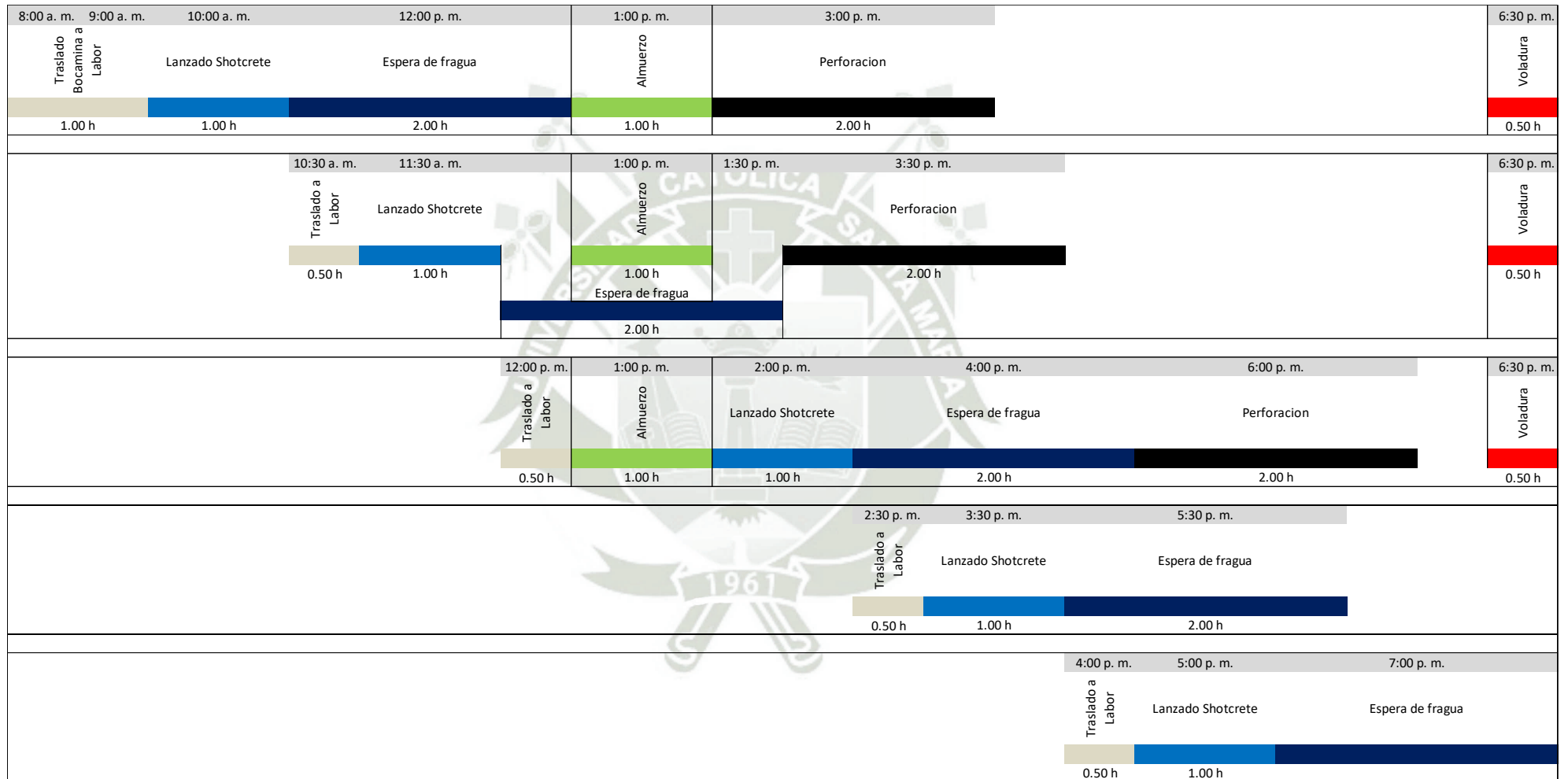


Gráfico 4.3. Diagrama de Gantt del proceso de lanzado de shotcrete.

Fuente: Elaboración Propia.

Según el estudio de tiempos realizado, se elaboró el diagrama de Gantt del proceso de lanzamiento de shotcrete, donde se muestra que cada equipo robot lanzador tiene la capacidad de realizar el lanzamiento de 05 labores por guardia, sin considerar los posibles retrasos que suceden a diario por una mala coordinación y planificación por parte del área operativa. Tomando en cuenta que la hora establecida para la voladura es a las 6:00pm/6:00am (ambas guardias noche y día), paralizando el resto de las operaciones a partir de esas horas, hasta la entrada de la siguiente guardia.

#### 4.6. Necesidad de equipos considerando la zonificación actual

Para el cálculo de la necesidad de equipos considerando la zonificación actual se debe tener en cuenta que la jornada laboral según contrato es de 7:30am a 5:00pm, pero el trabajo efectivo es de 8:30am a 5:00pm, por la capacitación diaria y movilidad al interior de mina. Se considera 01 hora de almuerzo, estando habilitado el comedor desde las 12:00pm hasta 1:30pm. Se toma el 14% como contingencia por tolerancias consideradas durante el proceso de lanzamiento de shotcrete como el atoro de tuberías, revisiones técnicas del equipo, congestiones entre las labores. Teniendo como horas netas de trabajo 6.45horas.

Se toman dos escenarios para el cálculo de los equipos necesarios utilizando la zonificación actual, debido a que el programa mensual de avances varía dependiendo de las labores mineras disponibles para ciclar en el mes. Tomando un escenario positivo y negativo.

A continuación, se mostrará las características de ambos escenarios:

	Escenario Positivo	Escenario Negativo
Programa de avances mensual	2100 metros lineales	2200 metros lineales

Tabla 4.11. Escenarios para el cálculo de necesidad de equipo con zonificación actual.

Fuente: Elaboración Propia.

## Escenario Positivo

Programa Mensual de Avances 2,100.00 mtrs. programados /mes

### **CALCULO NECESIDAD ROBOT:**

N° Frentes por Guardia	13.00	frentes/guardia
Numero de labores Z1	4.00	frentes/guardia
Numero de labores Z2	4.00	frentes/guardia
Numero de labores Z3	5.00	frentes/guardia

#### Necesidad de Equipo:

N° Robot para Zona 01	0.82	1.00	robot/guardia
N° Robot para Zona 02	0.75	1.00	robot/guardia
N° Robot para Zona 03	1.01	1.00	robot/guardia
	2.57	3.00	robot/guardia

### **CALCULO NECESIDAD MIXER:**

#### Necesidad de Equipo:

N° Mixer para Zona 01	1.96	2.00	mixer/guardia
N° Mixer para Zona 02	1.96	2.00	mixer/guardia
N° Mixer para Zona 03	2.46	3.00	mixer/guardia
	6.38	7.00	mixer/guardia

## Escenario Negativo

Programa Mensual de Avances 2,200.00 mtrs. programados /mes

### **CALCULO NECESIDAD ROBOT:**

N° Frentes por Guardia	14.00	frentes/guardia
Numero de labores Z1	4.00	frentes/guardia
Numero de labores Z2	4.00	frentes/guardia
Numero de labores Z3	6.00	frentes/guardia

#### Necesidad de Equipo:

N° Robot para Zona 01	0.82	1.00	robot/guardia
N° Robot para Zona 02	0.75	1.00	robot/guardia
N° Robot para Zona 03	1.21	1.00	robot/guardia
	2.78	3.00	robot/guardia

### **CALCULO NECESIDAD MIXER:**

#### Necesidad de Equipo:

N° Mixer para Zona 01	1.96	2.00	mixer/guardia
N° Mixer para Zona 02	1.96	2.00	mixer/guardia
N° Mixer para Zona 03	2.95	3.00	mixer/guardia
	6.88	7.00	mixer/guardia

Gráfico 4.4. Necesidad de equipos por escenarios considerando zonificación actual.

Fuente: Elaboración Propia.

Tomando los dos escenarios como base para el cálculo de la necesidad de equipos utilizando la zonificación actual, es necesario contar en operación con 03 equipos robots lanzadores y 07 equipos mixers para garantizar el cumplimiento del programa mensual de planeamiento.

NUMERO DE EQUIPOS CON ZONIFICACION ACTUAL		
	Numero de Robot lanzador	Numero de Mixer
Cantidad actual de equipos	3 en operación 1 en Stand by	6 en operación 1 en Stand by
Requerimiento de equipos	3 en operación 1 en Stand by	7 en operación 1 en Stand by
Cumplimiento (%)	100%	86% Falta de un equipo en zona de profundización

*Tabla 4.12. Comparación del número de equipos actuales y requeridos con la zonificación actual.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

Actualmente solo se cuenta con 03 robots lanzadores y 06 equipos mixer en operación, existiendo una deficiencia en la zona de profundización al no contar con la cantidad necesaria de equipos mixer para garantizar el cumplimiento, generando retrasos por la espera de la mezcla de shotcrete por la falta de un equipo mixer.

## CAPÍTULO 5. PROPUESTA DE MEJORA

### 5.1. Introducción

Según el estudio de tiempos realizado, detallado en el anterior capítulo, se demuestra que el factor principal de incumplimiento del programa mensual de planeamiento es la falta de equipos mixer disponibles para la operación en la zona de profundización, los cuales retrasan el ciclo de minado, siendo los robots lanzadores los equipos más afectados, debido al tiempo de espera generado por la llegada del equipo mixer con la mezcla de shotcrete, realizando el lanzamiento de menos labores mineras programadas por guardia. Asimismo, la flota está sobredimensionada en la zona alta, zona 1 y 2, generando tiempos improductivos, por lo que es recomendable realizar una nueva distribución de la flota de equipos con la finalidad de reducir los tiempos improductivos y garantizar el cumplimiento del programa mensual de planeamiento.

En la propuesta de mejora se propone no trabajar con la zonificación actual debido a que genera muchos tiempos improductivos por cómo está distribuida la mina por zona, y por el incumplimiento de los objetivos en la zona de profundización, al no alcanzar el cumplimiento deseado de las labores programadas diarias por guardia.

Se considera distribuir los equipos según la necesidad de la operación y la cercanía de las labores mineras programadas para reducir los tiempos de traslado; asimismo reducir el número de labores mineras de la zona de profundización y aumentar las labores mineras en la zona alta con el fin de equilibrar el número de las labores programadas, para que los equipos puedan abastecerse para su cumplimiento.

## 5.2. Zonificación propuesta

Se propone trabajar con la siguiente zonificación: zona-1 (del nivel 4480 al 4620), zona-2 (del nivel 4315 al 4460) y zona-3 (del nivel 4250 al 4300), de tal forma que los robots lanzadores estarán distribuidos uno por zona.

En el caso de los equipos mixer, todos están en superficie, disponibles para cualquiera de las zonas de trabajo, debido a que no es necesario tomar en cuenta la cercanía de las labores programadas por el trasegado de la mezcla que se realiza en superficie.

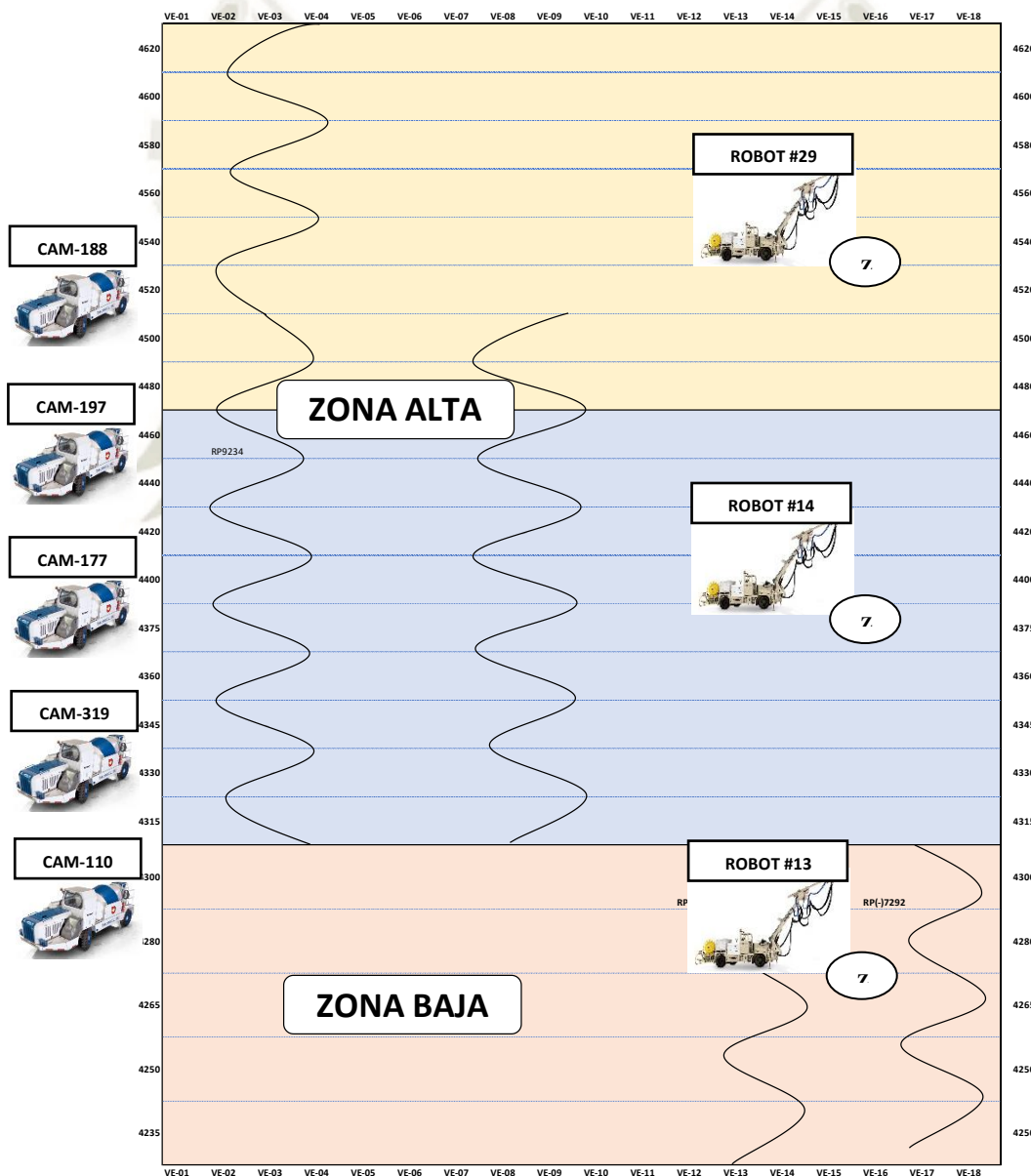


Figura 5.1. Propuesta de zonificación de trabajo.

Fuente: Elaboración Propia.

### 5.3. Necesidad de equipo según zonificación propuesta

Se realiza el cálculo del número de equipos robot lanzador y mixer que se necesitaran considerando la nueva zonificación propuesta.

