



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE CANTERA Y APLICACIÓN DE LA EJECUCIÓN RÁPIDA PARA
OPTIMIZAR EL CHANCADO PRIMARIO Y LA AMPLIACIÓN DE OPERACIONES
EN MINERA BROCAL – CERRO DE PASCO

Línea de investigación:
**Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y
geotecnia**

Trabajo de suficiencia profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Murillo Rivera, Lisson Ciro

Asesor:

Pumaricra Padilla, Raúl Valentín
(ORCID: 0000-0002-7037-4396)

Jurado:

Tello Malpartida, Omar Demetrio
Tabory Malpartida, Gustavo Augusto
Quintanilla Huayta, Dario

Lima - Perú

2024



“EVALUACIÓN DE CANTERA Y APLICACIÓN DE LA EJECUCIÓN RÁPIDA PARA OPTIMIZAR EL CHANCADO PRIMARIO Y LA AMPLIACIÓN DE OPERACIONES EN MINERA BROCAL – CERRO DE PASCO.”

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	15%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	<1%
5	Submitted to Universidad Pedagogica y Tecnologica de Colombia Trabajo del estudiante	<1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
7	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE CANTERA Y APLICACIÓN DE LA EJECUCIÓN RÁPIDA
PARA OPTIMIZAR EL CHANCADO PRIMARIO Y LA AMPLIACIÓN DE
OPERACIONES EN MINERA BROCAL – CERRO DE PASCO**

Línea de investigación:

Desarrollo urbano-rural, Catastro, Prevención de riesgos, Hidráulica y
Geotecnia

Trabajo de suficiencia profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Murillo Rivera, Lisson Ciro

Asesor:

Pumaricra Padilla, Raúl Valentín
(ORCID: 0000-0002-7037-4396)

Jurado:

Tello Malpartida, Omar Demetrio
Tabory Malpartida, Gustavo Augusto
Quintanilla Huayta, Dario

LIMA – PERÚ

2024

Dedicatoria.

A Dios, por bendecirme cada día de mi vida.

A mis padres, Alberto y Regina por todo su apoyo incondicional brindado en todo momento.

Agradecimiento.

A la Universidad Nacional Federico Villarreal, mi querida Alma Mater, mil gracias por la educación universitaria que me brindó en esta maravillosa carrera que es la Ingeniería Civil.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Trayectoria del Autor	15
1.2. Descripción de la Empresa	16
1.3. Organigrama de la Empresa	16
1.4. Áreas y funciones desarrolladas.	17
II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA	18
2.1. Descripción y formulación del problema	18
2.2. Objetivos	21
<i>2.2.1. Objetivo general</i>	21
<i>2.2.2. Objetivos específicos</i>	21
2.3. Justificación e importancia	22
2.4. Hipótesis	23
<i>2.4.1. Hipótesis general:</i>	23
<i>2.4.2. Hipótesis específicas:</i>	23
2.5. Marco teorico	24
<i>2.5.1. Antecedentes de la investigación</i>	24
<i>2.5.2. Definiciones teóricas</i>	27
2.6. Metodología de la Investigación	31
<i>2.6.1. Tipo de investigación</i>	31
<i>2.6.2. Ámbito temporal y espacial</i>	32
<i>2.6.3. Variables</i>	32
<i>2.6.4. Población y muestra</i>	33
<i>2.6.5. Instrumentos</i>	33
<i>2.6.6. Procedimientos</i>	34
2.7. Caracterización del proyecto	34
<i>2.7.1. Descripción de la zona en estudio</i>	34

	6
2.7.2. <i>Actividades proyectadas</i>	36
2.8. Presentación de resultados	42
2.8.1. <i>Presupuesto y plazo contractual elegidos</i>	42
2.8.2. <i>Identificación de adicionales</i>	44
2.8.3. <i>Adicionales en el sector de chancado primario</i>	46
2.9. Discusión de resultados	59
III. APORTES MÁS DESTACADOS A LA EMPRESA	60
IV. CONCLUSIONES	61
V. RECOMENDACIONES	62
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
VII. ANEXOS	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Organigrama de la empresa.</i>	16
Figura 2: <i>Ubicación de la zona en estudio</i>	35
Figura 3: <i>Ubicación de la sociedad minera El Brocal.</i>	35
Figura 4: <i>Vista del área de operaciones del SMEB-2</i>	45
Figura 5: <i>Vista en Planta del Chancado Primario.</i>	47
Figura 6: <i>Planta inicial del chancado primario.</i>	48
Figura 7: <i>Planta en Planos actualizado.</i>	48
Figura 8: <i>Limpieza de lodo y mantenimiento del acceso principal que va hacia cancha de transferencia/chancado primario.</i>	52
Figura 9: <i>Zona de acceso para el ingreso de Mixer.</i>	53
Figura 10: <i>Obras Civiles de Chancado Primario.</i>	56
Figura 11: <i>Incidencia en Obras Civiles Subestación Eléctrica- Chancado Primario.</i>	57
Figura 12: <i>Monto Obras de malla a tierra - Chancado primario</i>	58
Figura 13: <i>Entrega de terreno chancado primario.</i>	69
Figura 14: <i>Excavación en talud de chancado primario.</i>	70
Figura 15: <i>Eliminación de material excavado en chancado primario.</i>	71

Figura 16: <i>Interferencias de condiciones climáticas en chancado primario.</i>	72
Figura 17: <i>Nivelación y compactación de superficie para cimentaciones de Chancado Primario.</i>	73
Figura 18: <i>Se puso fin al movimiento de tierra y se realizó el trazado.</i>	74
Figura 19: <i>Se realizó el desencofrado del solado.</i>	75
Figura 20: <i>Armado de acero de refuerzo para zapatas.</i>	76
Figura 21: <i>Mantenimiento del acceso sur para el ingreso de los camiones con concreto.</i>	77
Figura 22: <i>Limpieza de lodo y mantenimiento del acceso principal que va hacia cancha de transferencia/chancado primario.</i>	78
Figura 23: <i>Armado de Andamios y acero de refuerzo en muros y contrafuertes del muro de descarga principal (Altura aprox. 14 m).</i>	79
Figura 24: <i>Rellenos del muro de descarga principal, aplicación de material bituminoso para evitar el contacto del concreto con el material de relleno y sales.</i>	80
Figura 25: <i>Humedecimiento de la superficie con trapos industriales, para curar el grout.</i>	81
Figura 26: <i>Vaciado de concreto en pedestales P-5 en zona de descarga.</i>	82
Figura 27: <i>Vaciado de concreto de losas.</i>	83
Figura 28: <i>Inicios de trabajos del Muro Terramesh - armado de gaviones.</i>	84
Figura 29: <i>Ensayo de la muestra para ver el contenido de humedad con la olla de Washington.</i>	85
Figura 30: <i>Verificación del contenido de humedad con la olla de Washington, está dentro de los parámetros que establece la especificación técnica.</i>	86

Figura 31: <i>Planta concentradora N.º 1.</i>	87
Figura 32: <i>Molino de bolas.</i>	88
Figura 33: <i>Zarandas de alta frecuencia.</i>	89
Figura 34: <i>Filtro Prensa de 54 placas.</i>	90
Figura 35: <i>Planta concentradora N.º 2.</i>	91
Figura 36: <i>Planta de chancado primario.</i>	92
Figura 37: <i>Faja transportadora - Overland.</i>	93
Figura 38: <i>Faja transportadora – TMD 18,000.</i>	94
Figura 39: <i>Tambor lavador.</i>	95
Figura 40: <i>Chancado terciario – 18,000 TMD</i>	96
Figura 41: <i>Stock Pile de finos.</i>	97
Figura 42: <i>Molienda - 11000 TMD – Fase II.</i>	98
Figura 43: <i>Presa de Relaves Huacchuacaja.</i>	99
Figura 44: <i>Complejo Metalúrgico de Huaraucaca – Parte 1.</i>	100
Figura 45: <i>Complejo Metalúrgico de Huaraucaca – Parte 2.</i>	101
Figura 46: <i>Plano de ubicación y localización del área de operaciones.</i>	103
Figura 47: <i>Vista del área de operaciones.</i>	104

	10
Figura 48: <i>Vista en planta del chancado primario.</i>	105
Figura 49: <i>Arreglo general.</i>	106
Figura 50: <i>Depósito de relaves Huacchuacaja.</i>	107
Figura 51: <i>Plano de zapatas y pedestales: secciones y detalles.</i>	108
Figura 52: <i>Plano de cimentación: planta y detalles.</i>	109
Figura 53: <i>Plano de zapatas y pedestales: secciones y detalles.</i>	110
Figura 54: <i>Plano de muro de contención: encofrado planta y elevaciones.</i>	111
Figura 55: <i>Muro de contención: armadura de muro.</i>	112
Figura 56: <i>Muro de contención: armadura.</i>	113
Figura 57: <i>Muro de contención – cimentación.</i>	114
Figura 58: <i>Plano de muro de contención – cimentación.</i>	115
Figura 59: <i>Plano de losa de piso: planta y detalles.</i>	116
Figura 60: <i>Plataforma de subestación eléctrica: planta y secciones.</i>	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Presupuesto contractual.</i>	42
Tabla 2: <i>Porcentaje del monto contractual por zona.</i>	43
Tabla 3: <i>Incidencia en obras civiles chancado primario.</i>	55
Tabla 4: <i>Subestación de chancado primario.</i>	56
Tabla 5: <i>Malla a tierra de chancado primario.</i>	58

RESUMEN

La presente investigación titulada “EVALUACIÓN DE CANTERA Y APLICACIÓN DE LA EJECUCIÓN RÁPIDA PARA OPTIMIZAR EL CHANCADO PRIMARIO Y LA AMPLIACIÓN DE OPERACIONES EN MINERA BROCAL – CERRO DE PASCO”, tiene por objetivo general, realizar la evaluación de cantera y la aplicación de la ejecución rápida para optimizar el chancado primario y la ampliación de operaciones en Minera Brocal - Cerro de Pasco. El enfoque fue cuantitativo, de tipo básica, con diseño no experimental, transversales y un nivel explicativo; resolver un problema y buscar sus causas. Para la presente investigación, el universo poblacional está conformado por las mineras existentes en el departamento de Pasco. En el presente informe se ha tomado como muestra aleatoria e intencional la cantera de Minera Brocal, ubicada en la Ciudad de Cerro de Pasco, provincia y departamento de Pasco. Mediante el empleo de la técnica de Fast Tracking podemos mencionar que, de los resultados mostrados, es evidente que en el área de chancado primario, el monto contractual experimentó un aumento considerable del 186.96%. Este incremento se atribuye principalmente a las modificaciones en el diseño de ingeniería y la adopción del sistema Terramesh.

Palabras claves: Optimización de chancado primario, evaluación de cantera, ejecución rápida.

Abstract

This research entitled “QUARRY EVALUATION AND APPLICATION OF RAPID EXECUTION TO OPTIMIZE PRIMARY CRUSHING AND THE EXPANSION OF OPERATIONS IN MINERA BROCAL – CERRO DE PASCO”, has the general objective of carrying out the quarry evaluation and the application of rapid execution to optimize primary crushing and expansion of operations at Minera Brocal - Cerro de Pasco. The approach was quantitative, basic, with a non-experimental, cross-sectional design and an explanatory level; solve a problem and look for its causes. For this investigation, the population universe is made up of the existing mining companies in the department of Pasco. In this report, the Minera Brocal quarry, located in the City of Cerro de Pasco, province and department of Pasco, has been taken as a random and intentional sample. By using the Fast Tracking technique we can mention that, from the results shown, it can be seen that in primary crushing the contractual amount increased by 186.96%, basically due to the engineering modification and using a Terramesh system.

Keywords: Primary crush optimization, quarry evaluation, fast tracking

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la sociedad Minera el Brocal S.A.C. ha planificado la ampliación de operaciones en las áreas de Molienda, Flotación, Área de Lavado, Chancado Primario, Secundario y Terciario para poder alcanzar una producción proyectada de 18000 TMD. Ello debe conseguirse sin afectar la producción de la minera, para la cual se hará uso de la metodología de la “Ejecución Rápida” (fast tracking).

El presente informe surge con el propósito de optimizar el proceso de chancado primario para la ampliación de operaciones mineras mediante la aplicación de la “Ejecución Rápida” (fast tracking), el cual es un método que viene siendo empleado en muchas mineras de nuestro país.

A su vez, Con miras a perfeccionar la evaluación de las partidas susceptibles de originarse según lo previamente expuesto, el presente informe desempeñará un papel esencial al identificar todas las partidas que se vean impactadas en los diversos ámbitos de una ampliación en el ámbito minero. En este sentido, se llevará a cabo un análisis detallado de los precios unitarios aplicables a las partidas, teniendo en cuenta los rendimientos que se logren in situ. Este enfoque se erige como un aporte sustancial al proceso de evaluación, ya que busca proporcionar una comprensión integral de las repercusiones en las distintas áreas involucradas en el desarrollo minero.

En el presente informe se evaluará el mejoramiento del manejo de presupuestos de ampliaciones mineras en el sector de chancado primario mediante la aplicación del fast tracking, y así mismo, se identificarán los posibles adicionales en el sector de chancado primario que pueden presentarse durante el proceso constructivo.

Dentro de los logros más importantes alcanzados en el presente informe podemos mencionar que, mediante la evaluación de cantera, se pudo optimizar el chancado primario para ampliación de operaciones en Minera Brocal de Cerro de Pasco.

1.1. Trayectoria del Autor

Bachiller de ingeniería civil, obteniendo el grado en junio de 2019, con conocimientos en planificación, ejecución y control de proyectos, experiencia laboral en metrados, valorizaciones, presupuestos, gestión de contratistas, asistente de oficina técnica, así misma experiencia en ejecución y supervisión de proyectos de estructuras metálicas.

Experiencia profesional

ACERMET E.I.R.L.

- Proyecto - IMPLEMENTACIÓN LOCAL CHEHAZ BAR CONQUISTADORES-SAN ISIDRO.
- Proyecto - FABRICACIÓN DE PÓRTICOS MEGA PLAZA CHIMBOTE.
- Proyecto – AMPLIACIÓN, REMODELACIÓN Y DEMOLICIÓN PARCIAL DE VIVIENDA UNIFAMILIAR CASA CHENG.

LUDIR S.A.C.

- Proyecto – MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE TRANSIBITALIDAD VEHICULAR Y PEATONAL URBANIZACIÓN ZARUMILLA-URBANIZACIÓN PERÚ DISTRITO DE SAN MARTÍN DE PORRES-LIMA-LIMA.

- Proyecto – MEJORAMIENTO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN LAS CALLES INTERNAS DE LA ZONA I, URBANIZACIÓN GRAU-URBANIZACION INGENIERÍA, DISTRITO DE SAN MARTÍN DE PORRES-LIMA-LIMA.

VKN CONSULTORA & CONSTRUCTORA S.A.

- Proyecto – COMERCIAL MEGA MUEBLES

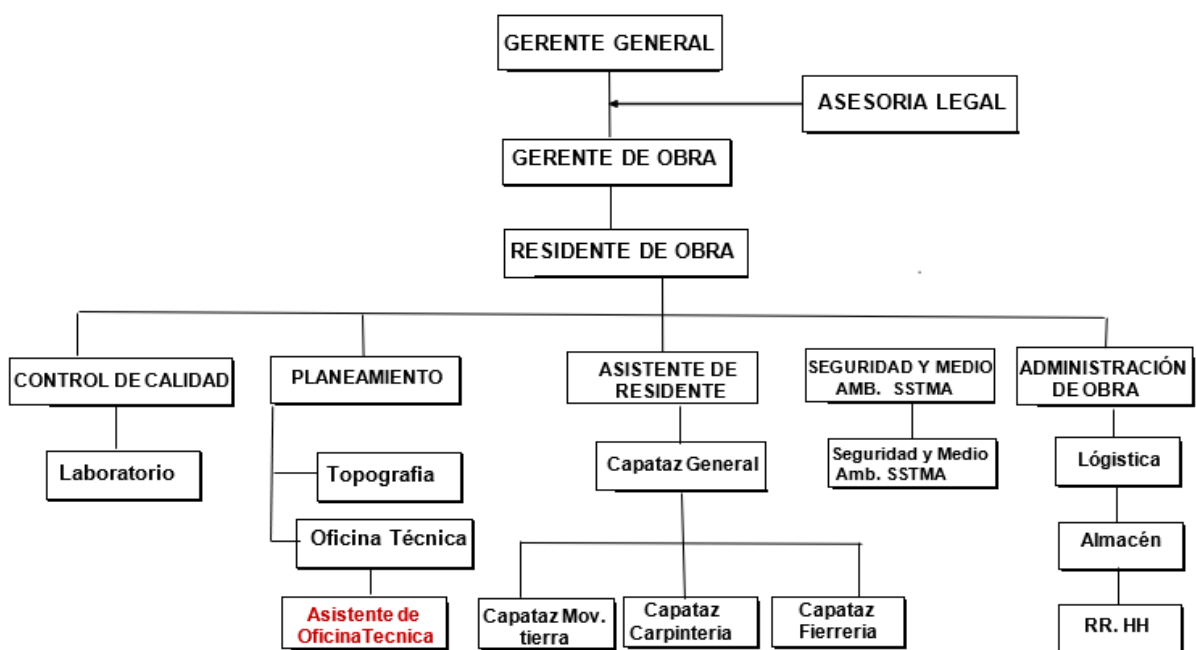
1.2. Descripción de la Empresa

La empresa en la que actualmente cumpla mis funciones es ACERMET E.I.R.L. dedicada a la construcción y supervisión de obras civiles, así mismo también a la fabricación y montaje de todo tipo de estructuras metálicas.

1.3. Organigrama de la Empresa

Figura 1

organigrama de la empresa.



1.4. Áreas y funciones desarrolladas.

ACERMET E.I.R.L.

- Elaboración de presupuestos y adicionales de obra.
- Elaborar informes de obra.
- Elaboración de cronograma de obra.
- Control de personal y actividades requeridas en obra.

LUDIR S.A.C.

- Elaboración de presupuestos para expediente técnico.
- Elaboración de metrados para expediente técnico.
- Elaboración de cronograma de obras.

VKN CONSULTORA & CONSTRUCTORA S.A.

- Levantamiento de información en campo.
- Elaboración de planos de distintas especialidades en edificaciones.
- Elaboración de presupuestos y programación para expediente técnico.

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

2.1. Descripción y formulación del problema

Actualmente, la sociedad Minera el Brocal S.A.C. ha planificado la ampliación de operaciones en las áreas de molienda, flotación, área de lavado, chancado primario, secundario y terciario para poder alcanzar una producción proyectada de 18000 TMD. El presente estudio se centra en el sector correspondiente al chancado primario, cuya optimización debe conseguirse sin afectar la producción de la minera, para la cual se hará uso de la metodología fast tracking y una eficiente evaluación de cantera.

La presencia de retrasos en proyectos no solo implica un posible aumento de costos, sino que también genera requisitos adicionales por parte del propietario para cumplir con los plazos establecidos. Ante este desafío, resulta imperativo implementar métodos eficaces que aceleren el proceso y mitiguen complicaciones potenciales, como el método Fast Track, What If y el método Crash Program.

Es destacable que la gestión eficiente de proyectos ha sido una constante preocupación en el ámbito empresarial, dando lugar a diversas metodologías a lo largo del tiempo para abordar esta compleja tarea. Además de las antes mencionada, se encuentra el Program Evaluation and Review Techniques (PERT), el Critical Chain Project Management (CCPM), así como enfoques más contemporáneos como el Fast Tracking. Estas metodologías ofrecen distintas perspectivas y herramientas para la planificación, ejecución y control de proyectos, brindando a las organizaciones diversas opciones para abordar los desafíos inherentes a la gestión de proyectos. El Fast Tracking destaca por su capacidad para reducir los plazos de ejecución al permitir la ejecución simultánea de actividades, incluso aquellas que normalmente seguirían una secuencia.

Este enfoque, respaldado por Bastante et al. (2019) se presenta como una respuesta dinámica a los desafíos de un entorno empresarial en constante cambio. La flexibilidad que ofrece al adaptarse a condiciones imprevistas y la posibilidad de finalizar proyectos en plazos ajustados son aspectos que lo convierten en una opción atractiva.

En contraposición, el PERT, desarrollado por la Oficina de Proyectos Espaciales de la Armada de los Estados Unidos en 1957 según Malcolm (1959) se centra en el análisis de la variabilidad del tiempo y la optimización del desarrollo del proyecto mediante la representación gráfica de tareas. Aunque PERT brinda una visión detallada y estructurada del proyecto, su enfoque más rígido puede hacerlo menos adaptable a cambios inesperados, y su dependencia de estimaciones de tiempo puede volverse un desafío en entornos dinámicos. Pero por su parte, el Fast Tracking proporciona una representación gráfica dinámica de las actividades que se pueden realizar simultáneamente, permitiendo una visualización clara y rápida de la progresión del proyecto. Esto facilita la identificación de las tareas críticas y la toma de decisiones informadas para optimizar el chancado primario.

