

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL**



**TESIS:**

**Integración de aspectos técnico-económico y de calidad en  
la construcción y fortificación del pique circular Nv. 4500  
al Nv. 24 Unidad Americana 2024**

Para optar el grado académico de:

**MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN  
GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE**

PRESENTADO POR:

**Bach. Edwin Jhony HUAYTALLA BAUTISTA**

ASESOR:

**Msc. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2025**

### **Dedicatoria**

Quiero dedicar este trabajo a mis queridos padres David y Teodosia que con su amor y empeño me educaron con valores y servicio para poder alcanzar las metas que me propuse, así mismo, a mi esposa Russ Mery quien con su paciencia y apoyo en cada momento es soporte para poder concretar estos proyectos de vida.

## **Agradecimiento**

Este trabajo de investigación es gracias al soporte y apoyo del Gerente de Operaciones de la Unidad Minera Americana Ing. Juan Bellido Cerda quien con su apoyo y guía permitió desarrollar el presente proyecto.

De la misma forma a Ing. Julio Ramírez Huimán Gerente General de la empresa Los Andes quien me permitió desarrollarme y crecer profesionalmente en este tipo de proyectos de Piques que son desarrollados en la industria minera

## Resumen

La minería subterránea enfrenta el desafío de optimizar la extracción de minerales a grandes profundidades, por lo que la construcción de piques circulares se presenta como una alternativa eficiente para mejorar la productividad y reducir costos operativos en el transporte de mineral. En este contexto, la investigación tuvo como objetivo determinar cómo la integración de aspectos técnico-económicos y de calidad optimiza el sistema de transporte mediante el Pique Circular Carlos Nv. 4500 al Nv. 24 Unidad Americana 2024, garantizando seguridad, eficiencia y sostenibilidad. Para ello, se empleó una metodología de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño no experimental, correlacional y explicativo. Se realizaron estudios geomecánicos del macizo rocoso, análisis de estabilidad estructural y modelado numérico de esfuerzos, así como una evaluación de costos de inversión (CAPEX) y operación (OPEX) para determinar la viabilidad económica del proyecto. Los resultados evidenciaron que el diseño de estabilidad permitió reducir en un 15% los desplazamientos radiales del pique, mientras que la elección óptima de la sección incrementó en un 18% la capacidad de transporte y disminuyó en un 12% los costos de sostenimiento. Asimismo, la evaluación económica mostró una reducción del 20% en costos operativos, obteniéndose un VAN de 5.2 millones de dólares y una TIR del 18%. Por otro lado, el control de calidad en la fortificación permitió reducir los tiempos de construcción en un 10% y mejorar el índice de seguridad estructural en un 25%. Finalmente, la prueba de hipótesis mediante regresión estadística confirmó que la integración de los aspectos técnico-económicos y de calidad tiene un impacto significativo ( $p < 0.05$ ) en la mejora del sistema de transporte, concluyéndose que la implementación del pique circular optimiza la eficiencia del transporte subterráneo, reduce costos y mejora la seguridad minera.

**Palabras clave:** *Pique circular, factor de seguridad, proceso constructivo, técnico-económico.*

### **Abstract**

Underground mining faces the challenge of optimizing mineral extraction at great depths, so the construction of circular shafts is presented as an efficient alternative to improve productivity and reduce operating costs in mineral transport. In this context, the research aimed to determine how the integration of technical-economic and quality aspects optimizes the transport system through the Circular Shaft Carlos Nv. 4500 to Nv. 24 Unidad Americana 2024, guaranteeing safety, efficiency and sustainability. For this purpose, an applied methodology was used, with a quantitative approach and a non-experimental, correlational and explanatory design. Geomechanical studies of the rock mass, structural stability analysis and numerical stress modeling were carried out, as well as an evaluation of investment (CAPEX) and operation (OPEX) costs to determine the economic viability of the project. The results showed that the stability design allowed a 15% reduction in radial displacements of the shaft, while the optimal choice of the section increased the transport capacity by 18% and decreased the maintenance costs by 12%. Likewise, the economic evaluation showed a 20% reduction in operating costs, obtaining a NPV of 5.2 million dollars and an IRR of 18%. On the other hand, quality control in the fortification allowed a 10% reduction in construction times and an improvement in the structural safety index by 25%. Finally, the hypothesis test through statistical regression confirmed that the integration of technical-economic and quality aspects has a significant impact ( $p < 0.05$ ) on the improvement of the transport system, concluding that the implementation of the circular shaft optimizes the efficiency of underground transport, reduces costs and improves mining safety.

Keywords: Circular shaft, safety factor, construction process, technical-economic.

## Índice

<b>RESUMEN</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>VII</b>
<b>CAPITULO I INTRODUCCIÓN</b>	<b>17</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	17
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2.1 <i>Problema general</i>	19
1.2.2 <i>Problemas específicos</i>	19
1.3 ALCANCE Y LIMITACIONES	19
1.3.1 <i>Alcance de la investigación</i>	19
1.3.2 <i>Limitaciones de la investigación</i>	19
1.4 VARIABLES E INDICADORES	20
1.4.1 <i>Variables independientes</i>	20
1.4.2 <i>Variables dependientes</i>	20
1.5 OBJETIVOS	20
1.5.1 <i>Objetivo general</i>	20
1.5.2 <i>Objetivos específicos</i>	20
1.6 JUSTIFICACIÓN	21
1.6.1 <i>Justificación Teórica</i>	21
1.6.2 <i>Justificación Práctica</i>	21
1.6.3 <i>Justificación Metodológica</i>	22
1.7 HIPÓTESIS	22
1.7.1 <i>Hipótesis general</i>	22
1.7.2 <i>Hipótesis específicas</i>	22
<b>CAPITULO II MARCO TEÓRICO</b>	<b>24</b>
2.1 ANTECEDENTES O MARCO REFERENCIAL	24
2.2 BASES TEÓRICAS	26
2.2.1 <i>Piques</i>	26
1.7.1.1 <i>Importancia del pique</i>	26
1.7.1.2 <i>Tipos de Piques</i>	27
2.2.2 <i>Factores técnicos</i>	28
2.2.2.1 <i>Métodos de Construcción de Piques</i>	29
2.2.3 <i>Sistema de clasificación del macizo rocoso</i>	30
2.2.4 <i>Metodología de dimensionamiento de excavación de un pique circular</i>	31
2.2.5 <i>Factores económicos</i>	32
2.2.6 <i>Método de valoración de un proyecto</i>	32
2.3 GESTIÓN DE CALIDAD Y MINERÍA	35
2.3.1 <i>Organismos relacionados a la gestión de calidad y minería</i>	35
2.3.2 <i>Gestión de la calidad</i>	35
2.3.3 <i>Norma ISO 9001:2015</i>	38
<b>CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>39</b>
3.1 MATERIALES	39

3.1.1	<i>Generalidades</i> .....	39
3.1.1.1	Ubicación.....	39
3.1.1.2	Organización de la Empresa.....	40
3.1.2	<i>Historia</i> .....	41
3.1.3	<i>Geología – Yacimiento Mineral</i> .....	42
3.1.4	<i>Geología Regional</i> .....	42
3.1.5	<i>Geología Estructural</i> .....	47
3.1.6	<i>Geología Local</i> .....	48
3.1.7	<i>Geología Económica</i> .....	49
3.1.8	<i>Geoestructuras</i> .....	55
3.1.8.1	Fallas.....	55
3.1.9	<i>Hidrología</i> .....	56
3.1.10	<i>Cubicación de Reservas</i> .....	57
<b>CAPITULO IV RESULTADO Y DISCUSIÓN</b> .....		<b>60</b>
4.1	RESULTADOS .....	60
4.2	UBICACIÓN DEL PROYECTO .....	60
4.3	ESTUDIO DE ESTABILIDAD DEL PIQUE.....	60
4.4	MAPEO GEOMECÁNICO DE LABORES SUBTERRÁNEAS.....	60
4.5	DESCRIPCIÓN DE FACTORES GEOMECÁNICOS USADOS PARA EL DISEÑO DE SECCIÓN Y ESTABILIDAD DEL PIQUE CARLOS. 62	
4.5.1	<i>Estudio Geomecánico del Pique Carlos</i> .....	62
4.5.2	<i>Caracterización geomecánica del macizo rocoso</i> .....	64
4.5.2.1	Propiedades Físicas y Mecánicas de la roca intacta.....	64
4.5.2.2	Propiedades Físicas y Mecánicas de la masa rocosa.....	65
4.5.3	<i>Zonificación geomecánica</i> .....	69
4.6	DISEÑO Y ESTABILIDAD DE EXCAVACIONES.....	73
4.6.1	<i>Dimensionamiento de la excavación</i> .....	73
4.6.2	<i>Dimensionamiento de abertura de excavación</i> .....	74
4.7	ESTIMACIÓN DE ESFUERZOS INSITU E INDUCIDO .....	76
4.8	ESTABILIDAD ESTRUCTURALMENTE CONTROLADA .....	76
4.9	ESTABILIDAD POR ESFUERZOS – MODELO NUMÉRICO.....	79
4.10	MODELAMIENTO EN SECCIÓN DEL PIQUE CIRCULAR, CÁMARAS Y ACCESOS .....	81
4.10.1	<i>Nv 450: sección A - A: el desarrollo del pique circular se realizó por el Nv. 450</i> .....	81
4.10.2	<i>Nv 435. Habilitación de cámara winche del pique circular de sección 5.50 del Nv. 450 al Nv. 435</i> 82	
4.10.3	<i>Nv 4: Excavación de las cámaras del pique circular de sección 5.50 m. Nv.4</i> .....	83
4.10.4	<i>Nv 10: Preparación de las cámaras del Nv.10. y excavación del pique circular de seccion 5.50 mts.</i> 84	
4.10.5	<i>Nv 14: Preparación de cámaras del pique circular de sección 5.50 m. del Nv.14</i> .....	86
4.10.6	<i>Nv 18: Perforación del piloto y rimado del pique circular de seccion 5.50 mts., DEL Nv.14 A Nv.18.</i> 87	
4.10.7	<i>Nv 21: Perforación del piloto y rimado del pique circular de sección 5.50 m. del Nv. 18 a Nv. 21</i> 88	
4.11	MODELAMIENTO EN PLANTA DE LA EXCAVACIÓN DEL PIQUE CIRCULAR.....	89
4.11.1	<i>Modelamiento en Planta Nivel 450</i> .....	90
4.11.2	<i>Modelamiento en Planta Nv. 435</i> .....	91

4.11.3	<i>Modelamiento en Planta Nv. 4</i> .....	92
4.11.4	<i>Modelamiento en Planta Nv. 10</i> .....	94
4.11.5	<i>Modelamiento en Planta Nv 14</i> .....	95
4.11.6	<i>Modelamiento en Planta Nv. 18</i> .....	97
4.11.7	<i>Modelamiento en Planta Nv. 21</i> .....	98
4.12	SOSTENIMIENTO RECOMENDADO DE LAS EXCAVACIONES .....	100
4.13	DESCRIPCIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO Y PROCESO CONSTRUCCIÓN DEL PIQUE CARLOS.....	101
4.13.1	<i>Componentes del pique</i> .....	101
4.13.2	<i>Parámetros del diseño de Pique</i> .....	104
4.13.3	<i>Procedimiento para la construcción del Pique</i> .....	106
4.13.4	<i>Cronograma de ejecución del Pique Circular Carlos Unidad Americana</i> .....	106
4.13.5	<i>Ciclo de trabajo de Pique Circular Carlos</i> .....	107
4.13.5.1	Perforación de piloto para el rimado .....	107
4.13.5.2	Rimado de sección del Pique.....	107
4.13.5.3	Limpieza de carga .....	108
4.13.5.4	Instalación de taladros de anclado.....	108
4.13.4.5	Sostenimiento con perno y malla.....	109
4.13.4.6	Encofrado y vaciado de anillo de concreto con formas metálicas .....	109
4.13.4.7	Instalación de escaleras de emergencia.....	111
4.13.4.8	Montaje de los sets metálicos en la columna del Pique .....	112
4.13.4.9	Perforación, limpieza, fortificación y montaje del Nv 23 al Nv 24 .....	115
4.14	DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES ECONÓMICOS UTILIZADOS PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PIQUE CIRCULAR CARLOS UNIDAD AMERICANA.....	116
4.14.1	<i>Presupuesto Estimado para la Construcción del Pique (inversiones directas e indirectas)</i> 116	
4.14.2	<i>Presupuesto en proyecto de Rampa (inversiones directas e indirectas)</i> .....	117
4.14.3	<i>Proyección de costos</i> .....	118
4.14.4	<i>Costo de Transporte por Volquete</i> .....	120
4.14.5	<i>Ahorro por Costos de Transporte</i> .....	121
4.14.6	<i>Inversión Total del Proyecto</i> .....	122
4.14.7	<i>Depreciación Aplicable a la Operación</i> .....	123
4.14.8	<i>Estado de Pérdidas y Ganancias para la Evaluación Financiera</i> .....	124
4.14.9	<i>Análisis Económico</i> .....	126
4.14.10	<i>Costos de Inversión (CAPEX)</i> .....	127
4.14.11	<i>Costo De Operaciones (OPEX)</i> .....	128
4.15	CONTROL DE LA CALIDAD DEL PROYECTO, “PIQUE CIRCULAR” .....	129
4.15.1	<i>Descripción del proyecto</i> :.....	129
4.15.2	<i>Datos de revestimiento de pique con concreto</i> .....	129
4.15.3	<i>Seguimiento y control de calidad de la obra</i> :.....	130
4.15.4	<i>Plan de control de la calidad (PCC)</i> .....	130
4.15.5	<i>Revestimiento de concreto</i> .....	130
4.15.6	<i>Control de calidad del concreto</i> .....	130
4.15.6.1	Concreto fresco.....	130
4.15.6.2	Ensayos de aceptación de concreto fresco.....	131
4.16	PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	140
	Interpretación:.....	144

Interpretación:.....	147
4.17 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	148
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>150</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>151</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>152</b>

## Lista de tablas

TABLA 1.	PARÁMETROS DEL RMR.....	30
TABLA 2.	CLASIFICACIÓN DE MACIZO ROCOSO DE ACUERDO A BIENIAWSKI .....	31
TABLA 3.	RESUMEN DISCONTINUIDADES - PIQUE CIRCULAR POR NIVELES (BUZAMIENTO/ DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO).....	56
TABLA 4.	FLUJO DE AGUA Y SU EFECTO EN LA PRESIÓN HIDRÁULICA. ....	56
TABLA 5.	RESERVAS ESTIMADAS AL 31 DE DICIEMBRE DEL 2023 .....	58
TABLA 6.	RESUMEN DE REBOTES CON EL MARTILLO SCHMIDT .....	62
TABLA 7.	RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE CAMPO.....	65
TABLA 8.	RESUMEN DE PROPIEDADES DE RESISTENCIA EN LA MASA ROCOSA .....	66
TABLA 9.	PORCENTAJE DE RQD PROMEDIO POR NIVELES.....	67
TABLA 10.	CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO RQD .....	67
TABLA 11.	RESUMEN DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR-89 MINA CASAPALCA.....	68
TABLA 12.	ESTIMACIÓN DEL Q POR NIVELES – PIQUE CIRCULAR. ....	74
TABLA 13.	CÁLCULO DE QR POR NIVELES -PIQUE CIRCULAR .....	74
TABLA 14.	SPAN MÁXIMO POR NIVELES – PIQUE CIRCULAR.....	75
TABLA 15.	MAGNITUD DE ESFUERZOS PRINCIPALES.....	76
TABLA 16.	PROPIEDADES DE RESISTENCIA DE LA MASA ROCOSA. ....	80
TABLA 17.	PARÁMETROS DE DISEÑO DEL PIQUE CIRCULAR CARLOS – UNIDAD AMERICANA .....	105
TABLA 18.	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN .....	106
TABLA 19.	PRESUPUESTO ESTIMADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PIQUE (INVERSIONES DIRECTAS E INDIRECTAS) .....	116
TABLA 20.	PRESUPUESTO EN PROYECTO DE RAMPA (INVERSIONES DIRECTAS E INDIRECTAS) .....	117
TABLA 21.	PROYECCIÓN DE COSTOS .....	118
TABLA 22.	COSTO DE TRANSPORTE POR EL PIQUE.....	119
TABLA 23.	AHORRO POR COSTOS DE TRANSPORTE .....	121
TABLA 24.	INVERSIONES PRINCIPALES PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	122
TABLA 25.	DEPRECIACIÓN APLICABLE A LA OPERACIÓN .....	123
TABLA 26.	ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS PARA LA EVALUACIÓN FINANCIERA.....	124
TABLA 27.	FLUJO DE CAJA FINANCIERO .....	125
TABLA 28.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	127
TABLA 29.	COSTOS DE INVERSIÓN (CAPEX).....	127
TABLA 30.	COSTO DE OPERACIONES (OPEX .....	128

<b>TABLA 31. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SHAPIRO-WILK PARA DETERMINAR EL TIPO DE DISTRIBUCIÓN QUE PRESENTAN LAS VARIABLES .....</b>	<b>141</b>
<b>TABLA 32. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN.....</b>	<b>142</b>
<b>TABLA 33. PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS PARA LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN .....</b>	<b>142</b>
<b>TABLA 34. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SHAPIRO-WILK PARA DETERMINAR EL TIPO DE DISTRIBUCIÓN QUE PRESENTAN LAS VARIABLES .....</b>	<b>143</b>
<b>TABLA 35. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LA ELECCIÓN ÓPTIMA DE LA SECCIÓN .....</b>	<b>143</b>
<b>TABLA 36. PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS PARA LA ELECCIÓN ÓPTIMA DE LA SECCIÓN .....</b>	<b>144</b>
<b>TABLA 37. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SHAPIRO-WILK PARA DETERMINAR EL TIPO DE DISTRIBUCIÓN QUE PRESENTAN LAS VARIABLES .....</b>	<b>144</b>
<b>TABLA 38. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA FORTIFICACIÓN .....</b>	<b>147</b>
<b>TABLA 39. PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN LA FORTIFICACIÓN..</b>	<b>147</b>

## Lista de figuras

FIGURA 1.	PIQUE SECCIÓN RECTANGULAR .....	28
FIGURA 2.	PIQUE SECCIÓN CIRCULAR .....	28
FIGURA 3.	UBICACIÓN DE LA UNIDAD MINERA AMERICANA DE LA CÍA. MINERA ALPAYANA .....	40
FIGURA 4.	ORGANIGRAMA DE LA UNIDAD AMERICANA CÍA. MINERA ALPAYANA .....	41
FIGURA 5.	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA.....	44
FIGURA 6.	MAPEO GEOMECANICO .....	61
FIGURA 7.	ENSAYO DE RESISTENCIA .....	62
FIGURA 8.	REPORTE DE CONTROL DEL EQUIPO DE CARGA PUNTUAL DIGITAL.....	63
FIGURA 9.	CARGA PUNTUAL DIGITAL .....	64
FIGURA 10.	CRITERIO DE BIENIAWSKI (1989).....	68
FIGURA 11.	RELACION ENTRE EL DIÁMETRO DE EXCAVACIÓN VERTICAL Y QR .....	69
FIGURA 12.	PLANO GEOMECANICO DEL NV 450 PIQUE CIRCULAR.....	70
FIGURA 13.	PLANO GEOMECANICO DEL NV 435 PIQUE CIRCULAR.....	71
FIGURA 14.	PLANO GEOMECANICO DEL NV 4 PIQUE CIRCULAR.....	72
FIGURA 15.	PLANO GEOMECANICO DEL NV 10 PIQUE CIRCULAR.....	73
FIGURA 16.	QR JUNTO CON EL SPAN MÁXIMO.....	75
FIGURA 17.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD NV 450 .....	77
FIGURA 18.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD NV 4 .....	78
FIGURA 19.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD NV 21 .....	79
FIGURA 20.	CAMARA 393 CON FS DE 0.92 .....	81
FIGURA 21.	CAMARA 393 CON REFORZAMIENTO FS DE 1.58.....	82
FIGURA 22.	CAMARA WINCHE CON FS DE 0.92 A 1.08 .....	82
FIGURA 23.	CAMARA WINCHE CON FS DE 1.89 A 2.84 .....	83
FIGURA 24.	CÁMARA DE PIQUE CON FS DE 1.08.....	83
FIGURA 25.	CAMARA DE PIQUE CON FS DE 2.15 A 2.46 .....	84
FIGURA 26.	CÁMARA DE PIQUE CON FS DE 0.92 A 1.38 .....	85
FIGURA 27.	CÁMARA DE PIQUE CON FS DE 2.15 A 2.46 .....	85
FIGURA 28.	CÁMARA DE PIQUE CON FS DE 1.08.....	86
FIGURA 29.	CÁMARA DE PIQUE CON FS DE 2.31 A 3.23 .....	87
FIGURA 30.	PERFORACIÓN DEL PILOTO DEL PIQUE CON FS DE 1.08 A 1.23 .....	87
FIGURA 31.	PERFORACIÓN DEL PILOTO DEL PIQUE CON FS DE 1.8 A 2.62.....	88

FIGURA 32. POCKETS 1 Y 2 DEL PIQUE CON FS DE 0.32 A 0.63 .....	89
FIGURA 33. POCKETS 1 Y 2 DEL PIQUE CON FS DE 1.89 A 3.47 .....	89
FIGURA 34. SIMULACIÓN DE ESFUERZOS INDUCIDOS EN LA ETAPA DE EXCAVACIÓN SIN SOSTENIMIENTO .....	90
FIGURA 35. SIMULACIÓN DE FACTOR DE SEGURIDAD EN CONDICIÓN SIN SOSTENIMIENTO .....	90
FIGURA 36. SIMULACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD CON SOSTENIMIENTO .....	91
FIGURA 37. SIMULACIÓN DE ESFUERZOS INDUCIDOS EN LA ETAPA DE EXCAVACIÓN SIN SOSTENIMIENTO EN EL NV. 435.....	91
FIGURA 38. SIMULACIÓN DE FACTOR DE SEGURIDAD EN CONDICIÓN SIN SOSTENIMIENTO .....	92
FIGURA 39. SIMULACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD CON SOSTENIMIENTO .....	92
FIGURA 40. SIMULACIÓN DE ESFUERZOS INDUCIDOS EN LA ETAPA DE EXCAVACIÓN SIN SOSTENIMIENTO .....	93
FIGURA 41. SIMULACIÓN DE FACTOR DE SEGURIDAD EN CONDICIÓN SIN SOSTENIMIENTO .....	93
FIGURA 42. SIMULACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD CON SOSTENIMIENTO .....	94
FIGURA 43. SIMULACIÓN DE ESFUERZOS INDUCIDOS EN LA ETAPA DE EXCAVACIÓN SIN SOSTENIMIENTO .....	94
FIGURA 44. SIMULACIÓN DE FACTOR DE SEGURIDAD EN CONDICIÓN SIN SOSTENIMIENTO .....	95
FIGURA 45. SIMULACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD CON SOSTENIMIENTO .....	95
FIGURA 46. SIMULACIÓN DE ESFUERZOS INDUCIDOS EN LA ETAPA DE EXCAVACIÓN SIN SOSTENIMIENTO .....	96
FIGURA 47. SIMULACIÓN DE FACTOR DE SEGURIDAD EN CONDICIÓN SIN SOSTENIMIENTO .....	96
FIGURA 48. SIMULACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD CON SOSTENIMIENTO .....	97
FIGURA 49. SIMULACIÓN DE ESFUERZOS INDUCIDOS EN LA ETAPA DE EXCAVACIÓN SIN SOSTENIMIENTO .....	97
FIGURA 50. SIMULACIÓN DE FACTOR DE SEGURIDAD EN CONDICIÓN SIN SOSTENIMIENTO .....	98
FIGURA 51. SIMULACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD CON SOSTENIMIENTO .....	98
FIGURA 52. SIMULACIÓN DE ESFUERZOS INDUCIDOS EN LA ETAPA DE EXCAVACIÓN SIN SOSTENIMIENTO .....	99
FIGURA 53. SIMULACIÓN DE FACTOR DE SEGURIDAD EN CONDICIÓN SIN SOSTENIMIENTO .....	99
FIGURA 54. SIMULACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD CON SOSTENIMIENTO .....	100
FIGURA 55. DISEÑO EL PIQUE CARLOS.....	103
FIGURA 56. MÉTODO RAISE BORER.....	107
FIGURA 57. EQUIPO USADO EN EL RIMADO DE PIQUE CARLOS DE 5.5M DE RIMADO DE SECCIÓN..	108
FIGURA 58. SOSTENIMIENTO CON PERNO HELICOIDAL Y MALLA PIQUE CIRCULAR CARLOS.....	109