#### **CALCULO NECESIDAD ROBOT:**

##### Ciclo Total Robot: Lanzado, Instalacion y Traslado.

Zona 01	1.26 hrs.	**Tiempo de traslado promedio de 30 min.
Zona 02	1.26 hrs.	**Tiempo de traslado promedio de 30 min.
Zona 03	1.36 hrs.	
<b>Promedio</b>	<b>1.29 hrs./frente</b>	

##### Capacidad de frentes por Equipo:

Zona 01	5.36 frentes/robot
Zona 02	5.36 frentes/robot
Zona 03	4.97 frentes/robot
<b>Promedio</b>	<b>5.23 frentes/robot</b>

<u>N° Frentes por Guardia</u>	14.00 frentes/guardia	**Se realiza la distribucion de labores según la nueva zonificacion propuesta.
Numero de labores Z1	4.00 frentes/guardia	
Numero de labores Z2	5.00 frentes/guardia	
Numero de labores Z3	5.00 frentes/guardia	

##### Necesidad de Equipo:

2.68 robot/guardia
<b>3.00 robot/guardia</b>

#### **CALCULO NECESIDAD MIXER:**

##### Ciclo Total Mixer: Lanzado, Instalacion y Traslado.

Mixer 01	2.00 hrs.
Mixer 02	1.78 hrs.
Mixer 03	1.87 hrs.
Mixer 04	1.97 hrs.
Mixer 05	2.22 hrs.
Mixer 06	2.38 hrs.
<b>Promedio</b>	<b>2.04 hrs./frente</b>

##### Frentes por Equipo:

Mixer 01	3.38 frentes/mixer
Mixer 02	3.79 frentes/mixer
Mixer 03	3.62 frentes/mixer
Mixer 04	3.43 frentes/mixer
Mixer 05	3.05 frentes/mixer
Mixer 06	2.83 frentes/mixer
<b>Promedio</b>	<b>3.35 frentes/mixer</b>

##### Necesidad de Equipo:

4.18 mixer/guardia
<b>5.00 mixer/guardia</b>

Gráfico 5.1. Necesidad de equipos considerando zonificación propuesta.

Fuente: Elaboración Propia.

Tomando como base del cálculo la nueva zonificación propuesta, se necesitan 03 robot lanzadores en operación, uno por cada zona, con la finalidad que las labores programadas sean cercanas para reducir el tiempo de traslado de labor a labor minera, y 05 equipos mixer, los cuales estarán disponibles en superficie, en espera de una labor minera programada de cualquier zona, no siendo necesario considerar la cercanía debido a que luego de abastecer con shotcrete a la labor minera, regresa a superficie para realizar nuevamente el trasegado de la mezcla de shotcrete.

Actualmente se cuenta con 03 equipos robot lanzador en operación, los cuales serán utilizados para la nueva zonificación, solo se modificará la delimitación del área de trabajo con el fin de minimizar los tiempos de traslado. Respecto a los equipos mixer, se cuenta con 06 equipos en operación, de los cuales solo se necesitarán 05 equipos, disminuyendo solo un equipo.

Según esta nueva zonificación propuesta se demuestra el sobredimensionamiento de la flota de equipos actual, demostrando que se tiene un exceso de flota, siendo necesaria la disminución de un equipo mixer para garantizar el cumplimiento del programa mensual de planeamiento, y la reducción de tiempos improductivos.

#### 5.4. Estimación de indicadores

En el cuadro se muestra los valores actuales y propuestos, haciendo una comparación y evidenciando la mejora de lo propuesto. La presente estimación de la mejora se ha realizado en base al diagnóstico actual que se tiene y a la propuesta planteada.

INDICADORES	SUBINDICADOR		VALOR ACTUAL	VALOR PROPUESTO
Programa de Avances mensual de planeamiento	Avance Mensual Ejecutado	metros lineales	1,958.4	2,200.0
	Avance Mensual Programado	metros lineales	2,159.4	2,200.0
	Cumplimiento del Programa de Avances	%	90.7%	100.0%
	Labores ejecutadas por guardia	labores mineras	12 a 13	14
	Labores programadas por guardia	labores mineras	14	14
	Cumplimiento de labores de avance	%	90.7%	100.0%
Valorización Mensual	Valorización Mensual Estimada	nuevos soles	S/ 6,952,712.9	S/ 7,666,303.2
	Penalidad Mensual Aplicada	nuevos soles	S/ 82,435.7	S/ -
	Valorización Mensual Real	nuevos soles	S/ 6,870,277.2	S/ 7,666,303.2
Equipos en operación con Zonificación Actual	Numero de equipos robot lanzador	equipos robot lanzador	3	
	Necesidad de equipos robot lanzador	equipos robot lanzador	3	
	Cumplimiento de necesidad de equipos	%	100.0%	
	Numero de equipos mixer	equipos mixer	6	
	Necesidad de equipos mixer	equipos mixer	7	
	Cumplimiento de necesidad de equipos	%	85.7%	
Equipos en operación con Zonificación Propuesta	Numero de equipos robot lanzador	equipos robot lanzador		3
	Necesidad de equipos robot lanzador	equipos robot lanzador		3
	Cumplimiento de necesidad de equipos	%		100.0%
	Numero de equipos mixer	equipos mixer		5
	Necesidad de equipos mixer	equipos mixer		5
	Cumplimiento de necesidad de equipos	%		100.0%

Tabla 5.1. Comparación de indicadores actuales y propuestos.

Fuente: Elaboración Propia.

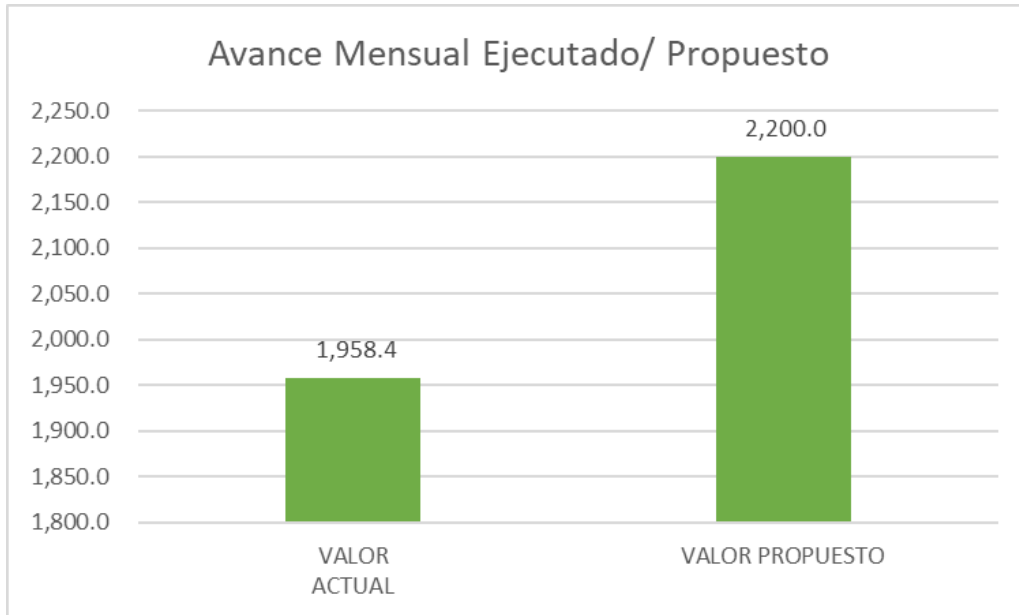


Gráfico 5.2. Histograma del avance mensual ejecutado vs avance mensual propuesto.

Fuente: Elaboración Propia.

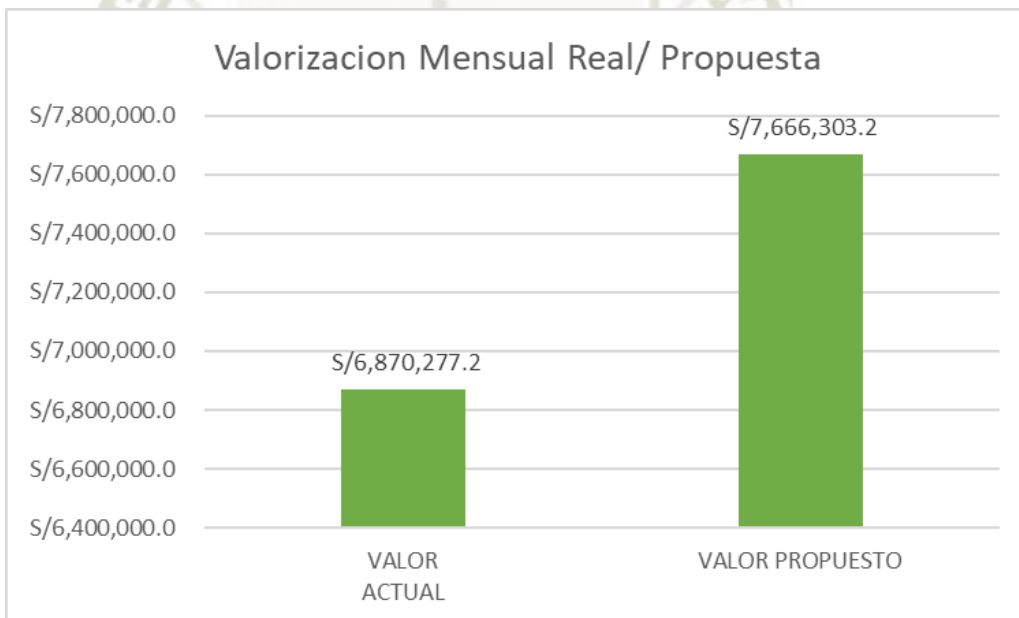


Gráfico 5.3. Histograma de la valorización mensual real vs valorización mensual propuesta.

Fuente: Elaboración Propia.

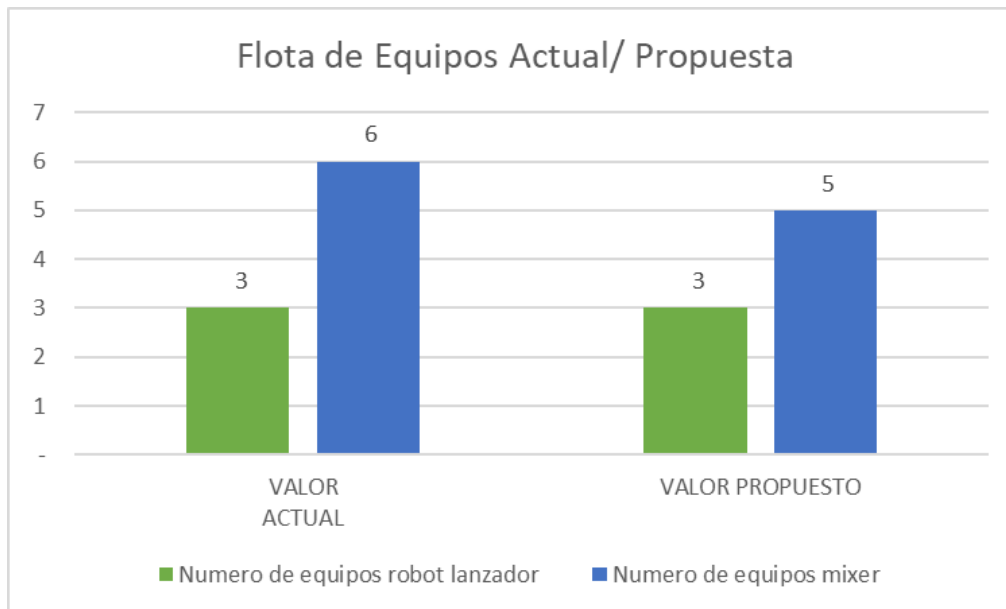


Gráfico 5.4. Histograma de la flota de equipos actual vs flota de equipos propuesta.

Fuente: Elaboración Propia.

## 5.5. Beneficios

Los beneficios que obtendrá la empresa Zicsa tras la aplicación de la propuesta de mejora son la reducción de tiempos, reducción de costos y cumplimiento del programa mensual de planeamiento, siendo los objetivos inicialmente planteados.

### Reducción de tiempos

Tras la medición de tiempos del proceso de lanzamiento de shotcrete, se demuestra el sobredimensionamiento actual de la flota de equipos, siendo la causa de los altos tiempos improductivos, debido a que en ciertas horas los equipos se encuentran parados por falta de frentes de trabajo. Por lo que se realizó una propuesta de mejora con la finalidad de optimizar estos tiempos, llegando a la conclusión que se debería reducir la flota de equipos mixer, demostrando la reducción de los tiempos improductivos en un 70% respecto a la situación actual.

Asimismo, con la nueva zonificación propuesta de trabajo, se demuestra la reducción de los tiempos de traslado de los equipos robot lanzador, al estar distribuidos de tal forma que las labores mineras programadas sean lo más cercanas posibles.

BENEFICIO	ACTUAL	PROPUESTA	MEJORA
Reduccion de tiempos improductivos del mixer	41%	12%	70%
Reduccion de tiempos de traslado del robot	1.34	1.29	4%

*Tabla 5.2. Reducción de tiempos con la propuesta de mejora.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

### Reducción de costos

Según la propuesta realizada se necesitan cinco equipos mixer en operación, reduciendo un equipo y con ello todos los costos involucrados a este, tales como el consumo de combustible, el mantenimiento del equipo, la mano de obra y el costo del alquiler mensual del equipo.

A su vez al garantizar el cumplimiento del programa mensual de planeamiento y eliminarse los retrasos por espera de mezcla de shotcrete, se reducirán los costos por la aplicación de penalidades en su totalidad, e incrementarán los ingresos mensuales al realizar mayor cantidad de frentes por guardia, es decir mayor cantidad de metros de avances de labores mineras.

### Cumplimiento del programa mensual de planeamiento

Considerando la nueva zonificación y la nueva necesidad de equipos se garantiza el cumplimiento del programa en un 100%, debido a que con la nueva distribución de equipos se eliminan los retrasos generados por la espera de mezcla de shotcrete que representan el 70% de los retrasos totales, aun así, quedando con una margen de tiempo adicional.

BENEFICIO	MEJORA
Reduccion de tiempos improductivos	70%
Reduccion de la flota de equipos mixer	14%
Reduccion de las penalidades	100%
Cumplimiento del programa de avances	100%

*Tabla 5.3. Ratios de mejora.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

## CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA

En este capítulo se determina la viabilidad económica de la propuesta de mejora planteada. Según la propuesta realizada solo se necesitarán cinco equipos mixer en operación, reduciendo un equipo, con ello los costos involucrados a este. Asimismo, garantizara el cumplimiento del programa mensual de planeamiento, incrementando los ingresos y reduciendo en su totalidad los costos por la aplicación de penalidades por incumplimiento.

### 6.1. Costos por la reducción de un equipo mixer

En la propuesta de mejora se realizó una redistribución de los equipos que intervienen en el proceso de lanzado de shotcrete, con la finalidad de reducir los tiempos improductivos, siendo necesario para la operación cinco equipos mixer. Creándose la necesidad de reducir un equipo, y con ello los costos involucrados a este.

A continuación, se detallan los costos mensuales por un equipo mixer en operación:

Costo del alquiler del equipo mensual	82,497.44	S/.
Precio unitario por hora	414.56	S/.
Horas trabajadas mensuales	199.00	hrs
<b>Costo de combustible mensual</b>	<b>5,373.00</b>	<b>S/.</b>
Precio unitario por galon de combustible	9.00	S/.
Cosumo de galon de combustible por hora	3.00	gl/hrs
Consumo mensual de galon de combustible	597.00	gl
<b>Costo de lubricante mensual</b>	<b>920.38</b>	<b>S/.</b>
Precio unitario por galon de lubricante	18.50	S/.
Cosumo de galon de lubricante por hora	0.25	gl/hrs
Consumo mensual de galon de lubricante	49.75	gl
<b>Costo de mantenimiento preventivo mensual</b>	<b>3,445.00</b>	<b>S/.</b>
Reparacion de motor	2,500.00	S/.
Cambios de filtros (4 filtros)	450.00	S/.
Cambios de aceite (72 litros)	495.00	S/.
<b>Costo mano de obra mensual</b>	<b>3,000.00</b>	<b>S/.</b>
Mano de obra operador de mixer	3,000.00	S/.
<b>Costo total por reduccion de un equipo mixer</b>	<b>91,790.82</b>	<b>S/.</b>

Por la reducción de un equipo mixer se obtendrá un ahorro mensual de S/. 91,790.82, considerándose todos los costos involucrados a este equipo, tales como el alquiler por horas del equipo, los costos de combustible y lubricante, el mantenimiento preventivo del equipo y la mano de obra.