En cuanto a la adaptabilidad y gestión eficiente de recursos, García y Ruiz (2015) señalan que el Critical Chain Project Management (CCPM) destaca por su enfoque sistemático y consideración de buffers, se destaca por su eficacia en la gestión de recursos y la consideración de buffers para proteger las actividades críticas. Además, su implementación puede requerir un cambio cultural y una comprensión profunda de la teoría de restricciones, lo que puede ser un obstáculo en organizaciones no familiarizadas con estos conceptos. Sin embargo, aunque se ha sugerido el CCPM como una opción válida, el Fast Tracking ofrece ventajas similares al permitir una gestión dinámica y adaptable de recursos al solapar tareas, sin la necesidad de un cambio cultural significativo.

La aplicación del Fast Tracking no solo se centra en reducir los plazos, sino que también se alinea con la necesidad de enfrentar imprevistos y variaciones en condiciones de cantera. Además, la flexibilidad de esta metodología se ajusta a la dinámica propia de la industria minera (Andrade, 2014).

Otra técnica que destaca es la de Crashing, que permite agregar recursos para reducir los plazos. Project 2080 (2020) presenta la ventaja de acelerar la ejecución de actividades críticas. Sin embargo, el aumento de costos asociado y la posible generación de nuevas rutas críticas pueden plantear desafíos adicionales, especialmente en proyectos con presupuestos ajustados. Sin embargo, la selección de una metodología específica depende de las características del proyecto, la industria y los objetivos organizacionales. La elección entre el enfoque tradicional, Fast Tracking, CCPM o Crashing implica considerar factores como la estabilidad del entorno, la flexibilidad requerida, la disponibilidad de recursos y el nivel de riesgo aceptable.

El método Fast Track, es una técnica de compresión del cronograma que reduce la duración del proyecto al realizar en paralelo actividades en la ruta crítica que originalmente se planearon realizar de forma secuencial. Asimismo, busca acortar la duración del camino crítico. Por lo tanto, la ejecución rápida sólo funciona si las actividades pueden superponerse para acortar la duración de la ruta crítica.

El mayor beneficio que ofrece esta técnica es que no supone un aumento de costes del proyecto. Sin embargo, esto puede aumentar el riesgo de nuestro proyecto. Esto se debe a que muchas actividades pasarán de realizarse de forma secuencial a realizarse en paralelo. De acuerdo, a lo planteado por Ferrada (2018) el objetivo de las empresas de construcción es que todas operen bajo el concepto Fast Track, ya que mejora los procesos al ser aplicado.

En el marco de la presente investigación, la elección del Fast Tracking se sustenta en la capacidad de esta metodología para acelerar la ejecución de proyectos de evaluación de cantera y

mejora del chancado primario, adaptarse a cambios imprevistos y proporcionar una representación visual dinámica del progreso. Lo cual se alinea con los principios de diversos autores y ofrece una estrategia ágil y eficaz para la optimización de operaciones en Minera Brocal - Cerro de Pasco.

En este sentido, se destaca que el problema de la aplicación del fast tracking es la inexistencia de una guía de información de posibles adicionales o mayores metrados que pueden causarse, es por ello que en el presente informe se estudia información de campo reconociendo adicionales para cuantificarlos y ver qué implicancias podrían tener.

Así, la presente investigación busca responder las siguientes preguntas:

¿De qué manera se puede optimizar el chancado primario para llevar a cabo la ampliación de operaciones en la Minera Brocal?

¿Mediante el empleo del fast tracking se podrá mejorar el manejo de presupuestos de ampliaciones mineras en el sector de chancado primario?

¿Mediante la evaluación de cantera se podrá optimizar el chancado primario para ampliación de operaciones en Minera Brocal de Cerro de Pasco?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

Realizar la evaluación de cantera y la aplicación de la ejecución rápida para optimizar el chancado primario y la ampliación de operaciones en Minera Brocal - Cerro de Pasco.

2.2.2. Objetivos específicos

Realizar la evaluación de cantera para optimizar el chancado primario mediante y la aplicación de operaciones en minera brocal-cerro de Pasco.

Realizar la aplicación de la ejecución rápida (Fast track) para optimizar el chancado primario y la ampliación de operaciones en minera brocal – cerro de Pasco.

2.3. Justificación e importancia

La realización de la investigación se justifica por la necesidad imperante de abordar los desafíos específicos y dinámicos que enfrenta la industria minera en el contexto de la expansión operativa de Minera Brocal en Cerro de Pasco. La minería, como sector clave para el desarrollo económico, se enfrenta a continuos retos, tales como la volatilidad de los precios de los minerales, cambios en regulaciones ambientales y la presión constante para mejorar la eficiencia operativa. La ampliación de operaciones, particularmente en el ámbito del chancado primario, requiere un enfoque estratégico que no solo garantice la productividad, sino que también optimice los plazos de ejecución y gestione eficientemente los recursos disponibles.

Es por ello que la elección de la metodología de ejecución rápida, y específicamente el Fast Tracking, se justifica considerando la necesidad de acelerar los plazos de implementación de proyectos en el sector minero. Esta metodología ha demostrado su eficacia en entornos dinámicos, permitiendo la ejecución simultánea de actividades y la adaptación ágil a los cambios en las condiciones del proyecto. La flexibilidad y adaptabilidad del Fast Tracking son fundamentales para responder a las complejidades y desafíos que surgen durante la expansión de operaciones mineras.

La relevancia de esta investigación se refuerza mediante la revisión de estudios comparativos, como el realizado por Bastante et al. (2019) que resalta las ventajas del Fast Tracking en términos de reducción significativa de plazos de ejecución. Además, la investigación de García y Ruiz (2015) respalda la eficiencia del Fast Tracking en comparación con enfoques más

tradicionales como el Critical Path Method (CPM) y el Program Evaluation and Review Techniques (PERT).

Minera Brocal - Cerro de Pasco, al enfrentarse a la expansión de operaciones, se encuentra en una encrucijada donde la toma de decisiones estratégicas puede marcar la diferencia en términos de competitividad y rentabilidad. La investigación propuesta no solo contribuirá a la optimización del chancado primario y la ampliación de operaciones, sino que brindará a la empresa una perspectiva fundamentada y específica sobre la aplicación del Fast Tracking en el contexto minero, basada en evidencia empírica y resultados comparativos. En este sentido, la investigación se perfila como una respuesta necesaria a los desafíos operativos y estratégicos que enfrenta Minera Brocal - Cerro de Pasco en su proceso de expansión.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general:

¿Si realizamos la evaluación de cantera y la aplicación de la ejecución rápida (fast track) entonces se optimizará el chancado primario para ampliación de operaciones en Minera Brocal de Cerro de Pasco?

2.4.2. Hipótesis específicas:

¿Si realizamos la evaluación de cantera, entonces se optimizará el chancado primario y la ampliación de operaciones en minera brocal – cerro de Pasco??

¿Si realizamos la aplicación de la ejecución rápida (fast track) entonces optimizará el chancado primario y la ampliación de operaciones en minera brocal – cerro de Pasco??

2.5. Marco teorico

2.5.1. Antecedentes de la investigación

a) En el ámbito internacional

Soria (2016) señala en la tesis titulada “Diseño de explotación de la cantera Río Granobles, ubicada en el Cantón Cayambe, provincia de Pichincha”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas por la Universidad Central del Ecuador – Ecuador, tiene por objetivo principal, diseñar la explotación del depósito aluvial existente en el río Granobles, sector Guachalá, del Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- La ejecución del levantamiento topográfico se llevó a cabo mediante el empleo de una estación total, cuyos datos fueron posteriormente procesados en el software especializado DATAMINE, con el propósito de obtener una representación tridimensional de la cantera.

- El yacimiento en cuestión, de naturaleza aluvial y situado en la localidad de Guachalá, alberga materiales de alta calidad, destinados a la producción de arena, grava y bloques utilizados como material pétreo en la industria de la construcción. Las reservas, calculadas mediante el empleo del software minero Datamine, ascienden a un total de 3'200.000 metros cúbicos.

- La modalidad de extracción del material pétreo de este depósito se rige bajo el principio de "cielo abierto" o tajo abierto, empleando el método de bancos descendentes. Bajo esta técnica, se estima una producción diaria de 300 metros cúbicos, desglosados en 292 metros cúbicos de material pétreo y 8 metros cúbicos de estéril. Este estudio se vincula

a esta investigación debido a que se desarrolla en una cantera donde se realizaron evaluaciones y se elaboró un Diseño de explotación para hacer más eficientes los procesos en la cantera.

Vargas (2017) señala en la tesis titulada “Elaboración de estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo caso de aplicación cantera El Pilar, municipio de Chipaque departamento de Cundinamarca”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Geólogo por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – Colombia, tiene por objetivo principal, la elaboración de un análisis detallado acerca de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo, con el propósito de identificar las eventuales repercusiones que la explotación minera podría tener tanto en la zona de la concesión minera como en las áreas circundantes del proyecto. Este caso específico se enfoca en la aplicación a la cantera "El Pilar" ubicada en el Municipio de Chipaque, dentro del Departamento de Cundinamarca.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- Mediante la revisión exhaustiva de la literatura especializada y la contribución valiosa por parte de la entidad empresarial, se han identificado las facetas más destacadas de la geología, con el propósito de configurar un modelo representativo de la región. Se ha demarcado la zona a una escala de 1:10000, caracterizándola en este estudio con un enfoque de índole regional.
- La geología estructural, la geomorfología regional y el análisis de las pendientes constituyen componentes esenciales en la fase inicial del reconocimiento geológico. A partir de esta información, se logra una identificación precisa que orienta hacia la elaboración de un estudio más específico y objetivo, denominado de índole local.
- Con miras a desarrollar modelos que sirvan como referencia para alcanzar los objetivos

generales de este trabajo, se ha confeccionado un modelo geológico a escala local (1:2000).

El estudio demuestra la importancia de la existencia de una guía para lograr las metas propuestas, vinculándose así con este trabajo, ya que busca mejorar los procesos existentes en una cantera.

b) En el ámbito nacional

Carranza y Paredes (2018) señalan en la tesis titulada “Evaluación técnico-económica de los agregados producidos por las canteras de la provincia de Chiclayo para fines de obras viales”, tesis para obtener el título de Ingeniero Civil por la Universidad Señor de Sipán – Perú, tiene como objetivo principal la evaluación técnica y económica de los agregados producidos para obras viales en las canteras de la provincia de Chiclayo, los investigadores tomaron como muestra las distintas canteras de la zona de Chiclayo, de donde se tomaron muestras y se aplicaron ensayos de laboratorios, se aplicó análisis de granulometría, CBR, porcentaje limite líquido y porcentaje limite plástico tras el análisis, se concluyó que la cantera la victoria cumple con los requisitos del manual de carreteras en pruebas de laboratorio de control de calidad aprobadas, las demás canteras presentaron importantes valores, pero solo en algunos aspectos. Dentro de las similitudes que existen con el trabajo desarrollado, la principal sería el proceso de evaluación en aspectos económicos y el cumplimiento de manuales y guía para el logro de los objetivos trazados.

Jiménez (2018) señala en la tesis “Incremento de producción elaborando un plan de minado en la cantera Josmar-empresa Mabeisa SAC –Ferreñafe 2017”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas por la Universidad César Vallejo – Perú, tiene por objetivo principal, incrementar la producción de agregados con la elaboración de un plan de minado en la cantera JOSMAR.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- La exploración geológica a nivel regional y local se llevó a cabo con el propósito de realizar un análisis exhaustivo del área, con el objetivo de identificar los depósitos presentes. En este contexto, se identificaron tanto depósitos eólicos recientes como depósitos aluviales recientes.
- La evaluación de las reservas se ejecutó con la finalidad de determinar la reserva probada, que asciende a 1,249,771.5 metros cúbicos. Este proceso incluyó la realización de calicatas seguidas de ensayos granulométricos para definir la distribución granulométrica del material y, por ende, calcular las reservas correspondientes a cada tipo.
- La planificación minera se llevó a cabo con el objetivo de determinar la producción actual y, en consecuencia, identificar cualquier déficit en la cantera. Para lograr esto, se realizó una encuesta que arrojó variaciones porcentuales según los tipos de agregados consumidos por los clientes. Estos resultados proporcionaron el fundamento para implementar incrementos en la producción con el fin de satisfacer la demanda del mercado de manera eficiente.

Las similitudes con el trabajo realizado es el uso de planes de trabajo para alcanzar las metas trazadas.

2.5.2. Definiciones teóricas

2.5.2.1. Definición de cantera. Una cantera es una explotación minera, generalmente a cielo abierto, que produce roca para fines industriales, ornamentales o de agregados. La

explotación de canteras suele ser un negocio pequeño, pero colectivamente representa quizás el volumen de minería más grande del mundo. Las operaciones de canteras están reguladas en algunas jurisdicciones para reducir su impacto ambiental.

Para Lozada (2018), señala que la valoración de canteras tiene una gran importancia en la ingeniería y es uno de los temas más estudiados en los sectores de la minería y la construcción. Técnicamente, una cantera se puede definir como una actividad consistente en excavar a través de bancos de diferentes niveles de extracción, ascendentes o descendentes, según se trate de excavaciones en taludes o llanos.

2.5.2.2. Explotación de cantera. El término explotación de canteras se utiliza en un sentido amplio para incluir la extracción de minerales en su estado natural, que pueden ser sólidos como el carbón y otros minerales, líquidos como el petróleo crudo; y gaseosos, como el gas natural.

Lozada (2018) señala que: La explotación de canteras se erige como una actividad esencial para el progreso económico, industrial y social en perspectiva futura, debiendo armonizarse de manera integral con los principios del desarrollo sostenible. Cuando el sector de los agregados logra consolidarse en entidades de mayor envergadura, la demanda puede ser satisfecha mediante un menor número de instalaciones, gestionadas de manera más eficiente y sostenible. Esto resulta en una mayor longevidad operativa, rentabilidad optimizada y un impacto ambiental y regional reducido en comparación con formas convencionales de llevar a cabo dicha actividad.

2.5.2.3. Proyecto en modalidad Fast Tracking. Gambetta y Cárdenas (2018) señalan que un proyecto correspondiente a las modalidades "Fast Tracking" o "Ejecución rápida" se caracteriza por ser una técnica de compresión de cronograma, donde normalmente se realizan actividades o pasos sucesivos en paralelo durante al menos una parte de ellas en la duración del proyecto.

Fast Track es un sistema de gestión de la construcción a través del cual la planificación y desarrollo de obra del proyecto se realiza de forma simultánea. La construcción acelerada es la jerga de la industria de la construcción para una estrategia de ejecución de proyectos en la que la construcción debe comenzar antes de que se complete el diseño. El objetivo es reducir su tiempo de realización. Por coincidir con procesos, podría llamarse telescopio, pero "carretera" incluye actividad y movimiento y se ha convertido en un término popular.

Ampliando las definiciones de la metodología Fast Tracking; Es considerado como el procedimiento utilizado para La Ejecución Rápida de una determinada actividad en programación de actividades del proyecto.

Se trata de condensar el lapso de ejecución de actividades, esencialmente aplicando la técnica de compresión del cronograma que acorta la duración del proyecto al llevar a cabo de manera simultánea aquellas actividades críticas que inicialmente se proyectaron de forma secuencial en la planificación original.

Otro método para acelerar actividades en la programación de obras en proyectos es la técnica Crashing.

Crashing. - Esta técnica ha sido concebida con el propósito de disminuir los tiempos asociados a las actividades críticas, logrando este cometido mediante el incremento o fortalecimiento de los recursos requeridos para llevar a cabo dicha tarea.

Ruta crítica. -En programación de actividades se tiene también el de la ruta crítica que se diseña en actividades paralelas o simultáneas que pueden ser realizadas al mismo tiempo ajustando estas actividades de tal forma que deberán de ser realizadas para no causar congestión, o reducir el tiempo de ejecución de otras actividades a estas las denominamos eventos críticos si o si se deben de hacer en la fecha exacta caso contrario se tendría que correr la programación.

2.5.2.4. Planta de chancado. En el proceso de explotación a cielo abierto o subterráneo, el mineral derivado debe ser preparados en una planta de trituración o chancado, el término chancado se refiere a la primera etapa donde intervienen equipos de trituración; consiste en la aplicación de fuerzas mecánicas para romper grandes pedazos de roca mineralizada hasta reducirlos en fragmentos más pequeños, obteniendo como resultado partículas más pequeñas y compactas. El proceso de chancado se realiza progresivamente en las siguientes etapas.

Chancado primario; Primera etapa de la preparación mecánica, el material bruto proveniente de la explotación es reducido en el chancador primario, cabe señalar que la trituradora se alimenta desde arriba y el material triturado se descarga desde abajo a través de unas aberturas con unas divisiones de acuerdo al diámetro requerido.

Chancado secundario; Reciben el material triturado de la etapa primaria, en esta etapa se

eliminan componentes peligrosos como el metal atrapado, la arcilla y el lodo, se realiza principalmente mediante trituradoras de cono, reduce el material para la preparación del producto en la etapa terciaria.

Chancado terciario; esta etapa se realiza para el calibrado final del producto, se reduce el volumen del material en partículas más pequeñas y compactas para producir un material más fino, cabe mencionar que todo el manejo del material realiza mediante fajas transportadoras, desde la alimentación de la mina hasta la entrega del mineral chancado a la siguiente etapa.

2.6. Metodología de la Investigación

2.6.1. Tipo de investigación

2.6.1.1. Enfoque. El enfoque será cuantitativo, ya que los datos obtenidos serán analizados y procesados mediante mediciones numéricas para establecer patrones estadísticos con precisión (Hernández y Mendoza, 2018).

2.6.1.2. Tipo. Este estudio será básico ya que pretende ampliar el conocimiento sobre las variables (Hernández y Mendoza, 2018).

2.6.1.3. Diseño. El diseño fue no experimental, ya que se observaron los fenómenos en su entorno natural sin manipular variables de forma deliberada. Este tipo de investigación se centra en analizar estos fenómenos tal como se presentan espontáneamente, permitiendo una comprensión más profunda de su dinámica y complejidad en su contexto real (Hernández y Mendoza, 2018). Dado que los datos se recopilan durante un período de tiempo específico, serán transversales (Hernández y Mendoza, 2018).

2.6.1.3. Nivel. Al respecto se trató de un nivel explicativo, Hernández y Mendoza (2018)

afirman que estas investigaciones van más allá de describir o establecer relaciones entre conceptos, su enfoque se centra en indagar las causas de eventos físicos o sociales, buscando explicar por qué ocurren fenómenos y en qué condiciones se manifiestan. Este tipo de investigación profundiza en comprender los mecanismos subyacentes que impulsan las relaciones entre variables.

2.6.2. Ámbito temporal y espacial

El presente trabajo de investigación se basa en el proyecto de Ampliación de operaciones de la Minera Brocal, la cual se ubica en la ciudad de Cerro de Pasco, provincia y departamento de Pasco. El proyecto se encuentra en ejecución.

2.6.3. Variables

- **Variable independiente**

Evaluación de cantera.

- **Variable dependiente**

Optimización de chancado primario.

- **Técnica**

Ejecución Rápida (Fast Tracking)

2.6.4. Población y muestra

2.6.4.1. Población. La totalidad de individuos o elementos que posean una característica determinada relacionada con el objetivo general de la investigación en una zona determinada que podría ser investigada es definida como la población.

La población denota un conjunto que puede ser limitado o potencialmente infinito, compuesto por individuos que comparten características afines, y cuyas conclusiones derivadas de la investigación tendrán una amplitud aplicable. Esta población se encuentra circunscrita por los objetivos y la problemática inherente a la investigación. En el contexto de este estudio particular, el universo poblacional se encuentra conformado por las entidades mineras presentes en el departamento de Pasco.

2.6.4.2. Muestra. Con el objeto de obtener explicaciones y poder predecir en forma general o dar afirmaciones generalizadas que sirvan para una determinada población se debe de considerar la muestra en forma adecuada de tal forma que englobe características de la población que viene a ser el universo de la investigación.

Una fracción específica y acotada, seleccionada de la población, se designa como muestra. En este informe, se ha optado por una selección de la cantera de Minera Brocal ubicada en la Ciudad de Cerro de Pasco, provincia y departamento de Pasco, aplicando tanto criterios aleatorios como intencionados para dicha elección.

2.6.5. Instrumentos

- Revisión de documentos: a través de esta técnica se han revisado normas, manuales,

libros, tesis, etc., respecto al tema de optimización de chancado primario y la técnica fast tracking.

- Observación: Esta técnica ha permitido recolectar información vista en campo.
- Ensayos de laboratorio de suelos: Análisis granulométrico por tamizado; límites de Atterberg, contenido de humedad.

2.6.6. Procedimientos

- Realizar el reconocimiento de campo para determinar la zona de estudio.
- Realizar la evaluación geotécnica de la zona en estudio para definir los parámetros, calidad, potencia del material que será producido por intermedio del chancado primario con el sistema Fast Tracking.
- Evaluar la cantera de estudio para definir zonas donde se realizará el chancado primario de materiales que serán explotados.
- Determinar mediante los ensayos de laboratorio de suelos pertinentes, para escoger el material en las que se aplicara el fast tracking en el chancado primario
- Se analizarán los procesos de chancado primario y seleccionar el Fast tracking como alternativa de solución para la producción del material de cantera.
- Aplicar en el desarrollo y la ejecución de la planta de chancado primario considerando la alternativa la técnica de fast tracking.