FIGURA 59. CENTRADO Y ALINEADO DE LA FORMA F DE 5M DE DIÁMETRO PARA EL ENCOFRADO Y REVESTIMIENTO DE PIQUE CARLOS .....	110
FIGURA 60. PROTOCOLO DE CUMPLIMIENTO DE ALINEADO DE LA FORMA F A 20CM A LAS 4 PLOMADAS EN PIQUE CARLOS .....	110
FIGURA 61. VACIADO DE LOS ANILLOS DE CONCRETO CON EQUIPO AUTOHORMIGONERA CARMIX EN EL PIQUE CARLOS .....	111
FIGURA 62. PIQUE CIRCULAR CARLOS DESPUÉS DE HABER DESENCOFRADO EL ÚLTIMA ANILLO NV 14 111	
FIGURA 63. INSTALACIÓN LA ESCALERA DE EMERGENCIA DESPUÉS DEL DESENCOFRADO DE LOS ANILLOS DE CONCRETO .....	112
FIGURA 64. ALINEAMIENTO Y PERFORACIÓN DE TALADROS PARA LOS INSERTOS EN PIQUE CARLOS EN EL NV 4500 .....	113
FIGURA 65. VERIFICACIÓN Y NIVELACIÓN DEL PRIMER SET PIQUE CIRCULAR CARLOS NV 4500 .....	113
FIGURA 66. SETS METÁLICOS INSTALADOS EN LA COLUMNA DEL PIQUE CIRCULAR CARLOS UNIDAD AMERICANA	114
FIGURA 67. TORQUIMETRO CERTIFICADO PARA EL TORQUEO DE PERNOS DE LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS EN EL PIQUE CARLOS .....	114
FIGURA 68. GUÍAS METÁLICAS INSTALADAS EN LA COLUMNA DEL PIQUE CIRCULAR CARLOS .....	115
FIGURA 69. LIMPIEZA DE CARGA CON CRYDERMAN CON BALDES DE PROFUNDIZACIÓN .....	115
FIGURA 70. MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS EN EL BOLSILLO DE MINERAL Y DESMONTE ..	116
FIGURA 71. COSTO DE TRANSPORTE POR VOLQUETE .....	120
FIGURA 72. GRÁFICO DEL FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO .....	126
FIGURA 73. ADQUISICIÓN DE LAS MUESTRAS .....	131
FIGURA 74. SACADO DE MUESTRA .....	132
FIGURA 75. TEMPERATURAS PARA EL CONCRETO .....	132
FIGURA 76. DETERMINACIÓN DE TEMPERATURA.....	133
FIGURA 77. PRUEBA POR ASENTAMIENTO (CONCRETO NORMAL) .....	133
FIGURA 78. PRUEBA POR EXPANSIÓN (CONCRETO AUTOCOMPACTANTE).....	134
FIGURA 79. COLOCACIÓN DE CONCRETO EN EL CONO DE ABRAMS.....	134
FIGURA 80. COLOCACIÓN DE CONCRETO EN EL CONO DE ABRAMS.....	135
FIGURA 81. MEDIDA DE LA EXPANSIÓN DEL CONCRETO.....	135
FIGURA 82. MEDIDA DE LA ASENTAMIENTO .....	136
FIGURA 83. MEDIDA DE LA EXPANSIÓN DEL CONCRETO.....	136
FIGURA 84. MODO DE PREPARACIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO. ....	137
FIGURA 85. ELABORACIÓN DE PROBETAS.....	138

<b>FIGURA 86. ELABORACIÓN DE PROBETAS.....</b>	<b>138</b>
<b>FIGURA 87. ROTURA DE PROBETAS .....</b>	<b>139</b>
<b>FIGURA 88. RESULTADO DE ROTURA DE PROBETAS .....</b>	<b>139</b>
<b>FIGURA 89. CURADO DE CONCRETO .....</b>	<b>140</b>

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Planteamiento del estudio

La actividad minera es la más importante en la economía peruana porque genera valor agregado y aporta un 10% al producto bruto interno (PBI), mayores divisas e ingresos fiscales por impuestos, la creación de empleos directos e indirectos, y la mejora del crecimiento potencial de la actividad económica, además, atrae inversiones, nacionales y extranjeras. (Montero, 2018, p.10). En la minería peruana actual existen momentos en que la distancia vertical donde se ubican las reservas de mineral económicamente explotables se hace excesiva, debido a la profundidad a la que empieza a encontrarse el mineral. (Fernandez, 2016, p.10).

La construcción de piques en la minería subterránea presenta una serie de desafíos complejos que deben abordarse, estas son labores verticales o semiverticales utilizados como conexión entre la superficie y la mina subterránea con la finalidad de mover materiales, mineral, equipos o personas y aportan a la ventilación de la mina (Rengifo y Crisostomo, 2022, p.20). Los piques o pozos mineros sirven para extraer el mineral de grandes profundidades, ingreso de personal, ingreso de aire para la ventilación, entrada de servicios, vía de escape de emergencias. Estas obras son fundamentales para el acceso a los yacimientos minerales profundos y su desarrollo, pero su ejecución se ve afectada por una serie de variables que a menudo escapan al control de los expertos. Esta situación se debe, en parte, al carácter único y técnico de cada obra minera, donde la variabilidad inherente puede generar dificultades imprevistas en la planificación y ejecución del proyecto (Herrera, 2018).

En el contexto mundial, la construcción de piques en la minería subterránea enfrenta desafíos significativos que impactan en la gestión de la calidad. La complejidad geológica de los yacimientos minerales en diferentes regiones del mundo influye en la estabilidad de las excavaciones y la efectividad de las técnicas de construcción y fortificación. Además, la presión por mejorar la productividad y reducir los costos lleva a menudo a compromisos en la calidad de la construcción de piques, lo que puede resultar en riesgos para la seguridad de los trabajadores y la viabilidad a largo plazo de las operaciones mineras. Según Lupo et al. (2015), "la gestión de la calidad en la construcción de piques en la minería subterránea a nivel

mundial enfrenta desafíos relacionados con la variabilidad geológica, la presión económica y la necesidad de mantener altos estándares de seguridad".

En el contexto latinoamericano, la construcción de piques en la minería subterránea está marcada por una serie de desafíos específicos que afectan la calidad y eficiencia constructiva y del proceso de fortificación. Si bien la región cuenta con una rica variedad de recursos minerales, la falta de inversión en tecnologías avanzadas y prácticas de construcción modernas a menudo limita la capacidad de implementar procesos de fortificación de alta calidad. Además, la gestión de la calidad puede verse comprometida por la falta de regulación y supervisión efectiva, lo que resulta en prácticas deficientes y riesgos para la seguridad de los trabajadores. (Gómez et al.2018).

Por otro lado, las labores verticales como los piques “A pesar de que es una de las actividades mineras más riesgosas, es posible desarrollarla con un buen respaldo de ingeniería y control que nos permita transformarla en una operación segura” (Salinas, 1998, p55). En la industria minera estas labores conocidas como los Piques tiene la función de; izaje de personal, equipos, materiales, y es considerado dentro de las operaciones unitarias “La actividad más importante en una operación Minera, pues es la extracción del Mineral (limpieza), la que se puede realizar por movimiento en forma horizontal (locomotora, scoop, volquetes), en forma vertical (izaje), por inclinados, rampas y zigzag” (De La Cruz, 2000, p01).

En el contexto peruano, la construcción de piques en la minería subterránea presenta desafíos específicos que afectan la gestión de la calidad durante el proceso constructivo y de fortificación. Si bien Perú es uno de los principales productores mineros de la región, la falta de inversión en infraestructura y tecnología minera a menudo limita la capacidad de implementar prácticas de construcción avanzadas y asegurar altos estándares de calidad. Además, la variabilidad geológica en diferentes regiones del país puede influir en la estabilidad de las excavaciones y la efectividad de las técnicas constructivas y de fortificación. (INGEMMET, 2017).

Así mismo, Cabello Robles, O. L. (2018). En su estudio “Guía de Criterios Geomecánicos en Minería Subterránea Como Herramienta para la Prevención de Accidentes Fatales por Caída de Roca”. Concluyendo que para minimizar los accidentes y/o incidentes por el desprendimiento de rocas, es necesario el involucramiento, la participación

multidisciplinaria, y una herramienta técnica para lograr este objetivo es la guía de criterios geomecánicos que es aporte y resultado de su investigación.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo la integración de los aspectos técnico-económicos y de calidad, mejora el sistema de transporte mediante el Pique Circular Carlos Nv. 4500 al Nv. 24 Unidad Americana 2024?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuál es el diseño de estabilidad de excavaciones que permita mejorar el sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos Nv. 4500 al Nv. 24 Unidad Americana 2024??
- ¿Cuáles son los criterios de diseño en la elección optima de la sección del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos del Nv. 4500 al Nv. 24 en la Unidad Americana 2024?
- ¿Cómo la evaluación económica influye en la rentabilidad del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos entre el Nv. 4500 y el Nv. 24 en la Unidad Americana 2024?
- ¿Cómo el control de calidad en la fortificación influye en la rentabilidad del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos entre el Nv. 4500 y el Nv. 24 en la Unidad Americana 2024?

## **1.3 Alcance y limitaciones**

### **1.3.1 Alcance de la investigación**

El alcance de este trabajo es abordado al análisis de la evaluación económica, evaluación geomecánica y del seguimiento a la calidad parte del sostenimiento del pique circular en la unidad minera Americana

### **1.3.2 Limitaciones de la investigación**

Esta investigación tuvo limitaciones como; algunas informaciones de laboratorios que no proporcionan la empresa debido a la confiabilidad de los proyectos y algunos planos.

## **1.4 Variables e indicadores**

### **1.4.1 Variables independientes**

Aspectos técnico-económico y de calidad

#### **Indicadores**

- Aspectos técnico- económico
- Dimensiones
- Diseño de estabilidad
- Diseño de elección óptima de la sección
- Evaluación económica

### **1.4.2 Variables dependientes**

Sistema de extracción

#### **Indicadores:**

- Costos operacionales por tonelada transportada
- Capacidad de transporte
- Mantenimiento del sistema
- Tiempo promedio requerido para completar el proceso de construcción y fortificación.
- Cumplimiento de estándares de calidad establecidos para la construcción y fortificación del pique.
- Nivel de satisfacción del cliente o del equipo de construcción con el resultado final del proceso.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Determinar cómo la integración de los aspectos técnico-económicos y de calidad, mejora el sistema de transporte mediante el Pique Circular Carlos Nv. 4500 al Nv. 24 Unidad Americana 2024.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Evaluar el diseño de estabilidad de excavaciones para mejorar el sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos Nv. 4500 al Nv. 24 Unidad Americana 2024

- Evaluar los criterios de diseño en la elección óptima de la sección del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos del Nv. 4500 al Nv. 24 en la Unidad Americana 2024
- Determinar la influencia de la evaluación económica para la elección del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos entre el Nv. 4500 y el Nv. 24 en la Unidad Americana 2024
- Determinar la influencia del control en la fortificación sobre la rentabilidad del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos entre el Nv. 4500 y el Nv. 24 en la Unidad Americana, 2024.

## **1.6 Justificación**

### **1.6.1 Justificación Teórica**

Desde una perspectiva teórica, la integración de aspectos técnico-económicos y de calidad en la construcción y fortificación del pique circular es fundamental debido a la complejidad inherente de estos procesos. Teóricamente, se ha establecido que una gestión integral que abarque tanto los aspectos técnicos como económicos es esencial para lograr resultados óptimos en proyectos de construcción. La literatura académica ha demostrado que la optimización técnico-económica con un enfoque en la calidad conduce a una mayor eficiencia, rentabilidad y sostenibilidad en la ejecución de proyectos de ingeniería civil y minería. Además, la teoría de la gestión de proyectos sostiene que una planificación integral que considera todas las variables pertinentes resulta en una mejor toma de decisiones y en la mitigación de riesgos durante la ejecución del proyecto (Gido, & Clements, 2014).

### **1.6.2 Justificación Práctica**

Desde una perspectiva práctica, la integración de estos aspectos es esencial para garantizar el éxito del proyecto de construcción del pique circular. En la práctica, la combinación de información sobre los procesos constructivos, los costos y los requisitos de fortificación permite una planificación más precisa y una ejecución más eficiente del proyecto. La práctica profesional en la industria de la construcción y la minería ha demostrado que la falta de integración de estos aspectos puede resultar en retrasos, sobrecostos y problemas de calidad durante la ejecución del proyecto. Por lo tanto, la justificación práctica radica en la necesidad de implementar un enfoque integral que

aborde todos los aspectos relevantes del proyecto para garantizar su éxito dentro de los plazos y presupuestos establecidos.

### **1.6.3 Justificación Metodológica**

Desde una perspectiva metodológica, la integración de estos aspectos requiere el desarrollo de un enfoque metodológico específico que permita la recopilación, análisis e integración de datos técnicos, económicos y de calidad. Metodológicamente, se propone utilizar técnicas de gestión de proyectos que permitan la identificación y evaluación de riesgos, la planificación de actividades y recursos, y el seguimiento del progreso del proyecto. Además, se requerirá el uso de herramientas y técnicas de análisis de costos, tales como el análisis de valor ganado y el análisis de sensibilidad económica, para evaluar el impacto de las decisiones técnicas en el costo total del proyecto. Asimismo, se utilizarán métodos y criterios de evaluación de calidad para garantizar que los estándares de calidad se cumplan en todas las etapas del proyecto. En resumen, la justificación metodológica radica en la necesidad de desarrollar un enfoque sistemático y riguroso que permita la integración efectiva de aspectos técnico-económicos y de calidad en la construcción y fortificación del pique circular.

## **1.7 Hipótesis**

### **1.7.1 Hipótesis general**

La integración efectiva de los aspectos técnico-económicos y de calidad, tendrá un impacto positivo en el sistema de transporte mediante el pique circular Nv. 4500 al Nv. 24 Unidad Americana 2024.

### **1.7.2 Hipótesis específicas**

- El diseño optimizado de estabilidad de excavaciones contribuye significativamente a mejorar la eficiencia del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos Nv. 4500 al Nv. 24 Unidad Americana 2024
- La aplicación adecuada de criterios de diseño para la elección óptima de la sección mejora significativamente en el sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos del Nv. 4500 al Nv. 24 en la Unidad Americana 2024

- Una evaluación económica detallada y precisa influye de manera decisiva en la elección del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos entre el Nv. 4500 y el Nv. 24 en la Unidad Americana 2024
- Los controles de la calidad en la fortificación influyen significativamente en la rentabilidad del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos entre el Nv. 4500 y el Nv. 24 en la Unidad Americana 2024.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes o marco referencial**

Ernesto Zelaya P. y Luis Alfredo Martínez M., en su libro *Shaft Deepening System - Management Standars for Elections*, Volcán Compañía Minera S.A.A, 2011, expresa: Ha de concebir que cada propósito requiere su propia profundización del sistema de izaje, el cual estriba de la ubicación del pozo, las condiciones geológicas y mineras, los aspectos geomecánicos e hidrogeológicos, y la infraestructura que ha sido o debe ser construida y, sin duda, las instalaciones de operación de cada unidad minera. Por lo tanto, como parte de las decisiones gerenciales para asegurar el éxito de cada proyecto, el próximo paso esencial es disponer una evaluación de las opciones de profundización (trade-off) y determinar la estrategia adecuada para llevar a cabo los trabajos de construcción. El pozo debía realizarse sobre la base de un riguroso análisis de los recursos disponibles y del equipamiento necesario, que permitiera profundizar en el necesario desarrollo de la ingeniería de sistema.

Caceda y Perez (2015), en su trabajo “Proyecto pique central para explotación debajo de nivel 1400 - sociedad minera Austria Duvaz S.A.C.”, señala que: “En un yacimiento minero donde el acceso a la mina no es posible por socavones de cortada o túneles; cuando se quiere profundizar una mina en plena operación o se quiere extraer mineral o desmonte; se quiere introducir materiales, maquinarias y el mismo personal; y no se tiene socavones principales, se recurre a la construcción de piques o rampas”.

Luis Alberto Tellería Paredes, en su texto “Diseño de Estructuras Mineras” en la página electrónica Scribd, señala que: “Mientras el mineral no se encuentre a excesiva profundidad, el método de extracción de mineral más habitual es por ejecución de rampas, galerías y túneles que permitan el acceso hasta la zona de minado. Hay momentos en que esta distancia se hace excesiva debido a la profundidad a la que empieza a encontrarse el mineral. Esto se acentúa aún más cuando los sondeos diamantinos que se efectúan desde dentro de las explotaciones acceden a nuevas zonas aún más profundas en las cuales el mineral está presente. Llegado este momento, uno se ve obligado a replantear el sistema de extracción. La alternativa más usual emplear un sistema de pique vertical que permite el acceso de los operarios a las zonas más profundas de un modo más rentable y rápido, extrayendo el mineral por izado de vagones o skip, bien hasta superficie, bien hasta niveles intermedios. Por ello es frecuente que ciertas minas, a medida que transcurren los años y ven que sus reservas minerales van quedando cada

vez más profundas, se replanteen la sustitución de su sistema de extracción habitual por el de izado por piques.”

Según Barrios (2009) en su tesis: Profundización del pique 447 sección 3 en Cia. Minera Atacocha S.A., resume que: Señala que el macizo rocoso está compuesto por roca intacta y de estructuras geológicas, la respuesta de la roca bajo determinadas condiciones de fuerzas cuando se trata de rocas masivas expuestas a esfuerzos pueden conducir a desprendimientos de las mismas, especialmente cuando se trata de labores principales verticales, menciona que uno de los problemas es el sistema de extracción que realiza de los niveles inferiores con scoops y dumpers que lo cargan y acarrear hasta el echadero en el nivel 3620, el mineral extraído desde el NV. 3360 hacia abajo hasta el NV 3180, se realiza con dumpers hasta el bolsillo del pique 447 que está en el nivel 3360. Debido a la explotación constante de las reservas de mineral que se tienen en la parte superior al nivel de extracción principal 3600 se ha tomado como alternativa el desarrollo de rampas y pique como una propuesta real para extraer el mineral de la parte inferior ya que las reservas por encima de este nivel se están agotando.

Así mismo, Carpio (2016) en su trabajo titulado: Construcción del pique 35 del nivel 7 al 12 Veta Tres Ranchos, Ecuador, también resume que: Este estudio tiene como objetivo profundizar la mina paraíso, zona veta tres ranchos, mediante el diseño y construcción del pique inclinado 035, para la exploración, desarrollo, preparación y explotación de minerales entre los niveles 7 al 12. Para ello se realizó el mapeo geomecánico de la zona donde se va a construir el pique inclinado 035, luego se continuo con el de diseño las labores de profundización y se efectuó el diseño y la construcción de este nuevo pique. Respecto al planeamiento de la ejecución de la infraestructura necesaria para el sistema de extracción del proyecto de profundización, se estimó un tiempo de 193 días para realizar todas las obras, pique inclinado 035. Se determinó que el monto de la inversión total de la infraestructura necesaria para el sistema de extracción de la profundización asciende a US\$ 132 004,08.

De la misma manera. Farfán (2015) en su tesis: Proyecto de profundización del pique vertical 790 Oroya del nivel 11 al nivel 18 Unidad Minera Americana Cía. Minera Casapalca S.A., concluye que: Las reservas de mineral de la mina Casapalca al 31 diciembre del 2014 es de 3 985 438 TMS de mineral probado y de 1 089 452 TMS de mineral probable, haciendo un total de 5 074 890 TMS. El método de explotación utilizado en la mina Casapalca es el corte y

relleno ascendente convencional en vetas y el corte y relleno mecanizado con taladros largos en la zona de cuerpos. Con la ejecución del proyecto del Pique 790 Oroya se soluciona el álgido problema de la extracción por galerías inclinadas en la zona de esperanza y Oroya ampliando su capacidad de extracción a 70 000 TM /mes. La extracción por Pique es la alternativa más económica para la profundización de la mina Casapalca.

Del mismo modo Reyes (2017) en su trabajo: Evaluación geomecánica para la ubicación del nuevo pique en mina Yauricocha asociada al minado hundimiento por subniveles, sintetiza: El tipo de método de explotación “Sublevel Caving - SLC” que se aplica actualmente en la mina genera perturbación en la masa rocosa circundante al área donde se realiza la explotación, principalmente en la parte superior de la misma, de allí la importancia de definir estratégicamente una correcta ubicación del nuevo pique a fin de que no vea comprometido su estabilidad en el tiempo o hasta el nivel proyectado de minado, el aporte de la tesis nos facilita una guía a seguir para la evaluación geomecánica de un macizo rocoso asociado a la influencia del minado por hundimiento tipo SLC. (p. 5).

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Piques**

Los piques constituyen labores verticales o subverticales, construidas en descenso y son de sección circular, rectangular o cuadrada y que requieren una completa infraestructura de apoyo, superficial y subterránea; que sirven de comunicación con interior mina y la superficie exterior, así también cuando se requiere profundizar una mina; o para la extracción de mineral y desmonte; la cámara de winche está ubicada en el interior de la mina o al exterior (Salinas T, 1998).