## 6.2. Flujo de caja económico

En este punto se consideran las proyecciones en lo que respecta a los ingresos para cinco meses, dado que se incrementara la producción y se reducirán en su totalidad las penalidades aplicadas. En esta propuesta no existe inversión inicial, al incrementar la productividad con los recursos propios.

Para el cálculo de los ingresos y egresos de los próximos meses se estimó en función a un histórico, tomando como premisa la producción mensual en metros lineales.

A continuación, se realiza el flujo de caja económico de los próximos cinco meses, tomando como mes inicial (MES 0), el mes correspondiente al mes de diciembre del año 2019. Se considerará dos escenarios, debido a que la producción es variable desde 2100 a 2200 metros lineales por mes. Tomando la producción de 2100 metros lineales como un escenario negativo y la producción de 2200 metros lineales como escenario positivo.

	MES 0
INGRESOS	S/ 6,659,182.30
COSTOS TOTALES	S/ 714,067.05
<b>Resultado antes del impuesto a las ganancias</b>	<b>S/ 5,945,115.26</b>
Gasto por impuesto a las ganancias	S/ 3,448,166.85
<b>Ganancia neta</b>	<b>S/ 2,496,948.41</b>

*Tabla 6.1. Flujo de caja del mes diciembre 2019.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

A pesar de las penalidades aplicadas y los tiempos improductivos la empresa Zicsa Contratistas Generales cuenta con grandes ganancias, siendo posible incrementar la rentabilidad, enfocándonos en un solo proceso, como es el proceso de lanzado de shotcrete en el que se basó esta investigación.

**Escenario Negativo: producción 2100 metros lineales:**

	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
Ingresos libre de penalidad	S/ 6,795,083.98	S/ 7,455,421.30	S/ 7,455,421.30	S/ 7,455,421.30	S/ 7,455,421.30	S/ 7,455,421.30
Penalidad por incumplimiento	S/ 135,901.68	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
<b>INGRESOS</b>	<b>S/ 6,659,182.30</b>	<b>S/ 7,455,421.30</b>	<b>S/ 7,455,421.30</b>	<b>S/ 7,455,421.30</b>	<b>S/ 7,455,421.30</b>	<b>S/ 7,455,421.30</b>
<b>Costos Fijos</b>	<b>S/ 393,511.05</b>	<b>S/ 420,044.93</b>	<b>S/ 420,044.93</b>	<b>S/ 420,044.93</b>	<b>S/ 420,044.93</b>	<b>S/ 420,044.93</b>
Sueldo Supervicion y Administracion	S/ 96,998.23	S/ 103,538.68	S/ 103,538.68	S/ 103,538.68	S/ 103,538.68	S/ 103,538.68
Sueldo Supervisores y Servicios	S/ 51,546.13	S/ 55,021.81	S/ 55,021.81	S/ 55,021.81	S/ 55,021.81	S/ 55,021.81
Implementos de seguridad	S/ 5,933.19	S/ 6,333.25	S/ 6,333.25	S/ 6,333.25	S/ 6,333.25	S/ 6,333.25
Equipos pesados de minería	S/ 158,431.00	S/ 169,113.78	S/ 169,113.78	S/ 169,113.78	S/ 169,113.78	S/ 169,113.78
SCALER desatador de roca	S/ 47,800.00	S/ 51,023.09	S/ 51,023.09	S/ 51,023.09	S/ 51,023.09	S/ 51,023.09
JUMBO Empenador-enmallador	S/ 91,656.00	S/ 97,836.23	S/ 97,836.23	S/ 97,836.23	S/ 97,836.23	S/ 97,836.23
Equipo elevador utilitario	S/ 16,500.00	S/ 17,612.57	S/ 17,612.57	S/ 17,612.57	S/ 17,612.57	S/ 17,612.57
Torre de iluminación en bocamina	S/ 2,475.00	S/ 2,641.89	S/ 2,641.89	S/ 2,641.89	S/ 2,641.89	S/ 2,641.89
Equipos de apoyo a operaciones	S/ 80,602.50	S/ 86,037.41	S/ 86,037.41	S/ 86,037.41	S/ 86,037.41	S/ 86,037.41
		S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
<b>Costos Variables</b>	<b>S/ 320,556.00</b>	<b>S/ 342,170.64</b>	<b>S/ 342,170.64</b>	<b>S/ 342,170.64</b>	<b>S/ 342,170.64</b>	<b>S/ 342,170.64</b>
Combustible equipos	S/ 185,749.20	S/ 198,274.00	S/ 198,274.00	S/ 198,274.00	S/ 198,274.00	S/ 198,274.00
Gastos generales operación mina	S/ 82,556.80	S/ 88,123.49	S/ 88,123.49	S/ 88,123.49	S/ 88,123.49	S/ 88,123.49
Gastos generales central Lima	S/ 52,250.00	S/ 55,773.14	S/ 55,773.14	S/ 55,773.14	S/ 55,773.14	S/ 55,773.14
Ahorro reduccion equipo mixer		<b>-S/ 91,790.82</b>	<b>-S/ 91,790.82</b>	<b>-S/ 91,790.82</b>	<b>-S/ 91,790.82</b>	<b>-S/ 91,790.82</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>S/ 714,067.05</b>	<b>S/ 762,215.57</b>	<b>S/ 762,215.57</b>	<b>S/ 762,215.57</b>	<b>S/ 762,215.57</b>	<b>S/ 762,215.57</b>
<b>Resultado antes del impuesto a las ganancias</b>	<b>S/ 5,945,115.26</b>	<b>S/ 6,693,205.73</b>	<b>S/ 6,693,205.73</b>	<b>S/ 6,693,205.73</b>	<b>S/ 6,693,205.73</b>	<b>S/ 6,693,205.73</b>
Gasto por impuesto a las ganancias	S/ 3,448,166.85	S/ 3,882,059.32	S/ 3,882,059.32	S/ 3,882,059.32	S/ 3,882,059.32	S/ 3,882,059.32
<b>Ganancia neta</b>	<b>S/ 2,496,948.41</b>	<b>S/ 2,811,146.41</b>	<b>S/ 2,811,146.41</b>	<b>S/ 2,811,146.41</b>	<b>S/ 2,811,146.41</b>	<b>S/ 2,811,146.41</b>

Tabla 6.2. Flujo de caja proyectado en escenario negativo.

Fuente: Elaboración Propia.

**Escenario Positivo: producción 2200 metros lineales:**

	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
Ingresos libre de penalidad	S/ 6,795,083.98	S/ 7,810,441.36	S/ 7,810,441.36	S/ 7,810,441.36	S/ 7,810,441.36	S/ 7,810,441.36
Penalidad por incumplimiento	S/ 135,901.68	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
<b>INGRESOS</b>	S/ 6,659,182.30	S/ 7,810,441.36	S/ 7,810,441.36	S/ 7,810,441.36	S/ 7,810,441.36	S/ 7,810,441.36
<b>Costos Fijos</b>	S/ 393,511.05	S/ 436,725.71	S/ 436,725.71	S/ 436,725.71	S/ 436,725.71	S/ 436,725.71
Sueldo Supervicion y Administracion	S/ 96,998.23	S/ 107,650.40	S/ 107,650.40	S/ 107,650.40	S/ 107,650.40	S/ 107,650.40
Sueldo Supervisores y Servicios	S/ 51,546.13	S/ 57,206.83	S/ 57,206.83	S/ 57,206.83	S/ 57,206.83	S/ 57,206.83
Implementos de seguridad	S/ 5,933.19	S/ 6,584.76	S/ 6,584.76	S/ 6,584.76	S/ 6,584.76	S/ 6,584.76
Equipos pesados de mineria	S/ 158,431.00	S/ 175,829.60	S/ 175,829.60	S/ 175,829.60	S/ 175,829.60	S/ 175,829.60
SCALER desatador de roca	S/ 47,800.00	S/ 53,049.31	S/ 53,049.31	S/ 53,049.31	S/ 53,049.31	S/ 53,049.31
JUMBO Empenador-enmallador	S/ 91,656.00	S/ 101,721.50	S/ 101,721.50	S/ 101,721.50	S/ 101,721.50	S/ 101,721.50
Equipo elevador utilitario	S/ 16,500.00	S/ 18,312.00	S/ 18,312.00	S/ 18,312.00	S/ 18,312.00	S/ 18,312.00
Torre de iluminaci3n en bocamina	S/ 2,475.00	S/ 2,746.80	S/ 2,746.80	S/ 2,746.80	S/ 2,746.80	S/ 2,746.80
Equipos de apoyo a operaciones	S/ 80,602.50	S/ 89,454.12	S/ 89,454.12	S/ 89,454.12	S/ 89,454.12	S/ 89,454.12
		S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
<b>Costos Variables</b>	S/ 320,556.00	S/ 355,758.88	S/ 355,758.88	S/ 355,758.88	S/ 355,758.88	S/ 355,758.88
Combustible equipos	S/ 185,749.20	S/ 206,147.84	S/ 206,147.84	S/ 206,147.84	S/ 206,147.84	S/ 206,147.84
Gastos generales operaci3n mina	S/ 82,556.80	S/ 91,623.04	S/ 91,623.04	S/ 91,623.04	S/ 91,623.04	S/ 91,623.04
Gastos generales central Lima	S/ 52,250.00	S/ 57,988.00	S/ 57,988.00	S/ 57,988.00	S/ 57,988.00	S/ 57,988.00
Ahorro reduccion equipo mixer		-S/ 91,790.82	-S/ 91,790.82	-S/ 91,790.82	-S/ 91,790.82	-S/ 91,790.82
<b>COSTOS TOTALES</b>	S/ 714,067.05	S/ 792,484.59	S/ 792,484.59	S/ 792,484.59	S/ 792,484.59	S/ 792,484.59
<b>Resultado antes del impuesto a las ganancias</b>	S/ 5,945,115.26	S/ 7,017,956.77	S/ 7,017,956.77	S/ 7,017,956.77	S/ 7,017,956.77	S/ 7,017,956.77
Gasto por impuesto a las ganancias	S/ 3,448,166.85	S/ 4,070,414.92	S/ 4,070,414.92	S/ 4,070,414.92	S/ 4,070,414.92	S/ 4,070,414.92
<b>Ganancia neta</b>	S/ 2,496,948.41	S/ 2,947,541.84	S/ 2,947,541.84	S/ 2,947,541.84	S/ 2,947,541.84	S/ 2,947,541.84

Tabla 6.3. Flujo de caja proyectado en escenario positivo.

Fuente: Elaboraci3n Propia.

En ambos escenarios las ganancias de la empresa aumentan, debido a la mayor capacidad de producción generada por la disponibilidad de los equipos mixer al 100% y la reducción de los tiempos improductivos en un 70%. Se toma dos escenarios para la evaluación de la propuesta, debido a que la producción es variable de 2100 a 2200 metros lineales por mes. En el caso del escenario negativo con 2100 metros lineales se obtiene S/. 314,198.00 de ganancia por encima de la situación actual, generando una rentabilidad mayor en un 13%, y en el caso del escenario positivo con 2200 metros lineales por mes se obtiene S/.450,593.43 de ganancia por encima de la situación actual, generando una rentabilidad mayor en un 18%. Demostrando la viabilidad de la propuesta de mejora.

	Avances ejecutados	Ganancias
Situación Actual	1914	S/ 2,496,948.41
Escenario Negativo	2100	S/ 2,811,146.41
Escenario Positivo	2200	S/ 2,947,541.84

Tabla 6.4. Comparación de las utilidades por escenarios.

Fuente: Elaboración Propia.

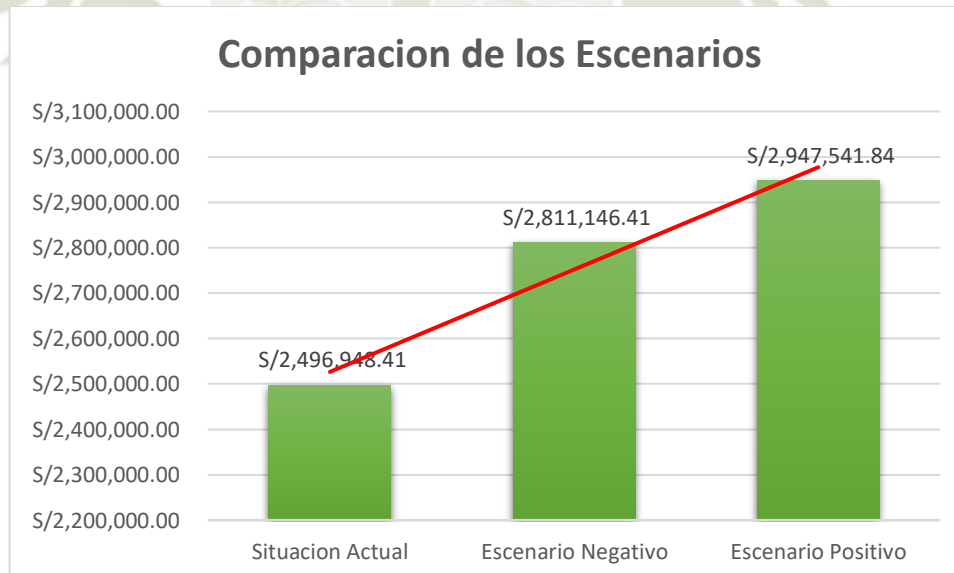


Gráfico 6.1. Diagrama de Pareto de las utilidades por escenarios.

Fuente: Elaboración Propia.