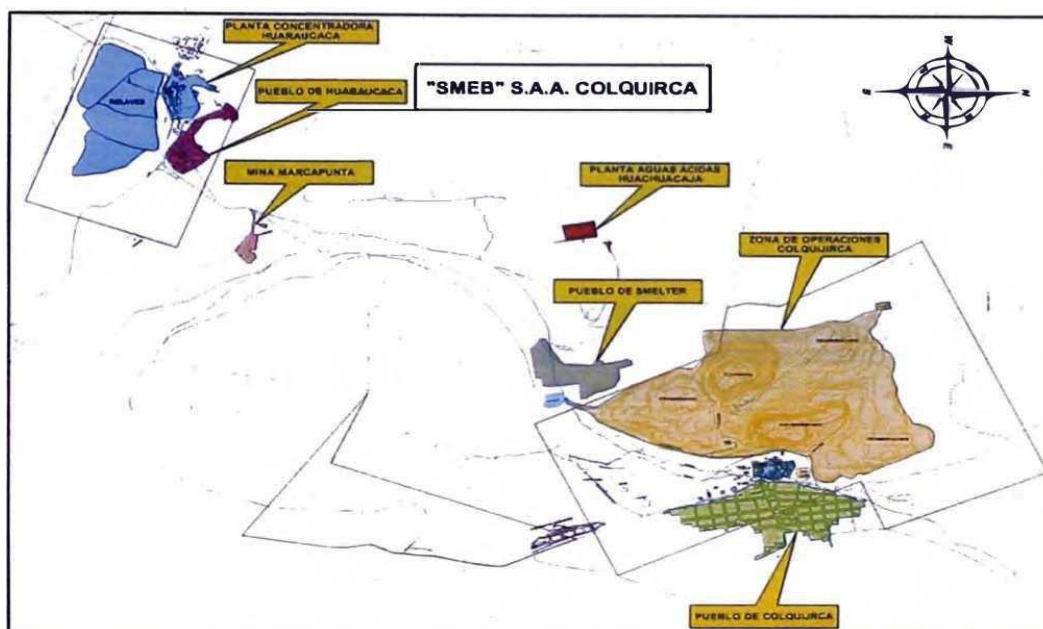
2.7. Caracterización del proyecto

2.7.1. Descripción de la zona en estudio

A. Ubicación. La obra de Ampliación a 18000 TMPD se encuentra ubicado en las instalaciones del complejo minero Sociedad Minera el Brocal S.A.A. en el distrito de Tinyahuarco, provincia de Cerro de Paseo y departamento de Pasco.

Figura 2

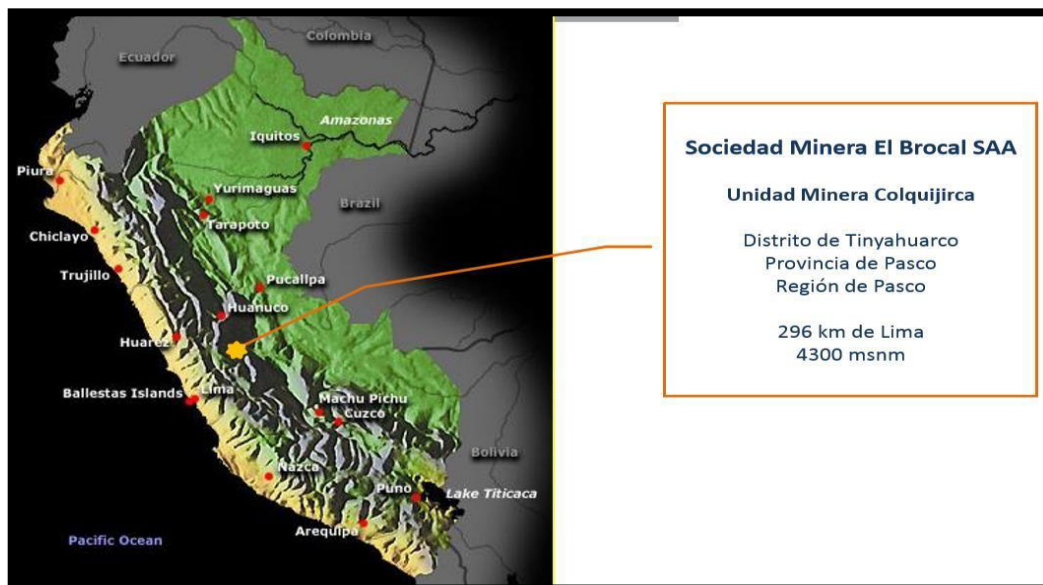
Ubicación de la zona en estudio



Fuente: Municipalidad Provincial de Pasco.

Figura 3

Ubicación de la sociedad minera El Brocal.



Fuente: IGN.

B. Condiciones de Lugar de Obra.

- Temperatura Máxima: + 14.6 ° C
- Temperatura Mínima: -7 °C
- Humedad Relativa Promedio: 67.36 %
- Altitud Sobre el Nivel del mar: 4250 msnm
- Servicio: Severo

2.7.2. Actividades proyectadas

La sociedad Minera el Brocal S.A.A. tuvo prevista la Ampliación de Operaciones a 18000 TMPD de su planta de Pb-Zn en su complejo Minero.

La ejecución del proyecto en el cual se fundamenta este informe comprendió la instauración de una moderna instalación de Chancado Primario, un proceso de lavado de mineral, etapas secundaria y terciaria de chancado, así como la implementación de un sistema renovado de cintas transportadoras. Además, se llevó a cabo una expansión de la zona destinada a la molienda y remolienda, la incorporación de nuevas celdas de flotación, la adaptación de la planta dedicada a reactivos y cal, la planificación cuidadosa de la disposición óptima de los tanques de distribución y la ampliación de la instalación de lechada de cal.

Los alcances del proyecto son:

- Chancado Primario
- Planta de Lavado

- Chancado secundario, Terciario y Servicios.
- Molienda.
- Flotación.
- Ampliación de Planta de cal.
- Zona de Reactivos
- Otros.

Se describen las siguientes zonas:

ZONA 1: Zona de Chancado Primario: Se implementaron estructuras de contención en concreto armado, con alturas de 7 y 12 metros. La base de apoyo para la tolva se fundamentó en cimentaciones compuestas, compuestas por bases o zapatas de concreto armado, dotadas de sus correspondientes anclajes, así como de placas base y losas de piso.

El sistema de puesta a tierra será instalado posteriormente a la finalización de la base, junto con los pozos y las varillas correspondientes. En cuanto a los servicios, como es el caso de la subestación eléctrica, se erigirán sobre cimentaciones de concreto, mientras que las demás estructuras se construirán utilizando elementos prefabricados.

ZONA 2: Zona de Planta de Lavado: En esta sección, se ejecutaron cimentaciones superficiales y bases en concreto armado destinadas a albergar equipos como el clarificador de finos, TK Pulmón, Holding tank, Edificio de ciclones, Edificio de Zarandas de alta frecuencia, el soporte del tambor lavador y las zarandas bananas. Asimismo, se dispusieron losas de concreto para los pisos. Adicionalmente, se llevaron a cabo obras de concreto armado para erigir muros

perimetrales y muros de contención. Se incluyeron bases o zapatas en concreto armado, provistas de sus respectivos anclajes y planchas base, destinadas a recibir las estructuras metálicas de diversas cubiertas. La instalación del sistema de puesta a tierra se llevará a cabo después de finalizar la cimentación, junto con la disposición de pozos y varillas correspondientes.

ZONA 3: Zona de Chancado Secundario y Terciario: Se ha completado la cimentación para el Edificio de Chancado, la base para el chancado secundario y un muro de contención. En el ámbito del chancado terciario, se han establecido las bases para la planta general, el soporte de la tolva de 400 toneladas y la cimentación de la chancadora terciaria. Dichas bases consisten en zapatas de concreto armado, complementadas con sus respectivos anclajes y planchas bases diseñadas para recibir las estructuras metálicas correspondientes. Adicionalmente, se han construido muros de sótano en concreto armado.

Los servicios, tales como la subestación eléctrica, serán dotados de cimentaciones en concreto, junto con columnas, vigas y una losa de techo de concreto armado. Además, se incluirán elementos como muros de albañilería, losa de piso, muros cortafuego y canales de concreto. El sistema de puesta a tierra se implementará una vez que se haya concluido la fase de cimentación, incluyendo sus respectivos pozos y varillas.

ZONA 4: Zona de Molienda y clasificación: Estas construcciones forman parte de la expansión, presentando cimentaciones elaboradas en concreto armado, distribuidas en la planta general del edificio de molienda, la torre de zarandas de alta frecuencia, la base para el molino de bolas de 20'x30', y las cimentaciones para los molinos de bolas de 16'x22'. Asimismo, se han implementado zapatas de concreto armado para albergar las estructuras metálicas de la torre de

ciclones, equipadas con sus correspondientes anclajes y planchas base. En este contexto, se han erigido muros de contención y losas de piso en concreto armado.

En esta área, es imperativo considerar la integración entre el concreto recién vertido y el ya existente. La implementación del sistema de puesta a tierra se llevará a cabo tras la finalización de la cimentación, asegurando una conexión adecuada con el sistema preexistente.

ZONA 5: Zona de Flotación: En esta fase de expansión, se han establecido las bases para el soporte de las celdas RCS-50, DR-300 y DR-180, así como para el soporte de las celdas OK-3 y la cimentación de las escaleras. Zapatas elaboradas en concreto armado han sido dispuestas para recibir las estructuras metálicas, complementadas con sus respectivos anclajes y planchas base.

En este ámbito, resulta crucial considerar la transición entre el concreto recién vertido y el previamente existente. La instalación del sistema de puesta a tierra se ejecutará una vez concluida la fase de cimentación, asegurando una integración efectiva con el sistema preexistente.

ZONA 6: Ampliación de planta de cal: Este proyecto implica una extensión que requiere considerar la adaptación de elementos preexistentes de concreto, abordando acciones específicas como demoliciones localizadas. Se han dispuesto zapatas de concreto armado para recibir las estructuras metálicas, junto con sus respectivos anclajes y placas base.

Se ha llevado a cabo la expansión de la cimentación y las losas, implementando refuerzos en las bases de los elementos ya existentes. En este contexto, se presta especial atención a la

conexión entre el concreto recién vertido y el ya existente, siendo esta conexión realizada mediante el uso de anclajes químicos y resinas epóxicas, conforme a lo detallado en los planos especificativos.

ZONA 7: Zona de Reactivos: Esta fase implica una extensión que demanda la consideración de la adaptación de elementos de concreto ya existentes, lo cual puede comprender operaciones específicas como demoliciones localizadas. Se han implementado zapatas de concreto armado para alojar las estructuras metálicas, junto con sus correspondientes anclajes y placas base.

Se ha ejecutado la expansión tanto de la cimentación como de las losas, incluyendo refuerzos en las bases de los elementos preexistentes. En este contexto, se destaca la atención especial prestada a la conexión entre el concreto recién vertido y el ya existente, con la aplicación de anclajes químicos y resinas epóxicas según lo indicado en los planos específicos.

ZONA 8: Esta etapa representa una ampliación de los servicios preexistentes, que incluye la adecuación de la subestación eléctrica actual, construida mediante paneles prefabricados y estructura metálica. Asimismo, se contempla la expansión de las bases de apoyo para las tuberías de la instalación, comúnmente conocidas como "pipe racks".

Asimismo, se abarca la expansión del sistema de suministro hídrico.

Es importante señalar que todas estas secciones incorporan, sin restricción, las siguientes actividades de construcción:

- Excavaciones localizadas y extensivas para la ejecución de trabajos de cimentación.
- Rellenos estructurales (material mejorado) necesarios conforme a las especificaciones

del proyecto.

- Provisión, detallado, fabricación e instalación de acero de refuerzo.
- Suministro y colocación de diversos tipos de concreto requeridos por el proyecto, tales como concreto armado, masivo, ciclópeo, entre otros.
- Engloba todas las labores establecidas por las normativas y reglamentos de seguridad de la minera, el brocal, incluyendo aspectos como señalización, barreras, iluminación, acceso a excavaciones, barandas y plataformas temporales, en cada fase de los trabajos de movimiento de tierras, traslado de materiales excavados, rellenos o desechos, y en aquellos casos que se indiquen según el reglamento de seguridad de la minera.

2.8. Presentación de resultados

2.8.1. Presupuesto y plazo contractual elegidos

2.8.1.1. Monto de Contrato. Para dar inicio al proceso de identificación de partidas, es imperativo comprender los límites y alcances que proporciona el presupuesto. Este se detalla en el anexo N.º 01, donde queda patente el monto contractual asignado al proyecto.

Monto Contractual 21, 428,690.40

La cifra asignada para este proyecto alcanza los veintiún millones cuatrocientos veintiocho mil seiscientos noventa con 40/100 soles. En el desglose por zonas, se evidencia que el presupuesto se distribuyó en ocho áreas específicas.

Tabla 1

Presupuesto contractual.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	Sub Total
00.00	Obras provisionales	1,197,686.43
00.01	Obras provisionales	782,216.03
00.02	Trabajos preliminares	415,470.40
	ZONA 1	4,325,023.04
01.00	Chancado primario	4,325,023.04
01.01	Obras civiles chancado primario	4,071,759.27
01.02	Obras civiles subestación eléctrica	112,638.07
01.03	Malla a tierra zona de Chancado primario	140,625.70
	ZONA 2 y 3	5,461,748.44
02.00	Chancado secundario, terciario y planta de lavado	5,461,748.44
02.01	Zona de chancado secundario y terciario	1,767,396.00
02.02	Subestación eléctrica de chancado secundario y terciario	903,145.21
02.03	Zona de planta de lavado	1,686,187.95

02.04	Zona nido de ciclones y zaranda de alta frecuencia 2490 tpd A 11000 tpd) Zona de chancado secundario y terciario	718,932.17
02.05	Malla a tierra, zona de Chancado secundario, terciario y zona de lavado	386,087.11
ZONA 4		3,652,611.60

Fuente: Municipalidad Provincial de Pasco.

En el siguiente cuadro se muestra los porcentajes de cada sector al Monto Contractual.

Tabla 2

Porcentaje del monto contractual por zona.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	Subtotal	Porcentaje (%)
00.00	Obras Provisionales y Preliminares	1,197,686.43	6.60%
ZONA 1		4,325,023.04	23.82%
01.00	Chancado Primario	4,325,023.04	23.82%
ZONA 2 Y 3		5,461,748.44	30.08%
02.00	Chancado Secundario, Terciario Y Planta De Lavado	5,461,748.44	30.08%
ZONA 4		3,652,611.60	20.11%
03.00	Zona De Molienda (2490 tpd A 11000 tpd) Incl. Hidrociclones Y Zarandas	3,652,611.60	20.11%
ZONAS		2,237,757	12.32%
04.00	Zona De Flotación (2490 tpd A 11000 tpd)	2,237,887.57	12.32%
ZONA 6 Y 7		387,391.62	2.13%
05.00	Ampliación Planta De Preparación Y Dosificación De Reactivos Y Cal	387,391.62	2.13%
ZONAS		897,558.42	4.94%
06.00	Otros	897,558.42	4.94%

Fuente: Propia.

2.8.1.2. Plazo del contrato. Conforme a lo dispuesto en la cláusula cuarta del acuerdo contractual, la duración efectiva del contrato abarcará un total de 170 días calendario. La determinación de la fecha de inicio del contrato se establecerá a partir de la ocurrencia del último de los eventos indicados:

- Fecha en la cual se firma el contrato
- Fecha en la cual se otorga el adelanto efectivo
- Fecha en la cual se entrega el terreno donde se ejecutarán las obras.

2.8.2. Identificación de adicionales

Considerando el contexto teórico dentro de un contrato basado en precios unitarios, se identificarán dos tipos de ajustes adicionales que pueden surgir durante la ejecución del proyecto.

- Mayores Metrados
- Inclusión de actividades Nuevas (Partidas Nuevas).

Así mismo, de acuerdo al presupuesto, está constituido por los siguientes sectores:

a) Chancado Primario

- Obras Civiles Chancado Primario.
- Obras Civiles Subestación Eléctrica.
- Malla a tierra de zona de Chancado Primario.

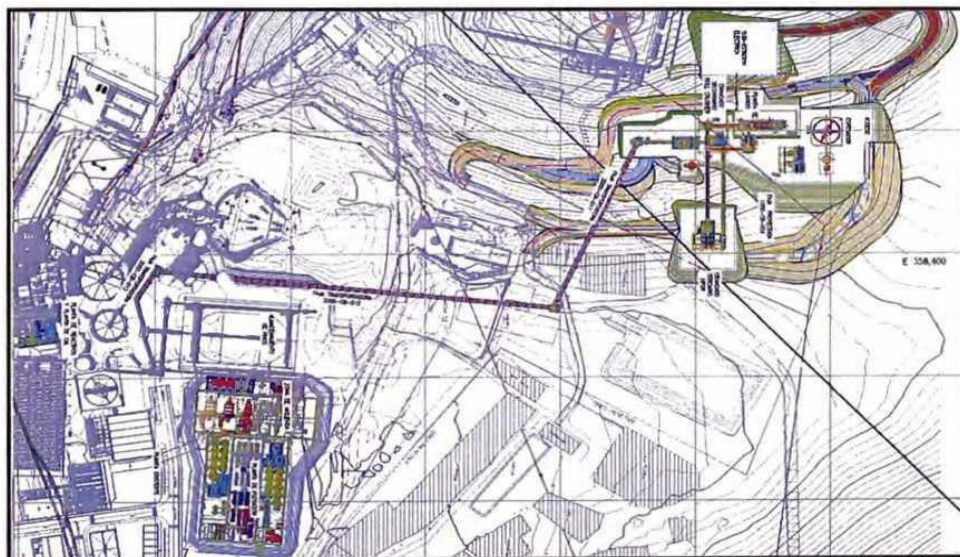
b) Chancado secundario, Terciario y Planta de Lavado

- Zona de chancado secundario y terciario.
- Subestación eléctrica de chancado secundario y terciario.
- Zona de planta de lavado
- Zona de nido de ciclones y zaranda de alta frecuencia.

- Malla a tierra de zona de chancado secundario, terciario y zona de lavado.
- c) Zona de molienda (2490TPD a 11000TPD) incluyendo hidrociclones y zarandas.
- Obras civiles en zona de molienda.
 - Malla a tierra de zona de molienda.
- d) Zona de Flotación (2490TPD a 11000TPD)
- Obras Civiles en Zona de Flotación
 - Malla a tierra de Zona de Flotación
- e) Ampliación planta de preparación y dosificación de reactivos y cal
- Obras civiles en zona de reactivos y cal.
- f) Sistema eléctrico principal
- Obras civiles en sistema eléctrico principal.
- g) Sistema de piperacks (L=200 m, H=15 m)
- Obras Civiles en sistema eléctrico principal.
- h) Sistema de abastecimiento de Agua.

Figura 4

Vista del área de operaciones del SMEB-2



Fuente: Municipalidad Provincial de Pasco.

Para la finalización del proyecto, se gestionaron seis órdenes de modificación, las cuales abarcaban partidas con mayores dimensiones y nuevas partidas en las diversas áreas previamente mencionadas.

2.8.3. Adicionales en el sector de chancado primario

Debido a que la ingeniería se llevó a cabo simultáneamente con la ejecución del proyecto (en un enfoque de Fast Track), los cálculos de las cantidades en el presupuesto contractual no reflejaban con precisión las mediciones reales a ejecutar. En consecuencia, una vez iniciado el proyecto, se presentaron partidas que, de acuerdo al contrato, indicaban mediciones inferiores. Por consiguiente, se generaron los ajustes correspondientes, los cuales abarcaron partidas con mayores dimensiones y la incorporación de nuevas partidas.

2.8.3.1. Mayores metrados. Los ajustes que abarcaron mayores dimensiones surgieron

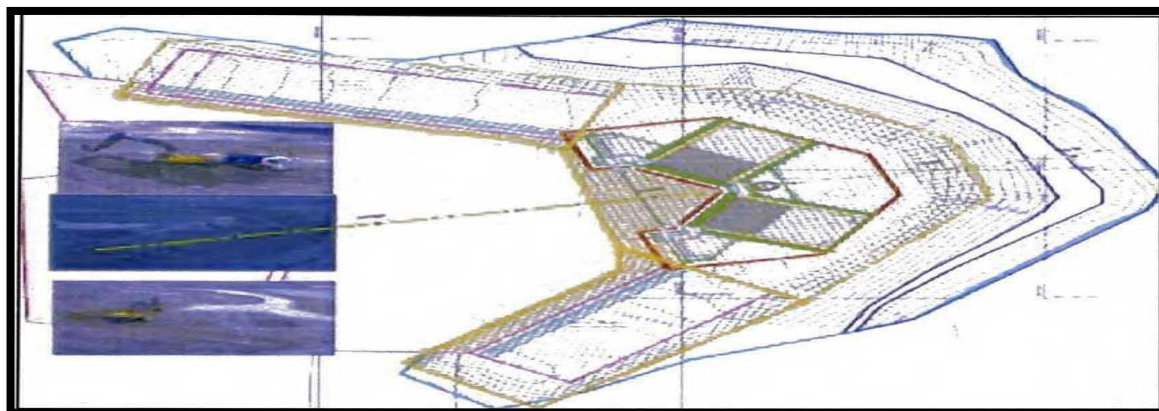
debido a la naturaleza del Contrato por Precio Unitario. Se procedió a cuantificar las mediciones totales en diversas estructuras del proyecto, tales como zapatas, losas de piso, muros y contrafuertes. Al comparar estas mediciones con las estimaciones presupuestadas en el Contrato Inicial, se observaron variaciones significativas en partidas como Movimientos de Tierras, Concreto, Encofrado y Acero de Refuerzo.