#### **1.7.1.1 Importancia del pique**

El pique, en un contexto de minería o explotación minero, es una perforación con una orientación vertical con el fin de alcanzar las profundidades de la tierra, y con ello se simplifica otros procesos que se realizaban con otras técnicas; razón por la cual es de suma importancia en las actuales ejecuciones mineras, “El propósito de un pique es para la extracción de minerales, así como de estéril provenientes de la explotación de una mina subterránea; así mismo para el acceso del personal y materiales en la actividad subterránea (Salinas T, 1998). es decir, la importancia de construir un pique está en estrecha relación con el papel que desempeña el mismo en las labores propias de una minera.

(Salinas T, 1998) indica también que el pique se emplea para lograr la entrada de un aire fresco al nivel subterráneo, para que salga el aire viciado, para la exploración antes de realizar las labores propias de determinación de reservas de los minerales como el acceso: de una máquina de sondaje, de toma muestra, los estudios de carácter geomecánicos.

#### **1.7.1.2 Tipos de Piques**

Marcos (2016), indica que los piques para las minas, por lo usual tienen una forma o estructura circular y rectangular, sin embargo, existen los de sección curvilínea, pero se emplean muy raramente en la actualidad. Para una adecuada elección de la forma de una sección transversal, es muy necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos: La calidad del macizo rocoso.

- El tiempo de servicio y el destino final del pozo.
- El material de fortificación a ser utilizado.

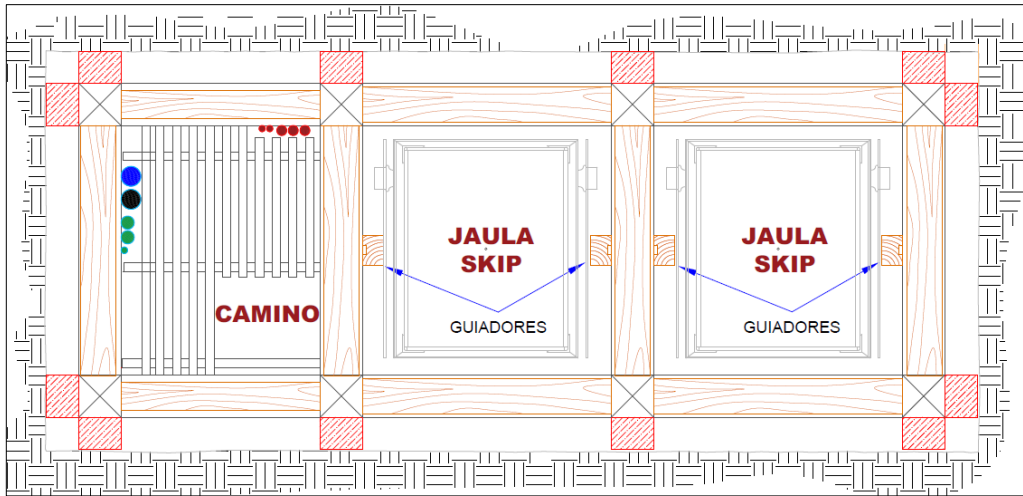
Muy independientemente de la forma que tenga el pique, será muy necesario considerar estos aspectos relevantes para que un pique tenga éxito, asimismo la seguridad de los trabajadores y materiales dentro del pique depende mucho de la calidad de la roca y por ende de la fortificación adicional.

##### **a) Pique Sección Rectangular**

Es pique con sección rectangular es un método tradicional los cuales generalmente están perforados en rocas de buena calidad con sostenimientos o revestimiento de madera (Salinas T, 1998) indica que la forma más empleada; sin embargo, posee las desventajas siguientes:

- Cierta dificultad en la formación de los ángulos rectos y en rocas fuertes.
- Cierta nivel de deformación significativa en la fortificación en las rocas Inestables y débiles.
- Mala distribución del nivel de labor alrededor de una excavación.
- Mala distribución del nivel de labor alrededor de una excavación.

**Figura 1.**  
Pique sección rectangular

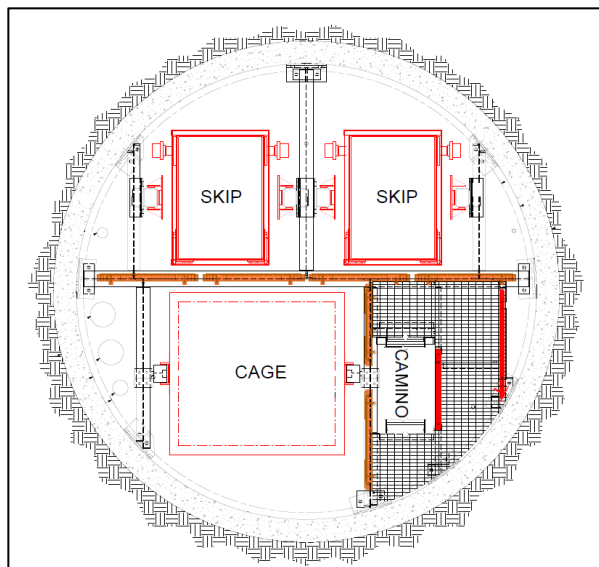


**Fuente:** área de proyectos Unidad Americana Cía. Minera Alpayana

**b) Pique Sección Circular**

(Salinas T, 1998) indica que la sección circular emplea un revestimiento de hormigón, lo cual ciertamente garantiza una estabilidad adecuada, porque la fortificación resiste mejor la presión de las rocas circundantes; razón por la cual, se distribuye de modo uniforme. Asimismo, los piques de sección circular presentan un menor coeficiente en la resistencia aerodinámica, es decir el pique de sección circular es más estable y resistente en comparación con el de sección rectangular.

**Figura 2.**  
Pique sección circular

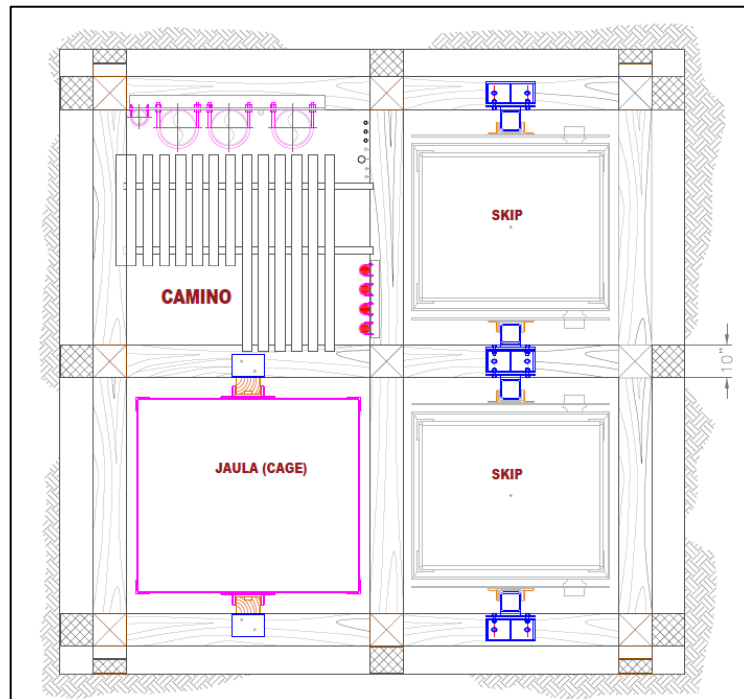


**Fuente:** área de proyectos Unidad Americana Cía. Minera Alpayana

### c) Pique Sección Cuadrado

(Informe de Ingeniería Básica y de detalle, Mining Solutions 2014) indica a requerimiento de CORONA con la finalidad de reducir el costo de inversión y teniendo en cuenta las consideraciones ventajosas del pique circular desde el punto de vista de estabilidad y su experiencia de trabajar con piques de madera, se buscó en coordinación con DCR la sección de pique más adecuada para las condiciones especiales de estabilidad de la mina Yauricocha. La alternativa definida es el pique de sección cuadrada equipada con estructura (set) de madera pino, en este nuevo diseño se mantuvo como requisito indispensable respetar la sección del compartimiento skip del diseño anterior.

**Figura 3.**  
Pique cuadrado



**Fuente:** Área de planeamiento e ingeniería de Sociedad Minera Corona Sierra Metals

## 2.2.2 Factores técnicos

### 2.2.2.1 Métodos de Construcción de Piques

Método de Construcción Semi-Mecanizado (Cryderman, Galloway) (Salinas T, 1998) indica que este método es utilizado recién en el siglo XIX, se implementa, asimismo, inicialmente se implementa en Sudáfrica y luego es perfeccionado en Canadá. Este tiene como principal fuente de energía al aire comprimido.

Uso de piloto: este piloto puede ser generalmente constituido por una chimenea convencional o ejecutada con una trepadora; para los cuales la sección de la chimenea debe tener un menor tamaño en comparación con la sección del pique y se realiza en rocas con calidad de tipo I y II; la cual sirve de cara libre y así mismo cumple la función de echadero para el material desecho de la voladura del contorno de los piques (Salinas T, 1998).

Los Piques Ciegos: es la abertura que no posee chimenea piloto y todas las actividades de profundización se realizan únicamente desde la parte superior. Generalmente se usa el banqueo que constituye un método para profundizar el área, asimismo se puede ejecutar con máquinas eléctricas o máquinas neumáticas, llamados jumbo y sinker en la orden señalada. La principal característica es que no presenta una cara libre o piloto (Salinas T, 1998). Estos piques presentan un ciclo de trabajo más complejos ya que requieren servicios adicionales que también se realiza desde la parte superior.

Con fines de este estudio, se opta por un pique con piloto ciego, que son más eficientes en cuanto a costo, por tratarse de Margas grises y rojas en comparación de un piloto semi-mecanizado o un piloto convencional. (Salinas T, 1998).

### 2.2.3 Sistema de clasificación del macizo rocoso

#### 2.2.3.1 Sistema de Clasificación RMR (Rock Mass Rating)

Permite hacer una clasificación de rocas “in situ” y estimar el tiempo de mantenimiento y longitud de un vano.

El RMR se obtiene estimando los siguientes parámetros:

**Tabla 1.**  
Parámetros del RMR

Factor	Parámetros	Rango
A1	Resistencia a compresión simple de material rocoso intacto	0-15
A2	Índice de modificada de testigo o RQD	3-20
A3	Espaciamiento entre discontinuidades o fracturas	5-20
A4	Estado físico de las discontinuidades	0-30
A5	Efectos agua subterránea	0-15
B	orientación de las discontinuidades	(-12-0)

En la tabla anterior se le asigna un valor numérico a cada factor, de acuerdo a los rangos dados.

La suma de los valores encontrados para los 6 factores indicará el tipo o clase de macizo rocoso.

$$\mathbf{RMR = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + B}$$

La clasificación de macizo rocoso de acuerdo a Bieniawski está dada de acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla 2.**  
*Clasificación de Macizo Rocosos de Acuerdo a Bieniawski*

<b>Clase Macizo Rocoso</b>	<b>descripción</b>	<b>RMR</b>
I	Macizo rocoso de excelente calidad	81-100
II	Macizo rocoso de buena calidad	61-80
III	Macizo de calidad regular	41-60
IV	Macizo de mala calidad	21-40
V	macizo rocoso de muy mala calidad	0-20

Nota: Bieniawski (1989) sugiere que voladuras de pobre calidad reducen el RMR en un 20%.

#### 2.2.4 Metodología de dimensionamiento de excavación de un pique circular

El método utilizado para el análisis de estabilidad del pique propuesta por McCRAKEN y Stacey (1989) que introducen el valor de Q de Barton para aplicaciones en excavaciones de Raise Borer.

$$Q_r = Q_{sidewall} \times Q \times O \times W$$

**Donde:**

Q<sub>r</sub>: Calidad de roca para Raise Borer.

Q<sub>sidewall</sub>: Factor de ajuste a la cara de Raise Borer.

O: Ajuste por orientación.

W: Ajuste por alteración del entorno de la excavación.

Para el cálculo de la longitud máxima de la excavación del Raice Borer, se a propuesto la formula siguiente:

$$Span_{Max} = 2 \times RSR \times Q_R^{0.4}$$

**Donde:**

RSR: Ratio de estabilidad del Raice Borer (1.3 para ventilación y 1.6 para transporte de material)

## **2.2.5 Factores económicos**

### **2.2.5.1 Costos de inversión (CAPEX).**

Salazar (2018) mencionó que los costos de capital representan los recursos financieros destinados por una empresa para la adquisición, modernización y mantenimiento de activos tangibles, como maquinarias y equipos. Estos fondos se asignan para la ejecución de nuevos proyectos o inversiones estratégicas dentro de la organización.

Iglesias (2018) Indico que todo lo invertido en la adquisición de activos físicos que incrementan la capacidad operativa de la organización y que ahora forman parte del patrimonio corporativo. Además, se contemplan los gastos destinados a la renovación y actualización de dichos activos con el fin de prolongar su vida útil y optimizar su rendimiento productivo.

Por tanto, está incluido todo aquello que tenga que ver con los costos de capital destinados a la inversión, estudios, la ingeniería, los permisos, las patentes, la infraestructura y el cierre.

### **2.2.5.2 Costos de operación (OPEX).**

Numes (2018) indica que los costos de operación hacen referencia a la cantidad de dinero destinado a mantener en funcionamiento los bienes de una empresa, sobre todo, sus equipamientos e instalaciones, es decir, es el dinero invertido continuamente en mantener el funcionamiento de un determinado sistema.

Incluimos los materiales, personal, energía, combustible, contratistas, administración, costos de administración corporativo y todos los gastos que se requieren para operar día a día.

## **2.2.6 Método de valoración de un proyecto**

La evaluación financiera de un proyecto resulta crucial para determinar su factibilidad y su capacidad de generar beneficios económicos. Existen múltiples metodologías que permiten analizar la conveniencia de ejecutar el proyecto. A continuación, se describen los enfoques más utilizados para su valoración:

### **2.2.6.1 Valor Actual Neto (VAN)**

Aguirre, (sf) define como una herramienta financiera utilizada para evaluar inversiones, mediante la actualización de los flujos de ingresos y egresos de un proyecto al valor

presente. Esto permite determinar el beneficio o pérdida que se espera obtener de dicha inversión. También se le denomina Valor Neto Actual (VNA), Valor Presente Neto (VPN) o Valor Actualizado Neto.

Dicho de otra manera, más sencilla el VAN permite analizar y entender la rentabilidad de un proyecto desde una perspectiva económica, al tener en cuenta el valor temporal del dinero. A través de este criterio, se evalúa si los beneficios futuros descontados al presente superan los costos iniciales, determinando si la inversión es financieramente viable.

La fórmula para calcular el VAN:

$$VAN = C_0 + \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

$C_0$ : Es la realizada en el tiempo 0, que normalmente es negativo.

$C_t$ : Flujos de caja a partir del año T.

r: Tasa de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

Interpretación:

$VAN > 0$ , la inversión genera un incremento en el valor de la empresa, lo que indica que el proyecto es aceptable.

$VAN = 0$ , la inversión no tiene impacto en el valor de la empresa, por lo que la decisión de invertir debe basarse en otros factores adicionales.

$VAN < 0$ , la inversión reduce el valor de la empresa, por lo que el proyecto debería ser descartado.

#### 2.2.6.2 Tasa Interna de Retorno

Aguirre (s.f.) define como un criterio utilizado para evaluar una inversión, mediante el ajuste de los ingresos y egresos de un proyecto a su valor presente, con el fin de determinar las posibles ganancias o pérdidas que dicha inversión generará.

Dicho de otra manera, más sencilla la TIR indica la tasa de interés en la que el proyecto de inversión alcanza un punto de equilibrio (no genera beneficios ni pérdidas).

La ecuación utilizada para calcular la (TIR) de un proyecto es:

$$VAN = 0 = C_0 + \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1 + TIR)^t}$$

Donde:

$C_0$ : Es la realizada en el tiempo 0, que normalmente es negativo.

$C_t$ : flujos de caja a partir del año 1 hasta el año T.

**Interpretación:**

Teniendo en cuenta que el costo de oportunidad de capital es “k”, entonces si la

$TIR > k$ , se debe aceptar el proyecto

$TIR < k$ , se debe rechazar el proyecto

**Beneficio – Costo (B/C)**

Yupanqui (2014) define al Coeficiente Beneficio-Costo (B/C) como un indicador que se obtiene al calcular la relación entre la suma de los ingresos actualizados y la suma de los costos actualizados generados por un proyecto, abarcando todo su periodo de evaluación.

La ecuación matemática utilizada para calcular (B/C) de un proyecto es:

$$B/C = \frac{\frac{F_1}{1+K} + \frac{F_2}{(1+K)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+K)^n}}{I_0}$$

Donde:

$$B/C = \frac{\text{Valor Actual de los Flujos Netos}}{\text{Inversion Inicial}}$$

**2.2.6.3 Periodo de Recuperación (Payback)**

Rojas (2019) define como un criterio utilizado para la evaluación de inversiones, el periodo requerido para recuperar la inversión inicial. Este intervalo de tiempo es esencial para entender la rapidez con la que un proyecto puede devolver el capital invertido.

Este análisis ayuda a los inversionistas a tomar decisiones informadas sobre la viabilidad de la inversión.

$$\text{Periodo de Recuperacion} = \frac{I_0}{F}$$

Donde:

$I_0$ : Inversión inicial

F: flujo de caja neta

## **2.3 Gestión de calidad y minería**

### **2.3.1 Organismos relacionados a la gestión de calidad y minería**

Organización Internacional de Estandarización (ISO), es una federación mundial de organismos nacionales de normalización. El trabajo de preparación de las Normas Internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrotécnica.

### **2.3.2 Gestión de la calidad**

La gestión de la calidad ha tenido avances desde 1900 a la fecha con grandes escritores y propulsores de la calidad como: William Edwards Deming Fue un estadístico estadounidense, profesor universitario, autor de textos, consultor y difusor del concepto de calidad total. Su nombre está asociado al desarrollo de Japón después de la segunda guerra mundial. Deming se enfoca en el mejoramiento del producto y el cumplimiento de las especificaciones para el servicio, para reducir la incertidumbre y la variabilidad en el proceso de diseño y manufactura. Según Deming, la variación es la principal culpable de la mala calidad, en ensambles mecánicos, por ejemplo, las variaciones de las dimensiones de las partes con respecto a las especificaciones conducen a un funcionamiento inconsistente, desgaste y averías prematuras, igualmente las inconsistencias en el servicio frustran al cliente y dañan la reputación de la empresa. El pensamiento estadístico de Deming sólo es parte de su razonamiento, él afirma con énfasis que las prácticas administrativas necesitan una reconstrucción radical, sus “14 puntos” forman el núcleo de su programa para alcanzar la excelencia en la calidad. Los catorce puntos de Deming para la administración

Punto 1: - Crear una visión y demostrar compromiso con ella Las empresas encaran dos tipos de problemas, los actuales y los de mañana, los actuales son el corto plazo y los de mañana, los de largo plazo y significan el mejoramiento e innovación. La alta administración tiene la responsabilidad de mantener viva la empresa y dar empleos a sus trabajadores, sólo ellos pueden desarrollar una visión, porque son los que establecen las

políticas y misión de la empresa, por lo tanto, deben actuar de acuerdo con sus políticas y ser congruentes con ellas.

Punto 2: - Aprender nuevos principios generales el nuevo enfoque de la administración debe ser hacia la calidad, impulsada por el cliente, las empresas no pueden sobrevivir si el cliente no está satisfecho por la mala calidad del producto o servicio. Todos, desde el almacenero hasta el gerente deben aprender los nuevos principios.

Punto 3: - Comprender la inspección La inspección de rutina reconoce que hay defectos presentes, pero no agrega valor al producto, en lugar de ello impulsa la producción de partes defectuosas, al dejar que alguien más descubra y arregle el problema, este tipo de inspección rara vez es exacta y el reprocesar y desechar materiales defectuosos, disminuye la productividad y aumenta los costos, la real inspección se debería usar como herramienta de acopio de información para mejorar.

Punto 4: - Dejar de tomar decisiones tan solo en base al costo Desde hace mucho tiempo a los departamentos de compras los impulsa la minimización de costos, sin importar la calidad. El Dr. Shewart hizo notar en 1931 que el precio no tiene significado sin calidad. Deming ha remarcado el establecer relaciones a largo plazo con proveedores y tener un proveedor de determinado componente.

Punto 5: - Mejorar en forma constante y para siempre El mejoramiento de calidad tanto en el diseño como en el hecho de seguir las normas, debe ser un proceso sin fin. La calidad de diseño sólo se puede mejorar mediante la recopilación constante de actitudes y necesidades del cliente; el mejoramiento en el cumplimiento de las normas, se debe llevar a cabo no sólo en la producción, sino también en las actividades de la empresa; cuando mejora la calidad, también lo hace en las actividades de la empresa, cuando mejora la calidad, también lo hace la productividad y disminuyen los costos.

Punto 6: - Instituir la capacitación Para mejorar en forma continua, los trabajadores necesitan las herramientas y los conocimientos adecuados, las personas son el recurso más valioso de la organización y desean hacer un buen trabajo, pero con frecuencia no saben cómo; es responsabilidad de la alta gerencia capacitarlo.

Punto 7: - Instituir el liderazgo Deming establece que el trabajo de la gerencia consiste en liderar la organización, no sólo en supervisión; la supervisión es tan solo examinar y dirigir el trabajo, el liderazgo es dar la guía para ayudar a los trabajadores a que hagan mejor su trabajo, el liderazgo debe ayudar a eliminar del trabajo el elemento miedo y debe impulsar el trabajo en equipo.

Punto 8: - Eliminar el miedo El miedo se manifiesta de muchas formas, miedo a las represalias, miedo a fallar, miedo a lo desconocido, miedo a perder el control, miedo a los cambios, ningún sistema de trabajo puede funcionar sino hay respeto mutuo entre la gerencia y los trabajadores.

Punto 9: - Optimizar los esfuerzos de los equipos El trabajo en equipo ayuda a eliminar las barreras entre los departamentos e individuos, la falta de cooperación conduce a la mala calidad, porque otros departamentos no pueden comprender, lo que desean sus “clientes” y no mantienen lo que necesitan de sus “proveedores”.

Punto 10: - Eliminar las exhortaciones Muchas veces los métodos motivacionales pasan por alto que la mayor parte de los problemas provienen del sistema, es decir, son el resultado de causas comunes de variación, esto es problema de gerencia, no del trabajador, la motivación se alcanza mejor mediante la confianza y el buen liderazgo y no simplemente con el slogan.

Punto 11: - Eliminar cuotas numéricas Las cuotas se tienen en cuenta en perspectivas de corto plazo y crean miedo, no impulsan mejorías, en especial si hay recompensas ligadas al cumplimiento de las tareas, si se alcanza dicha meta no hay incentivo para continuar o mejorar la calidad. Deming dice que las metas sí son útiles, pero que las metas que se crean para otros sin un método para alcanzarlas crean frustración y resentimiento.