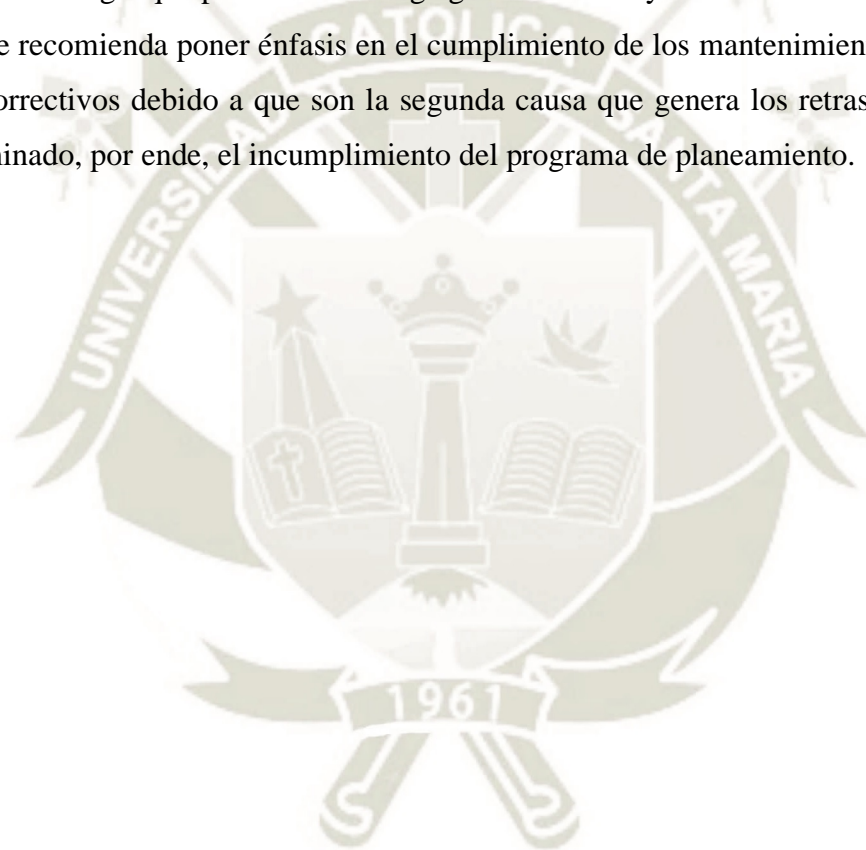
## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Los principales problemas son el incumplimiento del programa de planeamiento y los altos tiempos improductivos generados en el proceso de lanzado de shotcrete, en el que se enfocó esta investigación. Este proceso se divide en cuatro sub procesos: traslado del equipo, instalación del equipo, lanzado de shotcrete y desinstalación del equipo. El problema principal se encuentra en la distribución de los equipos por zona, generando altos tiempos improductivos en la zona alta y falta de equipos disponibles en zona de profundización, debido a que no se considera el tiempo de traslado para la distribución según su zonificación.
- Se realiza un estudio de tiempos para identificar los tiempos improductivos y los cuellos de botella, llegando a la conclusión que los retrasos ocasionados solo se producen en la zona de profundización de la unidad minera por la falta de equipos mixer disponibles para la operación, mientras que en la zona alta los equipos mixer generan muchos tiempos improductivos, encontrándose los equipos parados a la espera de alguna labor minera programada.
- Se propone una nueva distribución de equipos con la finalidad de reducir los tiempos improductivos y garantizar el cumplimiento del programa mensual de planeamiento, programa con el que se trabaja y se mide la eficiencia de la empresa. Demostrando el sobredimensionamiento de la flota actual de equipos, siendo necesario la reducción de un equipo mixer y con ello la reducción de los costos tales como el consumo de combustible, el mantenimiento del equipo, la mano de obra y el costo del alquiler mensual del equipo.
- Con la nueva zonificación, es decir nueva distribución de equipos, se garantiza el cumplimiento del programa mensual de planeamiento, incrementando su capacidad de producción en un 15% y eliminando en su totalidad las penalidades anteriormente aplicadas por incumplimiento del programa.
- Se realizó una evaluación económica de la propuesta de mejora, trabajando con dos escenarios por la variabilidad de la producción, tomando un escenario positivo con una producción 2200 metros lineales y uno negativo con 2100 metros lineales, obteniendo una rentabilidad mayor a la actual en un 18% y 13% en cada escenario, equivalentes a S/. 450,593.43 y S/. 314,198.00 de ganancia adicional a la actual.

## Recomendaciones

- Es importante que la empresa tenga en cuenta que con el estudio de tiempos se mejora la productividad, por lo que se recomienda que sigan utilizando este método para analizar otros procesos del ciclo minado que aún no fueron analizados, ya que es muy beneficioso para la empresa y para los colaboradores.
- La empresa debe planificar diariamente las labores mineras en las que se trabaja, considerando la cercanía entre ellas y la disponibilidad de los equipos, para que con ello no se generen esperas o tiempos improductivos y se aplique un determinado plan de estrategia que permitan a la larga generar una mayor rentabilidad.
- Se recomienda poner énfasis en el cumplimiento de los mantenimientos preventivos y correctivos debido a que son la segunda causa que genera los retrasos en el ciclo de minado, por ende, el incumplimiento del programa de planeamiento.



## BIBLIOGRAFÍA

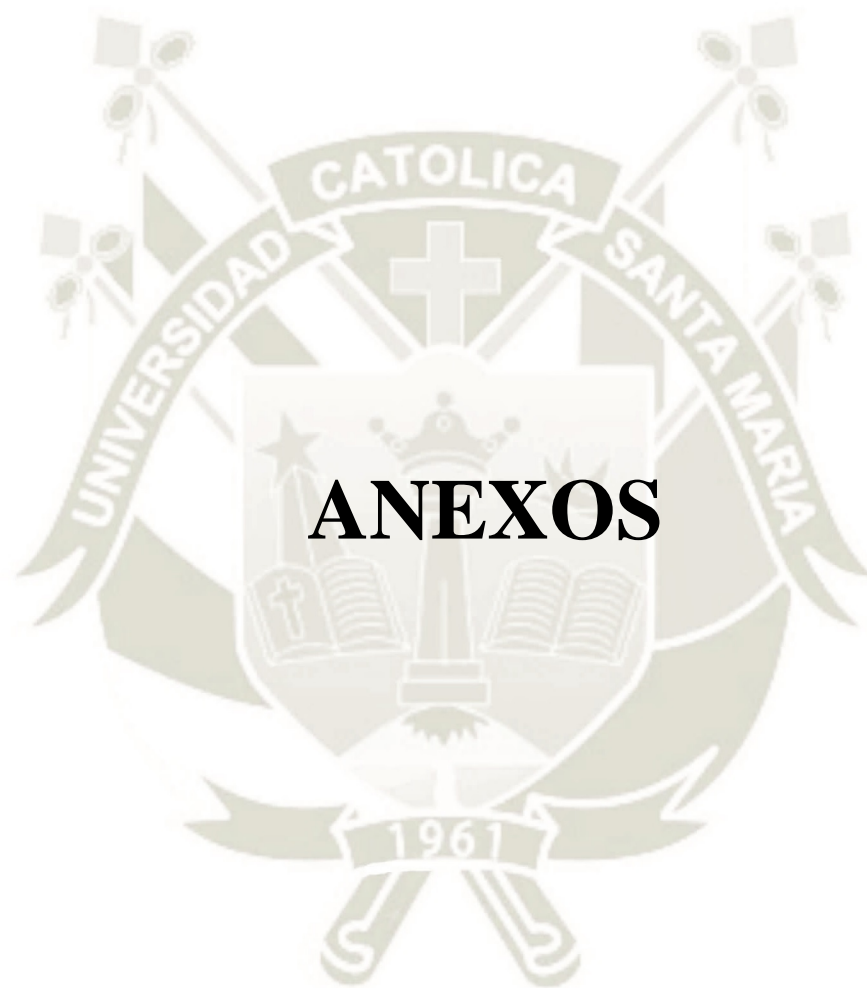
1. PALACIOS, L. (2009). *Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos*. Bogota: Ecoe Ediciones.
2. QUESADA, M., & VILLA, W. (2007). *Estudio del trabajo*. Colombia: ITM.
3. VAUGHN, R. C. (1988). *Introducción a la Ingeniería Industrial*. Barcelona: Reverté.
4. Rave Arias, S. N., Arias Acevedo, D. M., & García Osorio, J. M. (2015).  
Planteamiento de un modelo logístico para reducir costos del subproceso de pintura en muebles Bovel Ltda.. *Scientia et technica*, 20(3), 240.  
<https://doi.org/10.22517/23447214.8377>
5. Rodríguez Pacheco, F. J. (2016). *Reducción de costos de producción, mediante estándares de productividad, e impacto en el flujo de caja para una empresa productora de arneses eléctricos* (Ingeniero). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.
6. Caballero Salazar, M. J. (2017). *Optimización de las distancias de transporte mediante la ubicación y diseño de botaderos en Minera Antucoya* (Ingeniero). UNIVERSIDAD DE CHILE.
7. Torre Calderón, K. P. (2017). *Aplicación de la Ingeniería de Métodos para la mejora de la productividad en la línea de producción de bandejas portacables perforadas de la Empresa Falumsa S.R.L., Lima, 2017* (Ingeniero). UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO.
8. Camarena Cosme, F. M. (2016). *Optimización del sostenimiento con shotcrete vía húmeda con fines de minimizar costos y mejorar la producción de lanzado de la E.E. Robocon S.A.C. En La Mina San Cristóbal - Cía Minera Volcan S.A.A.* (Ingeniero). UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ.
9. Suasnabar Ortega, P. J. (2019). *Análisis técnico para la optimización del sostenimiento en los frentes de la compañía Minera Casapalca S.A.* (Ingeniero). UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN.
10. Torres Alvarez, L. R. (2016). *Diseño y aplicación de Shotcrete para optimizar el sostenimiento en la Unidad Económica San Cristóbal - Minera Bateas* (Ingeniero). UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.
11. Champi Guzman, M. A. (2015). *Reducción de las demoras operativas y optimización de tiempos por abastecimiento de combustible con el sistema Vr - 300 Gpm. en los*

*volquetes de mina - Unidad Operativa Cuajone* (Ingeniero). UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.

12. George Kanawaty. (1992). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra: Limusa.

13. Alfonso García Cantú. (2011). *Productividad y reducción de costos*. México: TRILLAS.





# ANEXOS

## ANEXO A. PROGRAMA MENSUAL DE AVANCES

HOCHSCHILD MINING  
CIA. MINERA ARES SAC

UNIDAD OPERATIVA INMACULADA  
AREA DE PLANEAMIENTO E INGENIERIA



### 1.- RESUMEN

ano\_prg\_avnc 2019  
mes\_prg\_avnc

Etiquetas de fila	Avances (m)
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	1417
PREPARACION CAPEX	240
PREPARACION OPEX	155
PREPARACIÓN TL	115
INFRAESTRUCTURA DE DESARROLLO	216
DESARROLLO	0
<b>Total general</b>	<b>2142</b>