Este análisis condujo a un aumento en las partidas contractuales, reflejado en cifras como: Movimiento de Tierras, con un volumen de 8,574.22 m³ de material removido, y Concreto Simple, con un total de 53.69 m³ vertidos.

Concreto Armado: 682.53 m³ vaciado Encofrado y Desencofrado: 1074.15 m² Acero de Refuerzo: 125,768.19 kg

Figura 5

Vista en Planta del Chancado Primario.

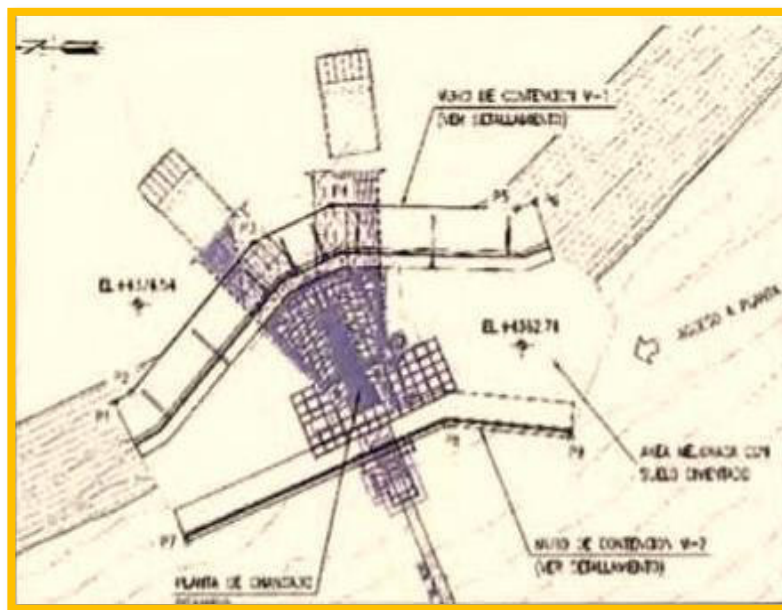


Fuente: Municipalidad Provincial de Pasco.

El incremento en el volumen de movimiento de tierras se fundamentó en las modificaciones de ingeniería. En la fase inicial, se proyectó una estructura de muro con una longitud de 57.13 metros, la cual fue posteriormente alterada por una estructura más focalizada, aunque con una mayor extensión superficial.

Figura 6

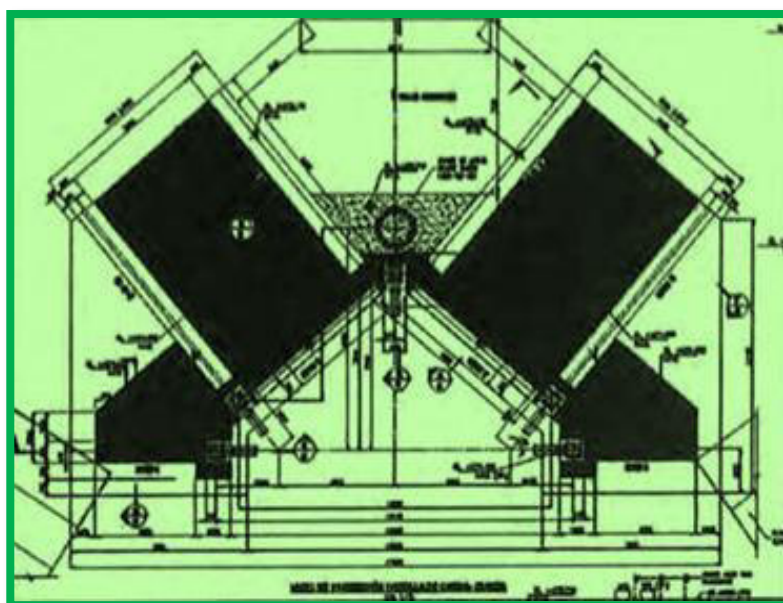
Planta inicial del chancado primario.



Fuente: Municipalidad Distrital de Pasco.

Figura 7

Planta en Planos actualizado.



Fuente: Municipalidad Distrital de Pasco.

De igual manera, se amplió la cantidad de concreto debido a la ausencia de muros con contrafuertes, factor que influyó en el aumento de las partidas correspondientes a concreto y acero corrugado.

2.8.3.2. partidas nuevas

A. presupuesto por entrega anticipada. Dada la envergadura del proyecto en el que se fundamenta este informe, se llevaron a cabo modificaciones en los planos iniciales del relleno destinado para la losa de chancado primario. En este contexto, se optó por alterar el tipo de relleno, reemplazando el material estructural afirmado por Material Over > 4". Esta propuesta, sugerida por la supervisión, se implementó específicamente en la losa de Descarga del Chancado Primario.

La propuesta de entrega anticipada se fundamenta en un periodo de 1.5 meses contados a partir de la fecha de aceptación del presupuesto. La finalidad de esta modificación reside en la reducción del tiempo de ejecución del Chancado Primario. El ajuste adicional comprendía la colocación de material over de 4" a 6" y la utilización de concreto fluido con una resistencia a la compresión de $f_c=30 \text{ kg/cm}^2$ como mortero. De esta manera, se buscaba mejorar los rendimientos del relleno para reducir el plazo, aspirando a un rendimiento de $120 \text{ m}^3/\text{día}$.

B. Presupuesto por Sistema Terramesh. La generación de este incremento contractual surgió a raíz de la omisión en el presupuesto original, donde no se contemplaba en los límites del subcontratista la construcción de un Muro de Gaviones mediante el sistema Terramesh.

La omisión del presupuesto para el sistema Terramesh se originó debido a que, en un principio, no se contemplaba la ejecución de un muro de gaviones. La propuesta inicial incluía un

relleno con material estructural sostenido por un Muro de Aprox. 50 m. Contrafuertes.

Con el inicio de los trabajos, se procedió a realizar modificaciones en los planos de licitación, dando lugar a la creación de nuevos planos de construcción. Estos no solo alteraron la estructura del chancado primario, sino que también introdujeron un sistema Terramesh, el cual no estaba contemplado en el presupuesto original. A raíz de estas modificaciones y para adecuarse a los nuevos alcances, se generó un presupuesto adicional que fue asignado al subcontratista.

Esto generó que se planteara la variación en las partidas de movimientos y generando un adicional de todo el sistema Terramesh para el chancado primario

Además, se llevaron a cabo mejoras en las vías en las áreas correspondientes al Chancado Primario, con el propósito de facilitar un acceso más eficiente para los equipos, tanto para los trabajos de relleno como para la entrada del concreto.

En el adicional se consideró:

- Excavación de Tierras: Se llevó a cabo una excavación a gran escala utilizando una excavadora CAT 330, una retroexcavadora CAT y un rodillo de 11 toneladas. La compactación se efectuó con material de préstamo, sometiéndolo a ensayos hasta alcanzar la densidad especificada del 95%.
- Instalación de Gaviones: Después de redefinir la cota en el terreno compactado y determinar la ubicación, se procedió a colocar la geomalla, seguida por la instalación de la caja de gaviones. Esta última se fijó con alambres galvanizados del mismo tipo, permitiendo la colocación de piedras hasta alcanzar el 50% de su altura. En este punto, se instalaron los tirantes, seguidos del relleno con material de préstamo (seleccionado por el cliente y proveniente de la cantera indicada), compactando en capas según las indicaciones.

Nuevamente se aplicó la geomalla, y se completó el otro 50% con piedras, finalizando con la fijación de la tapa. Este proceso se repitió de manera mecánica

- Instalación de Geo textil y Geo mallas: Se procedió a instalar las mallas, asegurándolas mediante el uso de grapas de fijación. Simultáneamente, se aseguró el filtro de geotextil no tejido en conjunto con el panel posterior de la caja, siendo este de mayor tamaño para permitir que envuelva el suelo de relleno. Este procedimiento se replicó cada 0.50 m. de altura.
- Colocación de tubería de 4" MACPIPE CP-100: Se definió el proceso conforme a las especificaciones técnicas del material.
- Colocación de piedra canto rodado: El suministro de las piedras provino de la cantera Sacra Familia, cumpliendo con las especificaciones de calidad detalladas en los planos. Las piedras de relleno se distribuyeron de manera programada, conforme a los requisitos en el sitio de trabajo. Para su colocación, se utilizaron equipos de maquinaria y se dispusieron manualmente con el auxilio de herramientas manuales.

Obteniéndose lo siguiente.

Excavación en material suelto: 5,502.63 m³ Relleno: 28,726.13 m³

Over de 4" a 6": 1,442.68 m³

Concreto Fluido $f_c = 30 \text{ kg/cm}^2$: 563.38 m³ Geotextil: 6,355.88 m²

Geomalla (Mac Grid WG120, 150,200, 300): 22,093.00 m²

C. Mejoramiento de Vías de Acceso. La generación de este adicional se derivó de la falta de mantenimiento en las vías de acceso al chancado primario. Durante las reuniones de

coordinación con el área de operaciones de la mina, se propuso la mejora y ampliación del acceso principal hacia la Cancha de Transferencia y la zona de chancado primario.

En consecuencia, se requirió llevar a cabo un estudio topográfico detallado del área con el propósito de optimizar y expandir las vías de acceso. Esto se hizo con el objetivo de prevenir el desgaste de equipos y vehículos, así como para evitar posibles incidentes derivados del tránsito por accesos en condiciones precarias.

Figura 8

Limpieza de lodo y mantenimiento del acceso principal que va hacia cancha de transferencia/chancado primario.



Fuente: Propia.

Este proceso de mejora se llevó a cabo en diversos tramos del área de chancado primario, donde fue necesario remover aproximadamente 30 m³ de lodo antes de iniciar las excavaciones y

la optimización del material rodante.

En cuanto al mejoramiento de la Vía Principal, se efectuó una excavación del material suelto de aproximadamente 1.4 m, el cual fue sustituido por una primera capa de material Over con un espesor de 0.50 m. La segunda capa consistió en un relleno tipo 3 cher de 0.50 m de espesor, seguido de una tercera capa de 0.40 m de espesor de material lavado para la compactación y conformación de la Vía Principal.

Optimización para Acceso de Mixers: En esta sección de la vía, se llevó a cabo la remoción del material suelto en la zona destinada al ingreso de los mixers, abarcando un área de 177.84 m². Para la sustitución, se utilizó una combinación de material Over y material lavado proveniente de las canteras locales.

Figura 9

Zona de acceso para el ingreso de Mixer.



Fuente: Propia.

Realizando los siguientes volúmenes:

Excavación: 2060.30 m³

Relleno con Over: 300 m³

Relleno con Material Estructural: 1,148.92 m³

Relleno con Material 3 Cher: 252.53 m³

2.8.3.2. Incidencia de los adicionales por sectores.

A. Obras civiles chancado primario. Con el propósito de determinar la incidencia acumulativa porcentual de un presupuesto adicional de obra con relación al monto original del contrato, se llevará a cabo la suma algebraica de los montos correspondientes a todos los presupuestos adicionales de obra y aquellos relacionados con deducciones. El resultado se dividirá por el monto inicial del contrato, y el cociente se multiplicará por 100.

Obteniéndose lo siguiente.

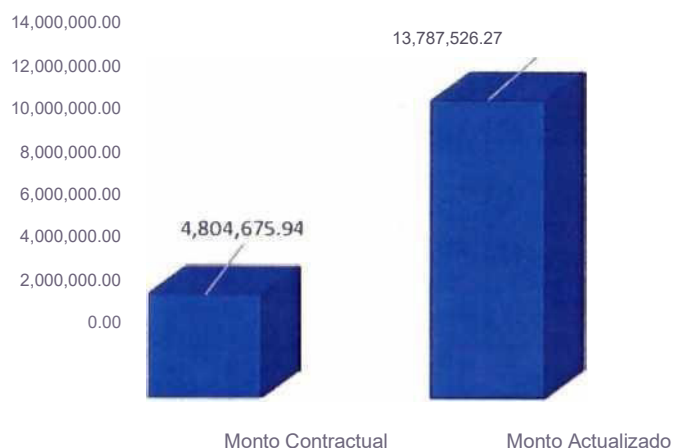
Tabla 3

Incidencia en obras civiles chancado primario.

DESCRIPCIÓN		Monto	Valorizado	OC N.º 2	OC N.º 3	OC N.º 6	TOTAL
N		Contractual	Acumulado				
Total, Costo directo		4,071,759.27	3,068,708.31	2,462,550.76	2,959,371.02	3,193,714.21	11,684,344.30
Gastos Generales	13%	529,328.71	398,932.08	320,131.60	384,718.23	415,182.85	1,518,964.76
Utilidad	5%	203,587.96	153,435.42	123,127.54	147,968.55	159,685.71	584,217.22
Presupuesto Total Adicional		4,804,675.94	3,621,075.81	2,905,809.90	3,492,057.80	3,768,582.77	13,787,526.27
						MC	4,804,675.94
						1%	286.96%

Fuente: Propia.

La tabla presentada evidencia un aumento significativo del 186.96% en el monto contractual del chancado primario. Esta variación se atribuye principalmente a las modificaciones en la ingeniería y la adopción de un sistema Terramesh.

Figura 10*Obras Civiles de Chancado Primario.*

Fuente: Elaboración Propia

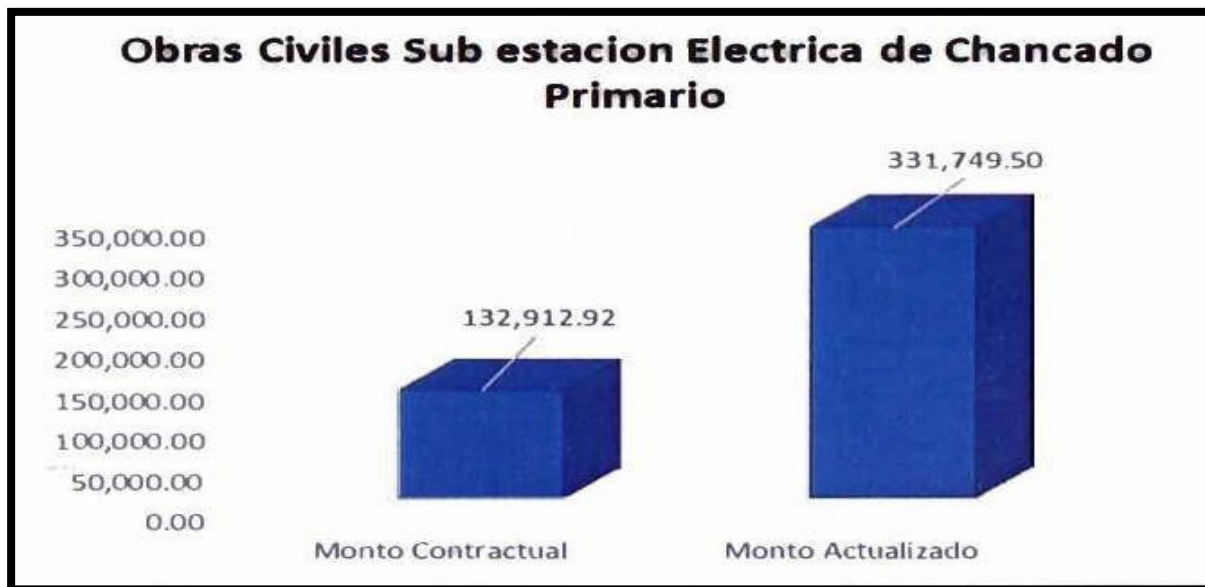
Tabla 4*Subestación de chancado primario*

DESCRIPCIÓN		Monto Contractual	Valorizado Acumulado	OC N.º 6	TOTAL
Total, Costo directo		112,638.07	96,983.54	184,160.10	281,143.64
Gastos Generales	13%	14,642.95	12,607.86	23,940.81	36,548.67
Utilidad	5%	5,631.90	4,849.18	9,208.01	14,057.18
Presupuesto Total Adicional		132,912.92	114,440.58	217,308.92	331,749.50
				MC	132,912.92
				1%	249.60%

Fuente: Propia.

Figura 11

Incidencia en Obras Civiles Subestación Eléctrica- Chancado Primario.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5

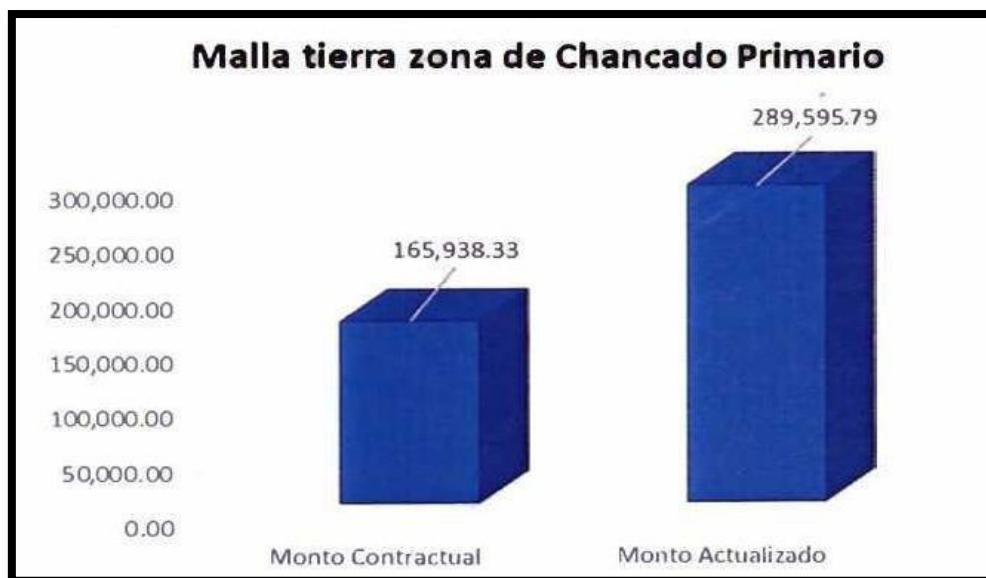
Malla a tierra de chancado primario.

DESCRIPCIÓN		Monto Contractual	Valorizado Acumulado	OC N.º 5	OC N.º 6	TOTAL
Total, Costo directo		140,625.70	140,635.40	104,503.14	281.62	245,420.16
Gastos Generales	13%	18,281.34	18,282.60	13,585.41	36.61	31,904.62
Utilidad	5%	7,031.29	7,031.77	5,225.16	14.08	12,271.01
Presupuesto Total Adicional		165,938.33	165,949.77	123,313.71	332.31	289,595.79
					MC	165,938.33
					1%	174.52%

Fuente: Propia.

Figura 12

Monto Obras de Malla a Tierra- Chancado Primario



Fuente: Elaboración Propia.

2.9. Discusión de resultados

La investigación en cuestión se llevó a cabo con el propósito de optimizar la gestión presupuestaria en proyectos de expansión en el ámbito de la minería, específicamente en el sector de Chancado Primario, en virtud de la aplicación de la metodología de fast tracking.

Se ha identificado que la problemática asociada a la implementación del fast tracking radica en la ausencia de una guía informativa que detalle posibles incrementos adicionales o cambios en los volúmenes de obra. Es por este motivo que se procedió a recabar información en campo con el objetivo de reconocer y cuantificar posibles adicionales, evaluando sus posibles implicaciones.

La implementación del Fast Tracking implica la superposición de actividades con un margen de error asociado, lo cual conlleva un riesgo para el presupuesto contractual, generando consecuencias económicas significativas.

El presente informe ha contribuido a reconocer todas las partidas afectadas en el sector de chancado primario de una ampliación minera. En virtud de la información recopilada mediante trabajos de campo y análisis de escritorio, se han identificado las partidas adicionales que surgen durante la ampliación minera mediante la aplicación del fast tracking. Estas comprenden tanto mayores metrados como nuevas partidas, con el propósito de obtener una relación exhaustiva de elementos que inciden directamente en la ejecución del proyecto, así como en el presupuesto contractual.

Se ha procedido a examinar las labores llevadas a cabo en terreno con el objetivo de derivar rendimientos efectivos, posibilitando de este modo la elaboración de análisis de precios unitarios apropiados para las características altitudinales y climáticas específicas de la localidad de Cerro de Pasco.

III. APORTES MÁS DESTACADOS A LA EMPRESA

Durante el desarrollo de mis actividades realizadas en la empresa, he podido participar en diferentes etapas del proyecto, tales como la construcción de carreteras de acceso, campamentos temporales, construcción de infraestructura de apoyo, mejoramiento de vías de acceso. Así mismo, brindando apoyo en la gestión de proyectos, realizando los siguientes aportes:

- Participación en la elaboración de presupuestos, valorizaciones, informes de avance y control de calidad de obra y otros documentos entregables que solicite el director del proyecto.
- Revisión de planos y especificaciones técnicas para el desarrollo de las actividades diarias y la proyección de las actividades programadas, coordinando con oficina técnica el levantamiento de las incompatibilidades y detalles que se presentan en la etapa de construcción.
- Asistir en la gestión de proyectos asignados y asegurar el cumplimiento y ejecución del tiempo, presupuesto y alcance, realizando coordinaciones con proveedores y subcontratistas.
- Revisión, evaluación y seguimiento de los planes de trabajo, verificando que los trabajos se realicen de acuerdo a lo establecido en el expediente técnico
- Supervisar la entrega adecuada y oportuna del material requerido, según el plan de trabajo.
- Brindar soporte en la coordinación y supervisión del personal de obra.