Punto 12: - Eliminar las barreras para enorgullecerse por la calidad del trabajo Deming cree que una de las barreras para enorgullecerse del trabajo bien hecho es la evaluación del desempeño, ya que destruye el trabajo en equipo, porque promueve la competencia por los recursos limitados, impulsa la mediocridad porque se acostumbra a que las metas sean números y en lo que desea el jefe, pero no los impulsa la calidad en sí. El orgullo por el trabajo bien hecho se puede lograr mediante el trabajo en equipo y con estrategias continuadas de mejoramiento.

Punto 13: - Impulsar la educación y el automejoramiento Este punto se refiere a la educación continua y amplia para el automejoramiento, las empresas deben invertir en su personal, en todos los niveles a largo plazo. Recuerden desarrollar el valor de un individuo es un potente método de motivación.

Punto 14: - Tomar acción La transformación debe iniciarse desde la alta dirección y debe abarcar a todos. Aplicar los principios de Deming representa un gran cambio cultural que muchas empresas encuentran difícil, porque muchas de las prácticas administrativas tradicionales, que Deming piensa que se deben eliminar, se han impreso durante décadas

en la cultura de la empresa. Una de las compañías que han abrazado en forma total los principios de Deming es la Ford Motor Company

### **2.3.3 Norma ISO 9001:2015**

La familia de normas ISO 9000 se desarrollaron con el propósito de documentar efectivamente los elementos del sistema de calidad que se deben implantar para mantener un sistema de calidad eficiente y eficaz. No especifican la tecnología que se deberá usar para este fin. Las normas son genéricas y no específicas, pudiendo usarse tanto para organizaciones de manufactura como de servicio. Su creación se originó después de la segunda guerra mundial, cuando la calidad empezó a tomar mayor importancia en el mundo, fue entonces cuando diversas empresas comenzaron a implementarla, interpretando tal término de manera diferente, por tal motivo y como lo afirma Evans (2005), con el fin regular estos sucesos, se creó un organismo especializado en normatividad llamado ISO término científico que se refiere a igual, sus siglas se definen como Internacional Organization for Standardization, Organización Internacional para la Estandarización, creada con esa palabra en Londres en 1946, con integrantes de los organismos de normas nacionales de diversos países, que desarrollaron una serie de normas de calidad escritas con conceptos y principios

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Materiales**

##### **3.1.1 Generalidades**

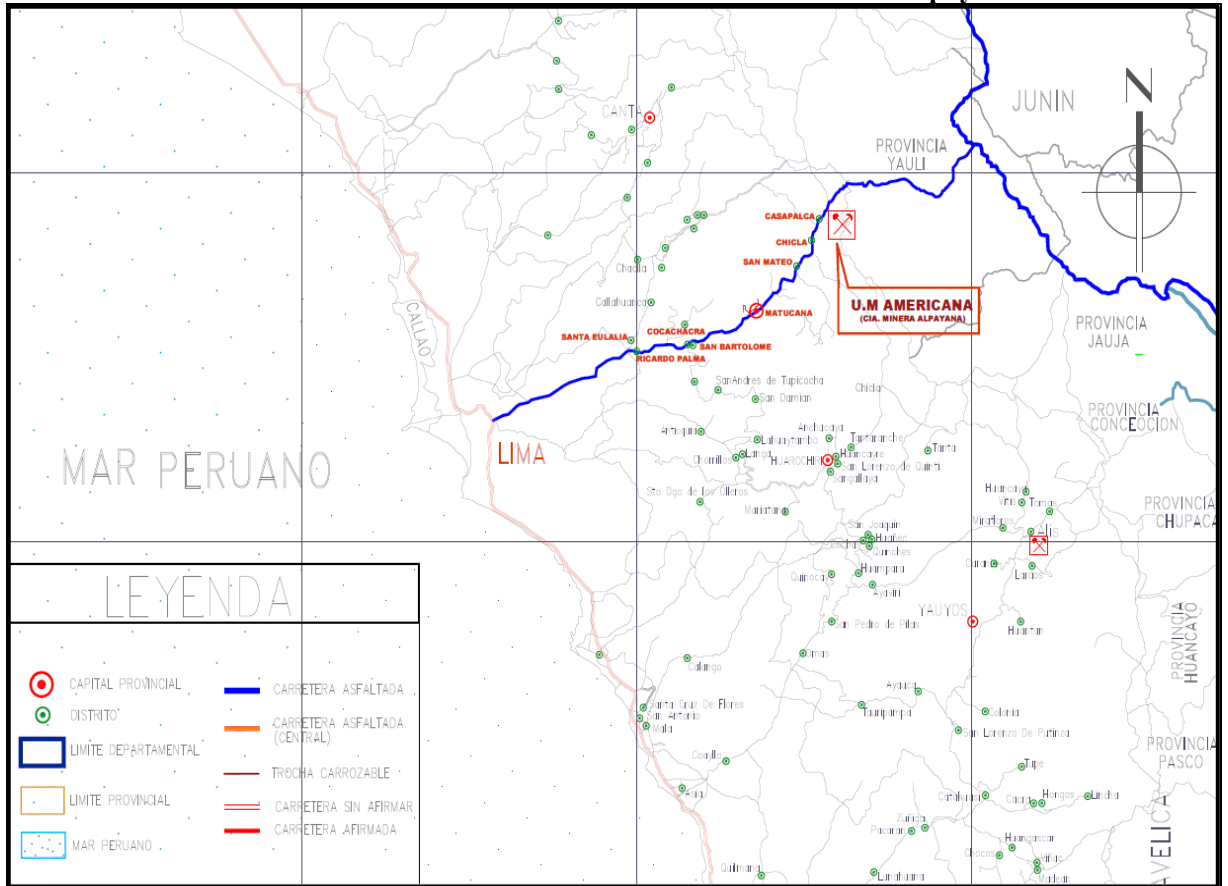
###### **3.1.1.1 Ubicación**

La unidad Americana de la Cía. Minera Alpayana S.A.; se encuentra ubicada en el kilómetro 117 de la carretera central al este de la ciudad de Lima, en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima. Geográficamente se localiza en la zona central, flanco oeste de la cordillera occidental de los andes entre las coordenadas siguientes:

Norte	8'710,455.60
Este	366,761.70
Latitud	11°30'20" sur
Longitud	76°10'15" oeste
Cota	4200 m.s.n.m.m.

Su accesibilidad es mediante carretera asfaltada siguiendo la ruta Lima – Casapalca con una distancia aproximada de 117 Km; donde se encuentra la Unidad Yauliyacu de la Cía. Minera Alapaya; de donde se continúa por una carretera afirmada de 05 Km. Que sube por la quebrada Carmen hacia el S.E. y que conduce a la Unidad Americana de la Cía. Minera Alpayana, con un tiempo recorrido total de 03 horas con 15 minutos.

**Figura 4.**  
**Ubicación de la Unidad Minera Americana de la Cía. Minera Alpayana**



**Fuente: Área de planeamiento e ingeniería Unidad Minera Americana Cía. Minera Alpayana S.A.**

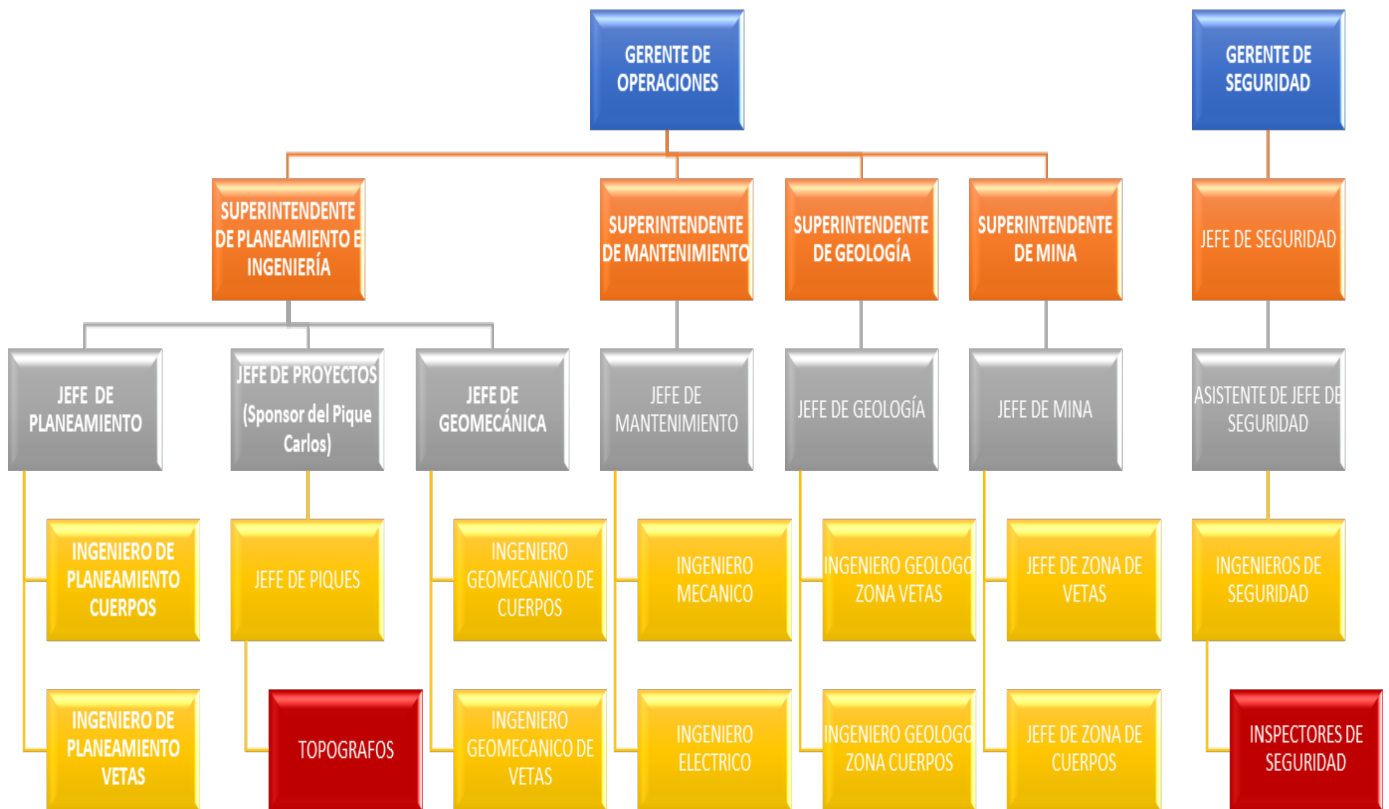
### 3.1.1.2 Organización de la Empresa.

La Unidad Americana de la Cía. Minera Alpayana, está organizado conforme a los lineamientos de una Sociedad Anónima, donde las jerarquías y responsabilidades están claramente definidas, conforme se puede apreciar en el organigrama mostrado. Para los trabajos de minado, se ha organizado teniendo como base la organización general y la modalidad de ejecución de los trabajos por compañía y contrata.

Las labores de minado lo realizan personal de una empresa especializada, y los trabajos de exploraciones y proyectos lo realizan empresas especializadas según su requerimiento y especialidad.

En cuanto a la planificación, diseño, controles técnicos y administrativos, la compañía asume esas responsabilidades para el desarrollo de la operación, por su parte cada empresa realiza su planeamiento y control de los proyectos.

**Figura 5.**  
Organigrama de la Unidad Americana Cía. Minera Alpayana



### 3.1.2 Historia

En el año 1,961 La Compañía Minera Cerro de Pasco Corporation adquirió los derechos mineros de la mina Casapalca, explotando sus recursos minerales hasta 1,968 con una producción de 2,500 TM/mes.

En 1,969 el estado peruano crea la empresa estatal CENTROMIN PERU y adquiere todas las propiedades de la compañía Cerro de Pasco Corporation incluyendo la mina Casapalca e inicia una nueva modalidad de trabajo.

En 1,987 la empresa Centromin Perú cierra operaciones y vende los derechos a la Compañía Minera Casapalca S.A., empresa privada peruana que inicia sus operaciones con una producción de 2,500 TM/mes y continúa trabajando con un aumento constante de la producción hasta llegar a una producción de 45,000 TM/mes en el año 2004.

A partir del año 2,005 la Compañía Minera Casapalca inicia un nuevo Programa de ampliación de sus operaciones, mecanizando la zona de cuerpos con equipo Trackles, construcción del Pique 790 en la zona de oroya y Pique 650 en la zona de cuerpos, renovando el equipo de acarreo y mejorando la productividad de la mina hasta alcanzar una producción record de 100,000 TM/mes en el año 2007.

A finales del año 2019 la Cía. Minera Casapalca cambia de razón social de Cía. Minera Casapalca S.A. a Cía. Minera Alpayana S.A. compañía peruana, operando la Unidad Americana que actualmente viene produciendo 180, 000 TM/mes.

### **3.1.3 Geología – Yacimiento Mineral**

#### **3.1.4 Geología Regional**

La Unidad Americana de la Cía. Minera Alpayana se encuentra situada en La secuencia estratigráfica del distrito minero de Casapalca está constituida tanto por rocas sedimentarias como volcánicas interestratificadas, cuyas edades fluctúan desde el cretácico hasta el cuaternario. La estructura del distrito cuyos ejes se orientan paralelamente a la dirección general del cinturón volcánico de la Cordillera Occidental Andina, cuyo relieve presenta fuertes pendientes y erosión profunda, modelado por la acción glacial y presencia de nieve perpetúa en las cotas más elevadas.

La geología del distrito minero de Alpayana está constituida por rocas sedimentarias y rocas volcánicas interestratificadas, cuyas edades fluctúan desde el Cretácico Superior hasta el Cuaternario. Los ejes de las estructuras del distrito se orientan paralelamente a la dirección general de los Andes. La estructura principal, el "Anticlinal y Sinclinal Casapalca" constituye un pliegue moderadamente abierto en la porción central del distrito, el cual se cierra hacia el Norte, hasta construir una falla inversa de empuje con buzamiento al Este. Cuerpos intrusivos pequeños de composición intermedia se encuentran dentro de las secuencias sedimentarias y extrusivas, mostrando ellos una composición química similar, diferenciándose únicamente en su carácter textural.

#### **3.1.4.1 Estratigrafía**

La Columna estratigráfica de la región está conformada principalmente por areniscas, lutitas calcáreas, calizas, brechas, rocas volcánicas, tufos y lavas, las cuales alcanzan un espesor aproximado de 5,400 m.

**Figura 6.**  
Columna Estratigráfica

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	GROSOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depósitos aluviales			Arenas, gravas y limos.	
		PLEISTOCENA	Depósitos glaciares			Morrenas	
	NEÓGENO	PLIOCENA	Grupo Yauli	Formación Matala	50		Capas lacustrinas arenas y limos poco consolidadas.
				Formación Ushno	100		Conglomerados fluviales.
			Formación Ingahuasi	50		Tobas blancas calcáreas.	
			Formación Yanacancha	250		Lavas, brechas, conglomerados andesíticos.	
			Formación Huarochiri	400		Tobas riolíticas y riolíticas con intercalaciones de areniscas.	
	PALEÓGENO	MIOCENA		Formación Milotingo	400		Lava andesítica a dacítica, areniscas volcánicas
				Formación Castrovirreyna	150		Volcánico - sedimentario con intercalaciones de tobas.
		OLIGOCENA		Grupo Sacsacero	2015		Tobas riolíticas soldadas, lavas y areniscas volcánicas
			EOCENA	SUP.			
		MED.		Formación Tantará	100		Andesita / Riolita Derrames andesíticos a riolíticos, gris verdoso.
PALEOCENA						Disc. ang.	
MESOZOICA	CRETÁCEO	SUPERIOR	Formación Casapalca	4000		Lutitas, areniscas, limolitas y conglomerados de color rojo. Dioritas.	
			Formación Celendín	400		Calizas pardo amarillentas con margas calcáreas, yeso.	
			Formación Jumasha	400		Calizas compactas en estratos gruesos a delgados.	
		INFERIOR	Formación Pariatambo	120		Calizas, lutitas de color negro fétido.	
			Formación Chítec	220		Calizas gris pardo amarillentas y margas calcáreas.	
			Formación Pariahuanca	260		Calizas y margas calcáreas.	
			Grupo Goyllarisquiza	Formación Farrat	700		Areniscas de grano medio blanco a gris rojo.
				Formación Carhuaz	450		Areniscas con intercalaciones de lutitas violáceas.
				Formación Santa	100		Caliza gris y arollitas abigarradas.
				Formación Chimú	400		Cuarzitas grises con intercalaciones de material bituminoso.
	JURÁSICO	MEDIA	Formación Chaucha	300		Lodolitas y limolitas calcáreas, calizas y dolomitas.	
			Formación Cercapuquio	322		Areniscas de grano fino a grueso color blanco a gris.	
	TRIÁSICO	SUPERIOR	Grupo Pucará	Formación Condorsinga	1000		Calizas gris azulada con presencia de venillas de calcitas.
				Formación Aramachay	400		Intercalaciones de caliza con nódulos calcáreos y limoarcillitas carbonosas.
				Formación Chamberá	300		Calizas micríticas con nódulos de chert.
	PALEOZOICA	PERMIANO	SUPERIOR	Grupo Mito	1700		Secuencia rítmica molásica, conglomerados con clastos de volcánicos. Intrusivos y brechas volcánicas.
			INFERIOR	Grupo Copacabana	150		Areniscas, calizas y lutitas de color brunáceo.
CARBONIFERO		SUPERIOR	Grupo Tarma	1300		Lutitas y limolitas grises con intercalaciones de areniscas Monzogranitos, granitos.	
		INFERIOR	Grupo Ambo	900		Conglomerados, molasas rítmicas, areniscas feldespáticas.	
DEVONIANO		SUPERIOR	Grupo Cabanillas				Secuencias tipo flysh con areniscas, lutitas y pizarras
		INFERIOR					Disc. ang.
SILURIANO ORDOVICIANO				Metasedimentitas no diferenciadas	700		Filitas con escasas intercalaciones de cuarzita, negro grisáceas, basaltos, metatoba y mármoles.

Fuente: INGEMMET

### **3.1.4.2 Rocas Ígneas**

Las rocas ígneas, provienen de los magmas, que se pueden definir como la materia rocosa fundida, los magmas expulsados por los aparatos volcánicos (lavas) se encuentran compuestos por una compleja fase líquida silicatada que en muchos casos predominan.

#### **•Características de las Rocas Ígneas Plutónicas (Intrusivas).**

Son rocas ígneas cuya composición mineralógica indica que la cristalización se ha realizado en condiciones de enfriamiento lento a profundidad no inferior a varios centenares de metros hasta los 20 km. Las masas de rocas plutónicas varían enormemente en forma y en extensión, los más pequeños son diques y venas de algunos centímetros de ancho, los mayores afloran en forma continua en extensiones que se miden en centenares de km.

#### **•Características de las Rocas Volcánicas (Extrusivas).**

Son rocas ígneas cuya composición mineralógica indica que la cristalización se ha realizado en condiciones de enfriamiento de grado medio ocurrido en la superficie terrestre. Varían en espesor desde unos cuantos centímetros a varias decenas de metros y rara vez superan en longitud el centenar de km.

### **3.1.4.3 Formación Goyllarisquisga**

Son las rocas más antiguas reconocidas en el distrito, constituida por cuarcitas de color blanco de grano fino con intercalaciones y mantos de carbón. Su afloramiento se ha reconocido solo en la quebrada Huayamay o Caronyacu, cerca de la entrada del túnel Graton.

### **3.1.4.4 Formación Machay**

Se encuentra en concordancia sobre la formación Goyllarizquisga, constituida por calizas gris claras, también llamadas Calizas Jumasha. También afloran en la vecindad del túnel Graton.

### **3.1.4.5 Formación Bellavista**

La formación Bellavista consiste en una serie de tufos volcánicos intercalados con calizas grises. En los niveles inferiores de la Unidad Americana se encontró unos horizontes de anhidrita intercalados con lutitas.

#### **3.1.4.6 Formación Río Blanco**

La formación Río Blanco consiste en una serie de tufos bien estratificados que descansa concordantemente sobre la formación Bellavista. Los volcánicos de Río Blancos debe ser una de las rocas más jóvenes del Perú.

#### **3.1.4.7 Formación Casapalca.**

Aflora en el sector norte y sur del campamento Carmen, constituye la formación más antigua que aflora en el área y forma el amplio anticlinal Casapalca que es cortado por el río Rímac.

Esta formación está compuesta por una serie de rocas sedimentarias de ambiente continental y se divide en dos miembros:

##### **•Miembro Capas Rojas**

Se caracteriza por presentar intercalaciones de lutitas y arenisca calcáreas con coloraciones rojizas debido a las diseminaciones de hematita.

##### **•Miembro Carmen**

Sobre yaciendo a las capas rojas se encuentra una serie de paquetes de conglomerados y calizas intercaladas con capas de areniscas, lutitas, tufos y aglomerados volcánicos con una potencia que varía de 80 a 200 m.

#### **3.1.4.8 Formación Carlos Francisco.**

Aflora en el sector este del campamento Carmen, compuesta por rocas volcánicas que supra yacen discordantemente a la formación Casapalca. Esta formación ha sido dividida en:

##### **•Volcánicos Tablachaca.**

Se caracteriza por presentar rocas volcánicas porfiríticas de color gris-rojizas del tipo andesítico.

##### **•Volcánicos Carlos Francisco.**

Se caracteriza por presentar rocas volcánicas afaníticas tipo andesítico, de color gris principalmente.

•**Tufos Yauliyacu.**

Son tufos volcánicos de color rojizo intenso los cuales supra yacen al miembro Carlos Francisco.

**3.1.4.9 Formación Bellavista.**

Unidad Estratigráfica que aflora al S y SE del campamento Carmen, la cual se caracteriza por presentar rocas calcáreas (calizas, margas) de color gris a negro, las cuales supra yacen discordantemente a la formación Carlos Francisco.

**3.1.4.10 Depósitos cuaternarios.**

En la región Casapalca existen una serie de depósitos glaciares y conos de escombros de formación reciente. Estos son:

**a) Pleistoceno.**

Debajo de los depósitos glaciares recientes existen potentes series de morrenas terminales a elevaciones aproximadas de 4300 a 4500 m.s.n.m.

**b) Reciente:**

Formado por materiales inconsolidados de clastos angulosos de diversos tamaños, que forman conos y taludes.

**3.1.5 Geología Estructural.**

**3.1.5.1 Anticlinales – Sinclinales.**

Los más importantes, son el gran sinclinal Pumatará - Aguascocha, el anticlinal Casapalca y el anticlinal de Antupuquio, todos con una dirección NW-SE.

Este conjunto de plegamientos controla todo el fallamiento y fracturamiento transversal al eje del sinclinal, que es la principal estructura, debido a que la mineralización se realizó en estas estructuras.