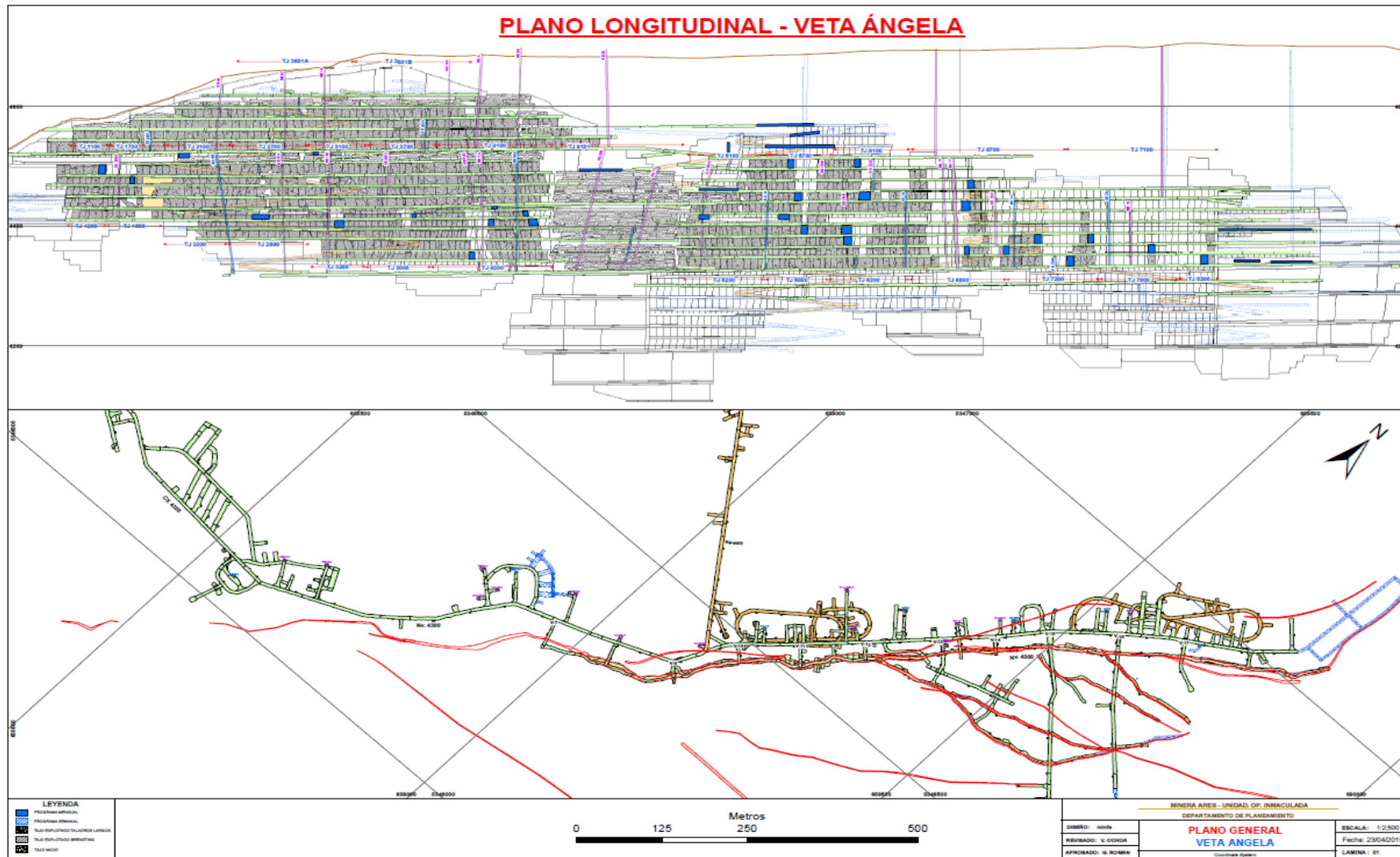
### 2.- PROGRAMA MENSUAL AGOSTO- DETALLE AVANCE HORIZONTAL

ano\_prg\_avnc 2019  
mes\_prg\_avnc

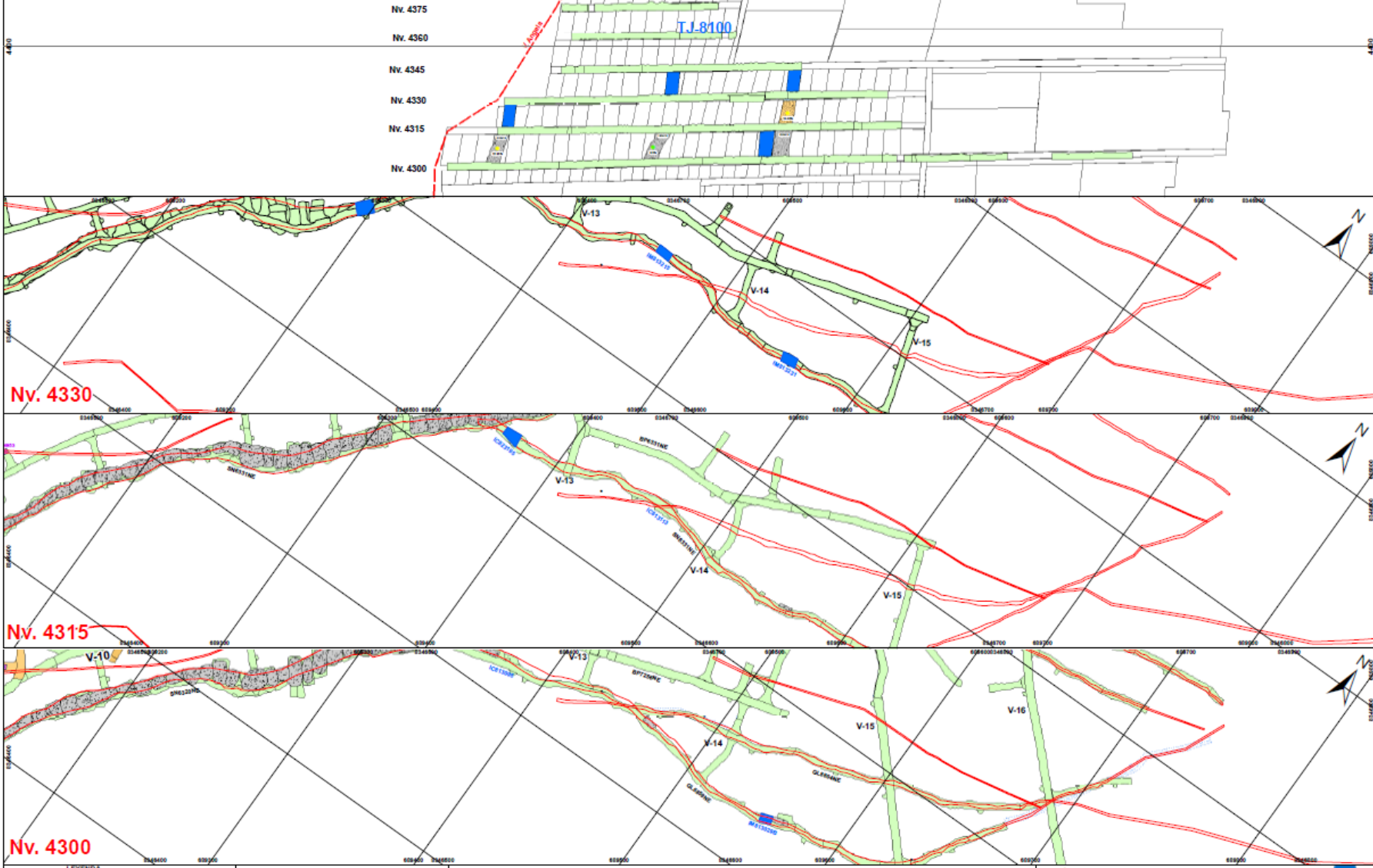
Etiquetas de fila	ZONA	VETA	NIVEL	LABOR SIO	SECCIÓN (m)	CECO/PEP	TIPO DE LABOR	Avances (m)
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4265	BP4265SW	4.5x4.0	INLIO19I-01	BP	60.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4265	CA6944NE	3.5x3.5	INLIO19I-01	CA	28.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4265	CH6540	2.0x2.0	INLIO19I-01	CH	25.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4265	RF6872	2.0x2.0	INLIO19I-01	RF	1.5
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4265	RF6896	2.0x2.0	INLIO19I-01	RF	3.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4265	RF6986	2.0x2.0	INLIO19I-01	RF	1.5
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4265	RF6987	2.0x2.0	INLIO19I-01	RF	1.5
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4265	VE6896SE	3.5x3.5	INLIO19I-01	VE	34.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4280	CA6516NW	6.0x4.5	INLIO19I-01	CA	35.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4280	BP6270SW	4.5x4.0	INLIO19I-01	BP	35.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4300	RP6878(-)	4.5x4.0	INLIO19I-01	RP	60.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO-ALTA	ANGELA	4480	CA6662NW	4.5x4.0	INLIO19I-01	CA	38.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO-ALTA	ANGELA	4480	CA6663SW	3.5x3.5	INLIO19I-01	CA	32.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO-ALTA	ANGELA	4480	CA6664NW	3.5x3.5	INLIO19I-01	CA	30.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO-ALTA	ANGELA	4480	RF4483	2.0x2.0	INLIO19I-01	RF	1.5
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO-ALTA	ANGELA	4480	RF4484	2.0x2.0	INLIO19I-01	RF	1.5
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO-ALTA	ANGELA	4480	RP4480(+)	4.5x4.0	INLIO19I-01	RP	60.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO-ALTA	ANGELA	4560	CA4560NE	4.0x4.0	INLIO19I-01	AC	35.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO-ALTA	ANGELA	4560	CA6473NW	3.5x3.5	INLIO19I-01	CA	35.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO-ALTA	ANGELA	4560	RF4563	2.0x2.0	INLIO19I-01	RF	1.5
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO-ALTA	ANGELA	4560	RF4564	2.0x2.0	INLIO19I-01	RF	1.5
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	CENTRO-BAJA	ANGELA	4300	CH6803	1.5x1.5	INLIO19I-01	CH	23.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE INCORPORACIÓN	ANGELA	4265	RF7302	2.0x2.0	INLIO19I-01	RF	1.5
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4265	BP4265NE	4.5x4.0	INLIO19I-01	BP	35.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4265	CA6963NE	3.5x3.5	INLIO19I-01	CA	15.5
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4265	CH6990	2.0x2.0	INLIO19I-01	CH	16.4
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4265	CX7395SE	4.5x4.0	INLIO19I-01	CX	50.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4265	RF7301	2.0x2.0	INLIO19I-01	RF	1.5
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4265	RF7395	2.0x2.0	INLIO19I-01	RF	1.5
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4265	VE7302SE	3.5x3.5	INLIO19I-01	VE	24.5
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4280	BP6270NE	4.5x4.0	INLIO19I-01	BP	40.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4280	RF7350	2.0x2.0	INLIO19I-01	RF	1.5
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4280	RF7396	2.0x2.0	INLIO19I-01	RF	1.5
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4280	VE7350SE	3.5x3.5	INLIO19I-01	VE	26.8
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4300	RP7292(-)	4.5x4.0	INLIO19I-01	RP	50.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE-BAJA	ANGELA	4300	BP6825SW	4.5x4.0	INLIO19I-01	BP	24.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE-BAJA	ANGELA	4300	CA6958NE	3.5x3.5	INLIO19I-01	CA	21.4
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE-BAJA	ANGELA	4300	CA7333NW	4.5x4.0	INLIO19I-01	CA	28.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE-BAJA	ANGELA	4300	CA7334SW	3.5x3.5	INLIO19I-01	CA	32.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE-BAJA	ANGELA	4300	OP6950	2.0x2.0	INLIO19I-01	OP	33.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE-BAJA	ANGELA	4315	AC6690SE	4.0x4.0	INLIO19I-01	AC	50.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE-BAJA	ANGELA	4315	CA6943SW	4.0x4.0	INLIO19I-01	CA	32.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE-BAJA	ANGELA	4315	CA6973NW	3.5x3.5	INLIO19I-01	CA	43.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE-BAJA	ANGELA	4330	CA6974NW	3.5x3.5	INLIO19I-01	CA	38.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE-BAJA	ANGELA	4345	BP6350NE	4.0x4.0	INLIO19I-01	BP	45.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE-BAJA	ANGELA	4345	CA6975NW	3.5x3.5	INLIO19I-01	CA	38.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE-BAJA	ANGELA	4360	AC6932SE	4.0x4.0	INLIO19I-01	AC	78.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE-BAJA	ANGELA	4360	CA6976NW	3.5x3.5	INLIO19I-01	CA	38.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE-BAJA	ANGELA	4375	CA6977NW	3.5x3.5	INLIO19I-01	CA	28.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE-BAJA	ANGELA	4400	CA6978NW	3.5x3.5	INLIO19I-01	CA	21.8
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	NORTE-BAJA	ANGELA	4420	CA6979NW	4.5x4.0	INLIO19I-01	CA	28.0
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION	SUR BAJA	ANGELA	4300	CA6517NW	3.5x3.5	INLIO19I-01	CA	30.0
<b>Total INFRAESTRUCTURA DE OPERACION</b>								<b>1417.4</b>

PREPARACION CAPEX	CENTRO PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4265	SN4265SW	4.0x4.0	INLPC19I-01	SN	30.0
PREPARACION CAPEX	CENTRO PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4280	SN6270SW	4.0x4.0	INLPC19I-01	SN	60.0
PREPARACION CAPEX	NORTE PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4265	SN4265NE	4.0x4.0	INLPC19I-01	SN	40.0
PREPARACION CAPEX	NORTE PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4280	RF6219	2.0x2.0	INLPC19I-01	RF	1.5
PREPARACION CAPEX	NORTE PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4280	RF6276	2.0x2.0	INLPC19I-01	RF	1.5
PREPARACION CAPEX	NORTE PROFUNDIZACIÓN	ANGELA	4280	SN6270NE	4.0x4.0	INLPC19I-01	SN	45.0
PREPARACION CAPEX	SUR BAJA	ANGELA	4375	RF6243	2.0x2.0	INLPC19I-01	RF	1.5
PREPARACION CAPEX	SUR BAJA	ANGELA	4375	SN6370SW	3.5x3.5	INLPC19I-01	SN	60.0
<b>Total PREPARACION CAPEX</b>								<b>239.5</b>
PREPARACION OPEX	CENTRO-BAJA	ANGELA	4345	CX3310NW	8.0x4.0	IN91121106	CX	34.0
PREPARACION OPEX	CENTRO-BAJA	ANGELA	4360	CX3410NW	8.0x4.0	IN91121106	CX	28.0
PREPARACION OPEX	CENTRO-INTERMEDIA	ANGELA	4420	CX4105NW	8.0x4.0	IN91121106	CX	15.0
PREPARACION OPEX	CENTRO-INTERMEDIA	ANGELA	4460	CX4307NW	8.0x4.0	IN91121106	CX	25.0
PREPARACION OPEX	CENTRO-INTERMEDIA	ANGELA	4480	CX4407NW	8.0x4.0	IN91121106	CX	12.0
PREPARACION OPEX	SUR BAJA	ANGELA	4330	RFL293	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	SUR BAJA	ANGELA	4360	RFL447	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	SUR BAJA	ANGELA	4360	RFL421	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	SUR BAJA	ANGELA	4375	RFL577	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	SUR BAJA	ANGELA	4375	RFL591	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	SUR BAJA	ANGELA	4375	RFL531	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	SUR BAJA	ANGELA	4375	RFL509	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	SUR BAJA	ANGELA	4395	RFL645	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	SUR BAJA	ANGELA	4395	RFL677	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	SUR BAJA	ANGELA	4395	RFL697	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	SUR BAJA	ANGELA	4420	RFL115	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	SUR BAJA	ANGELA	4440	RFL215	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	SUR BAJA	ANGELA	4440	RFL225	2.0x2.0	IN91111104	RF	3.0
PREPARACION OPEX	CENTRAL BAJA	ANGELA	4315	RFL153	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	CENTRAL BAJA	ANGELA	4330	RFL210	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	CENTRAL BAJA	ANGELA	4330	RFL203	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	CENTRAL BAJA	ANGELA	4345	RFL349	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	CENTRAL BAJA	ANGELA	4375	RFL517	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	CENTRAL BAJA	ANGELA	4375	RFL551	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	CENTRAL BAJA	ANGELA	4400	RFL017	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	CENTRAL BAJA	ANGELA	4420	RFL107	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	CENTRAL BAJA	ANGELA	4460	RFL311	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	NORTE BAJA	ANGELA	4300	RFL067	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	NORTE BAJA	ANGELA	4300	RFL059	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	NORTE BAJA	ANGELA	4315	RFL165	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
PREPARACION OPEX	NORTE BAJA	ANGELA	4315	RFL181	2.0x2.0	IN91111104	RF	1.5
<b>Total PREPARACION OPEX</b>								<b>154.5</b>
PREPARACION TL	SUR BAJA	ANGELA	4360	CX3419NW	8.0x4.0	IN91111302	CX	12.0
PREPARACION TL	SUR BAJA	ANGELA	4360	CX3435NW	8.0x4.0	IN91111302	CX	28.0
PREPARACION TL	SUR BAJA	ANGELA	4395	CX3621NW	8.0x4.0	IN91111302	CX	28.0
PREPARACION TL	SUR BAJA	ANGELA	4395	CX3677NW	6.0x4.0	IN91111302	CX	32.0
PREPARACION TL	SUR BAJA	ANGELA	4395	CX3609NW	8.0x4.0	IN91111302	CX	7.0
PREPARACION TL	SUR BAJA	ANGELA	4395	CX3691NW	6.0x4.0	IN91111302	CX	8.0
<b>Total PREPARACION TL</b>								<b>115.0</b>
INFRAESTRUCTURA DE DESARROLLO	NORTE BAJA	MILLET	4300	CA6528SW	4.5x4.0	INLDI19I-01	CA	35.0
INFRAESTRUCTURA DE DESARROLLO	NORTE BAJA	MILLET	4300	CX7186SE	4.5x4.0	INLDI19I-01	CX	50.0
INFRAESTRUCTURA DE DESARROLLO	NORTE BAJA	MILLET	4300	RF7194	2.0x2.0	INLDI19I-01	RF	1.5
INFRAESTRUCTURA DE DESARROLLO	NORTE BAJA	MILLET	4300	RF7195	2.0x2.0	INLDI19I-01	RF	1.5
INFRAESTRUCTURA DE DESARROLLO	NORTE BAJA	MILLET	4345	CA6460SW	4.0x4.0	INLDI19I-01	CA	20.1
INFRAESTRUCTURA DE DESARROLLO	NORTE BAJA	MILLET	4345	CX7255SE	4.5x4.0	INLDI19I-01	CX	66.0
INFRAESTRUCTURA DE DESARROLLO	NORTE BAJA	MILLET	4345	RF7264	2.0x2.0	INLDI19I-01	RF	1.5
INFRAESTRUCTURA DE DESARROLLO	NORTE BAJA	MILLET	4345	RF7265	2.0x2.0	INLDI19I-01	RF	1.5
INFRAESTRUCTURA DE DESARROLLO	NORTE BAJA	MILLET	4390	BP4390SW	4.5x4.0	INLDI19I-01	BP	38.4
<b>Total INFRAESTRUCTURA DE DESARROLLO</b>								<b>215.5</b>
<b>Total general</b>								<b>2141.90</b>

## ANEXO B. PLANOS DE LA U.O. INMACULADA



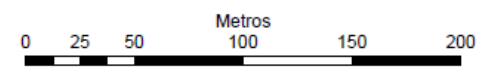
# PROGRAMA DE PRODUCCIÓN VETA BARBARA O



**LEYENDA**

	PROGRAMA SEMANAL
	TALUD BREAÑADO
	RELLENO CEMENTADO
	RELLENO DETRITICO
	RELLENO PASTA
	TALUD VACIO
	MIN. ENTERRADO
	REALES