IV. CONCLUSIONES

- En el presente trabajo de investigación se ha realizado la optimización de chancado primario mediante evaluación de cantera para la ampliación de operaciones en Minera Brocal de Cerro de Pasco, se evaluó el material disponible para partidas de relleno masivo y para emplearse como apoyo al sistema Terramesh.
- Mediante el empleo de la técnica de Fast Tracking podemos mencionar que, de los resultados mostrados, se evidencia que, en el ámbito del chancado primario, el monto contractual experimentó un aumento significativo del 186.96%, principalmente derivado de la alteración en el diseño de ingeniería y la implementación del sistema Terramesh.
- Dado que la ingeniería se desarrolló simultáneamente con la ejecución del proyecto (Fast Track), los metrados incluidos en el presupuesto contractual no reflejaban con precisión los metrados reales a ejecutar. Con el proyecto ya en marcha, surgieron discrepancias en algunas partidas que, según el contrato, indicaban un metraje inferior. En respuesta a esta situación, se presentaron los Adicionales correspondientes, abarcando tanto partidas con mayores metrados como partidas nuevas, tales como el presupuesto por entrega anticipada, el presupuesto por Sistema Terramesh y la mejora de vías de acceso

V. RECOMENDACIONES

- Es importante realizar una eficiente evaluación de cantera para optimizar el proceso de chancado primario en mineras, debido a que ello también repercutirá favorablemente en los procesos de chancado secundario y terciario.
- En el presente informe se ha realizado la optimización de chancado primario mediante evaluación de cantera para la ampliación de operaciones en Minera Brocal de Cerro de Pasco, se evaluó el material disponible para partidas de relleno masivo y para emplearse como apoyo al sistema Terramesh.
- Para poder identificar los posibles adicionales que puedan surgir en las ampliaciones mineras, se recomienda partir de un adecuado análisis de la información de los trabajos de campo y gabinete. La experiencia ha demostrado que estos adicionales suelen caracterizarse por ser de tipo mayores, metrados o partidas nuevas.

VI. REFERENCIAS

- Andrade, A. L. (2014). *Propuesta de Metodología para Ejecución de Proyectos Fast - Track en la Consultoría de la Industria de los Hidrocarburos*. [Tesis de Pregrado] Universidad Militar Nueva Granada:
https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/13233/1/ANDRADE_URINTIV_E_ANDRES_LEONARDO_2014.pdf
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación*. (6ta ed.). Episteme.
- Bastante, M., Nina, F., González, M. y Miranda, J. (2019) Time optimization in civil works applying the fast-tracking method. *23rd International Congress on Project Management and Engineering Málaga*, (10th-12th July 2019).
http://dspace.aeipro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/2271/AT02-014_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carranza, J. y Paredes, R. (2018). *Evaluación técnico-económica de los agregados producidos por las canteras de la provincia de Chiclayo para fines de obras viales* [Tesis de Pregrado]. Universidad Señor de Sipán.
- De Jesús, A., Lopez, G. y Gonzales, J. (2012). *CPM-PERT Aplicado a construcciones civiles*. República Dominicana: Amigo del hogar, 2012.
- Ferrada-Butler, C. (2017). Estudio de prefactibilidad técnico económico para crear una empresa de movimientos de tierra con orientación a proyectos Fast Track. [Trabajo de grado, Universidad Técnica Federico Santa María].
<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/43851/3560901064050UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Figuerola, N. (2010, noviembre). *Técnicas para recuperar un Cronograma atrasado*. PMQuality. <https://pmqlinkedin.wordpress.com/about/tecnicas-pararecuperar-un-cronograma-atrasado/>
- Gambetta, A. y Cárdenas, J. (2018). *Propuesta de Plan de Respuesta en base al análisis cualitativo de riesgos aplicados en la fase de diseño del Proyecto “Ampliación del Sistema de Bombeo Barren” ubicado en la Mina Minsur, Tacna*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- García, M. (2014). *Análisis de aplicabilidad y beneficios del método de la cadena crítica (CCPM) en proyectos de Ingeniería y Construcción. Santiago de Chile*. [Tesis de Pregrado]. Universidad de Chile.
- García, B. y Ruiz, E. (2015). *Impacto de la gestión en obra utilizando la programación de la cadena crítica en la construcción civil “Residencial Mostacero” en el distrito de Trujillo, ciudad de Trujillo, departamento de La Libertad*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Hernández-Sampieri, S., y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: La ruta cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGrawHill
- Jiménez, L. (2018). *Incremento de producción elaborando un plan de minado en la cantera Josmar-empresa Mabeisa SAC –Ferreñafe 2017*. [Tesis de Pregrado]. Universidad César Vallejo.
- Lozada, E. (2018). *Estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras – provincia de Utcubamba*. [Tesis de

Pregrado]. Universidad Señor de Sipán.

Project 2080 (2020). *Fast Tracking vs Crashing*. <https://project2080.com/fasttracking-vs-crashing/>

Soria, D. (2016). *Diseño de explotación de la cantera Río Granobles, ubicada en el Cantón Cayambe, provincia de Pichincha*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Central del Ecuador – Ecuador.

Malcolm, D. G., Roseboom, J. H., Clark, C. E., & Fazar, W. (1959). *Application of a technique for research and development program evaluation*. *Operations research*, 7(5), 646-669

Piñero Fernández, S. (1995). PERT y CPM: Programación y control de proyectos. *Cuadernos de Estudios Empresariales*, 5, 271–292. <https://doi.org/10.5209/CESE.11655>

Vargas, M. (2017). *Elaboración de estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, caso de aplicación cantera El Pilar, municipio de Chipaque departamento de Cundinamarca* [Tesis de Pregrado]. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

VII. ANEXOS

ANEXO 01
Panel fotográfico

Figura 13:

Entrega de terreno chancado primario.



Fuente: Propia.

Figura 14:

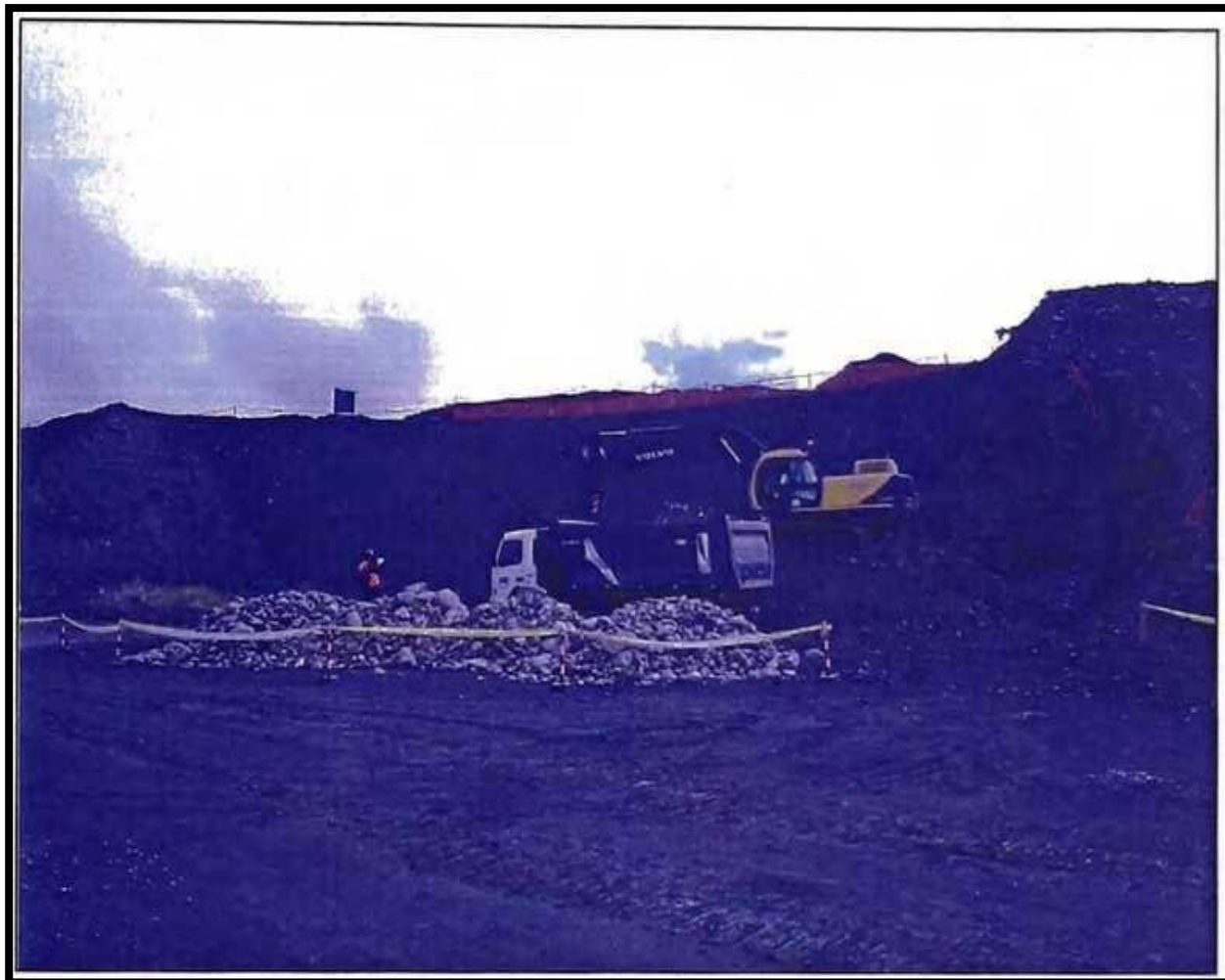
Excavación en talud de chancado primario.



Fuente: Propia.

Figura 15:

Eliminación de material excavado en chancado primario.



Fuente: Propia

Figura 16:

Interferencias de condiciones climáticas en chancado primario.



Fuente: Propia

Figura 17:

Nivelación y compactación de superficie para cimentaciones de Chancado Primario.



Fuente: Propia.

Figura 18:

Se puso fin al movimiento de tierra y se realizó el trazado.



Fuente: Propia.

Figura 19:

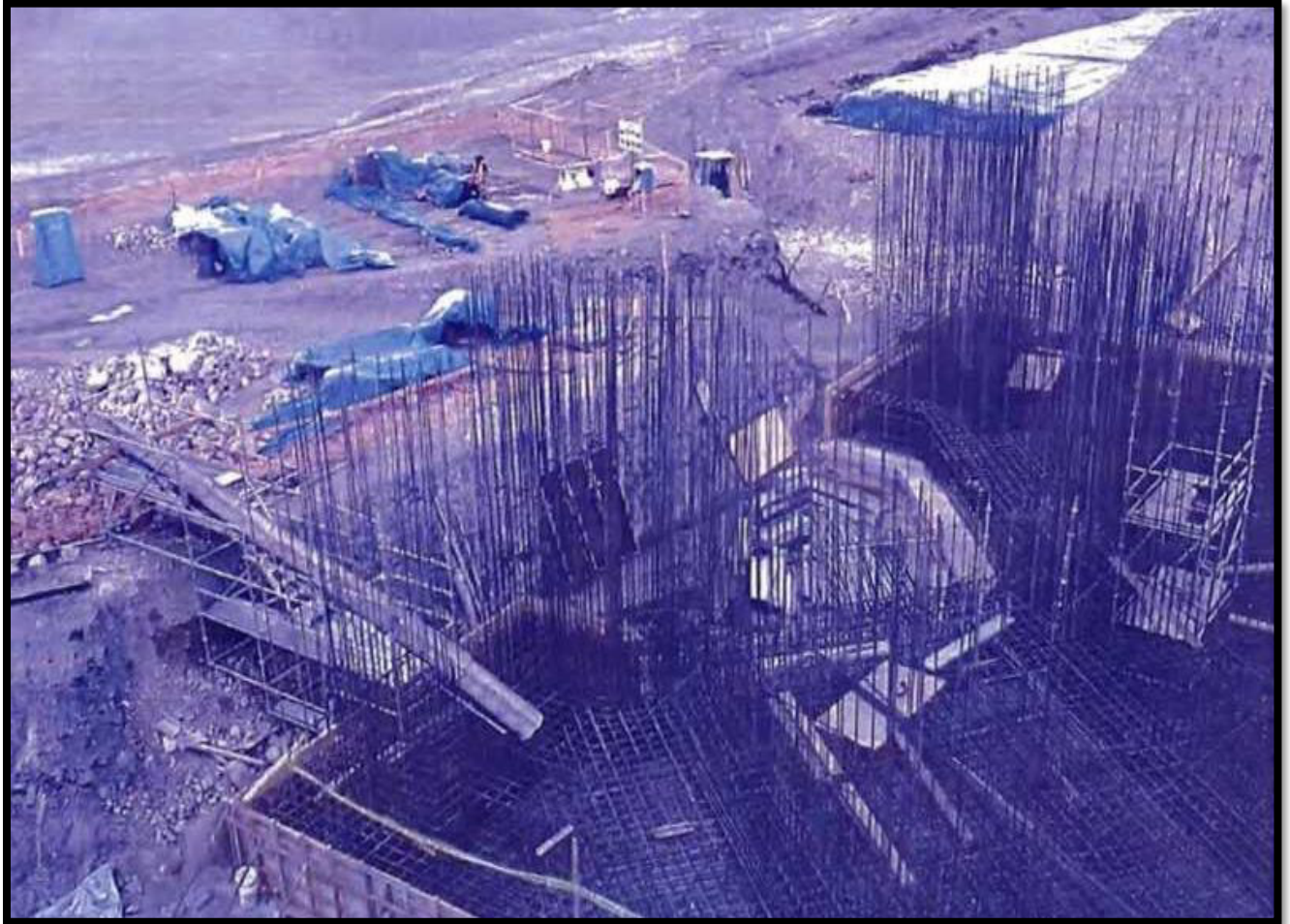
Se realizó el desencofrado del solado.



Fuente: Propia.

Figura 20:

Armado de acero de refuerzo para zapatas.



Fuente: Propia.

Figura 21:

Mantenimiento del acceso sur para el ingreso de los camiones con concreto.



Fuente: Propia.

Figura 22:

Limpieza de lodo y mantenimiento del acceso principal que va hacia cancha de transferencia/chancado primario.



Fuente: Propia

Figura 23:

Armado de Andamios y acero de refuerzo en muros y contrafuertes del muro de descarga principal (Altura aprox. 14 m).



Fuente: Propia

Figura 24:

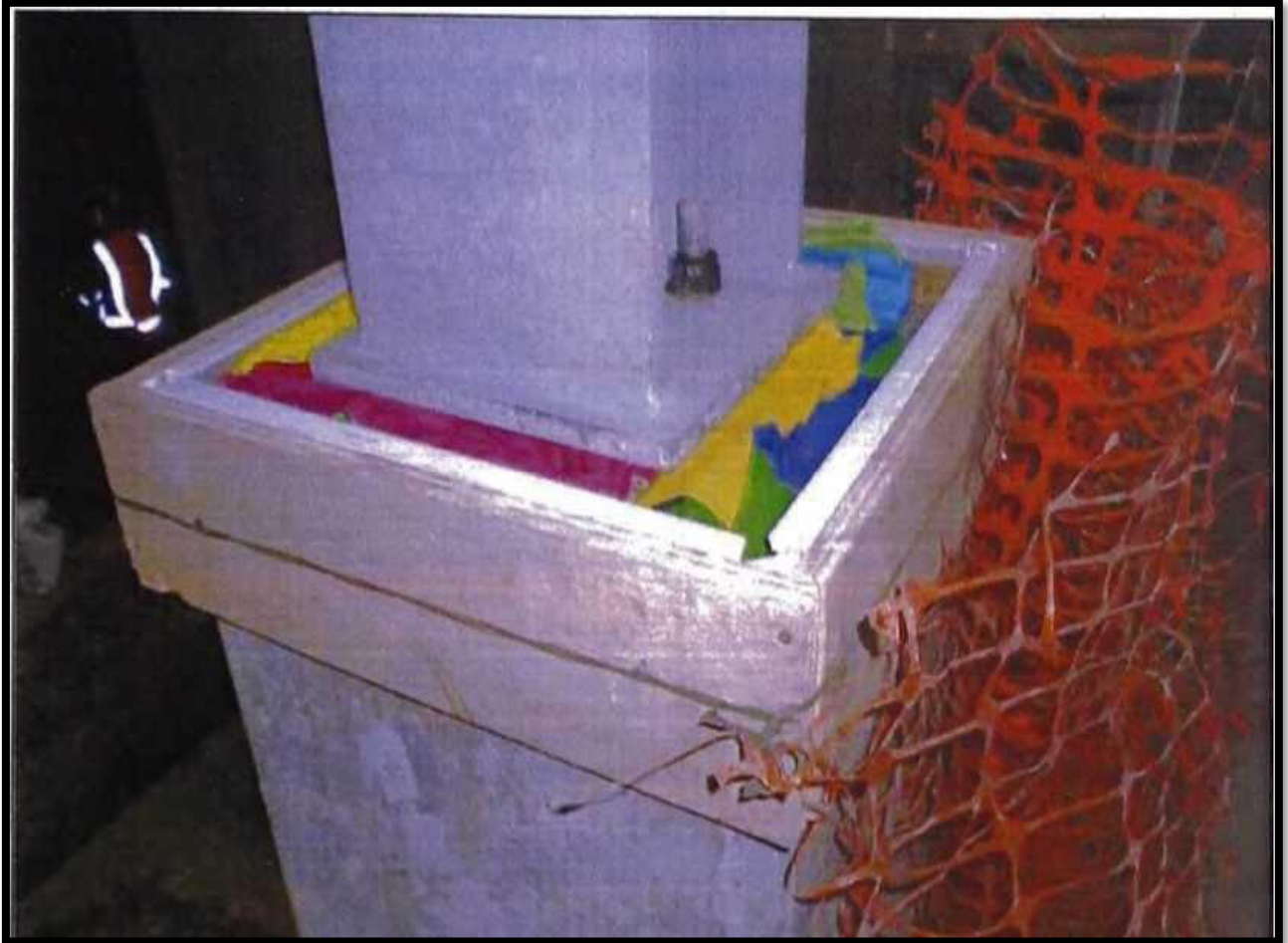
Rellenos del muro de descarga principal, aplicación de material bituminoso para evitar el contacto del concreto con el material de relleno y sales.



Fuente: Propia

Figura 25:

Humedecimiento de la superficie con trapos industriales, para curar el grout.



Fuente: Propia

Figura 26:

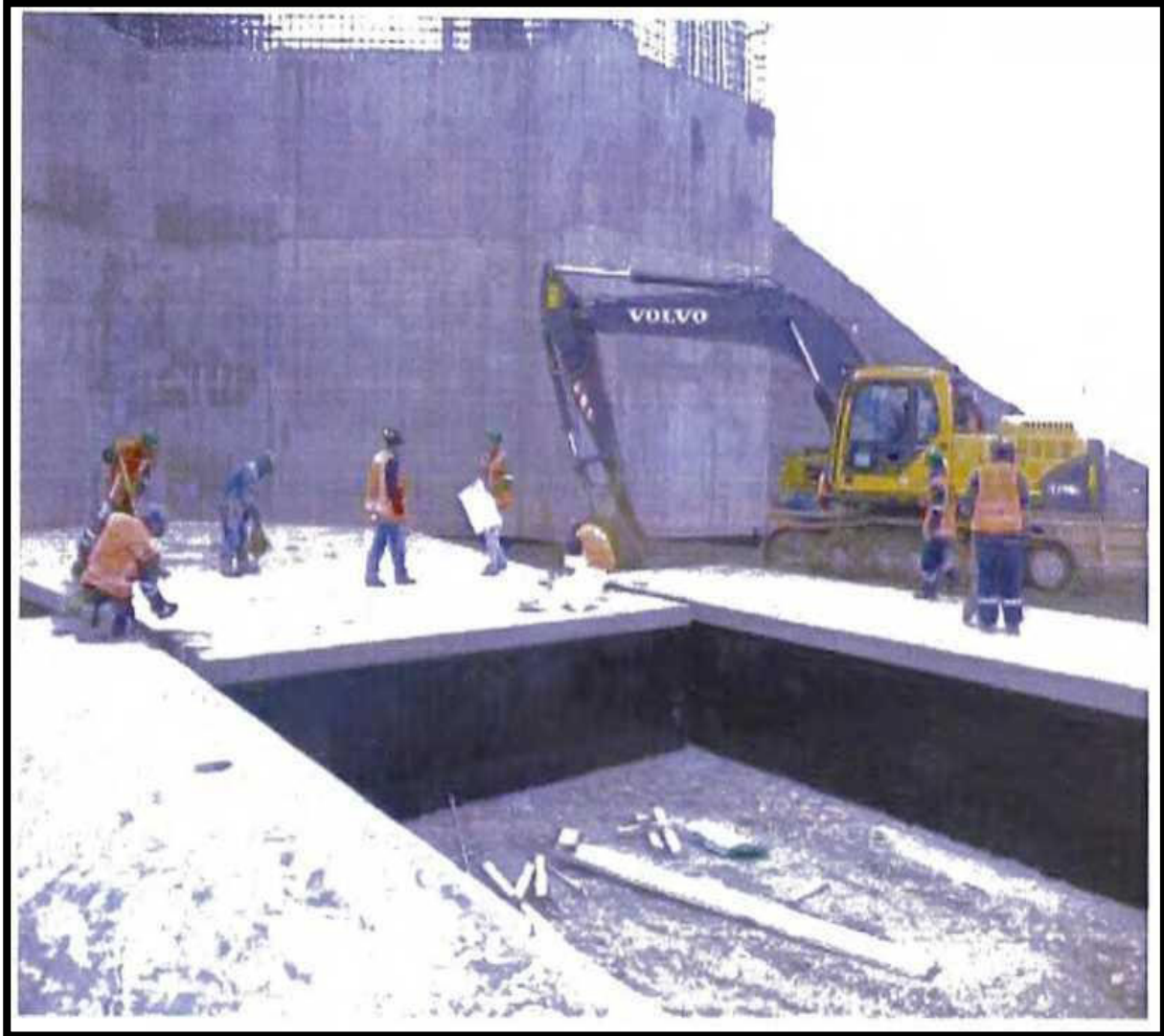
Vaciado de concreto en pedestales P-5 en zona de descarga.