### **3.1.5.2 Fallas y Fracturas.**

Las estructuras más importantes en el distrito minero de Casapalca, son las fallas perpendiculares al eje del sinclinal Pumatará - Aguascocha, las cuales tienen dirección N-S y se encuentran rellenadas por soluciones hidrotermales

### **3.1.6 Geología Local**

En base a resultados de las investigaciones geomecánicas se deduce que el área de interés y su entorno físico entre los Niveles 450 al 21) se caracteriza por la predominancia de secuencias sedimentarias de ambiente continental representados por "areniscas calcáreas y calizas arenosas" de grano grueso a fino intercaladas con niveles finos de "margas y lutitas" afectadas por un intenso metasomatismo que nos permite definir a estas unidades litológicas como un "Skarn de Epidotas, Cuarzo, Calcita, Micas Blancas y esporádicamente granates" que estratigráficamente corresponden a la Formación Casapalca (Miembro Capas Rojas).

Como estructuras de interés económico (mineralización) se tiene la presencia de "sulfuros masivos, sulfuros diseminados y vetillas" con menas "Esfalerita, Bornita, Galena, Calcopirita, Tetraedrita, Galena, Tenantita" y minerales accesorios "Cuarzo, Pirita, Calcita, Rodocrosita, Especlarita y Hematita".

En la zona de Casapalca se presentan las unidades morfológicas siguientes:

#### **3.1.6.1 Piso Valle.**

Se encuentra ubicado a través de toda la quebrada Carmen, el cual se emplaza entre los 4,100 y 4,500 m.s.n.m. con pendientes moderadas de 25° - 30° y una longitud de 02 Km. Hasta su confluencia con el valle del río Rímac. El piso valle se caracteriza por estar compuesto de materiales coluviales y morrénicos.

#### **3.1.6.2 . Montañas del Norte y Sur.**

Se encuentran al norte y al sur de la quebrada Carmen, se caracterizan por presentar fuertes pendientes entre los 4,200 y 4,700 m.s.n.m. compuestas por materiales sedimentarios en las zonas bajas y volcánicas en las zonas altas.

### **3.1.6.3 Circo Glaciar.**

Se encuentra emplazada al este del campamento Carmen, entre los 4,600 y 4,700 m.s.n.m. con una pendiente moderada a llana, en el cual se emplaza una laguna glaciar, con un piso compuesto por materiales morrénicos.

### **3.1.6.4 Montañas del Este.**

Se encuentra emplazada al este del campamento Carmen, formada por pendientes abruptas y accidentadas entre los 4,600 y 5,200, compuestas por rocas sedimentarias y volcánicas.

### **3.1.6.5 Drenaje.**

La quebrada Carmen constituye el drenaje principal de la zona, la cual surca de norte a sur hasta desembocar al afluente principal representado por el río Rímac.

## **3.1.7 Geología Económica**

### **3.1.7.1 Génesis y Paragénesis**

La Unidad Americana está conformado por un yacimiento poli metálico del tipo “cordillerano” con minerales, cuya génesis es a partir de los fluidos hidrotermales que traen los iones metálicos y rellenaron las fracturas con sulfuros y sulfosales Ag, Pb, Zn y Cu, dando lugar a vetas y cuerpos mineralizados.

### **3.1.7.2 Mineralización.**

En la zona de las vetas, la Unidad Americana es productora de plata (tetrahedrita, freibergita), de plomo (galena), zinc (esfalerita), y cantidades menores de cobre (calcopirita), los cuales son los minerales de mena de mayor abundancia. Los minerales de ganga están representados principalmente por pirita, calcita, rodocrosita y cuarzo.

En la zona de cuerpos, la Unidad Americana es productora principal de zinc (Marmita y Esfalerita) y en menor cantidad plata (tetrahedrita), plomo (galena) y cobre (calcopirita). Los minerales de ganga están representados principalmente por pirita, calcita y cuarzo.

### **3.1.7.3 Zoneamiento.**

El zoneamiento más definido es en dirección horizontal, en la vertical está relacionado a la presencia de argentita, pirargirita y otras sulfosales acompañadas de pirita y cuarzo en los niveles superiores de la mina.

De acuerdo a estudios realizados por H. E. Mackinstry, J. A. Noble y otros, basados en cambios mineralógicos relacionados a las temperaturas de formación de los minerales y en la extensión e intensidad de la alteración de las rocas encajonantes, determinaron tres zonas, cuyas características son las siguientes:

- a) El mineral consiste de abundante esfalerita con poca galena y tenantita ( $As_4S_{13}$  (Cu, Fe, Zn, Ag)<sub>12</sub>, calcopirita ( $S_2CuFe$ ) es común, la pirita está presente en cristales cúbicos, huebnerita ( $WO_4Mn$ ) y arsenopirita ( $SFeAs$ ) se encuentran ocasionalmente.
- b) Los minerales de ganga son: cuarzo y calcita. La calcita pura ocurre en los extremos de la zona.
- c) Las rocas de la formación Casapalca están fuertemente silicificadas, además presentan disseminaciones de pirita cúbica y nódulos de epidota. La zona de alteración se extiende aproximadamente 400 m. de las vetas.

#### **3.1.7.4 Alteraciones.**

Alteración Hidrotermal, la alteración de las rocas encajonantes muestra una estrecha relación con la distribución zonal de los minerales. La roca está intensamente silicificada y piritizada hasta una distancia de 400 m. fuera de las vetas, luego la alteración decrece hasta aproximadamente 30 m. y en algunas zonas es solamente de algunos centímetros. Desde el punto de vista general, la alteración de la roca encajonante sigue una secuencia normal, que va de la propilitización a cierta distancia de las vetas a la piritización, sericitización y silicificación cerca de ellas.

Las rocas volcánicas extrusivas, en las zonas de mayor alteración (cerca de la veta), son de color gris claro conformada por cuarzo, pirita y feldespatos alterados a sericita, no siendo estos distinguibles macroscópicamente. A mayor distancia de la veta, la epidotización es común y los cristales de feldespatos son visibles. Los ferromagnesianos son alterados a clorita y epidota con presencia de pirita.

Las capas rojas y los conglomerados en la zona central de la mina, están intensamente alteradas, extendiéndose la silicificación y piritización por varias docenas de metros. La pirita se presenta en cristales cúbicos y en delgadas vetillas hacia el sur, en la sección aguas calientes, la alteración es menos intensa. La roca se presenta blanqueada hasta unos 10 a 15 m. en las proximidades de las vetas, la silicificación no es muy intensa. En las zonas de alteración moderada la roca está epidotizada.

### 3.1.7.5 Estructuras Mineralizadas.

#### a) Vetas:

En la zona se presentan varias vetas casi paralelas, siendo las principales:

#### •Veta Esperanza.

La veta aflora en forma continua en unos 520 m. de longitud continuando al SW en fractura y cobertura aluvial y hacia el NE bajo cobertura coluvial y aluvial. Las características de esta veta son:

Tipo = Filoneano, Cimoidal.

Visible = 520 m.

Potencia = 0.10 – 1.50 m.

Rumbo = N 45° - 70° E.

Buzamiento = 65° - 88° NW.

Mineralización = Galena, Blenda, Cuarzo, Óxidos de manganeso.

Alteración = Argílica, acción de pirita.

En el sector central del afloramiento presenta un lazo cimoidal de unos 230 m. de longitud con un ramal principal al piso, uno al centro y otro al techo, estos últimos entrelazados, destacando como estructura y por su potencia el ramal entrelazado que nace en el ramal centro y continúa en el techo en una longitud de afloramiento visible de unos 100 m. y potencia de 0.50 – 1.50 m. con abundante cuarzo y óxidos de manganeso. Destaca también un área de unos 40 x 30 m. con diseminación y vetillas con pirita y limonitas, ubicado en la base del ramal cimoidal piso o veta principal.

#### •Veta Oroya.

Tiene una extensión de 1,300 m. desde el extremo oeste hasta el punto de inflexión (coordenada N 879650, E 368250), aquí se inician dos ramales: Ramal Nor – Este que corresponde a la veta Oroya 1, veta Oroya Este, la cual alcanza una extensión de 1,400 m. Ramal Sur – Oeste, que corresponde a la veta Oroya principal Americana, prolongación Eloida, alcanza una extensión de 1,500 m. Además la veta Oroya principal presenta un gran lazo cimoidal que da origen a dos ramales veta Oroya Piso y veta Oroya Techo respectivamente. Igualmente el punto de inflexión de las vetas se encuentra muy cerca de la falla Eloida que complica el aspecto estructural de las vetas.

•**Veta Don Reinaldo.**

Es una estructura que alcanza aproximadamente los 3,200 m. con un afloramiento definido de 500 m. en el sector Sur – Oeste y con 150 m. en el sector Nor – Este en la zona de Antachacra, gran parte de la veta está cubierto con material morrénico coluvial, en algunos casos la fractura es angosta especialmente en las zonas altas, sobre los 5,000 m. de altura en el cual es difícil esperar mineralización ni estructuras anchas.

La veta en su prolongación al Sur – Oeste (hacia la laguna Putca), se cubre rápidamente con material morrénico y escombreras, pero las características fisiográficas del terreno donde se ve una escarpa del terreno. Esto correspondería a la continuación de la veta. Hacia el Sur – Oeste esta puede alcanzar otros 400 m. Hacia el Este de la zona de Antachacra la traza de la veta parece continuar otros 900 m.

•**Veta Juanita.**

En el extremo sur del distrito minero de Casapalca, se presenta la veta juanita, cuya extensión alcanza los 2,000 m. además tiene un ramal de 900 m. de extensión, conocida como la veta victoria. Hacia el oeste de la B.M. del nivel 4,500, la veta juanita aflora en forma discontinua, otros 450 m. hasta las coordenadas N 8°705,400; E 374,300, por consiguiente, la veta juanita en forma independiente alcanza los 2,400 m.

**b) Cuerpos:**

• **Cuerpo Esperanza:** cuerpo con diseminación de sulfuros concordantes con la estratificación de areniscas del miembro Capas Rojas, con rumbo N00° - 20°W, buzamiento 60° - 70°SW, está emplazada inmediatamente al techo de la veta Esperanza, presenta área mineralizada de hasta 80 m de longitud, 45 m de potencia y 300 m de altura. La mineralización está compuesta principalmente por esfalerita, en pequeña proporción calcopirita, pirita y galena asociado a franjas de epidota y areniscas calcitizada.

• **Cuerpo esperanza piso:** similar al cuerpo esperanza es un depósito de sulfuros diseminados concordantes con la estratificación de arenisca epidotizada y piritizada del miembro Capas Rojas, presenta rumbo general N5°W, buzamiento 68°SW, está emplazada al piso de la veta Esperanza; en el tajo 25 del nivel 10 presenta 28 m de longitud y ancho hasta de 12 m.

- **Cuerpo Emilia:** ubicado en arenisca del miembro Capas Rojas, al piso en la veta Esperanza, presenta forma irregular la disseminación de sulfuros en arenisca, piritizadas y cloritizadas. Este cuerpo está asociado a la veta Esperanza, el cuerpo Emilia está al piso de la veta.
- **Cuerpo Mery:** ubicado en el miembro Capas Rojas entre las vetas Mariana techo y Esperanza. Presenta una irregular disseminación de sulfuros en areniscas epidotizadas y piritizadas con rumbo N12° - 25°W, en niveles altos está asociado a las vetas O, O4 y Q. este cuerpo se ha trabajado en 230 m de altura con áreas de considerables y muy variables.
- **Cuerpo Anita:** este cuerpo emplazado inmediatamente al norte del cuerpo Mery, también en areniscas epidotizadas y piritizadas del miembro Capas Rojas, en varios niveles se nota que forma un solo cuerpo en el cuerpo Mery.
- **Cuerpo Micaela:** emplazado en el miembro Capas Rojas, su mineralización consiste de disseminación y parches de esfalerita, calcopirita, tetraedrita y pirita; también como relleno de fracturas con rumbo N60° - 75°W, buzamiento de 75° - 80°SW, con relleno de cuarzo, carbonatos, esfalerita, pirita, calcopirita y tetraedrita.
- **Cuerpo Sofía:** depósito de sulfuros disseminados en arenisca del techo de las capas rojas, como control estratigráfico, está al piso del conglomerado base del miembro El Carmen, y al piso del cuerpo se tiene arenisca de grano fino del miembro Capas Rojas. El rumbo del paquete de arenisca del cuerpo Sofía es N00° - 23°W, su longitud llega hasta 95 m y su ancho hasta 20 m, se ha reconocido una altura de 170 m.
- **Cuerpo sorpresa:** ubicado en la base del miembro El Carmen; es un depósito de sulfuros disseminados concordante con horizonte de conglomerado calcitizado, epidotizado y piritizado, con rumbo N00° - 23°W, longitud de hasta 60 m, potencia hasta de 7 m y altura reconocida hasta de 200 m.
- **Cuerpo Negrita:** es un depósito por relleno de cavidades y reemplazamiento, la estructura que se ha relleno presenta rumbo paralelo a la estratificación, con minerales masivos de esfalerita, calcopirita, pirita, galena y eventualmente tetraedrita, se ha reconocido 2 m de ancho, de 50 m de longitud y hasta de 150 m de altura.

•**Cuerpo Vivian:** emplazado en el miembro El Carmen, depósito de sulfuros diseminados concordantes con horizonte de conglomerado epidotizado, piritizado y calcitado, con rumbo N00° - 25°W, reconocido hasta 110 m de longitud, potencia hasta de 3 m y hasta de 200 m de altura.

•**Cuerpo Patty:** emplazado en el miembro El Carmen, con sulfuros diseminados concordantes con la estratificación que presenta rumbo N00° - 40°W, reconocido hasta de 3 m de potencia, 100 m de longitud y 50 m de altura.

•**Cuerpo Carmen:** emplazado en el miembro El Carmen, cuerpo con diseminación de sulfuros concordante con la estratificación de areniscas y conglomerados, su mineralización está compuesta por esfalerita y calcopirita, en menor proporción tetraedrita y galena como minerales de mena, los minerales de ganga son pirita, cuarzo y carbonatos; el rumbo de las bandas mineralizadas y epidotizadas es de N07° - 30°W con buzamiento de 73° - 85°E, reconocidas hasta de 15 m de potencia, 100 m de longitud y 100 m de altura.

• **Cuerpo Escondida:** cuerpo mineralizado con sulfuros diseminados en horizonte de conglomerados de la secuencia intermedia del miembro El Carmen, su mineralogía está constituida por esfalerita, calcopirita, tetraedrita, galena, pirita, cuarzo y carbonatos; el rumbo es de N26° - 30°W.

• **Brechas:** La mineralización en las brechas estarían relacionadas a las fracturas que pasan por la brecha. Estas fracturas sirven de conducto a través del cual circularon las soluciones hidrotermales. La brecha hidrotermal Huayracancha puede tener importancia si está controlada por fallas que sería el conducto a través del cual pueden ascender soluciones mineralizantes cuando las circunstancias lo permitan se podría explorar con perforación diamantina.

• **Mantos:** En la zona de Oroya Este se presenta un manto de 1.2 m. de ancho reemplazando a horizontes de lutitas calcáreas y margas que se extienden pocos metros al norte y al sur respectivamente desde la Veta 5 que sería el conducto a través del cual ascendieron las soluciones. El afloramiento de estos mantos contiene óxidos de manganeso, el contenido de manganeso tiene relación directa con el contenido de plata.

### **3.1.8 Geoestructuras**

#### **3.1.8.1 Fallas**

##### **Fallas regionales**

La mineralización en Cuerpos (Casapalca y Esperanza) y vetas (Chiara, Esperanza Piso/Norte) esta contralada por la condición estructural (fallas y diaclasas) y características permeables (porosidad natural e inducida) de las rocas receptoras.

Las alteraciones hidrotermales expuestas son:

- Silisificación, principalmente asociado a las estructuras mineralizadas en cuerpos, donde la sílice ha remplazado ciertos minerales en la estructura rocosa y confiriéndole a la roca una mayor compacidad, mayor resistencia.
- Piritización, se aprecia en la zona de cuerpos como un reemplazamiento total/parcial de los minerales ferromagnesianos por piritas, en la zona de vetas "Chiara-Esperanza Piso/Norte" también se aprecia la Piritización a modo de parches/impregnaciones de pirita en las rocas próximas a la veta (cajas).
- Propilitización, se aprecia a manera de aureolas (halos) en forma distal a los cuerpos mineralizados en forma de "epidotización, carbonatización", se aprecian también cloritas-sericitas en zonas asociadas a "fallas y zonas de corte".

##### **Fallas Mayores**

La evaluación de datos estructurales en Mina Casapalca (Cuerpos Casapalca-Esperanza y su entorno físico), indican la presencia de tres sistemas de fallas principales que están asociados a la tectónica del lugar "un sistema de fallas F1 con orientación (75/194), un segundo sistema de fallas F2 con orientación (69/272) y un tercer sistema de fallas F3 con orientación (73/314). La influencia de estas fallas afecta significativamente al deterioro del comportamiento físico-mecánico en las rocas adyacentes a través del incremento de su permeabilidad inducida, la disminución de las propiedades de resistencia al esfuerzo de corte (cohesión, fricción) e incremento del grado de fracturamiento.

### 3.1.8.2 Discontinuidades

Para la evaluación de la distribución de las discontinuidades se requiere contar con información estructural de datos de orientación de discontinuidades que permitan definir o proyectar el arreglo estructural. Para tal fin, se ha recurrido a la información obtenida en el mapeo geomecánico durante los trabajos en campo realizados correspondiente a diaclasas correspondiente principalmente a diaclasas, vetillas, estratificación y fallas.

Estos datos se han procesado empleando técnicas de proyección estereográfica. En los gráficos siguientes se muestran los resultados de la distribución de discontinuidades por niveles y el compósito general para cada zona en estudio, muestran el estereograma con los planos mayores y el diagrama de contornos.

**Tabla 3.**

**Resumen discontinuidades - Pique Circular por Niveles (Buzamiento/ Dirección de Buzamiento)**

ZONA	NV. 435		NV. 4		NV. 10		NV. 14		NV. 18		NV. 21	
FAMILIA 1	77	75	99	15	331	10	7	12	185	12	175	13
FAMILIA 2	75	279	195	13	82	17	114	25	96	25	119	16
FAMILIA 3	78	59	239	12	30	20	186	14	266	14	67	14
FAMILIA 4					328	53	328	53	236	47	6	30

### 3.1.9 Hidrología

En suelos el flujo de agua es relativamente isotrópico y el nivel freático corresponde al nivel que alcanza el agua en el pozo siendo equivalente a la presión atmosférica. En la tabla siguiente, la terminología empleada para describir categorías de flujo de agua en macizos rocosos considerando la forma de ¿cómo se presenta el flujo? y su efecto en los rellenos de las discontinuidades.

**Tabla 4.**

**Flujo de agua y su efecto en la presión hidráulica.**

CATEGORÍA	DISCONTINUIDADES ESTRUCTURALES		PRESIÓN HIDRÁULICA*
	SIN RELLENO	CON RELLENO	
SECO	Limpias y secas, no hay agua	Relleno consolidado seco, no hay agua	Nula
HÚMEDO	Húmedas sin rasgos de agua lib	Relleno húmedo, no hay agua libre	Muy baja
MOJADO	Saturación de agua en la roca	Relleno saturado con agua	Baja
GOTEO	Flujo ligero de agua	Relleno parcialmente erosionado y flujo lev	Moderada
FLUJO	Flujo continuo de agua	Relleno erosionado y flujo de agua.	Alta

Nota: \* Criterio para valoración cualitativa de la presión hidráulica ejercida por el agua subterránea en la roca, según RMR89, de BIENIAWSKI.

Luego de evaluaciones realizadas en campo se puede inferir que en la zona de interés no se aprecian rasgos visibles de la presencia del nivel freático en los niveles evaluados (Nivel 4 al Nivel 21), sin embargo en base a las características de permeabilidad "natural e inducida en suelos y rocas del sector" se afirma que existen condiciones desfavorables (húmedo, mojado y goteo) del agua de infiltración desde la superficie, descarga y liberación de agua almacenada en la roca y discontinuidades en zonas de profundización.

### **3.1.10 Cubicación de Reservas**

#### **3.1.10.1 Normas para la Estimación de Reservas**

Para la estimación de reservas se considera:

##### **•Probado**

Es el mineral que no tiene riesgo de discontinuidad entre los lados muestreados debe estar muestreado en sus 4 lados; también se puede considerar de acuerdo a los rasgos geológicos como mineral probado el que tiene 3, 2 o 1 lado muestreado. Aplicando las reglas que se indican más adelante.

##### **•Probable**

Es el mineral adyacente al probado, en el que se prevee algún riesgo de discontinuidad, pero que tiene suficientes evidencias geológicas para suponer la continuidad del mineral; sin poder asegurar su dimensión ni el contenido de sus valores. Se considera como mineral probable solo el 85% o menos del obtenido para los cálculos, como factor de certeza por el riesgo de discontinuidad.

Los minerales probados y probables constituyen reservas cuando son económicamente explotables.

##### **•Posible o Perspectivo**

Es el mineral cuyo tonelaje y leyes se fundan con el conocimiento del comportamiento de la mineralización, tipo de yacimiento y que se halla en las proximidades del mineral probado o probable, se considera solo el 80% o menos del volumen calculado por riesgo de discontinuidad.

### •Potencial

Es aquel cuya estimación se basa mayormente en el conocimiento del carácter geológico del yacimiento, es decir no depende de su exposición directa sino de indicaciones indirectas, tales como litológicas favorables, estructuras geológicas, relación con minas vecinas, anomalías geoquímicas o geofísicas. Etc también se define como el mineral que puede encontrarse en el resto de la estructura, donde solo existen afloramientos, o las condiciones geológicas permiten establecer que el área ofrece posibilidades de contener mineralización.

Pueden ser considerados como minerales potenciales los minerales marginales. Los minerales con limitaciones comerciales en el mercado y los remanentes, o sea los que sin valor por las circunstancias actuales pueden tener valor eventualmente en el futuro.

Los minerales posibles como potenciales no constituyen reservas.

#### 3.1.10.2 Análisis de la Cubicación:

Las reservas de minerales cubicadas al 31 de diciembre del 2,023 en vetas y cuerpos ascienden a (12'870,278 T.M.S.); tonelaje mayor en 860,689 T.M.S. con relación al cubicado el 31 de diciembre del 2,022 (12'009,589 T.M.S.); que sumado al mineral producido al 31 de diciembre del 2022 (2'050,240 T.M.S.); da una ganancia real de 2'910,929T.M.S.; y al dividir este resultado entre el avance realizado en exploraciones y desarrollos (32,284.56 m.); el ratio obtenido es de 90 T.M.S/m.

Reservas Estimadas al 31 de Diciembre del 2023

**Tabla 5.**  
**Reservas Estimadas al 31 de Diciembre del 2023**

TMS	A. V/C m.	A.M m.	Ag OZ/TC	Pb %	Cu %	Zn %	Valor USS/TMS	Equiv. Oz Ag
12'870,278	5.19	5.33	3.27	0.93	0.34	2.28	37.96	7.22

#### 3.1.10.3 Reservas Minerales.

Las reservas de mineral estos últimos años se ha incrementado considerablemente, debido a los buenos resultados en las exploraciones y desarrollos de las Vetas Oroya, Ximena, Ximena Piso, Esperanza, Esperanza Piso, Mariana Piso.