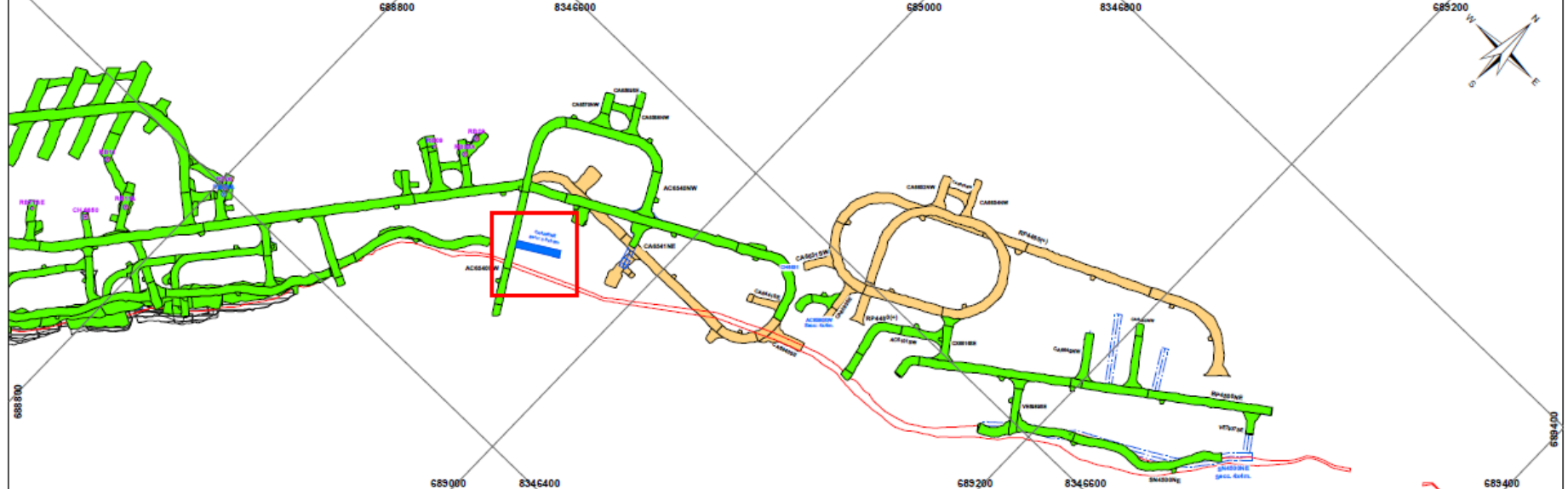
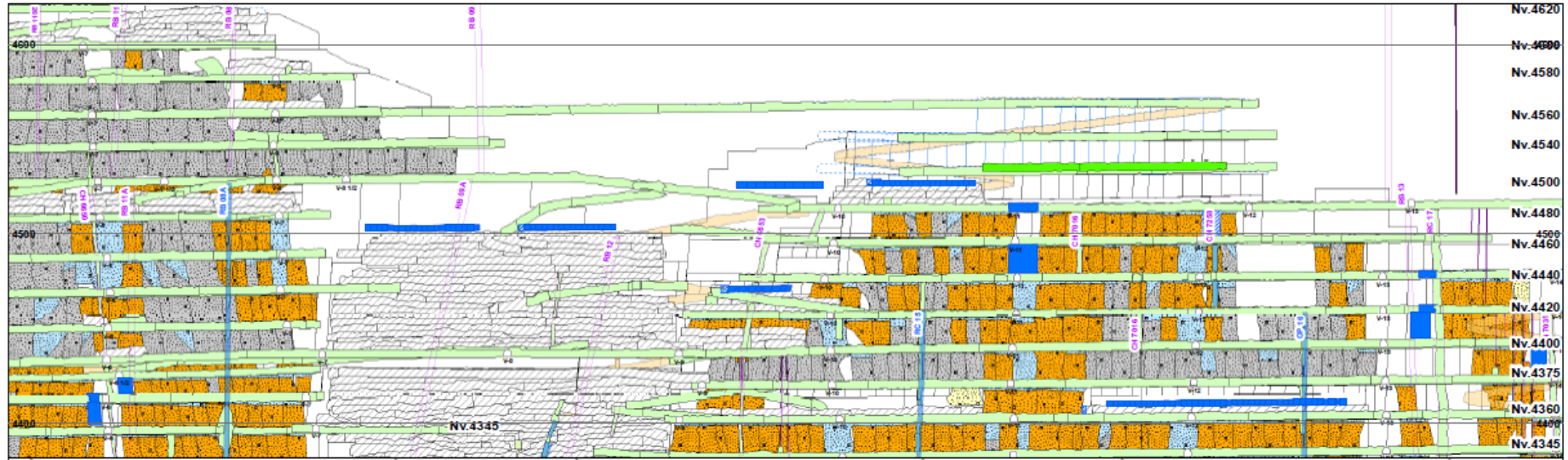
	PREPARACIÓN SIMBA
	PREPARACIÓN T1D



MINERA ARES - UNIDAD OP. INMACULADA DEPARTAMENTO DE PLANEAMIENTO		
<b>PLANO DE PRODUCCIÓN</b> <b>VETA BARBARA</b>		
DISEÑO: M. NPA REVISADO: V. GONZA APROBADO: G. ROMAN	ESCALA: 1:1.000 Fecha: 23/04/2019 LAMINA : 01	

Autocad: C:\CONEXION\CLASIFICACION\PLANEAMIENTO\T02192019\Programa de Producción Veta Barbara O\19\_Veta Barbara O.dwg Plot: auto

# Nv 4500NE

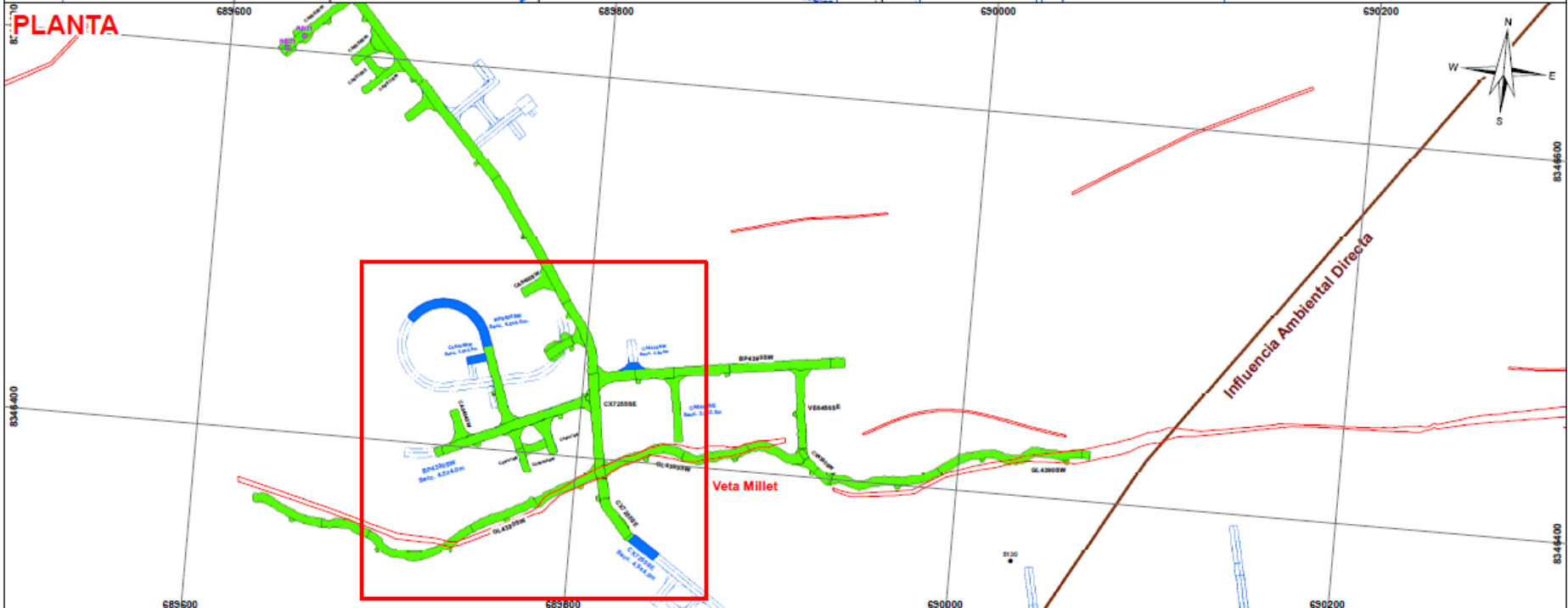
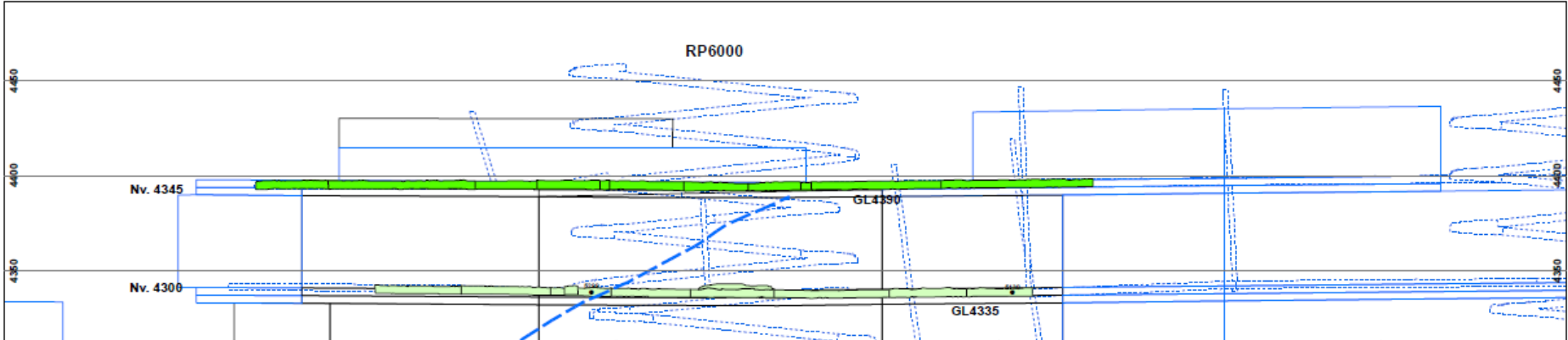


<b>LEYENDA</b> PROGRAMA MENSUAL PROGRAMA SEMANAL TAJO BREASTING RELLENO CEMENTADO RELLENO DETRITICO RELLENO PASTA TAJO VACIO MINERAL ENTERRADO REALCES		Metros 0 25 50 100 150 200	MINERA ARES - UNIDAD OPERATIVA INMACULADA AREA DE PLANEAMIENTO E INGENIERIA DISEÑO: F. VEGAS REVISADO: V. OCHOA APROBADO: G. ROMAN <b>PLANO DE AVANCES Nv 4500NE</b> <b>VETA ANGELA</b> Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S	Escala: 1:2,000 Fecha: 24/11/2019 1º Plano: 01
---	--	-------------------------------	---	--

01:INMACULADA\6.PLANEAMIENTO\2019\2.0 Programas\2.1 Programa Mensual\2.1.12 Diciembre\Planos\Nv 4500NE.mxd

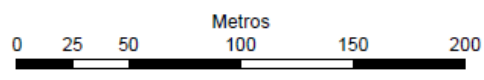
**LONGITUDINAL**

**Nv 4345NE (Millet)**



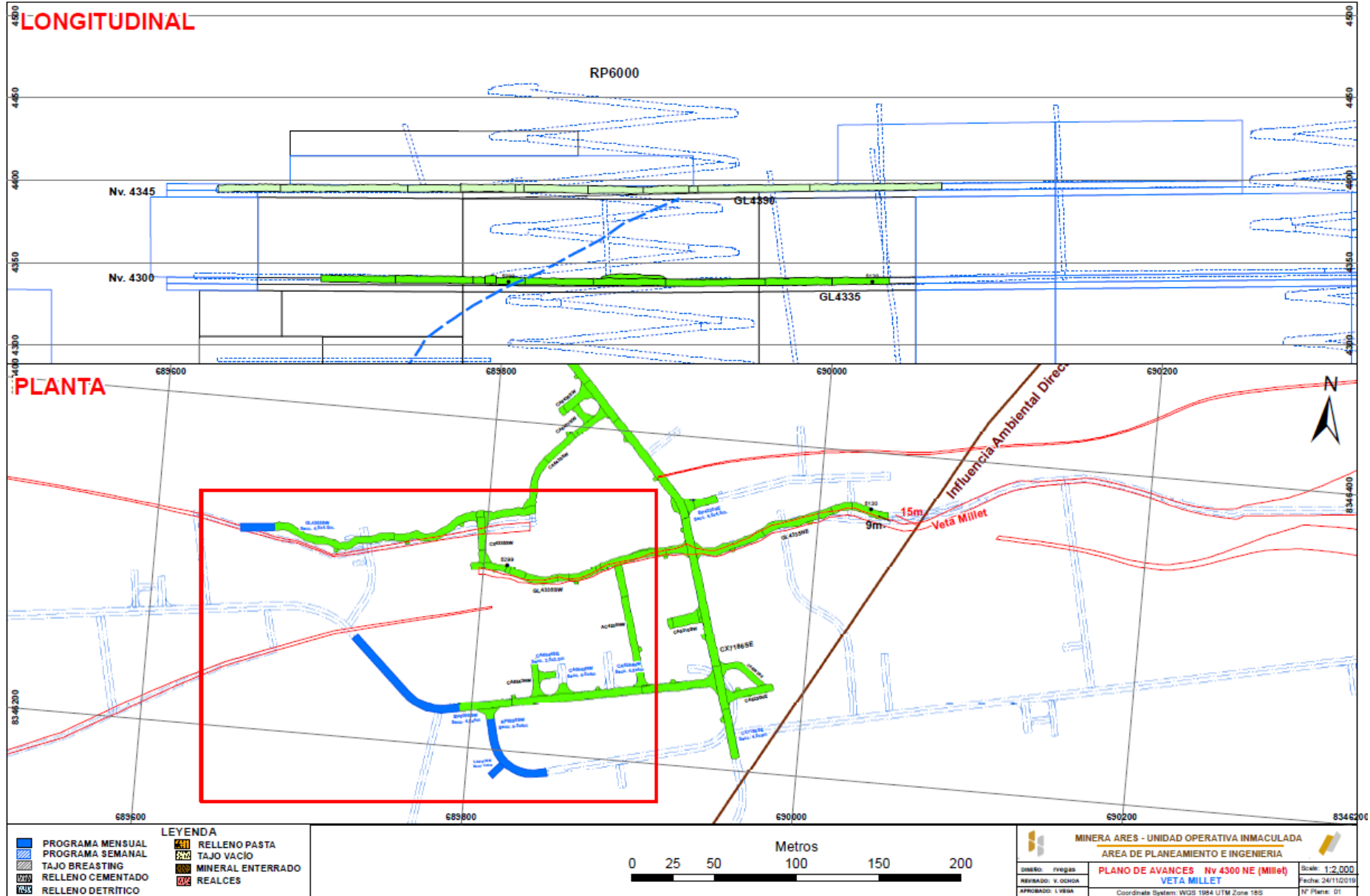
**LEYENDA**

	PROGRAMA MENSUAL		RELLENO PASTA
	PROGRAMA SEMANAL		TAJO VACIO
	TAJO BREASTING		MINERAL ENTERRADO
	RELLENO CEMENTADO		REALCES
	RELLENO DETRITICO		



<b>MINERA ARES - UNIDAD OPERATIVA INMACULADA</b> AREA DE PLANEAMIENTO E INGENIERIA		
DISEÑO: F. VEGAS REVISADO: V. OCHOA APROBADO: L. VEGA	<b>PLANO DE AVANCES Nv 4345NE (Millet)</b> <b>VETA MILLET</b>	Escala: 1:2.000 Fecha: 24/11/2019 Nº Plano: 01 Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S