Fuente: Propia.

Figura 27:

Vaciado de concreto de losas.



Fuente: Propia.

Figura 28:

Inicios de trabajos del Muro Terramesh - armado de gaviones.



Fuente: Propia

Figura 29:

Ensayo de la muestra para ver el contenido de humedad con la olla de Washington.



Fuente: Propia.

Figura 30:

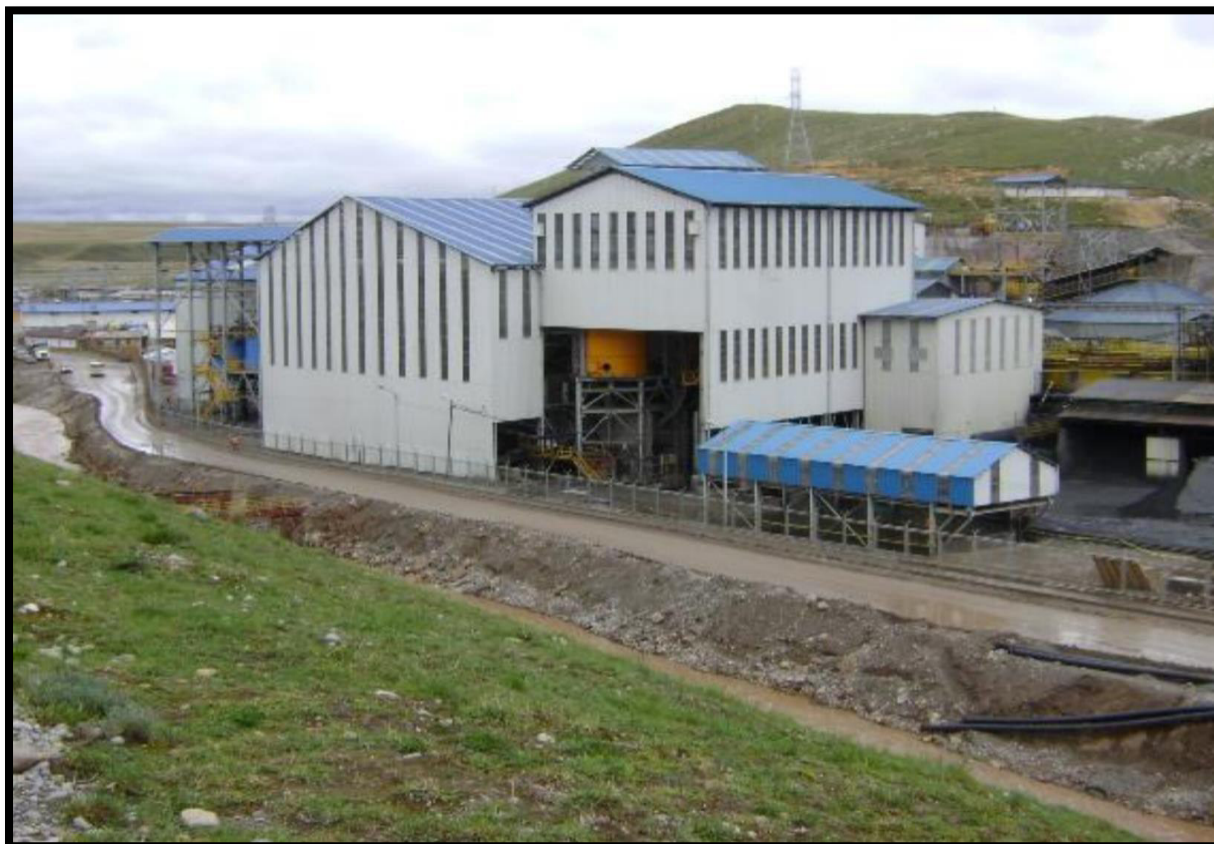
Verificación del contenido de humedad con la olla de Washington, está dentro de los parámetros que establece la especificación técnica.



Fuente: Propia.

Figura 31:

Planta concentradora N.º 1.



Fuente: Propia

Figura 32:

Molino de bolas.



Fuente: Propia.

Figura 33:

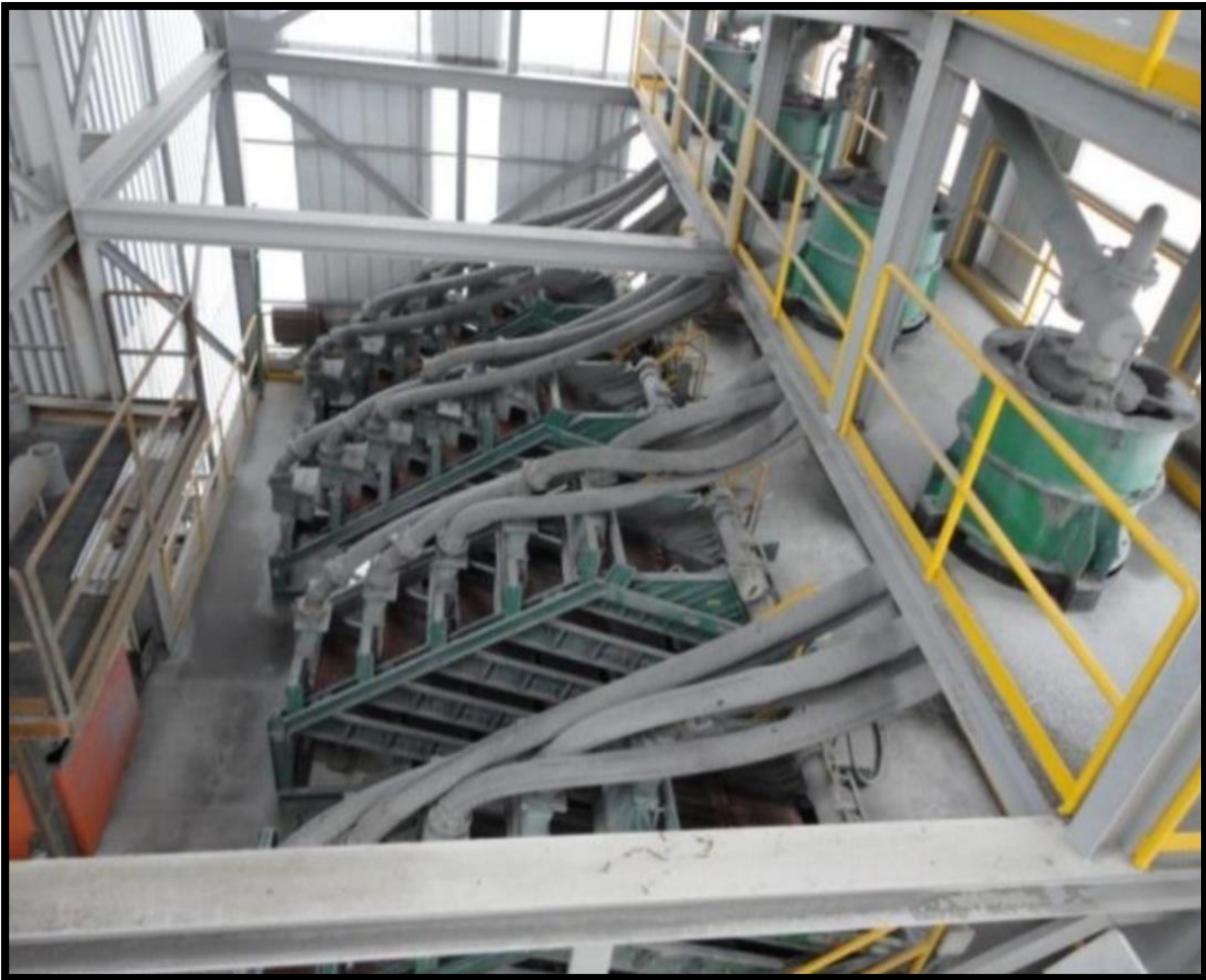
Zarandas de alta frecuencia.



Fuente: Propia

Figura 34:

Filtro Prensa de 54 placas.



Fuente: Propia.

Figura 35:

Planta concentradora N.º 2.



Fuente: Propia

Figura 36:

Planta de chancado primario.



Fuente: Propia.

Figura 37:

Faja transportadora - Overland.



Fuente: Propia.

Figura 38:

Faja transportadora – TMD 18,000.



Fuente: Propia.

Figura 39:

Tambor lavador.



Fuente: Propia.

Figura 40:

Chancado terciario – 18,000 TMD.



Fuente: Propia.

Figura 41:

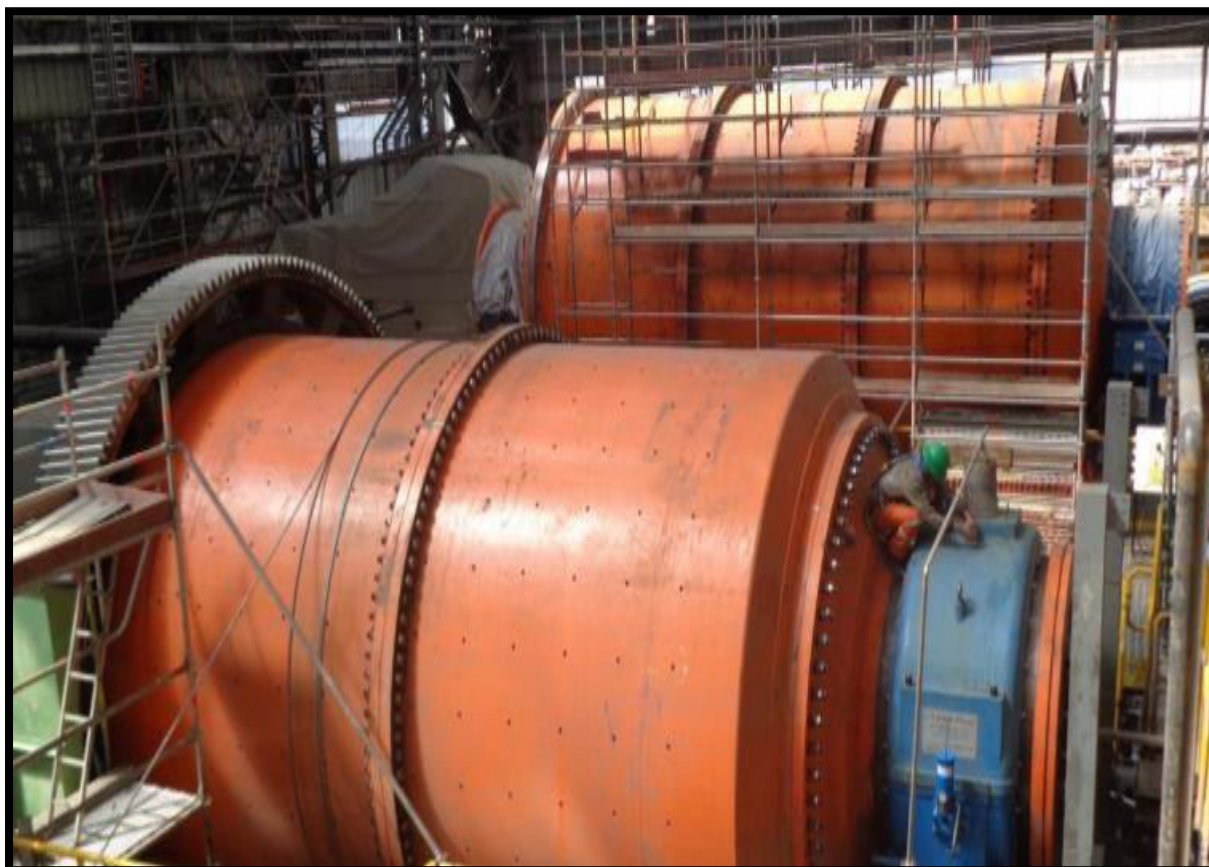
Stock Pile de finos.



Fuente: Propia.

Figura 42:

Molienda - 11000 TMD – Fase II.



Fuente: Propia

Figura 43:

Presa de Relaves Huacchuacaja.



Fuente: Propia

Figura 44:

Complejo Metalúrgico de Huaraucaca – Parte 1.



Fuente: Propia.

Figura 45:

Complejo Metalúrgico de Huaraucaca – Parte 2.



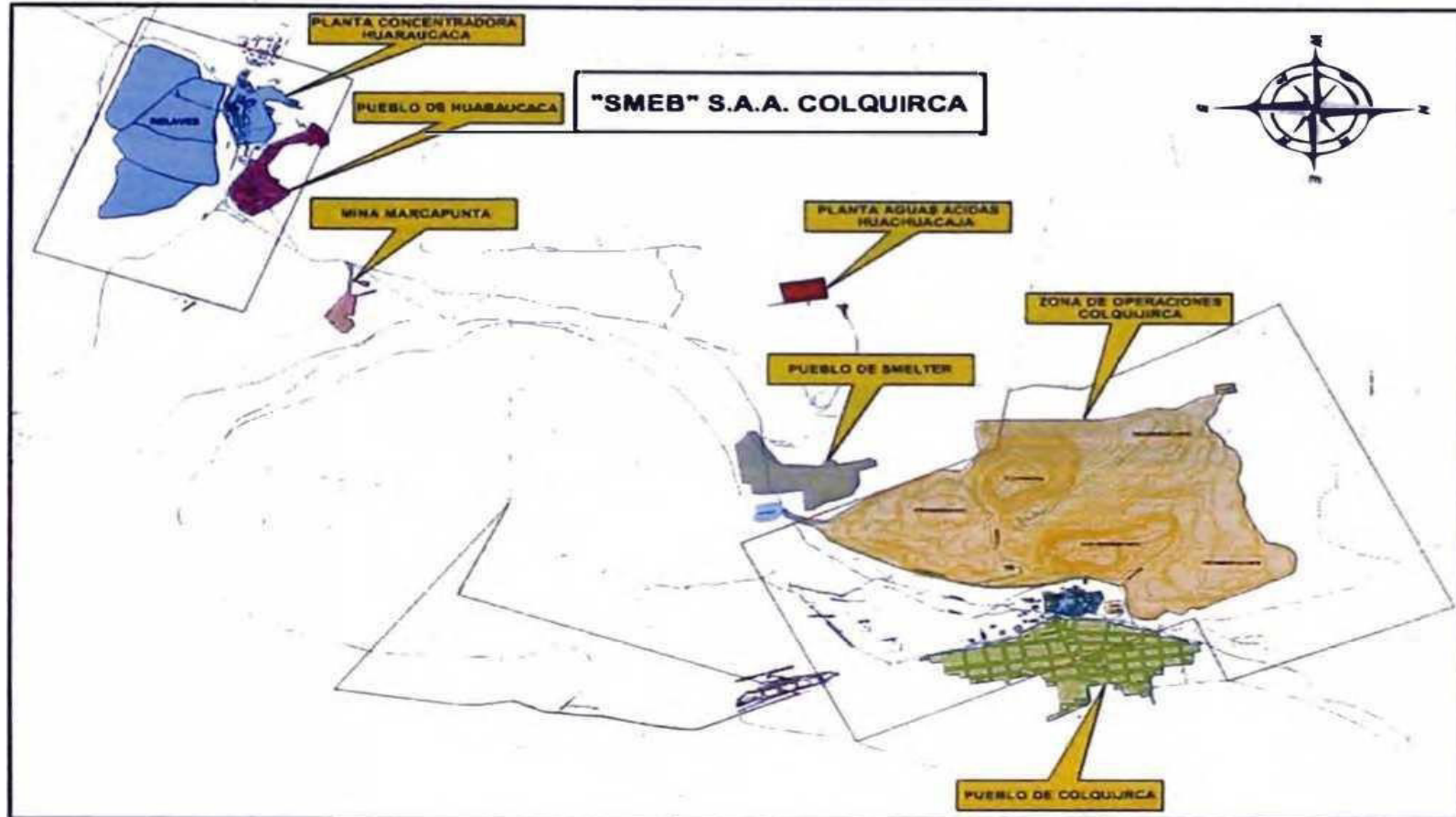
Fuente: Propia.

ANEXO 02

Planos.

Figura 46:

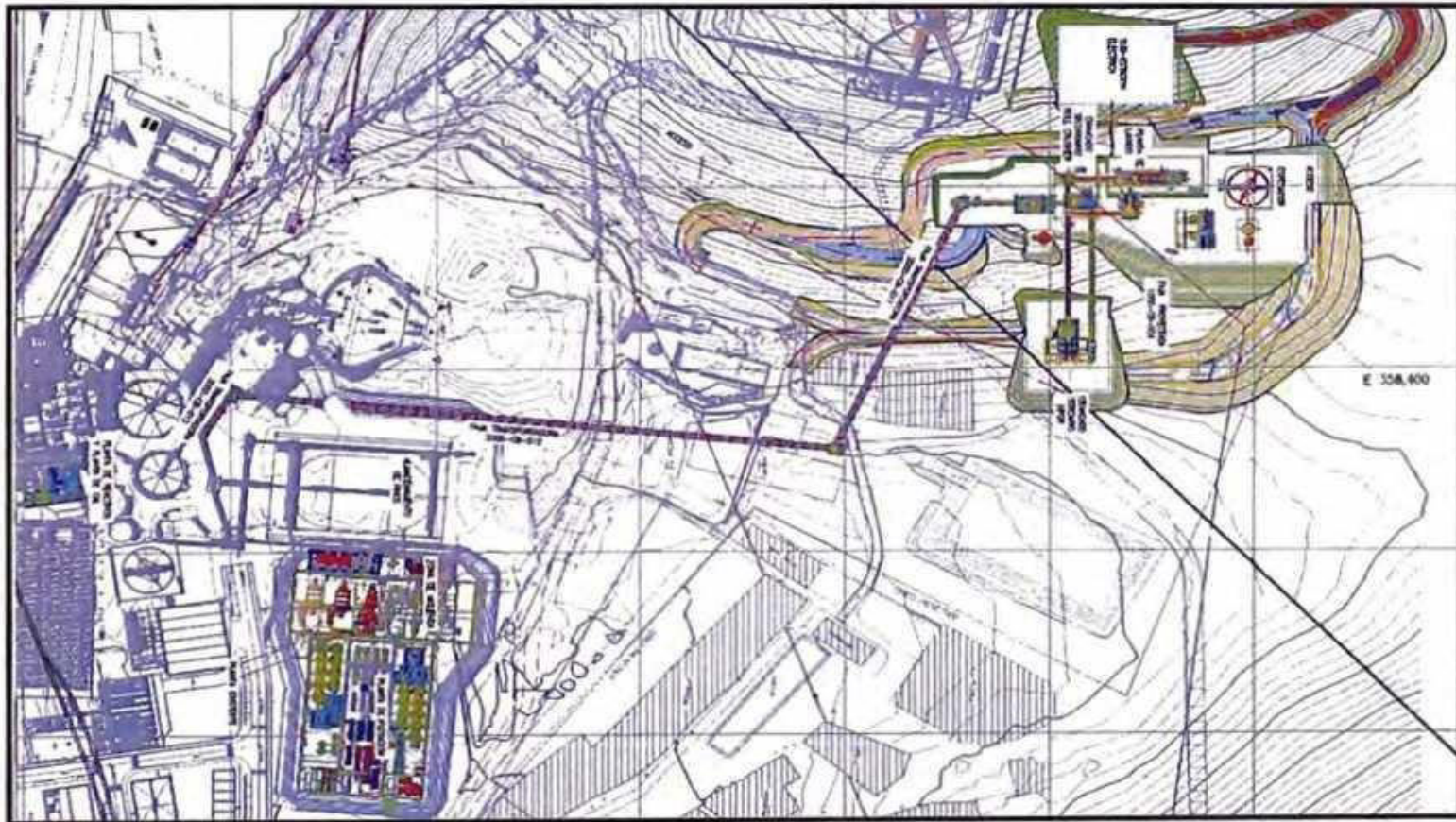
Plano de ubicación y localización del área de operaciones.



Fuente: Municipalidad Provincial de Pasco.