En los cuerpos mineralizados, las reservas disminuyeron 2 % con relación a la estimación anterior; debemos notar que los cuerpos Chiara, Micaela 2, Emilia Norte, Carmen 4; han

incrementado sustancialmente sus reservas. En esta cubicación no se ha considerado los cuerpos Casapalca registrado con sondajes diamantinos en los niveles 10, 14, 18 y los cuerpos Alfa en el nivel 18.

#### **3.1.10.4 Valor Mínimo (CUT OFF)**

El Cut Off es el límite económico al que se puede explotar un yacimiento minero. En la presente estimación se ha considerado como mineral de rendimiento económico de vetas todo tonelaje cuyo valor esta sobre o igual \$40 y en el caso de cuerpos todo tonelaje cuyo valor esta sobre o igual \$20. Obviamente cualquier variación en el costo total o en el precio de los metales o contratos de venta de los minerales se reflejara en un incremento o disminución de reservas según sea el caso.

Además hemos considerado otros minerales de acuerdo a los siguientes valores:

Categoría	Valor US\$ por T.M.S.
<b>Vetas:</b>	
Económico	: Mayor ó igual a US\$40
Marginal	: Mayor ó igual a US\$35 y menor a US\$40
Submarginal	: Mayor ó igual a US\$30 y menor a US\$35
Informativo	: Mayor ó igual a US\$20 y menor a US\$30
Referencial	: Menor ó US\$35

<b>Cuerpos:</b>	
Económico	: Mayor ó igual a US\$20
Marginal	: Mayor ó igual a US\$15 y menor a US\$20
Submarginal	: Mayor ó igual a US\$12 y menor a US\$15
Informativo	: Mayor ó igual a US\$10 y menor a US\$12

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADO Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 Resultados**

#### **4.2 Ubicación del proyecto**

Para llegar al Pique Vertical Carlos, se ingresa por el XC – 435 SE del nivel 435 de la zona Cuerpos. En este nivel también se ubica la estación principal, el castillo para poleas, la cámara de winche y los Pockets 1 y 2 de recepción de mineral y desmante. A partir de ahí se va prolongar verticalmente el pique hasta el nivel 24, realizando estaciones principales y auxiliares en los niveles 4, 10, 14, 18, 21 y 23 con la finalidad de facilitar el rimado de sección, revestimiento de la columna, montaje de estructuras y otros materiales para su ejecución. Así el pique circular Carlos va contar con estaciones de carguío en los niveles 18 y 23 por donde se va izar el mineral y desmante de la mina.

La construcción del Pique Circular en la Unidad Minera Americana será revestida con concreto con sets metálicos cada 5m y contará con 2 winches de izaje, tanto para Producción y servicios.

Para efectos de diseño se consideró la siguiente sección Circular de 5.50 m de diámetro, separación vertical entre piso y piso de 5.00 m de estructura o sets metálicos con 4 compartimientos, (1 jaula, 1 camino - 2 skips).

#### **4.3 Estudio de Estabilidad del Pique**

Estudio Geomecánico de Estabilidad del PIQUE CIRCULAR del Nv. 450 al Nv.21 tiene el propósito de establecer los controles y la estabilidad de la labor en el proceso constructivo y determinar los controles necesarios para garantizar factores de seguridad suficientes para las instalaciones e infraestructura permanente.

Para realizar el Análisis Geomecánico del mencionado Pique Circular se tomaron datos de campo llevados a gabinete, pruebas de Pull Test y el uso del Software Phase 2, se tomó en cuenta los siguientes datos:

- Litología Presente: Arenisca Calcárea - con intercalaciones de Lutita.
- Calidad de Roca: F/R y MF/R-P

#### **4.4 Mapeo Geomecánico de Labores Subterráneas**

Esta evaluación ha sido realizada en labores subterráneas próximas y que dan acceso al Pique Circular con la finalidad de caracterizar la masa rocosa a través de un índice numérico cuantitativo que permita discretizar la masa rocosa en "Dominios geomecánicos".

Este mapeo geomecánico ha sido realizado por el método de "Ventanas o Celdas", realizándose en total 7 estaciones definidas como "EG- 01 a EG-7".

Los resultados de estas evaluaciones se muestran en Anexo 5 (Registro de campo - Mapeo Geomecánico). Entre los parámetros descritos en los registros podemos destacar Resistencia de roca, RQD, tipo de estructura, orientación de discontinuidades estructurales, grado de fracturamiento, espaciado, persistencia, apertura, rugosidad, tipo de relleno, espesor del relleno, grado de meteorización y condición de agua subterránea.

Realizado el mapeo Geomecánico de las Labores aledaños y las cámaras en los Nv.450, 435, 4, 10, 14, 18, 21 y 23, se concluye que el Pique Circular se encuentra ubicado en una roca Regular Tipo IIIA - 111B.

**Figura 7.**  
**Mapeo geomecanico**



#### **Ensayos de Campo - Martillo de Schmidt**

Estos ensayos se realizaron como parte del registro geomecánico con el objetivo de estimar datos de resistencia a compresión simple de roca usando el martillo de Schmidt y la picota de geólogo (anexo 6).

**Figura 8.**  
**Ensayo de resistencia**



**Tabla 6.**  
**Resumen de rebotes con el Martillo Schmidt**

Niveles	Resistencia Promedio (Mpa) Angulo de prueba = 0 <sup>a</sup>
Nv 450	108
Nv 435	109
Nv 4	131
Nv 10	135
Nv 14	141
Nv 18	142
Nv 21	155

#### **4.5 Descripción de Factores Geomecánicos Usados para el Diseño de Sección y Estabilidad del Pique Carlos.**


##### **4.5.1 Estudio Geomecánico del Pique Carlos.**

###### **4.5.1.1 Ensayo de Carga Puntual (Point Load Test)**

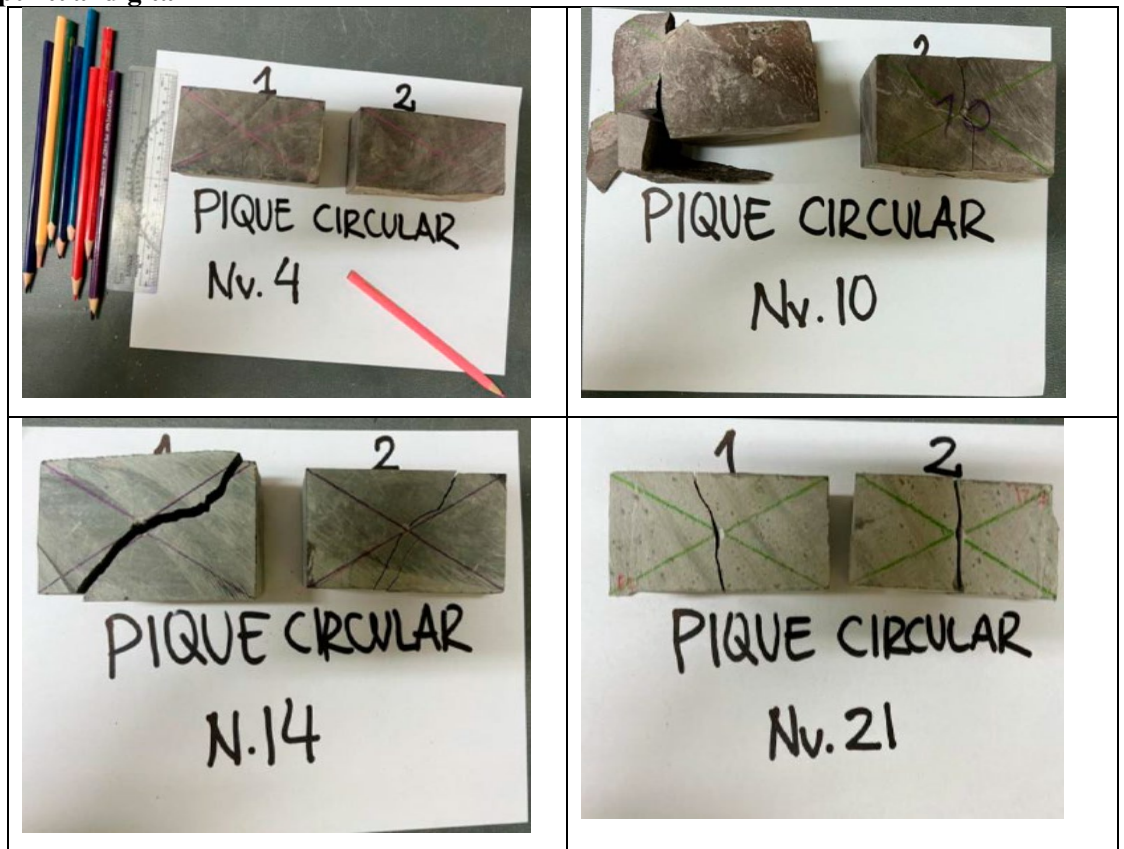
Para la ejecución de este ensayo se tomaron muestras representativas de los niveles evaluados para su preparación a las condiciones de ensayo y según las normas recomendadas. Los resultados a los ensayos de carga puntual (EQUIPO: Model 45-D0550/E) en rocas sedimentarias, realizadas en el Pique Circular Nv. 450 L Nv. 21. Se muestra continuación los resultados:

**Figura 9.**

**Reporte de Control del Equipo de Carga Puntual Digital**

		$W = \text{Ancho (prom.)}$ $H = \text{Alto } 0.3H < D > H$									
<b>ENSAYO MUESTRAS IRREGULARES</b>											
<b>REPORTE CONTROL DEL EQUIPO DE CARGA PUNTUAL DIGITAL</b>											
EMPRESA	ALPAYANA						LITOLÓGIA	CAPAS ROJAS			
UNIDAD	AMERICANA						GEOMETRÍA	BLOQUE DE ROCA			
UBICACIÓN	LIMA						OTROS	NV.450 - Nv.21 PIQUE CIRCULAR			
POINT LOAD TEST	45-D550/E						OBS.				
FECHA	31/11/2022										
REALIZADO POR	Ing. HECTOR, DIAZ JORA										
				$0.3H < D > H$				(1 KN = 101.97 Kgf) (1 Kgf/cm <sup>2</sup> = 0.098067 Mpa)			
<b>Nv. 450</b>											
Nro.	Fecha	Carga (KN)	Carga (Kgf)	H (mm)	W (mm)	De	De2	Is	F.C.	Is(50)	Sc (MPa)
1	01/11/2022	21	2141.41	100	50	80	6366.4	3.3	1.3	4.17	100.01
2	01/11/2022	24	2447.33	100	50	80	6366.4	3.8	1.3	4.76	114.29
<b>Nv. 435</b>											
Nro.	Fecha	Carga (KN)	Carga (Kgf)	H (mm)	W (mm)	De	De2	Is	F.C.	Is(50)	Sc (MPa)
1	01/11/2022	24	2447.33	100	50	80	6366.4	3.8	1.3	4.76	114.29
2	01/11/2022	23	2345.36	100	50	80	6366.4	3.6	1.3	4.56	109.53
<b>Nv. 4</b>											
Nro.	Fecha	Carga (KN)	Carga (Kgf)	H (mm)	W (mm)	De	De2	Is	F.C.	Is(50)	Sc (MPa)
1	01/11/2022	26	2651.27	100	50	80	6366.4	4.1	1.3	5.16	123.82
2	01/11/2022	28	2855.22	100	50	80	6366.4	4.4	1.3	5.56	133.34
<b>Nv. 10</b>											
Nro.	Fecha	Carga (KN)	Carga (Kgf)	H (mm)	W (mm)	De	De2	Is	F.C.	Is(50)	Sc (MPa)
1	01/11/2022	29	2957.19	100	50	80	6366.4	4.6	1.3	5.75	138.1
2	01/11/2022	27	2753.24	100	50	80	6366.4	4.2	1.3	5.36	128.58
<b>Nv. 14</b>											
Nro.	Fecha	Carga (KN)	Carga (Kgf)	H (mm)	W (mm)	De	De2	Is	F.C.	Is(50)	Sc (MPa)
1	01/11/2022	31	3161.13	100	50	80	6366.4	4.9	1.3	6.15	147.63
2	01/11/2022	28	2855.22	100	50	80	6366.4	4.4	1.3	5.56	133.34
<b>Nv. 18</b>											
Nro.	Fecha	Carga (KN)	Carga (Kgf)	H (mm)	W (mm)	De	De2	Is	F.C.	Is(50)	Sc (MPa)
1	01/11/2022	29	2957.19	100	50	80	6366.4	4.6	1.3	5.75	138.1
2	01/11/2022	32	3263.1	100	50	80	6366.4	5	1.3	6.35	152.39
<b>Nv. 21</b>											
Nro.	Fecha	Carga (KN)	Carga (Kgf)	H (mm)	W (mm)	De	De2	Is	F.C.	Is(50)	Sc (MPa)
1	01/11/2022	32.7	3334.48	100	50	80	6366.4	5.1	1.3	6.49	155.72
2	01/11/2022	32.3	3293.7	100	50	80	6366.4	5.1	1.3	6.41	153.82

**Figura 10.**  
**Carga puntual digital**



#### 4.5.2 Caracterización geomecánica del macizo rocoso

##### 4.5.2.1 Propiedades Físicas y Mecánicas de la roca intacta

Se realizaron una serie de ensayos de campo (resistencia a compresión simple usando el martillo de rebote y la picota de geólogo) y ensayos de mecánica de rocas en laboratorio (propiedades físicas, compresión simple, compresión triaxial, constantes elásticas y carga puntual) a fin de estimar los parámetros de roca intacta.

**Tabla 7.**  
**Resumen de resultados de ensayos de campo**

UBICACIÓN	DOMINIO GEOMECÁNICO	RESISTENCIA COMPRESIÓN (Mpa)				COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE JUNTAS	
		$\sigma_c$ (Picota Mpa)*	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	#(Rebotes/0°) PROMEDIO	$\sigma_c$ (Martillo de Schmidt, Mpa)*	PERFIL	(JRC, 20cm)*
ROCAS ENCAJONATES DE ESTRUCTURA MINERALIZADA	II-A	100-250	27	56	180	Ug. Rugosa a Lisa	12
	II-B	100-250	27	44	120		11
	III-A	50-100	27	38	80		10
	III-B	50-100	26	32	60		10
	IV-A	25-50	26	22	38		9
	IV-B	25-50	26	-	28		7
ESTRUCTURA MINERALIZADA	II-A	100-250	28	52	160	Rugosa	14
	II-B	100-250	28	45	115		13
	III-A	50-100	28	34	75		12
	III-B	50-100	28	28	55		11
	IV-A	25-50	27	21	36		10
	IV-B	25-50	27	-	25		9
Fallas*	V	5.0 - 25.0	22	R. Brechoide	15	Pulid a- plana	1.5
		< 5.0	21	R. Gouge	2.5		0.5
Notas: *Valoraciones realizadas durante el registro geomecánico de campo.							
Fallas con <u>relleno "blando tipo brechoide"</u> , óxidos, carbonatos recristalizados (probable movimiento de tipo tensional?).							
Fallas con <u>rellenos "blandos tipo Gouge"</u> , alteración de arcillas-cloritas (probable sucesión de eventos "apertura-relleno y movimientos posteriores en regimen frágil .....reactivación con fallamiento inverso?).							

Fuente: Departamento de geomecánica de Alpayana

#### 4.5.2.2 Propiedades Físicas y Mecánicas de la masa rocosa

Para evaluar las propiedades de resistencia en la Masa Rocosa, se ha realizado el tratamiento estadístico a resultados de cálculos obtenidos aplicando los criterios de "Hoek & Brown: 2002-2006; Serafin & Pereyra: 1983, Karzulovic: 1999, Kalamaras-Bieniawski; Aydan-Ulusay-Kawamoto, Sen-Sadagh", ensayos de Mecánica de Suelos y Mecánica de Rocas en Campo y Laboratorio según procedimientos sugeridos por "ISRM" y Normas "ASTM". En la siguiente tabla, se muestra el resumen de propiedades de resistencia en la masa rocosa para fines del Estudio.

**Tabla 8.**  
**Resumen de Propiedades de Resistencia en la Masa Rocosa**

CALIDAD DE MASA ROCOSA			PROPIEDADES DE RESISTENCIA _ MASA ROCOSA*										
UBICACIÓN	RMR	GSI	Peso específico (KN/m3)	$\sigma_{ci}$ (Mpa)	mi	mb	s	a	$\sigma_M$ (Mpa)	E(Gpa) Young	Poisson( $\nu$ )	Angulo de Fricción $\Phi$ (°)	C (Mpa)
ROCAS ENCAJONANTES DE ESTRUCTURA MINERALIZADA	75	70	27	185	25.8	4.32	0.0106	0.501	65	25.6	0.23	40.4	10.9
	65	60	27	127	18.3	1.69	0.0023	0.503	35	14.2	0.25	36.6	8.2
	55	50	27	87	18.5	0.94	0.0005	0.506	20	10.6	0.26	34.1	6.5
	45	40	27	65	14.3	0.4	0.0001	0.511	11	7.8	0.27	31.4	4.5
	35	30	26	43	12.2	0.19	0.000025	0.522	6	5.5	0.29	30.1	3.3
	25	20	26	28	9.3	0.08	0.000054	0.544	2	1.2	0.33	20.3	0.61
ESTRUCTURA MINERALIZADA	75	70	28	159	24.5	4.1	0.0106	0.501	59	25.4	0.24	36.7	12.6
	65	60	28	119	23.6	2.18	0.0023	0.503	35	16.1	0.25	37.3	7.8
	55	50	28	83	17.3	0.88	0.0005	0.506	20	9.8	0.26	33.7	6.3
	45	40	28	62	16.2	0.45	0.0001	0.511	11	6.2	0.28	32.4	4.9
	35	30	27	36	11.5	0.18	0.000025	0.522	5	2.2	0.25	22.9	1.3
	25	20	27	25	8.5	0.1	0.000054	0.544	2	1.1	0.27	20	0.58
FALLAS	15	10	22	15	-	-	-	-	-	0.6	0.36	17.4	0.16
	10	5	21	3	-	-	-	-	-	0.4	0.38	16.2	0.04

Fuente: Departamento de geomecánica de Alpayana

Nota: Las propiedades de resistencia a nivel de dominios geomecánicos han sido obtenidos mediante el análisis estadístico a resultados de cálculos realizados aplicando los criterios de "Hoek & Brown: 2002-2006; Serafín & Pereyra: 1983, Karzulovic: 1999, Kalamaras-Bieniawski; Aydan-Ulusay-Kawamoto, Sen-Sadagh", Ensayos de Mecánica de Rocas en campo y laboratorio según procedimientos sugeridos por "ISRM" y Normas "ASTM"

Estas propiedades físicas-mecánicas que caracterizan a los dominios geomecánicos conceptuados en la mina y constituyen información de interés para el análisis de estabilidad a desarrollar en acápites posteriores.

#### 4.5.2.3 Índice RQD

Para estimar el RQD solo se consideran los fragmentos o trozos de testigos de material fresco, excluyéndose los que presentan un grado de alteración importante. La medida de este índice se realiza en cada maniobra de sondeo o en cada cambio litológico, siendo recomendable que la longitud de maniobra no exceda los 1.5 m. además, el diámetro mínimo de los testigos debe ser de 48 mm.

Si no se dispone de los datos de sondeo, el RQD aproximado se puede estimarse por medio de la siguiente formula.

$$RQD = 115 - 3.3 J_V$$

Donde:

$J_V$ : es el numero de fracturas observado por metro cubico de roca.

**Tabla 9.**  
**Porcentaje de RQD Promedio por Niveles**

Nivel	h	RQD
Nv. 450	78.0	55
Nv. 435	135.0	58
Nv. 4	355.0	60
Nv. 10	659.0	68
Nv. 14	845.0	68
Nv. 18	1045.0	70
Nv. 21	1235.0	75

**Nota:** Se ha encontrado que el promedio de RQD se encuentra en el rango de 50 a 75% de calidad de roca aceptable.

**Tabla 10.**  
**Clasificación del Macizo Rocosos RQD**

RQD	CALIDAD DE LA ROCA
<25%	Muy pobre
25-50%	Pobre
50-75%	Aceptable
75-90%	Buena
>90%	Excelete

#### 4.5.2.4 Sistema de clasificación RMR

Desarrollado por Bieniawski en 1989 el índice de calidad de roca “RMR” constituye un sistema para clasificar los macizos rocosos utilizando parámetros geotécnicos. Para llevar a cabo esta clasificación es necesario clasificar los siguientes parámetros:

- J1: resistencia uniaxial de la matriz de roca
- J2: Grado de fracturación de acuerdo con el RQD (%)
- J3: Espaciamiento de las discontinuidades
- J4: Características de las discontinuidades
- J5: Condiciones hidrogeológicas
- J6: Orientación de las discontinuidades

$$\mathbf{RMR = J1 + J2 + J3 + J4 + J5 + J6}$$

El criterio de Bieniaswski (1989) modificado para esta evaluación a fin de clasificar a la masa rocosa se presenta en el siguiente cuadro:

**Figura 11.**  
**Criterio de Bieniawski (1989)**

TIPO DE MACIZO ROCOSO	CLASE	COLOR	RMR
MUY BUENA	I	<b>A</b>	71 - 80
BUENA	II	<b>B</b>	61 - 70
REGULAR A	III A	<b>C</b>	51 - 60
REGULAR B	III B	<b>C1</b>	41 - 50
POBRE A	IV A	<b>D</b>	31 - 40
POBRE B	IV B	<b>D1</b>	21 - 30
MUY POBRE	V	<b>E</b>	< 21

En la siguiente tabla se presenta el resumen de clasificación geomecánica de la masa rocosa que conforman la zona de interés, utilizando la clasificación geomecánica de RMR de Bieniawski-1989, modificado por Manuel Romana-2000, con adaptación a la información de la unidad minera.