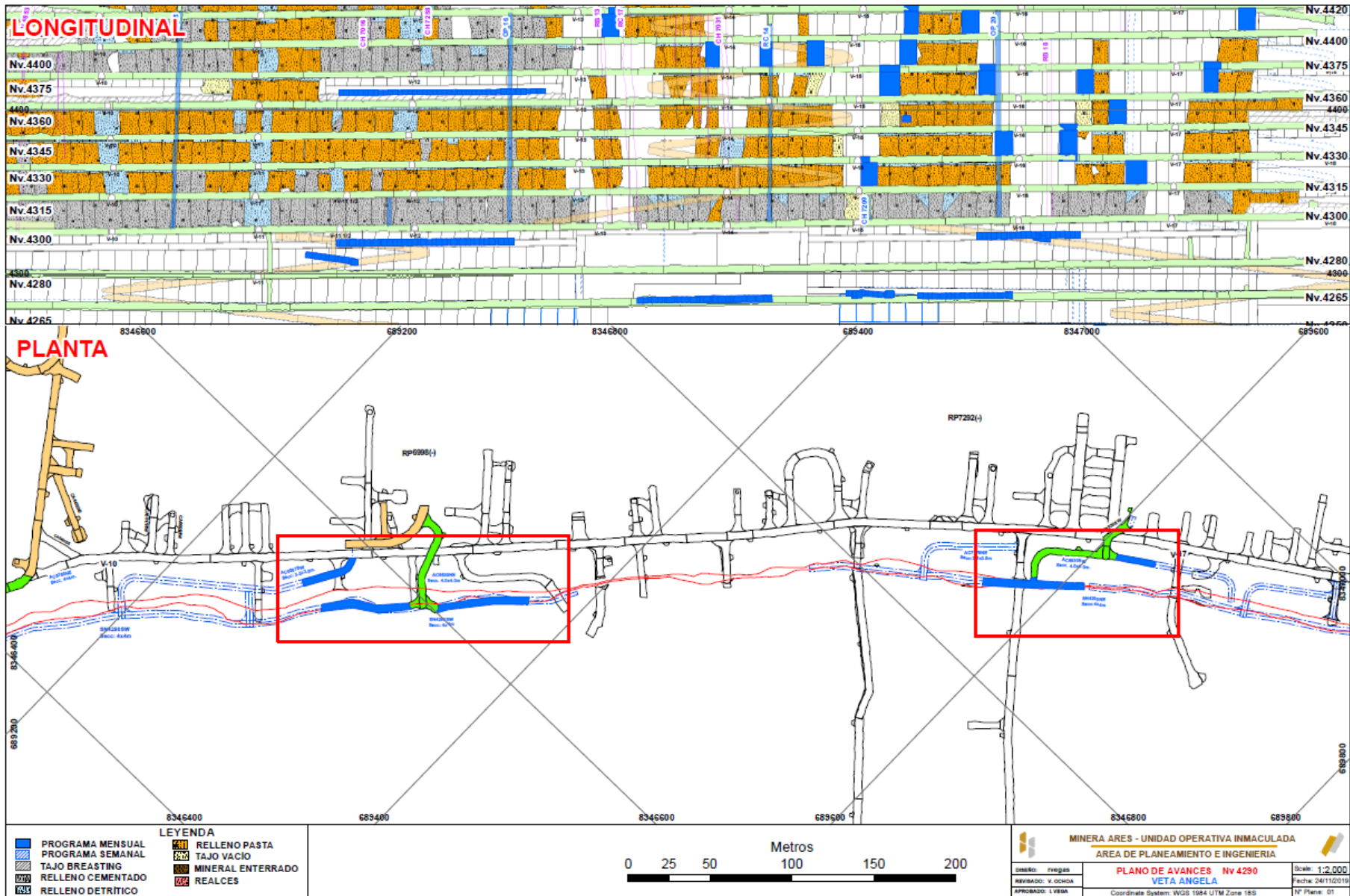
# Nv 4300 NE (Millet)



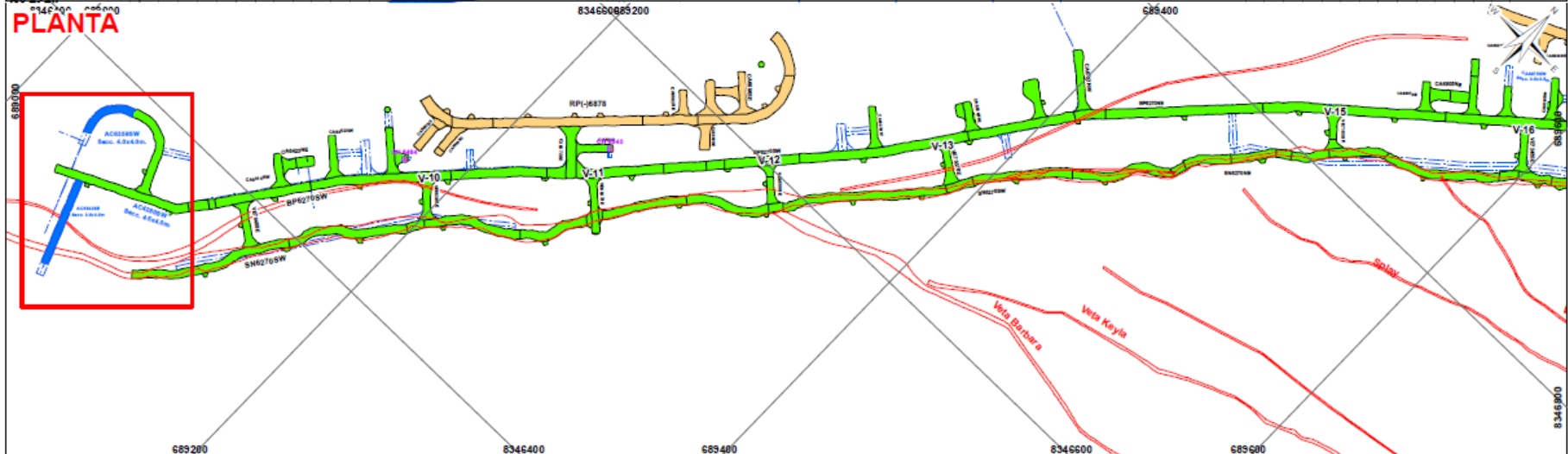
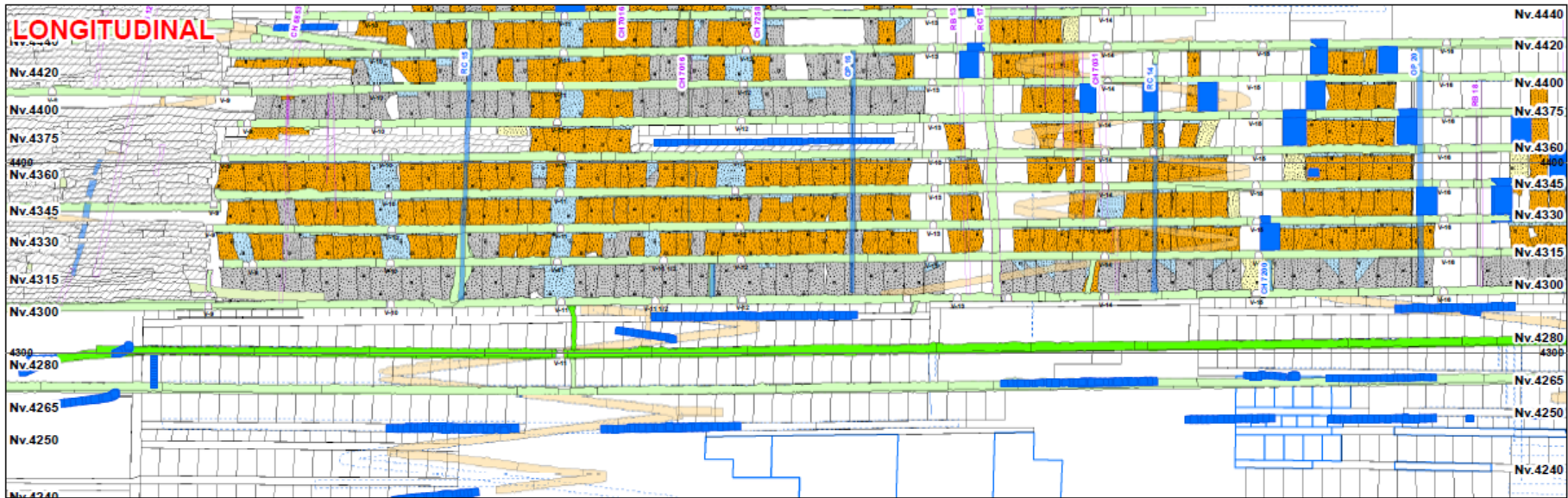
**LEYENDA**

	PROGRAMA MENSUAL		RELLENO PASTA
	PROGRAMA SEMANAL		TAJO VACIO
	TAJO BREASTING		MINERAL ENTERRADO
	RELLENO CEMENTADO		REALCES
	RELLENO DETRITICO		

# Nv 4290

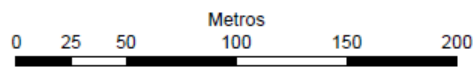


# Nv 4280NE



**LEYENDA**

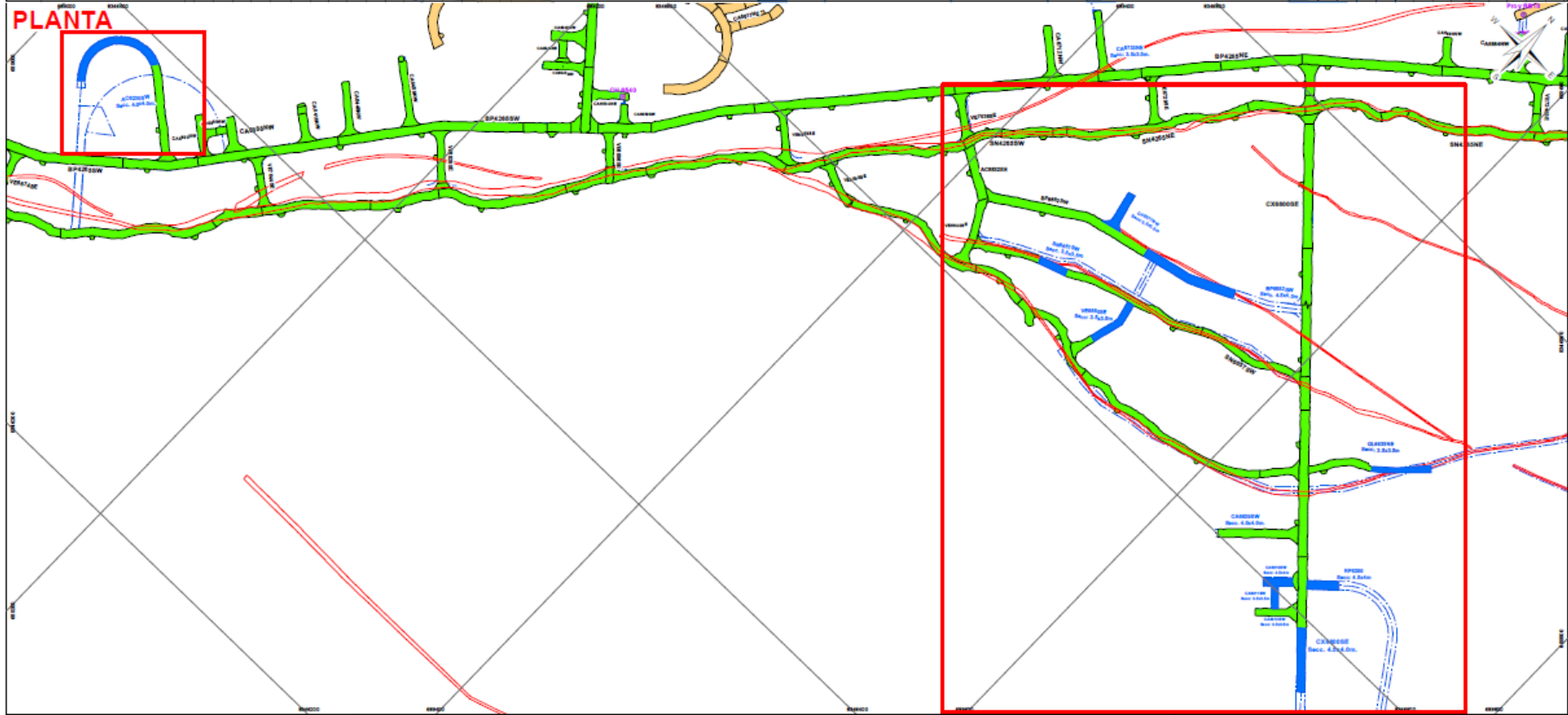
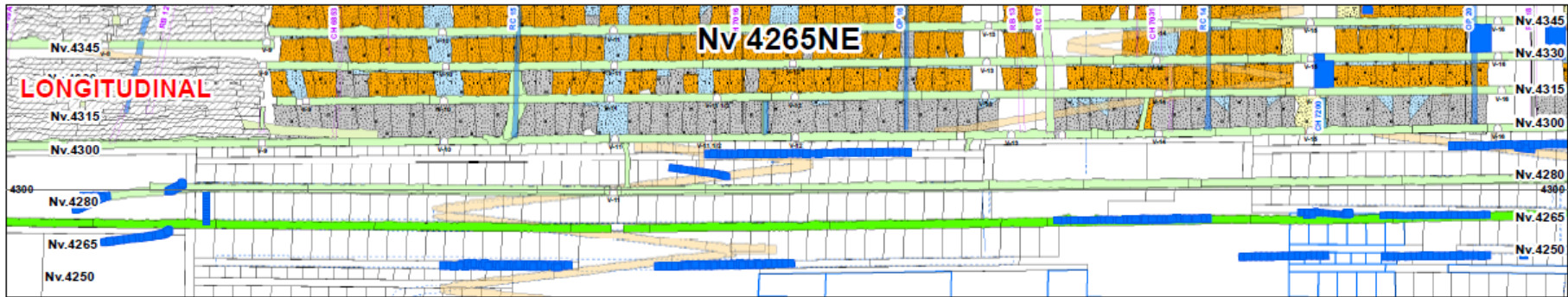
	PROGRAMA MENSUAL		RELLENO PASTA
	PROGRAMA SEMANAL		TAJO VACIO
	TAJO BREASTING		MINERAL ENTERRADO
	RELLENO CEMENTADO		REALCES
	RELLENO DETRITICO		



MINERA ARES - UNIDAD OPERATIVA INMACULADA  
 AREA DE PLANEAMIENTO E INGENIERIA

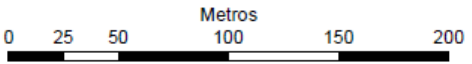
**PLANO DE AVANCES Nv 4280NE VETA ANGELA**

Scale: 1:2,000  
 Fecha: 24/11/2019  
 NV Plans: 01



**LEYENDA**

	PROGRAMA MENSUAL		RELLENO PASTA
	PROGRAMA SEMANAL		TAJO VACIO
	TAJO BREASTING		MINERAL ENTERRADO
	RELLENO CEMENTADO		REALCES
	RELLENO DETRITICO		