Figura 47:

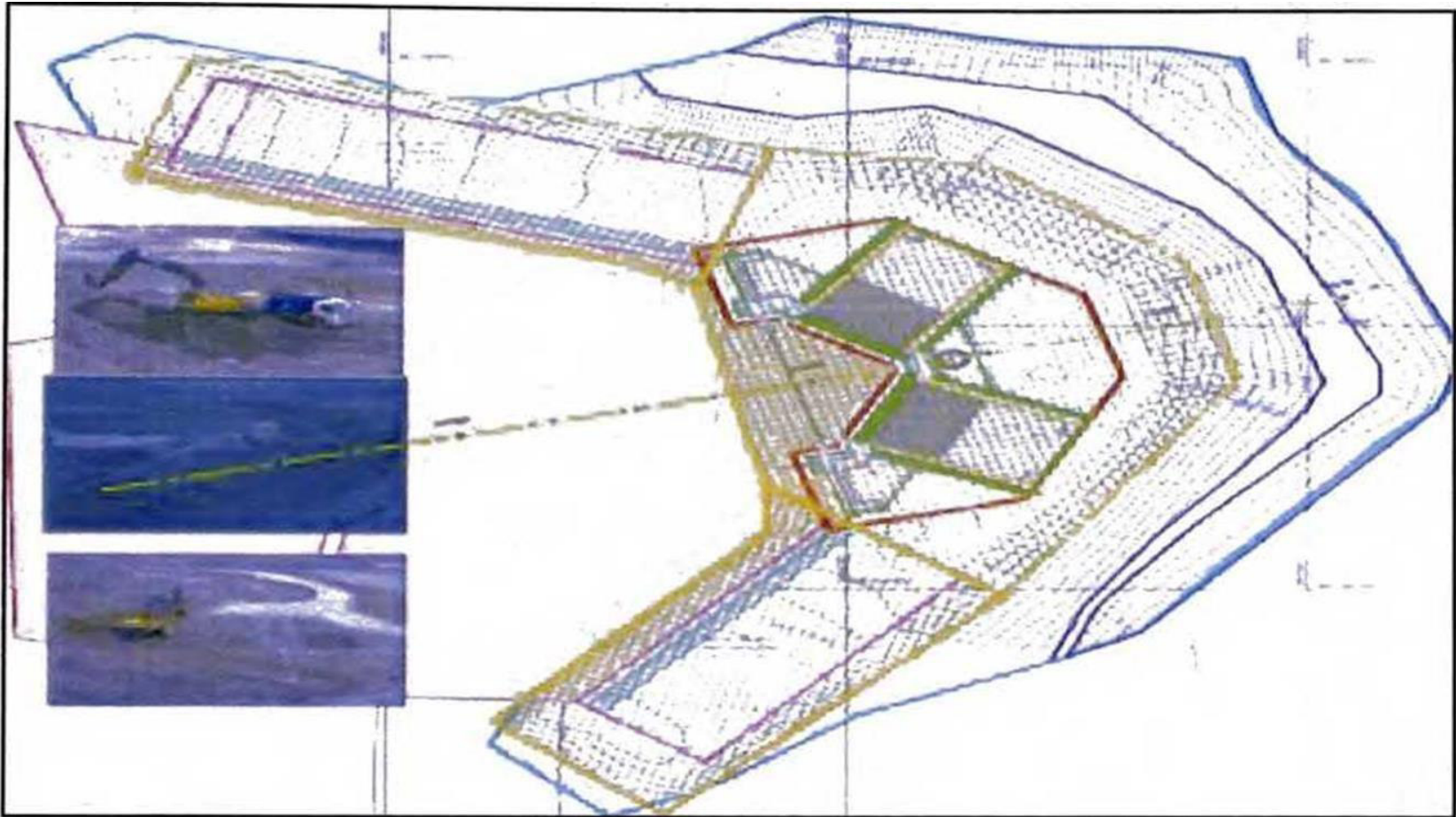
Vista del área de operaciones.



Fuente: Municipalidad Provincial de Pasco.

Figura 48:

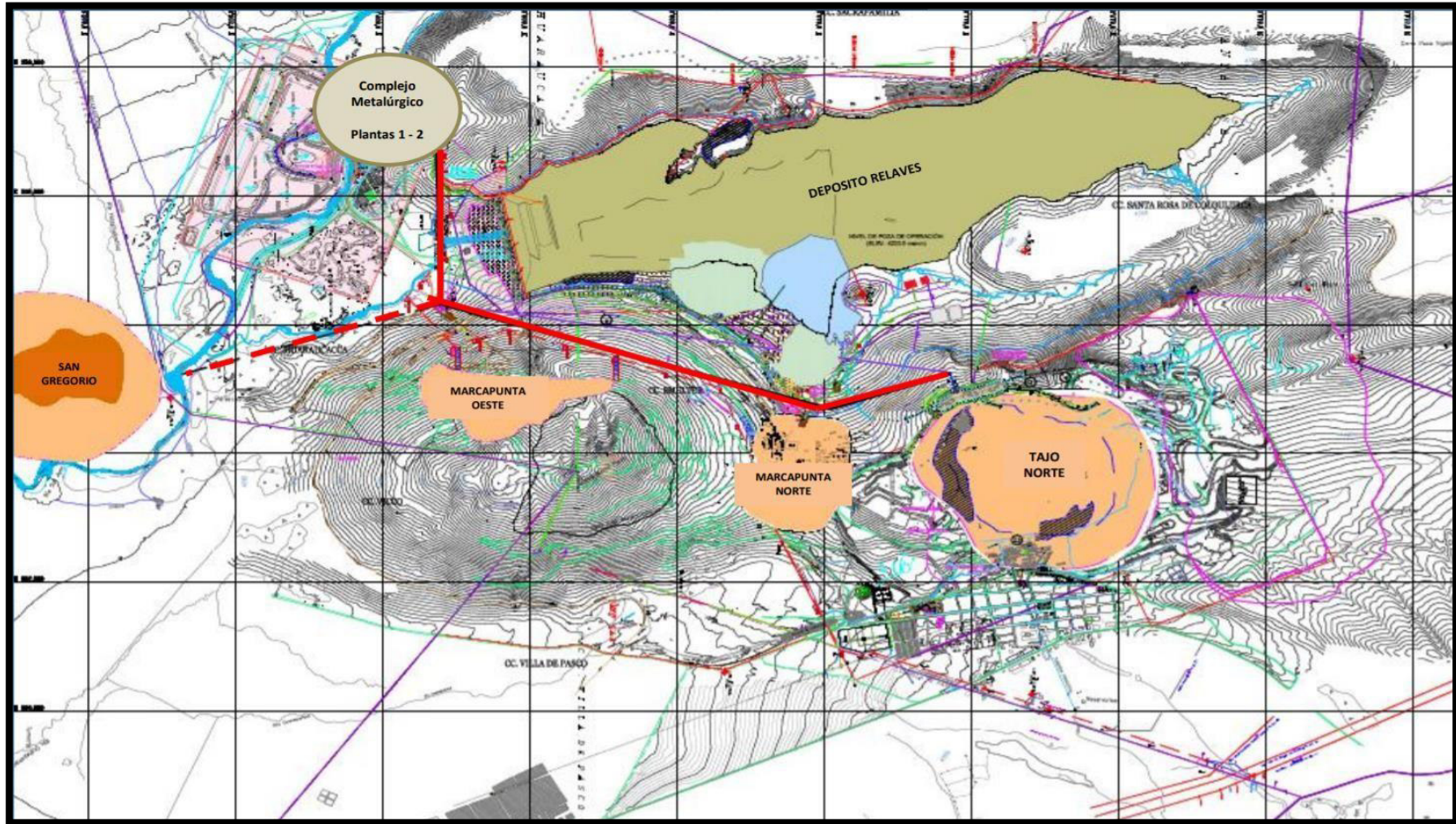
Vista en planta del chancado primario.



Fuente: Municipalidad Distrital de Pasco.

Figura 49:

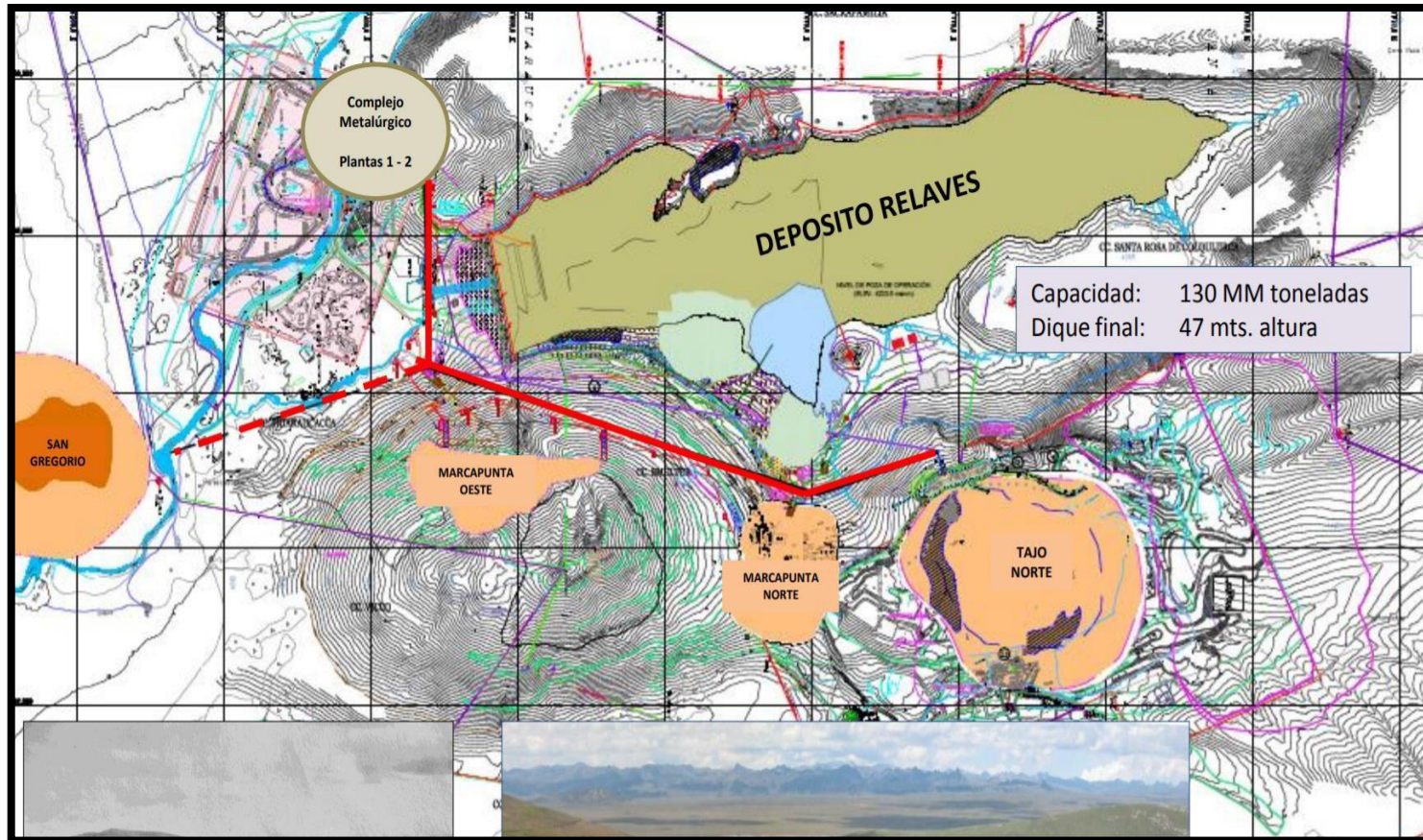
Arreglo general.



Fuente: Municipalidad Distrital de Pasco.

Figura 50:

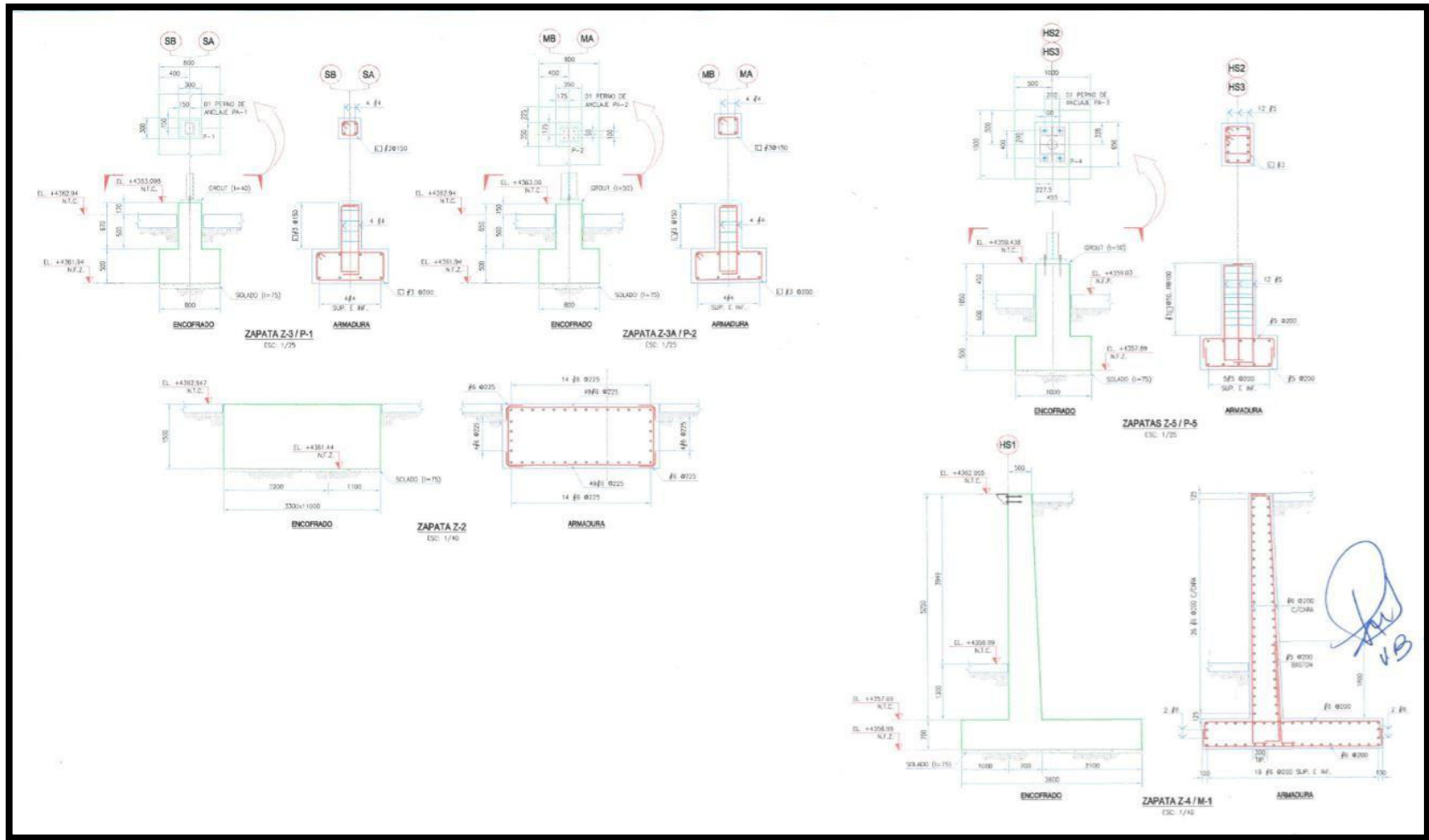
Depósito de relaves Huacchuacaja.



Fuente: Municipalidad Distrital de Pasco.

Figura 51:

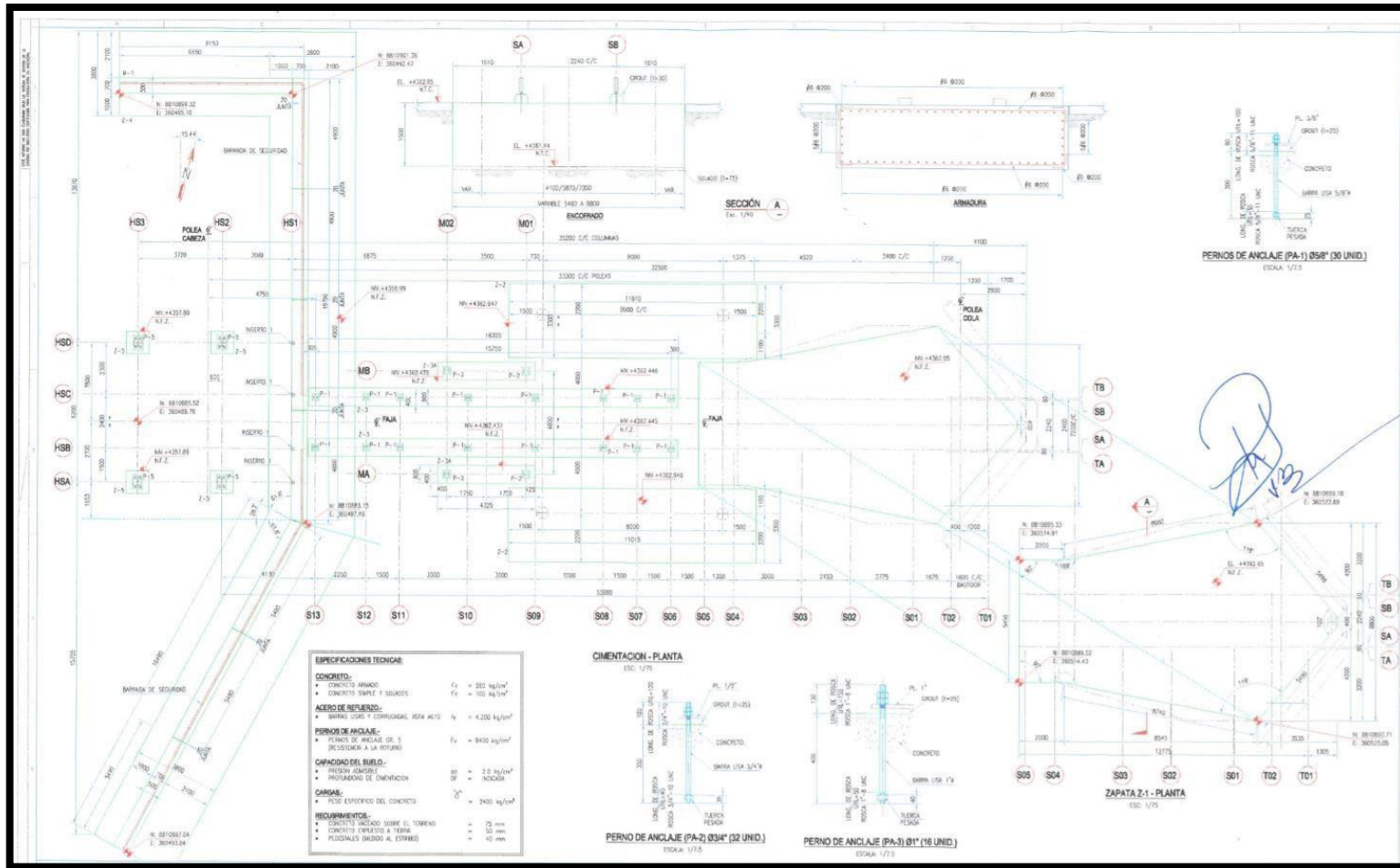
Plano de zapatas y pedestales: secciones y detalles.



Fuente: Municipalidad Distrital de Pasco.

Figura 52:

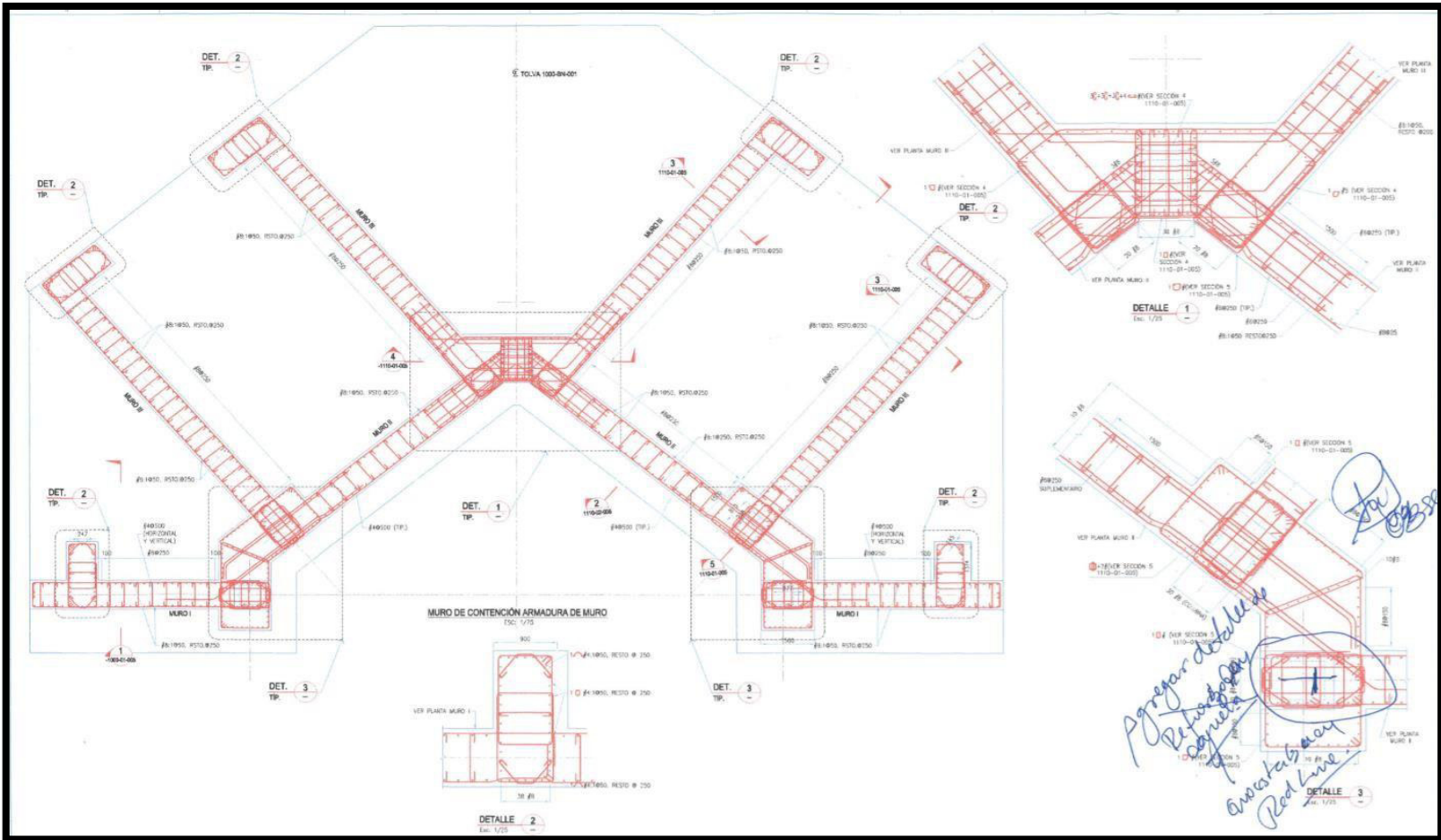
Plano de cimentación: planta y detalles.