**Tabla 11.**  
**Resumen de Clasificación Geomecánica RMR-89 mina Casapalca.**

CLASIFICACIÓN: CALIDAD DE MASA ROCOSA, SEGÚN VALORACIÓN RMR 89 DE BIENIAWSKI-1989, MODIFICADA POR MANUEL ROMANA-2000, CON ADAPTACIONES DE GLSA					CLASIFICACIÓN
UBICACIÓN	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DE LA MASA ROCOSA	RMR*	GSI	
ROCAS ENCAJONANTES DE ESTRUCTURA MINERALIZADA	Secuencias sedimentarias de ambiente continental representadas por "areniscas calcáreas y calizas arenosas" de grano grueso a fino intercaladas con niveles finos de "margas y lutitas" afectadas por un intenso metasomatismo que nos permite definir a estas unidades litológicas como un "Skarn de Epidotas, Cuarzo, Calci ta, Micas Blancas y esporádicamente presencia de granates".	Estructuras rocosas sedimentarias, caracterizadas por su textura de grano grueso a fino, color gris-verdosa con tonalidades "violáceas, amarillo pálido, blanco lechoso y amarillentas" en presencia de alteraciones hidrotermales. Estructuralmente se encuentran "levemente fracturas, fracturas, muy fracturas e intensamente fracturas", presentan resistencias a compresión simple variables entre "alta-intermedia-baja". El agua subterránea afecta considerablemente a esta unidad litológica mediante el deterioro progresivo de sus propiedades resistentes (cohesión y fricción) específicamente en sectores próximos al contacto con "fallas y zonas de corte".	75	70	Buena A
			65	60	Buena B
			55	50	Regular A
			45	40	Regular B
			35	30	Mala A
			25	20	Mala B
ESTRUCTURA MINERALIZA	Brechas silisificada-carbonatizada-piritizada de sulfuros masivos y sulfuros diseminados, con alteraciones de (piritas y minerales opacos), de textura bandeada e impregnaciones de agregados criptocristalinos de minerales oxidados.	Estructura rocosa, color gris-oscuro con tonalidades asociadas a diferentes minerales (principales y accesorios), alteraciones (silisificación, piritización) que caracterizan a las estructuras mineralizadas (Cuerpos: Casapalca-Esperanza, Vetas: Chiara-Esperanza Piso/Norte), presencia de cuarzo, calci ta e intercalaciones con "óxidos". Estructuralmente se encuentran "levemente fracturas, fracturas, muy fracturas e intensamente fracturas" especialmente en sectores adyacentes a "fallas y zonas de corte". Presentan resistencias a compresión simple variables entre "alta, intermedia, baja". El agua subterránea afecta considerablemente a esta unidad litológica mediante el deterioro progresivo de sus propiedades resistentes (cohesión y fricción) en sectores próximos al contacto con "fallas y zonas de corte".	75	70	Buena A
			65	60	Buena B
			55	50	Regular A
			45	40	Regular B
			35	30	Mala A
			25	20	Mala B

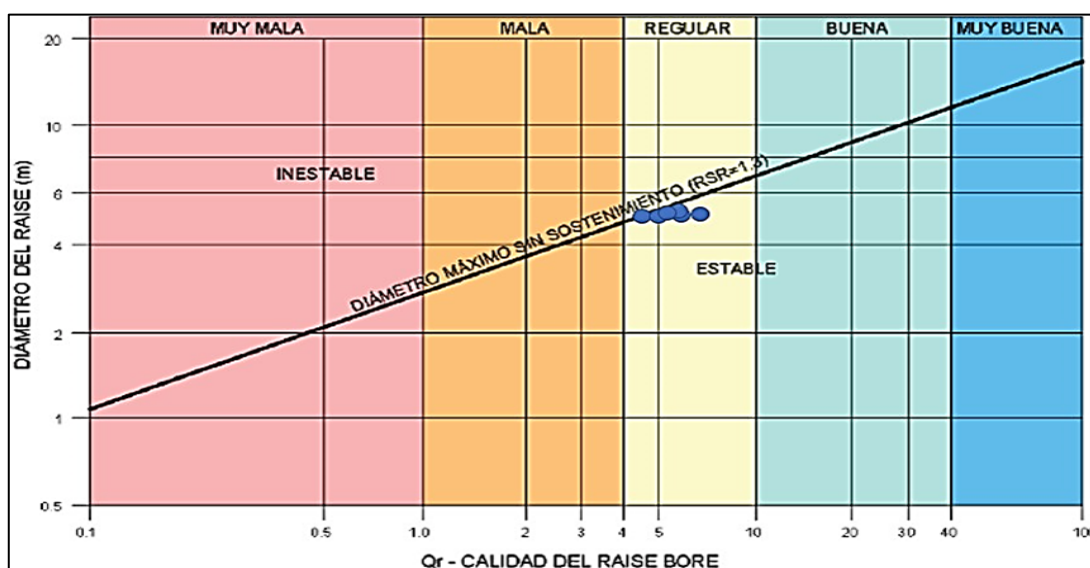
FALLAS	Relleno de fallas.	Estructura rocosa, color gris-oscuro de aspecto terroso, comportamiento plástico. Estructuralmente "intensamente fracturada, triturada y descompuesta", resistencias a compresión simple muy bajas. El agua subterránea afecta negativamente a esta unidad litológica considerando su composición (arcillas-clastos-brechas) y su comportamiento higroscópico (cristalinos y miloníticos).	10	5	Muy Mala
--------	--------------------	---	----	---	----------

Nota 1: La descripción litológica corresponde a unidades litológicas (rocas encajonates y estructuras mineralizadas, asociadas al minado en los Cuerpos Casapalca-Esperanza y su entorno físico entre los Niveles 12 al 18).

#### 4.5.2.5 Sistema de clasificación "Q" de Barton

Para el presente estudio el método desarrollado por McCracken y Stacey (1989), se adecua a la evaluación de la estabilidad de excavaciones verticales (chimeneas, piques) realizadas mediante el método de excavación con Raise Borer que determina el valor de  $Q_r$ . Siendo  $Q_r$  el parámetro de entrada y el diámetro de la excavación vertical, tal como se aprecia-se en la figura siguiente.

**Figura 12.**  
**Relacion entre el diámetro de excavación vertical y  $Q_r$**



Fuente: McCracken y Stacey, 1989

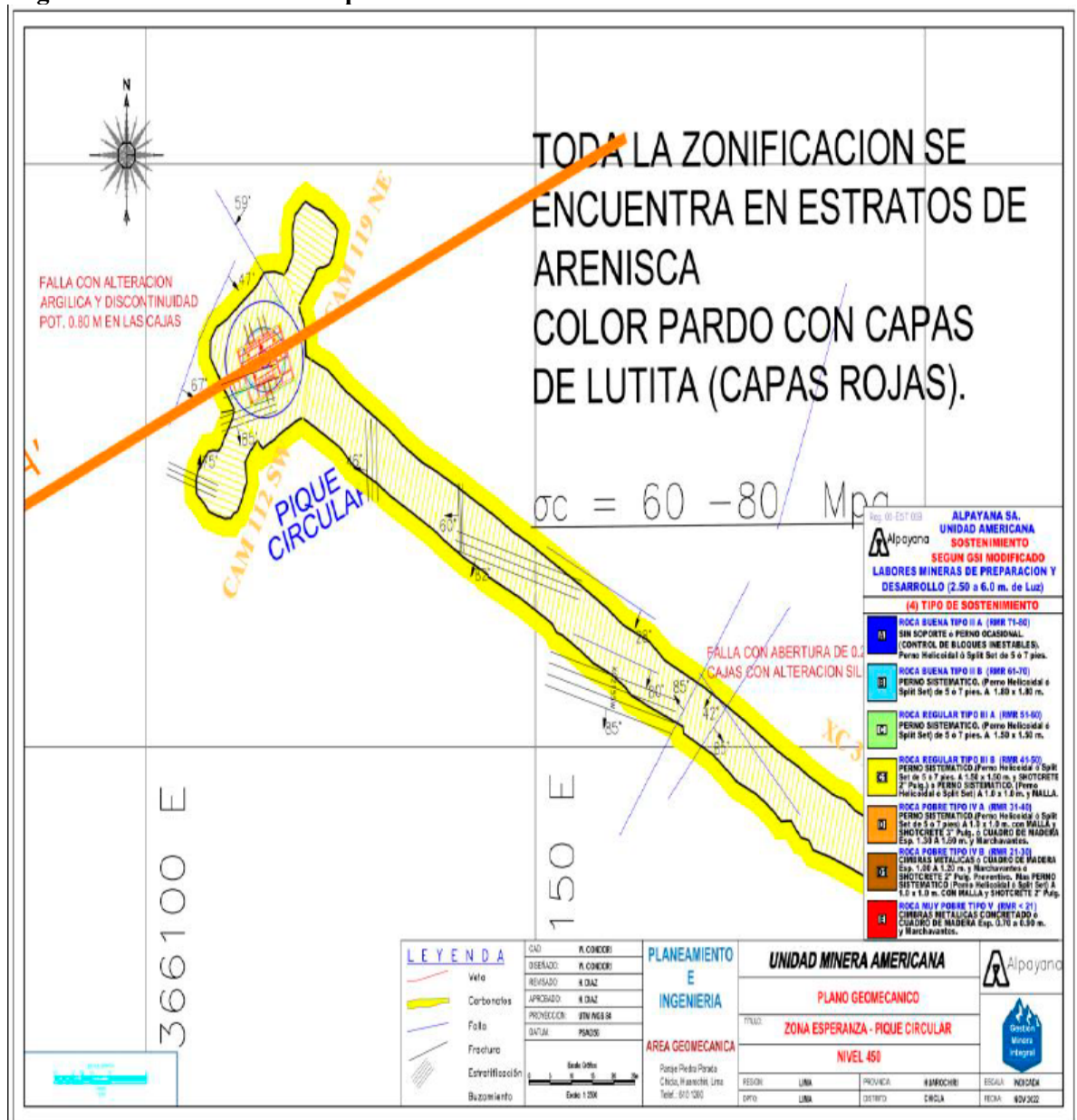
#### 4.5.3 Zonificación geomecánica

La aplicación racional de los diferentes métodos de cálculo en mecánica de rocas requiere fundamentalmente que la masa rocosa en estudio se encuentre sectorizada (dividida) en áreas con similares características (dominios geomecánicos) debido a que el "análisis de resultados y los criterios de diseño" serán válidos sólo dentro de masas rocosas con similares características.

En ese sentido "la litología, el grado de alteración, el arreglo estructural, las propiedades resistentes a nivel de roca intacta-discontinuidades estructurales y masa rocosa" serán criterios de interés para definir los "Dominios geomecánicos" presentes en la masa rocosa.

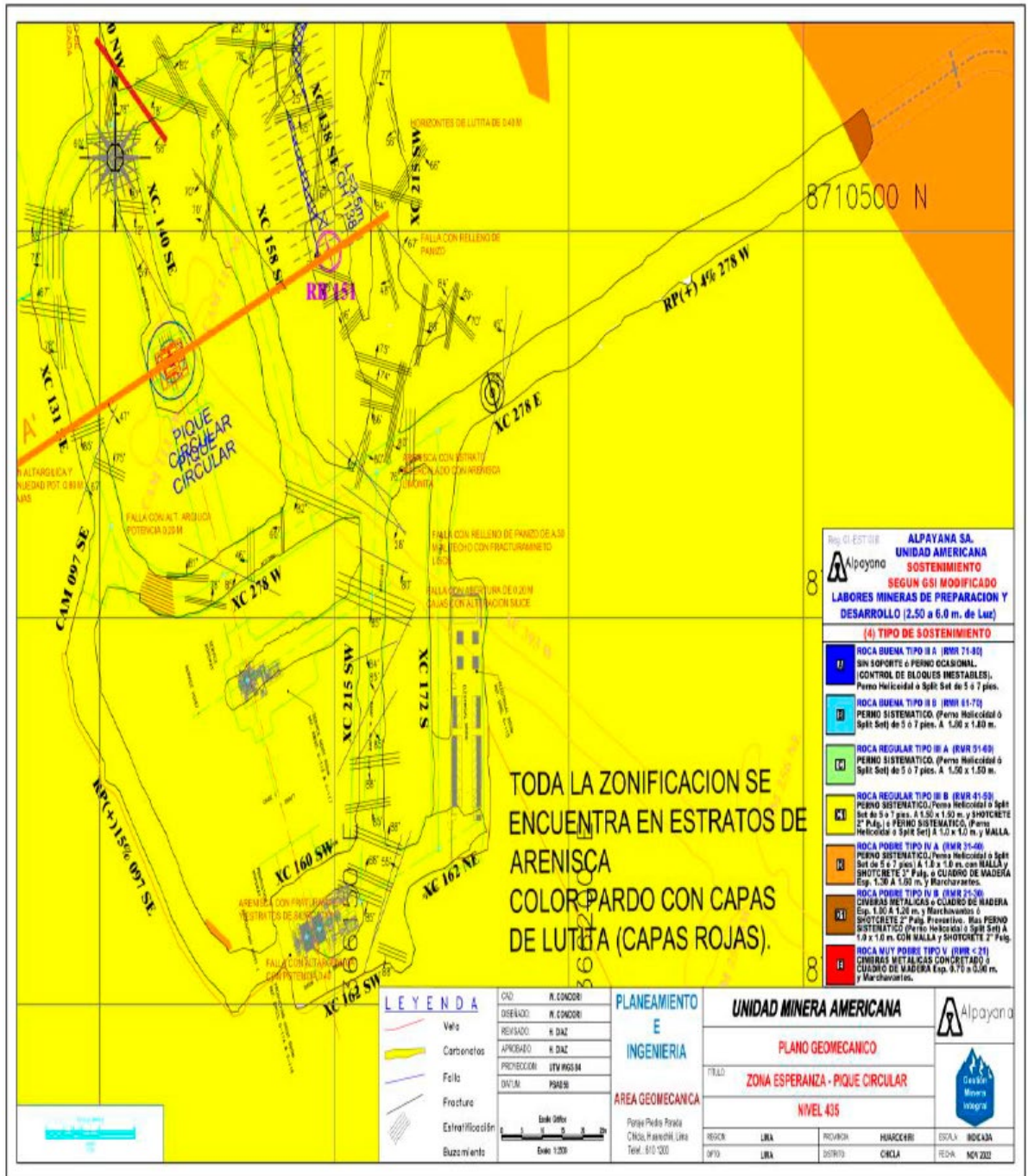
Los aspectos de la calidad de roca han sido consideraciones por cada nivel evaluado desde el Nv. 450, Nv 435 Nv. 4, Nv.10, Nv. 14, Nv. 18 y Nv. 21.

**Figura 13.**  
**Plano geomecánico del Nv 450 Pique circular**



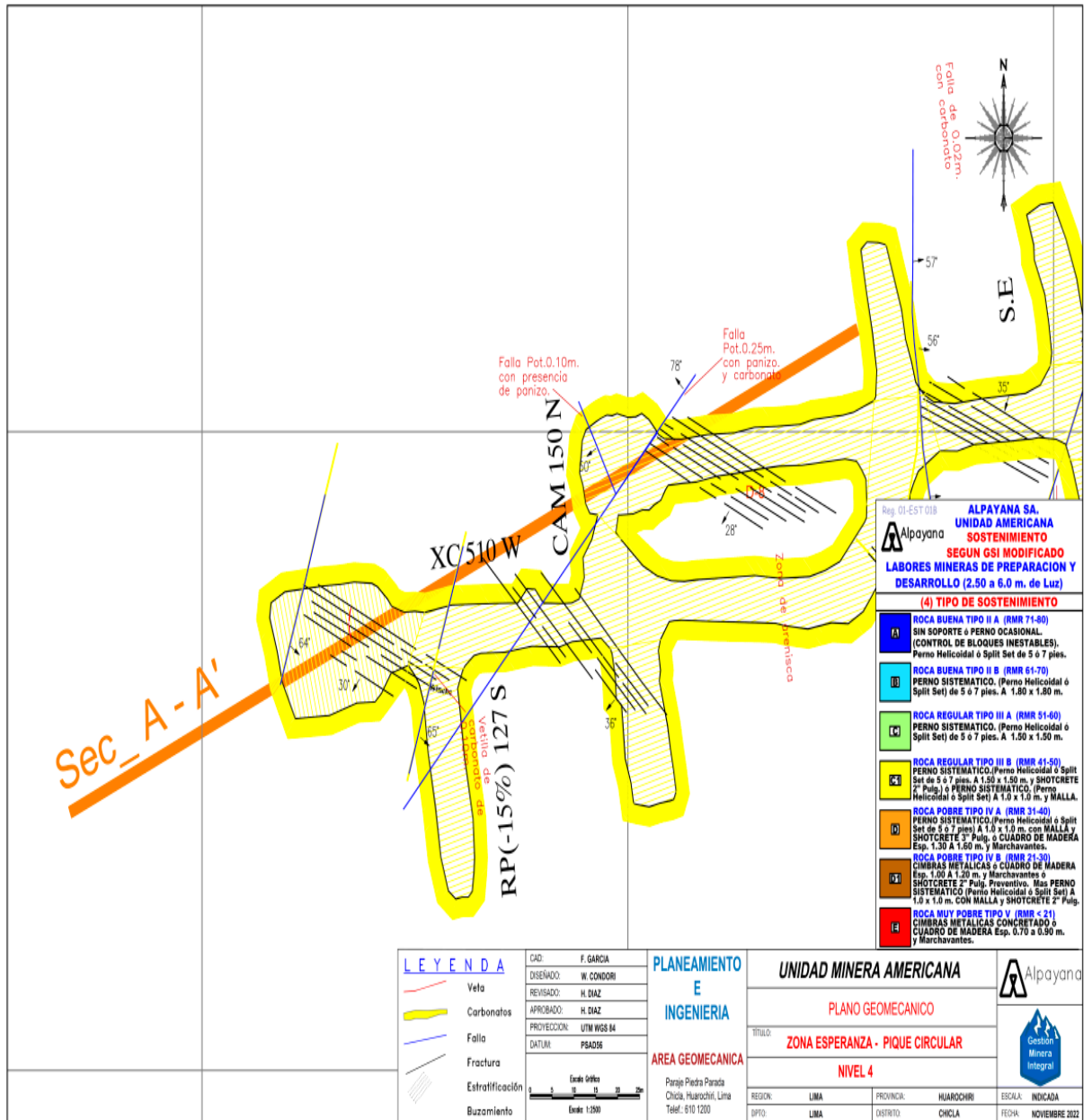
Fuente: Departamento de geomecánica de Alpayana

Figura 14.  
Plano geomecánico del Nv 435 Pique circular



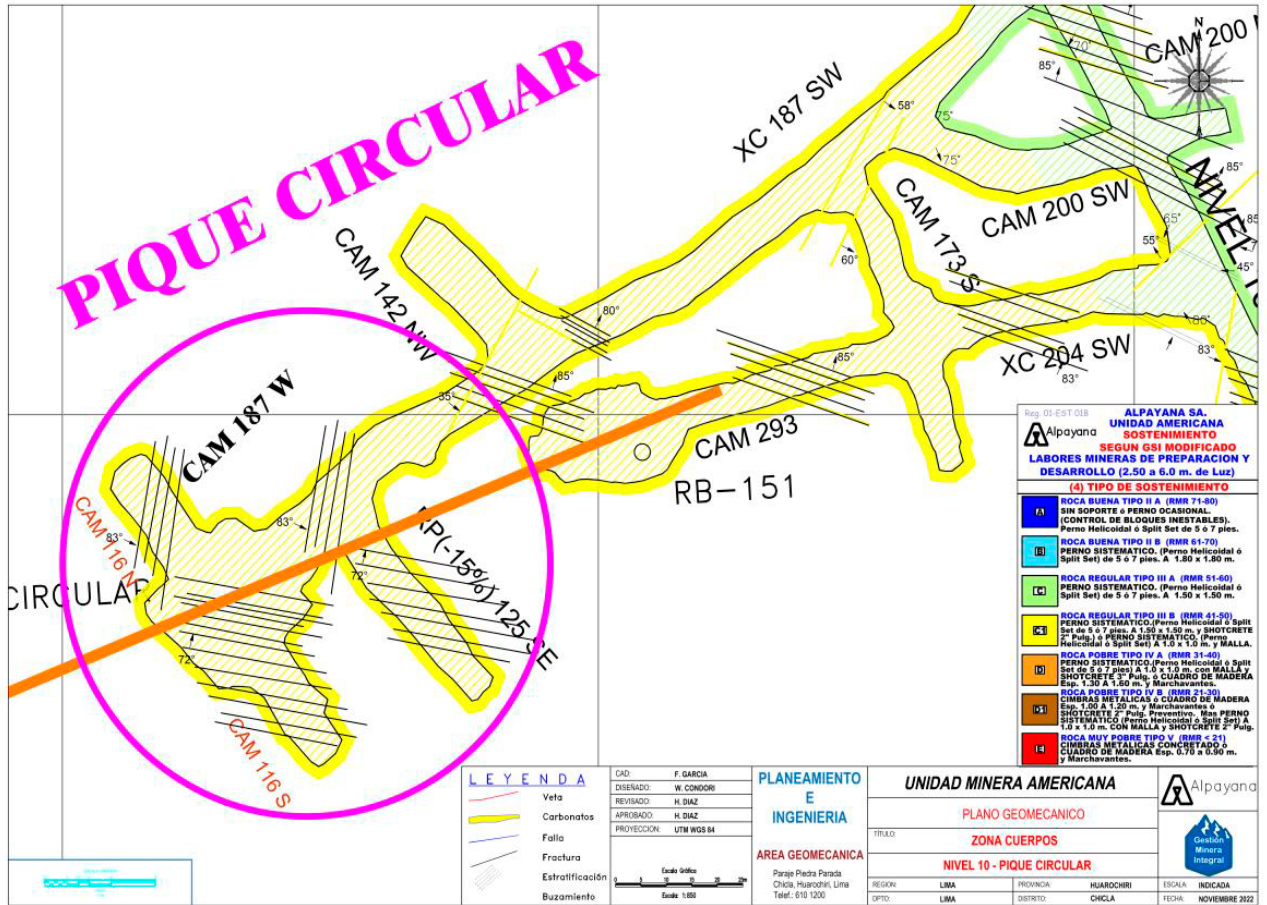
Fuente: Departamento de geomecánica de Alpayana

**Figura 15.**  
**Plano geomecanico del Nv 4 Pique circular**



Fuente: Departamento de geomecánica de Alpayana

Figura 16.  
Plano geomecanico del Nv 10 Pique circular



Fuente: Departamento de geomecánica de Alpayana

#### 4.6 Diseño y estabilidad de excavaciones

##### 4.6.1 Dimensionamiento de la excavación

El método utilizado para el análisis de estabilidad del Pique Circular es la propuesta por McCracken y Stacey (1989) que introducen el concepto ajustado del valor de  $Q$  de Barton para aplicaciones en excavaciones de Raise Borer.

$$Q_r = Q_{sidewall} \times Q \times O \times W$$

Donde:

$Q_r$ : Calidad de roca para Raise Borer

$Q_{sidewall}$ : Factor de ajuste a la cara del Raise Borer

$O$ : Ajuste por orientación

$W$ : Ajuste por alteración del entorno de la excavación

Para el cálculo de la longitud máxima de la excavación del Raise Borer, se ha propuesto la fórmula siguiente:

$$Span_{Max} = 2 \times RSR \times Q_R^{0,4}$$

Donde:

RSR: Ratio de estabilidad del Raise Borer (1.3 para Ventilación y 1.6 para Transporte de Material)

#### 4.6.2 Dimensionamiento de abertura de excavación

Para la estimación del Span Máximo en la excavación del Pique Circular se ha considerado la metodología descrita, tomando en consideración las condiciones geomecánicas de los niveles:

**Tabla 12.**  
**Estimación del Q por Niveles – Pique Circular.**

Nivel	h	RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q
Nv. 450	78.0	55	9	2	2	0.8	1	4.89
Nv. 435	135.0	58	9	2	2	0.8	1	5.16
Nv. 4	355.0	60	9	2	2	0.9	1	6.00
Nv. 10	659.0	68	9	2	1	0.9	4	3.40
Nv. 14	845.0	68	9	3	1	0.9	5	4.08
Nv. 18	1045.0	70	9	3	1	1	5	4.67
Nv. 21	1235.0	75	9	3	1	1	5	5.00

Los valores obtenidos para el Q de Barton se ajustan por las consideraciones de la pared de la labor, la orientación de las discontinuidades y el grado de alteración de la roca.

$$Q_r = Q_{sidewall} \times Q \times O \times W$$

**Tabla 13.**  
**Cálculo de Qr por Niveles -Pique Circular**

Nivel	h	Qw	O	W	Qr
Nv. 450	78.0	2.5	0.6	0.75	5.50
Nv. 435	135.0	2.5	0.6	0.75	5.80
Nv. 4	355.0	2.5	0.6	0.75	6.75
Nv. 10	659.0	2.5	0.6	0.9	4.59
Nv. 14	845.0	2.5	0.6	0.9	5.51
Nv. 18	1045.0	2.5	0.6	0.9	6.30
Nv. 21	1235.0	2.5	0.6	0.9	6.75

El principal factor que afecta la estabilidad de un Raise Bore es su diámetro. La longitud del Raise Bore es un factor que contribuye a la incidencia de falla en las

paredes laterales, pero no afecta a la estabilidad en forma aislada.