MINERA ARES - UNIDAD OPERATIVA INMACULADA  
 AREA DE PLANEAMIENTO E INGENIERIA

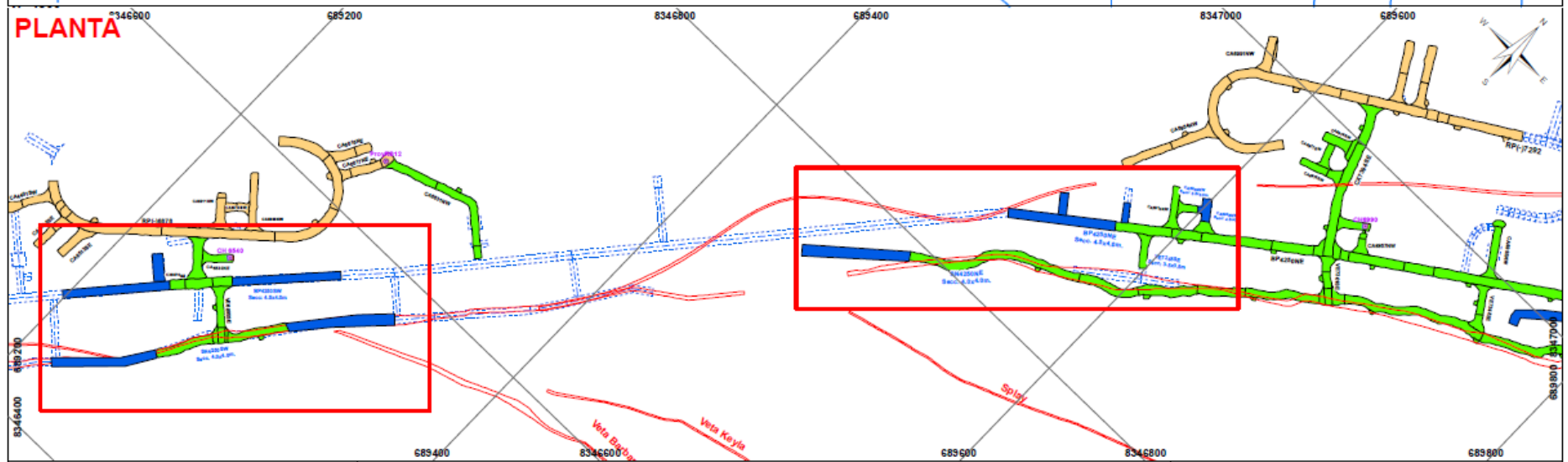
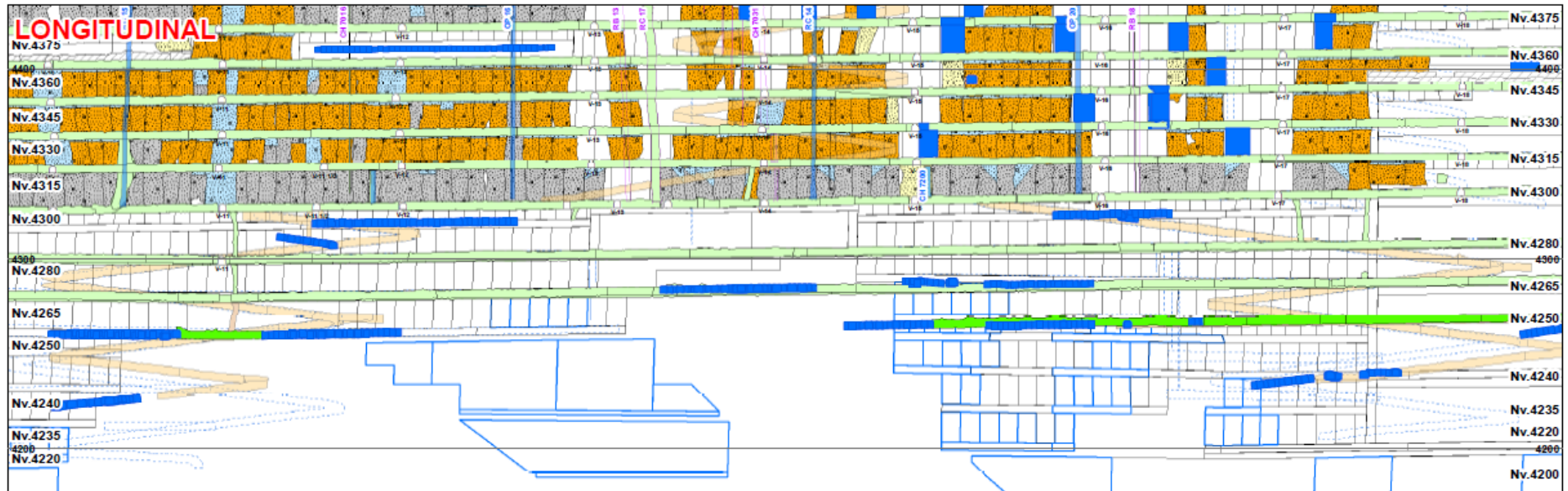
**PLANO DE AVANCES Nv 4265NE**  
**VETA ANGELA**

Scale: 1:2,000  
 Fecha: 24/11/2019  
 N° Plano: 01

Elaborado: r.vargas  
 Revisado: V. OCHOA  
 Aprobado: I. VERA

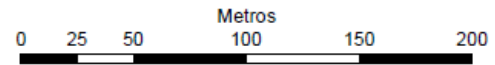
Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S

# Nv 4250SW



**LEYENDA**

	PROGRAMA MENSUAL		RELLENO PASTA
	PROGRAMA SEMANAL		TAJO VACIO
	TAJO BREASTING		MINERAL ENTERRADO
	RELLENO CEMENTADO		REALCES
	RELLENO DETRITICO		



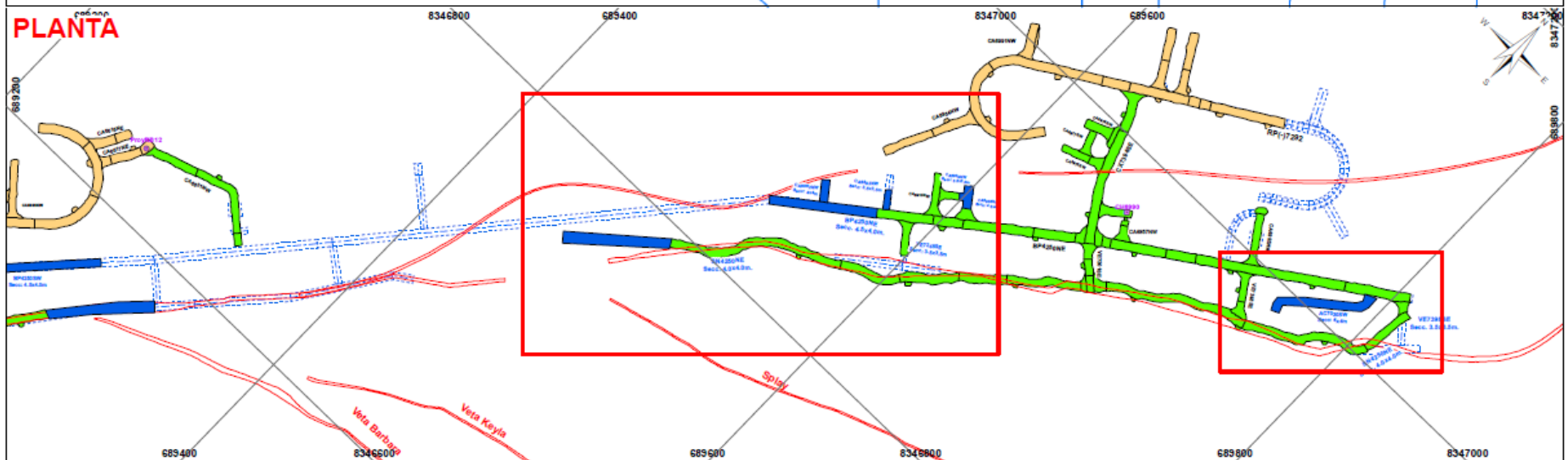
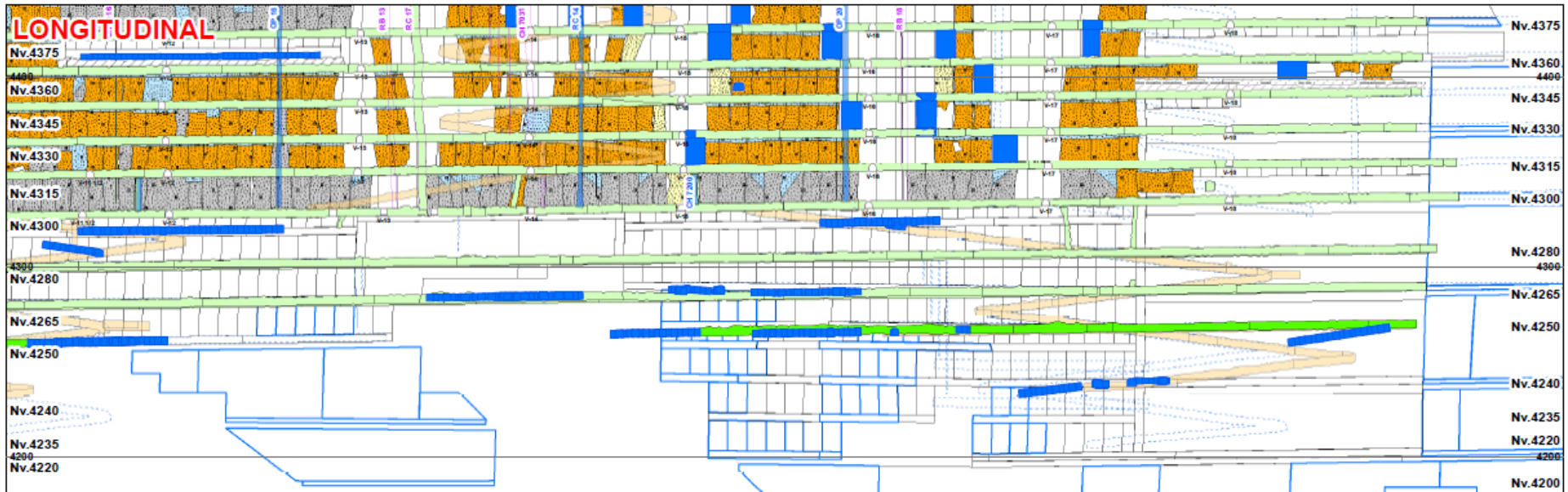
MINERA ARES - UNIDAD OPERATIVA INMACULADA  
 AREA DE PLANEAMIENTO E INGENIERIA

PLANO DE AVANCES Nv 4250SW  
 VETA ANGELA

Scale: 1:2,000  
 Fecha: 24/11/2019  
 N° Plano: 01

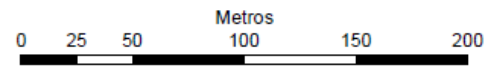
Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S

# Nv 4250NE



**LEYENDA**

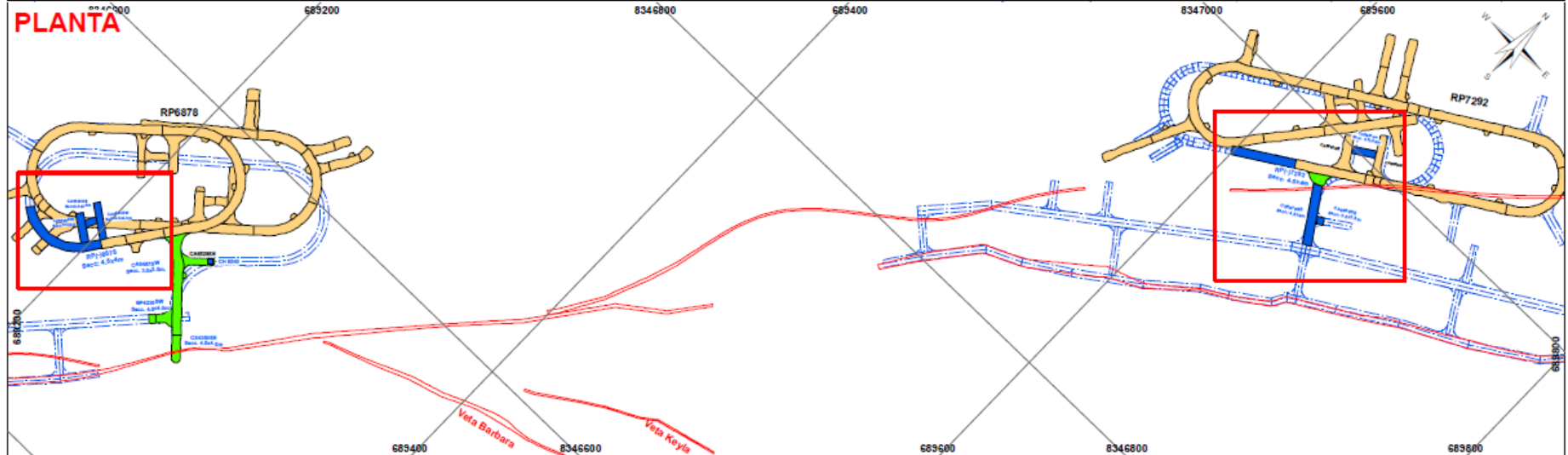
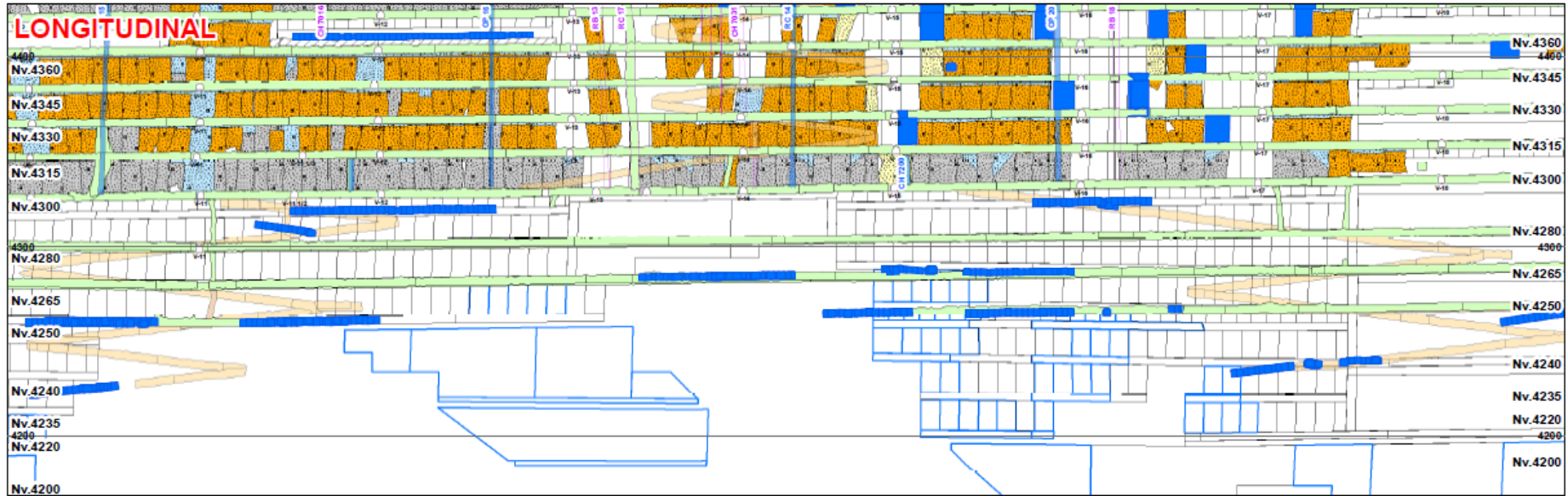
	PROGRAMA MENSUAL		RELLENO PASTA
	PROGRAMA SEMANAL		TAJO VACIO
	TAJO BREASTING		MINERAL ENTERRADO
	RELLENO CEMENTADO		REALCES
	RELLENO DETRITICO		



MINERA ARES - UNIDAD OPERATIVA INMACULADA  
AREA DE PLANEAMIENTO E INGENIERIA

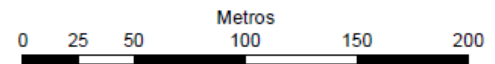
DISEÑO: FVGGAS	<b>PLANO DE AVANCES Nv 4250NE</b>	Escala: 1:2.000
REVISADO: V. OCHOA	<b>VETA ANGELA</b>	Fecha: 24/11/2019
APROBADO: L.VERA	Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S	Nº Plano: 01

# Nv 4235NE



**LEYENDA**

	PROGRAMA MENSUAL		RELLENO PASTA
	PROGRAMA SEMANAL		TAJO VACIO
	TAJO BREASTING		MINERAL ENTERRADO
	RELLENO CEMENTADO		REALCES
	RELLENO DETRITICO		



MINERA ARES - UNIDAD OPERATIVA INMACULADA  
AREA DE PLANEAMIENTO E INGENIERIA

DISEÑO: FVGGAS	PLANO DE AVANCES Nv 4235NE	Escala: 1:2.000
REVISADO: V. OCHOA	VETA ANGELA	Fecha: 24/11/2019
APROBADO: L.VERA	Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S	Nº Plano: 01