Fuente: Municipalidad Distrital de Pasco.

Figura 55:

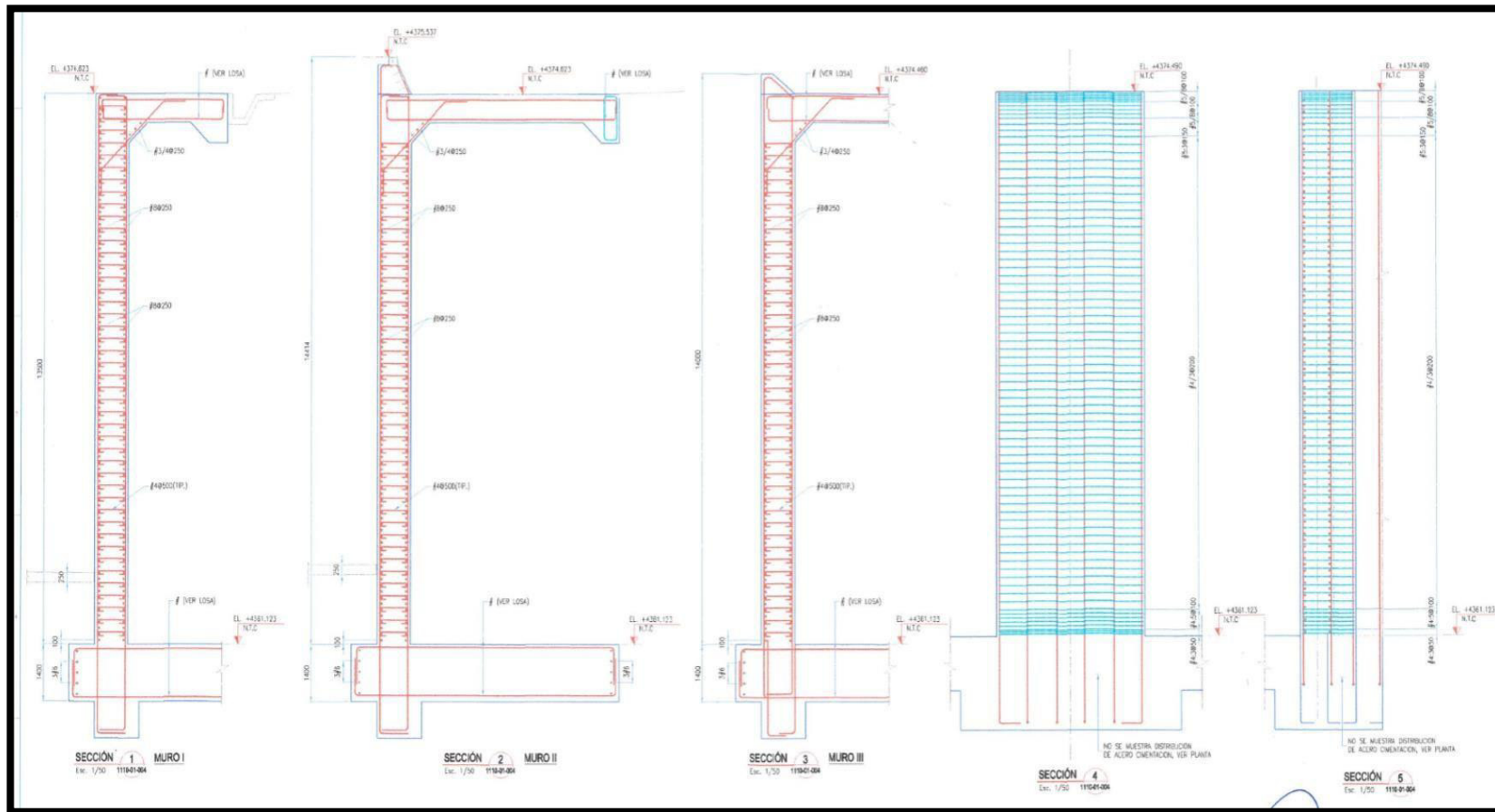
Muro de contención: armadura de muro.



Fuente: Municipalidad Distrital de Pasco.

Figura 56:

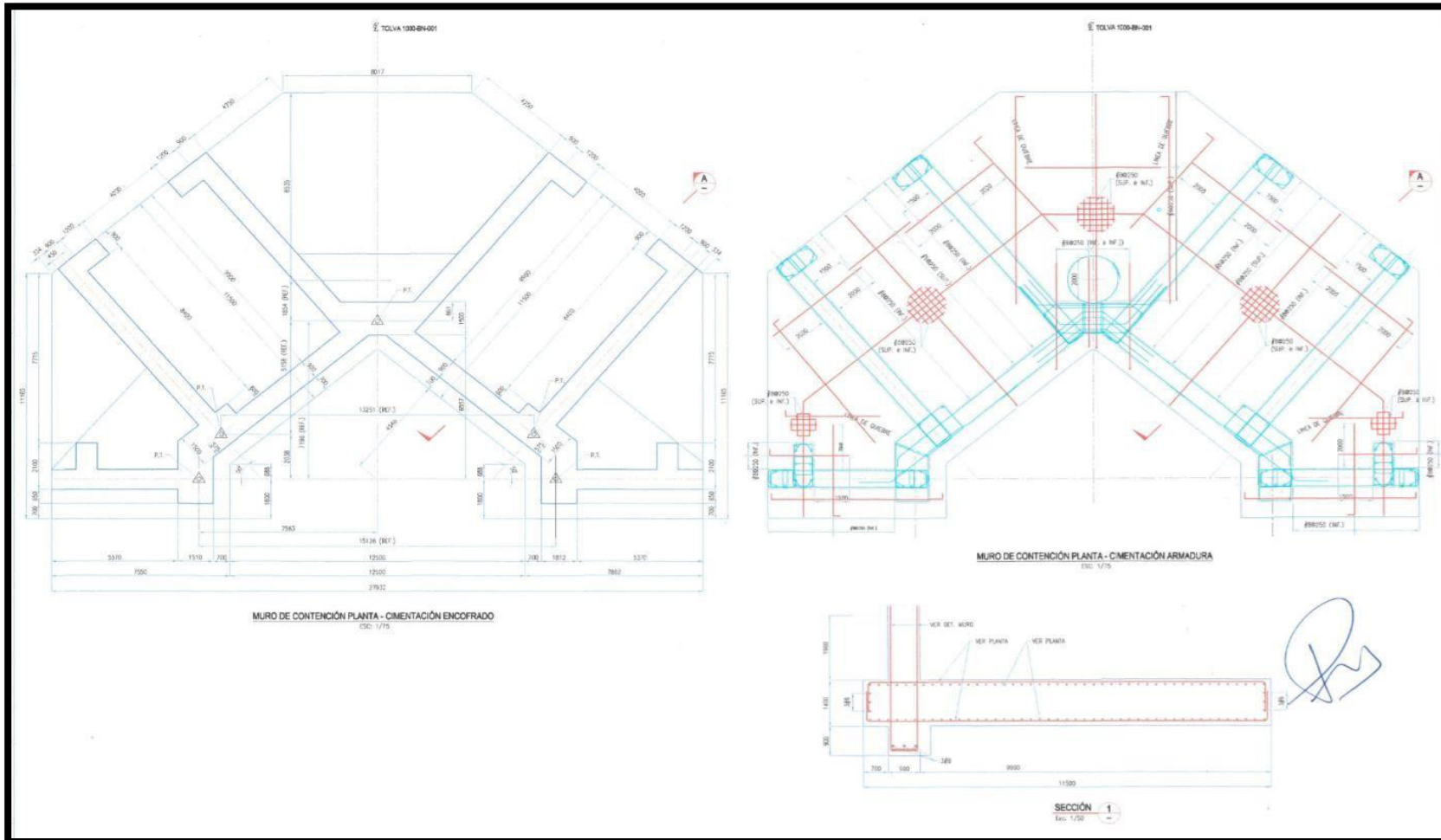
Muro de contención: armadura.



Fuente: Municipalidad Distrital de Pasco.

Figura 57:

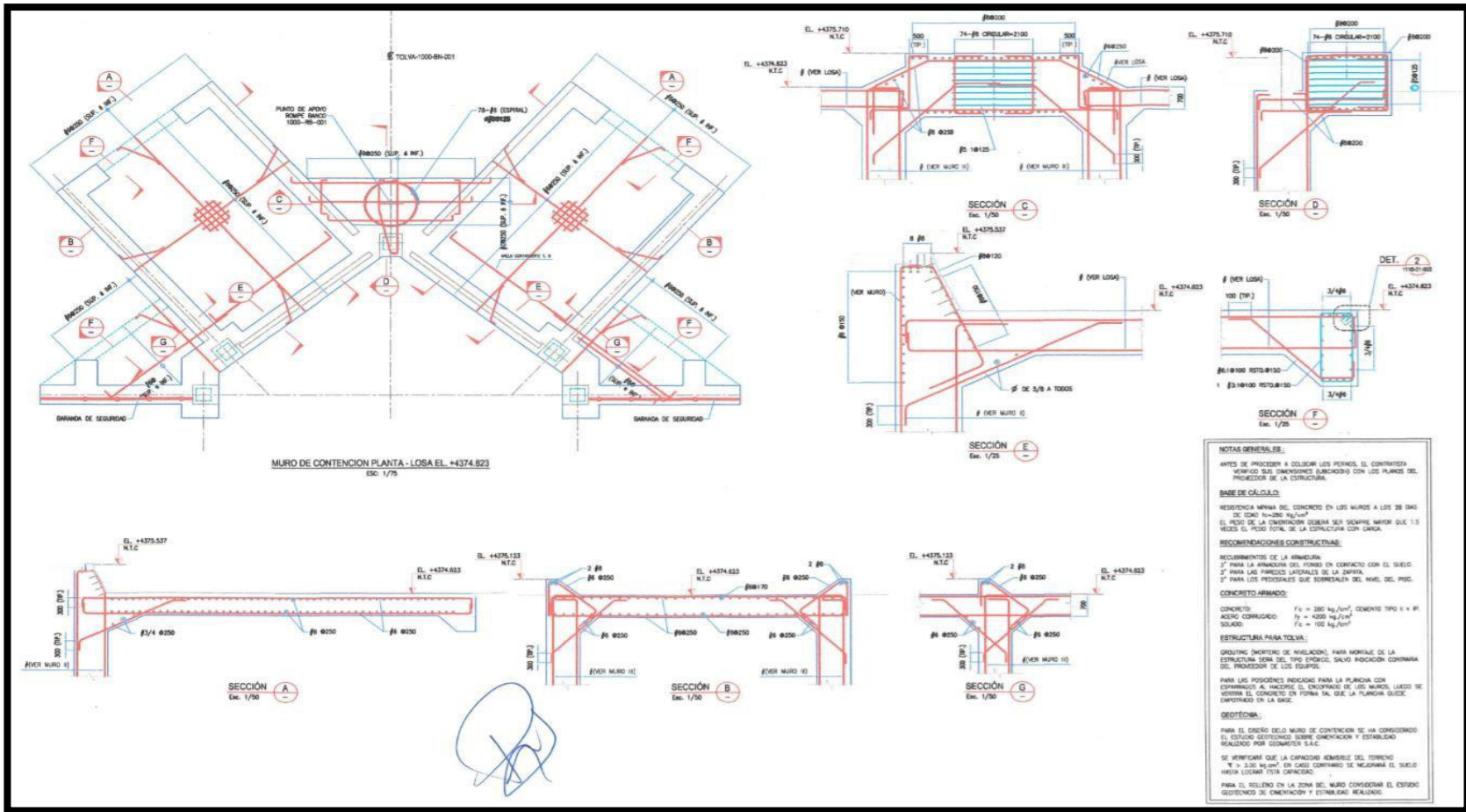
Muro de contención – cimentación.



Fuente: Municipalidad Distrital de Pasco.

Figura 58:

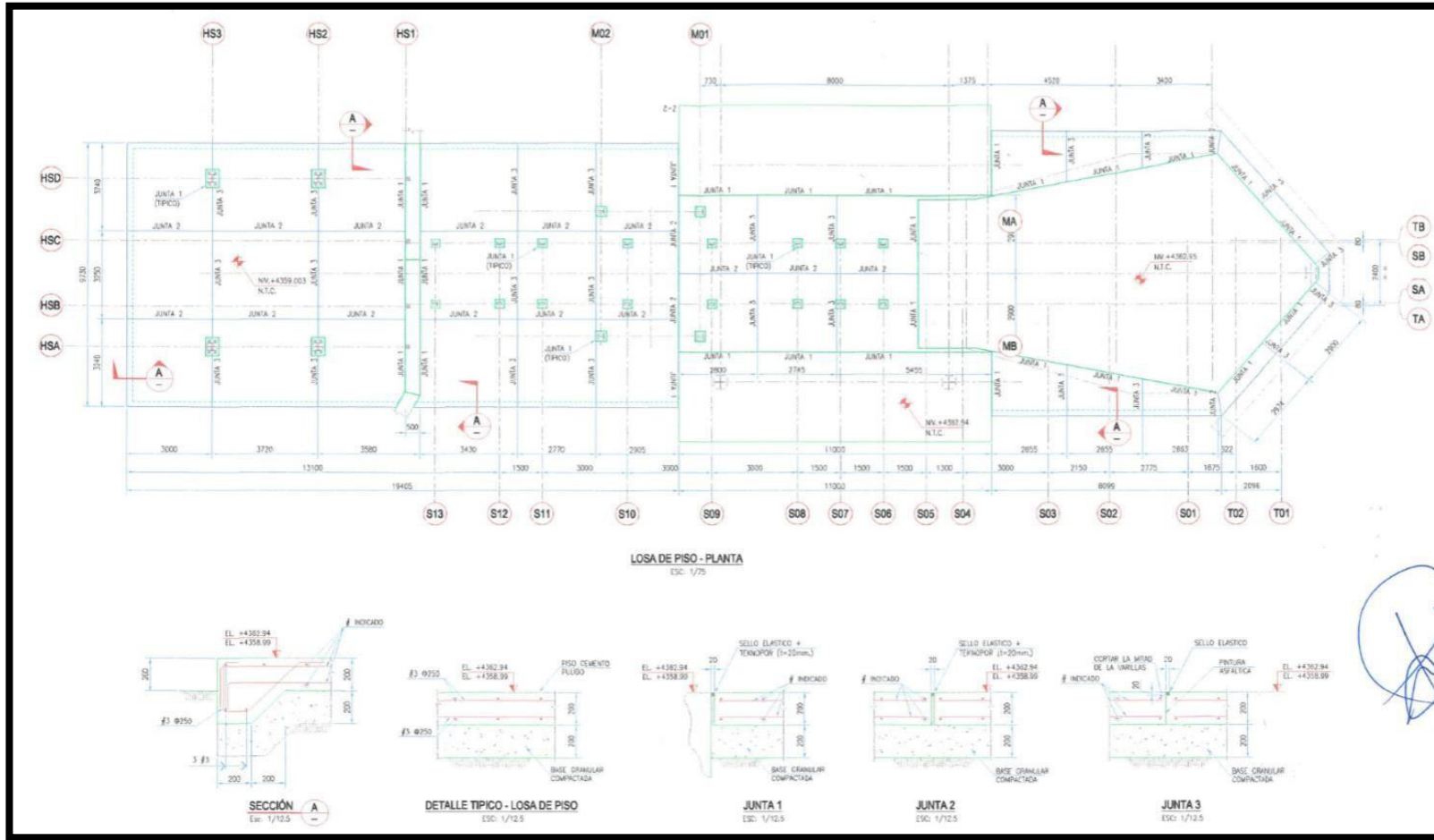
Plano de muro de contención – cimentación.



Fuente: Municipalidad Distrital de Pasco.

Figura 59:

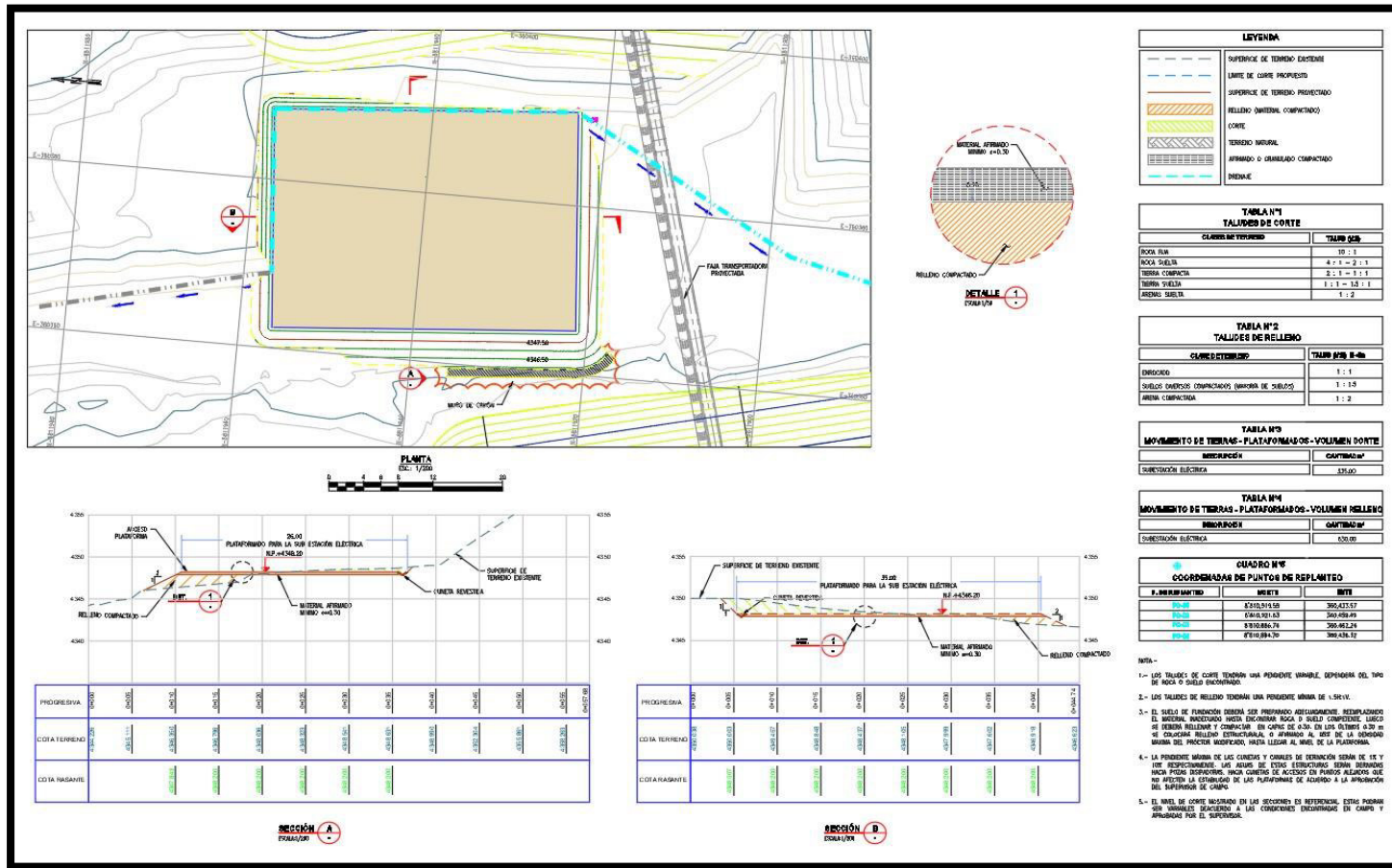
Plano de losa de piso: planta y detalles.



Fuente: Municipalidad Distrital de Pasco.

Figura 60:

Plataforma de subestación eléctrica: planta y secciones.



Fuente: Municipalidad Distrital de Pasco.