La forma circular de la excavación del raise bore se acepta generalmente como óptima para la estabilidad en un medio de esfuerzos laterales uniformes. así, la estabilidad de la pared es controlada por el diámetro del Raise bore, en analogía con la estabilidad de la pared de un túnel, la cual es controlada por su altura.

La estabilidad del frente es determinada simplemente en términos de una luz máxima sin sostenimiento, donde:

$$\text{Span max.} = 2 \times \text{RSR} \times Q^{0.4}$$

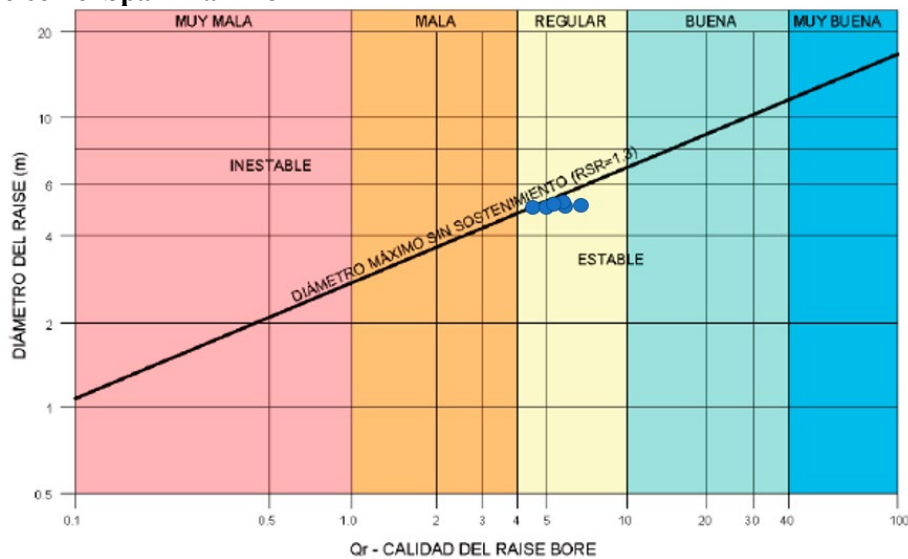
Tomando en consideración el uso del Pique Circular para los niveles evaluados se obtiene las dimensiones máximas detalladas en la tabla siguiente:

**Tabla 14.**  
**Span Máximo por Niveles – Pique Circular**

Nivel	h	Qr	SpanMax (m)
Nv. 450	78.0	5.50	6.33
Nv. 435	135.0	5.80	6.46
Nv. 4	355.0	6.75	6.87
Nv. 10	659.0	4.59	5.89
Nv. 14	845.0	5.51	6.33
Nv. 18	1045.0	6.30	6.68
Nv. 21	1235.0	6.75	6.87

Los valores obtenidos del Qr junto con el Span Máximo determinado se muestra en el grafico siguiente, los cuales se ubican en la zona estable sin sostenimiento.

**Figura 17.**  
**Qr junto con el Span Máximo**



Cabe señalar, que la dimensión establecida para el proyecto del Pique Circular ha sido establecida por las condiciones de operación (equipos, diseño, geomecánica y seguridad) con un diámetro de 5.50 m.

#### 4.7 Estimación de Esfuerzos Insitu e Inducido

Para medir la magnitud de esfuerzos se ha tomado como base algunas tendencias de mediciones de esfuerzos “in-situ” mediante técnicas de Overcoring realizadas en la región y en la unidad minera utilizando los criterios de “Sheorey-1994 e Hipótesis de Fallas Conjugadas” determinándose la constante de transmisión de esfuerzos (k) y la orientación del tensor de esfuerzos preminado para fines del informe, los resultados de estas aproximaciones se resume en la siguiente tabla.

**Tabla 15.**  
**Magnitud de Esfuerzos Principales.**

ESTIMACIÓN DE LA MAGNITUD DE ESFUERZOS PRINCIPALES POR ZONA										
ESFUERZOS		ZONA ALTA			ZONA INTERMEDIA			ZONA BAJA		
Peso Especifico (KN/m <sup>3</sup> )	0.027	Superiores hasta el Nivel 04			Niveles del 5 al 13			Niveles del 14 al 21		
Modulo de Elasticidad (Gpa)	Gpa	10.23			15.16			25.5		
Calidad de Roca (RMR) de la Zona	RMR	III-B			III-A			II-B		
Profundidad Media (m.)	m	250	300	350	400	600	800	900	1000	1200
Constante de Transmisión de Esfuerz	k	0.61	0.56	0.53	0.62	0.53	0.49	0.63	0.61	0.58
Esfuerzo Máximo (Mpa)	( $\sigma_1$ )	6.75	8.1	9.45	10.8	16.2	21.6	24.3	27	32.4
Esfuerzo Medio (Mpa)	( $\sigma_2$ )	5.43	6.32	7.21	8.76	12.42	16.08	19.77	21.7	25.55
Esfuerzo Mínimo (Mpa)	( $\sigma_3$ )	4.1	4.54	4.97	6.71	8.64	10.56	15.23	16.39	18.7

Nota: Para estimar la magnitud de esfuerzos principales, se considera que en toda su extensión la masa rocosa estará sometida a condiciones de esfuerzo-deformación variables (caso no geoestático).

#### 4.8 Estabilidad estructuralmente controlada

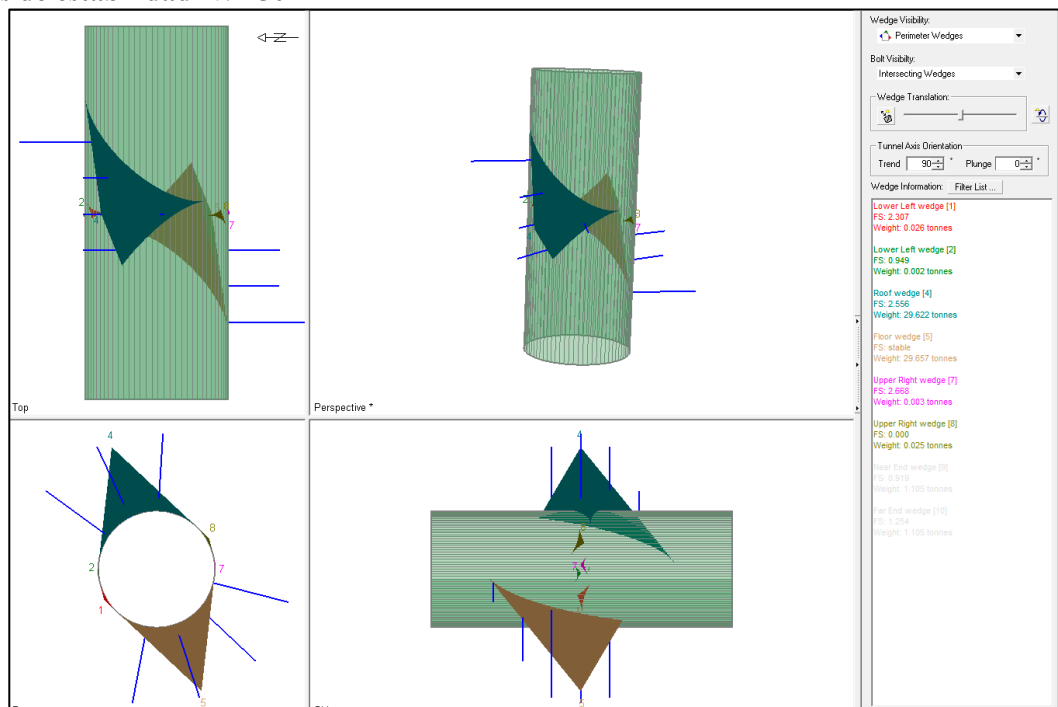
En base a información obtenida del análisis estereográfico de datos estructurales (fallas y diaclasas); en el área de interés se prevé que los modos más probables de inestabilidad estructuralmente controlada en excavaciones subterráneas serán desprendimientos del tipo Cuña (Wedge) y Lajamientos tipo Losa (Slabing).

Dependiendo de su ubicación espacial (hastiales-corona), dimensiones de excavación y propiedades resistentes de las discontinuidades en los frentes de excavaciones subterráneas

estos desprendimientos serán por "gravidad y/o deslizamiento", es necesario indicar que estos mecanismos de inestabilidad (gravidad y deslizamiento) serán los modos de inestabilidad estructuralmente controlada en la zona de cuerpos y su entorno físico. En este contexto los análisis de estabilidad estructuralmente controlada (AEEC) a realizarse en acápites posteriores del informe deben determinar el factor de seguridad (F.S.) en términos probabilísticos independientemente de la ubicación de los bloques inestables (hastiales y corona).

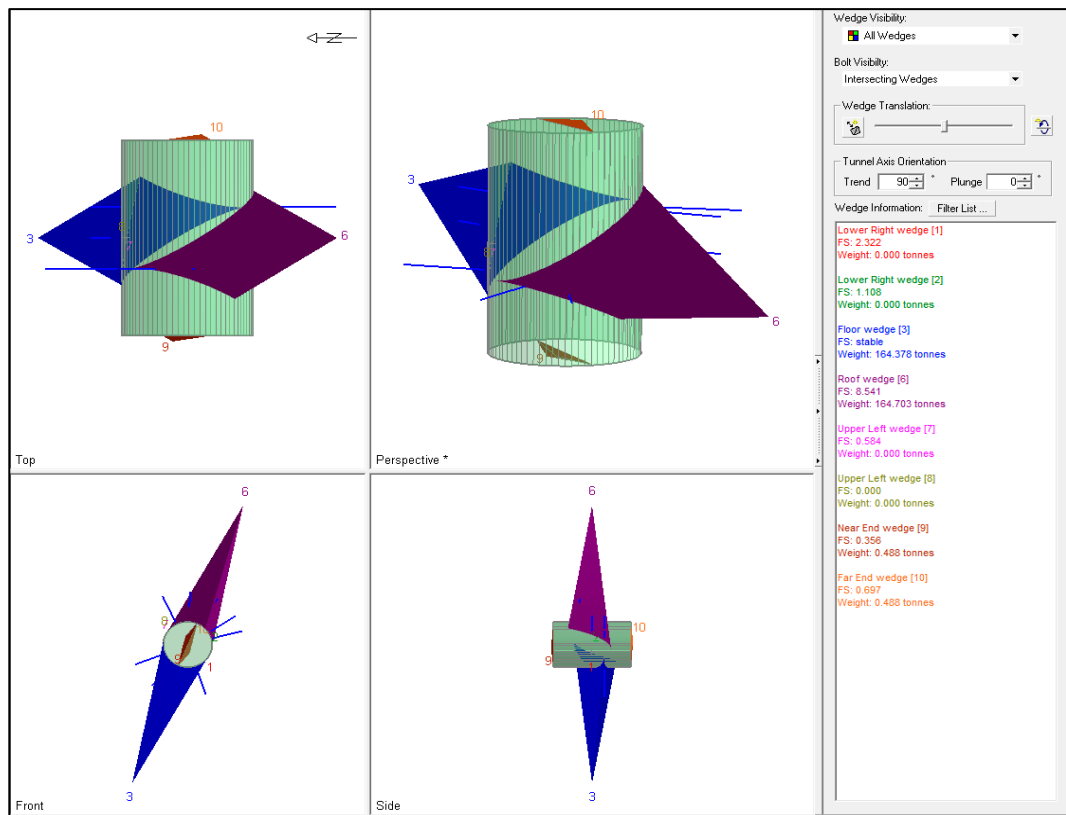
En los gráficos siguientes se muestran los resultados del análisis por niveles respecto a la estabilidad generada por las estructuras:

**Figura 18.**  
**Análisis de estabilidad Nv 450**



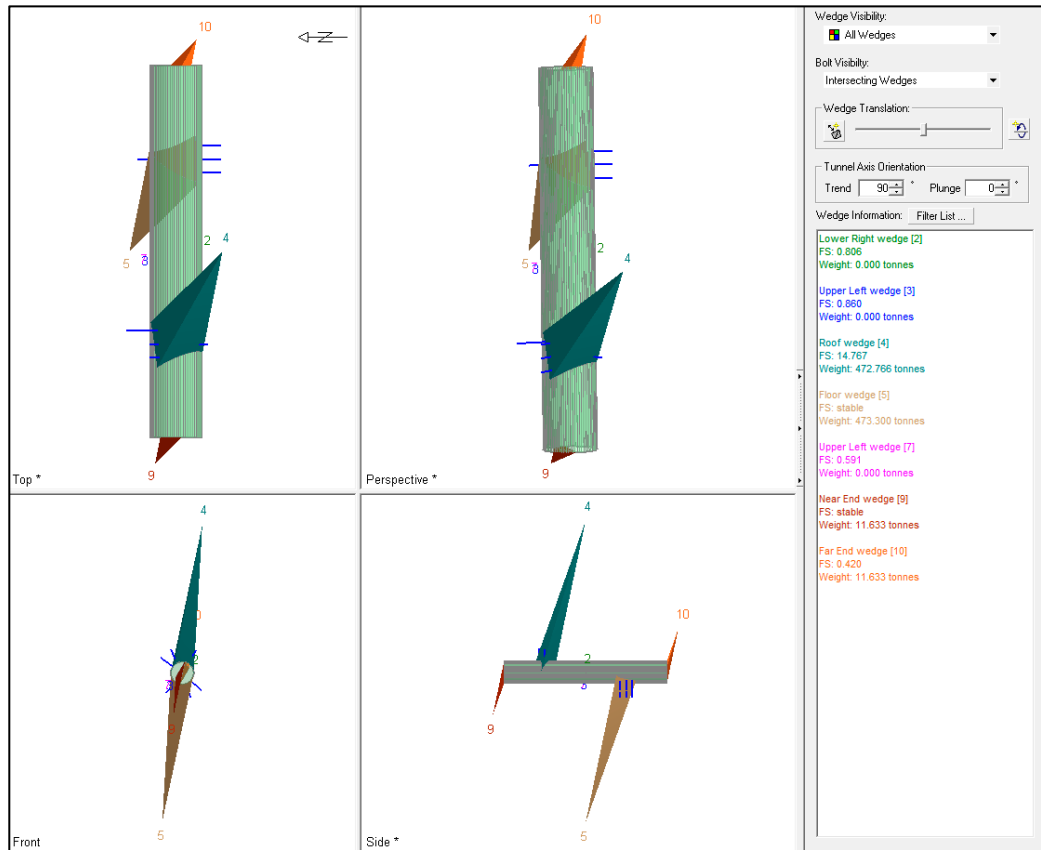
Fuente: Departamento de geomecánica de Alpayana

**Figura 19.**  
**Análisis de estabilidad Nv 4**



Fuente: Departamento de geomecánica de Alpayana

**Figura 20.**  
**Análisis de estabilidad Nv 21**



Fuente: Departamento de geomecánica de Alpayana

#### 4.9 Estabilidad por Esfuerzos – Modelo Numérico

El método de elementos finitos para fines del estudio consiste en simular esfuerzos-deformaciones, mediante discretización (división) de la masa rocosa en pequeñas unidades finitas (dominios) con el cual se intenta resolver problemas físicos mediante modelamiento numérico (simulación). El análisis de estabilidad empleando modelamiento numérico por elementos finitos (M.E.F), se utiliza realizando el software Phse2, versión 8.024 de Rocscience.

El análisis de esfuerzos/deformación considera la aplicación de propiedades físico-mecánicas del macizo rocoso y resistencia de las discontinuidades, las consideraciones de esfuerzos en orientación y magnitud ( $k=0.58$ ).

El criterio de estabilidad mediante modelamiento numérico en las excavaciones subterráneas para las distintas geometrías simuladas es considerar que la relación (Resistencia/Esfuerzo

máximo) garantice el factor de seguridad mayor a 1.5, estabilidad a largo plazo para infraestructura mayor a 1 año.

La roca en profundidad está sometida a una serie de esfuerzos resultantes de varios factores naturales e inducidos por la dinámica de las operaciones mineras.

Para realizar la simulación mediante el método de elementos finitos se define la orientación del tensor de esfuerzos y la magnitud en los niveles evaluados.

El modelamiento numérico, se realizará sobre una sección transversal al rumbo de las estructuras mineralizadas. El método de análisis considera la profundización de los accesos (rampas) en forma descendente y una vez llegado a la base de los niveles de explotación se proyectan galerías (desarrollo) luego se realizan las preparaciones según la infraestructura del método para iniciar la explotación.

La data input para el ingreso al software Phase2 de Rocscience se señala en el cuadro siguiente:

**Tabla 16.**  
**Propiedades de resistencia de la masa rocosa.**

CALIDAD DE MASA ROCOSA			PROPIEDADES DE RESISTENCIA _ MASA ROCOSA*										
UBICACIÓN	RMR	GSI	Peso específico (KN/m3)	$\sigma_{ci}$ (Mpa)	mi	mb	s	a	$\sigma_M$ (Mpa)	E(Gpa) Young	Poisson( $\nu$ )	Angulo de Fricción $\Phi$ (°)	C (Mpa)
ROCAS ENCAJONANTES DE ESTRUCTURA MINERALIZADA	75	70	27	185	25.8	4.32	0.0106	0.501	65	25.6	0.23	40.4	10.9
	65	60	27	127	18.3	1.69	0.0023	0.503	35	14.2	0.25	36.6	8.2
	55	50	27	87	18.5	0.94	0.0005	0.506	20	10.6	0.26	34.1	6.5
	45	40	27	65	14.3	0.40	0.0001	0.511	11	7.8	0.27	31.4	4.5
	35	30	26	43	12.2	0.19	0.000025	0.522	6	5.5	0.29	30.1	3.3
	25	20	26	28	9.3	0.08	0.000054	0.544	2	1.2	0.33	20.3	0.61
ESTRUCTURA MINERALIZADA	75	70	28	159	24.5	4.10	0.0106	0.501	59	25.4	0.24	36.7	12.6
	65	60	28	119	23.6	2.18	0.0023	0.503	35	16.1	0.25	37.3	7.8
	55	50	28	83	17.3	0.88	0.0005	0.506	20	9.8	0.26	33.7	6.3
	45	40	28	62	16.2	0.45	0.0001	0.511	11	6.2	0.28	32.4	4.9
	35	30	27	36	11.5	0.18	0.000025	0.522	5	2.2	0.25	22.9	1.3
	25	20	27	25	8.5	0.10	0.000054	0.544	2	1.1	0.27	20.0	0.58
FALLAS	15	10	22	15	-	-	-	-	-	0.6	0.36	17.4	0.16
	10	5	21	3	-	-	-	-	-	0.4	0.38	16.2	0.04

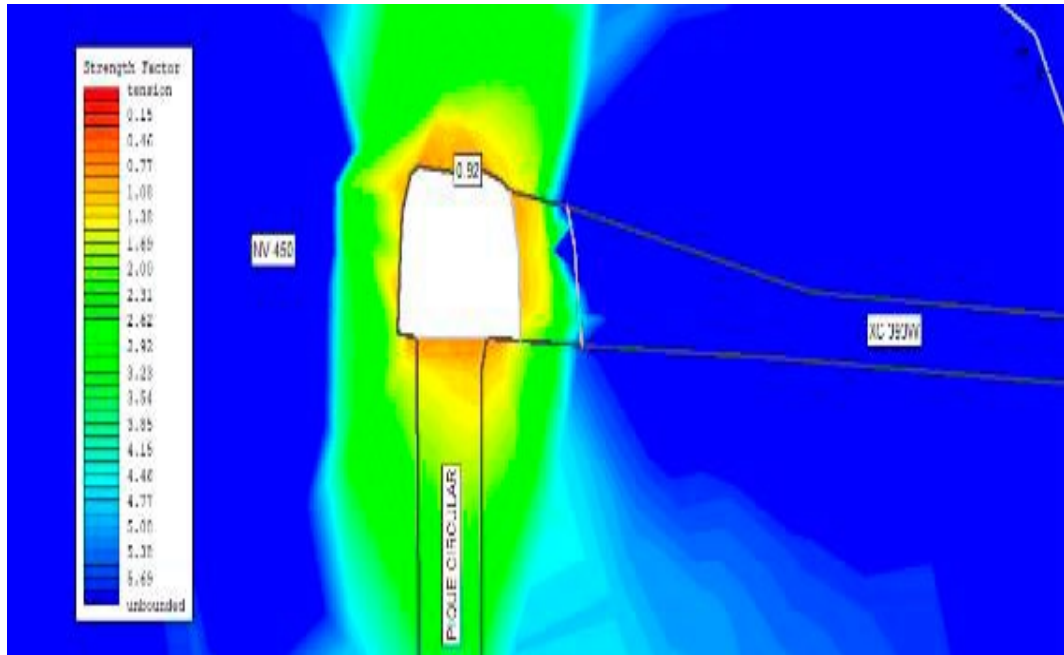
Nota: Las propiedades de resistencia a nivel de dominios geomecánicos han sido obtenidos mediante el análisis estadístico a resultados de cálculos realizados aplicando los criterios de "Hoek & Brown: 2002-2006; Serafin & Pereyra: 1983, Karzulovic: 1999, Kalamaras-Bieniawski; Aydan-Ulusay-Kawamoto, Sen-Sadagh", Ensayos de Mecánica de Rocas en campo y laboratorio según procedimientos sugeridos por "ISRM" y Normas "ASTM".

#### 4.10 Modelamiento en sección del Pique Circular, cámaras y accesos

##### 4.10.1 Nv 450: sección A - A: el desarrollo del pique circular se realizó por el Nv. 450

Que sirve como acceso a la cámara 393, presentando inestabilidad en la corona con FS. 0.92 en excavación sin sostenimiento.

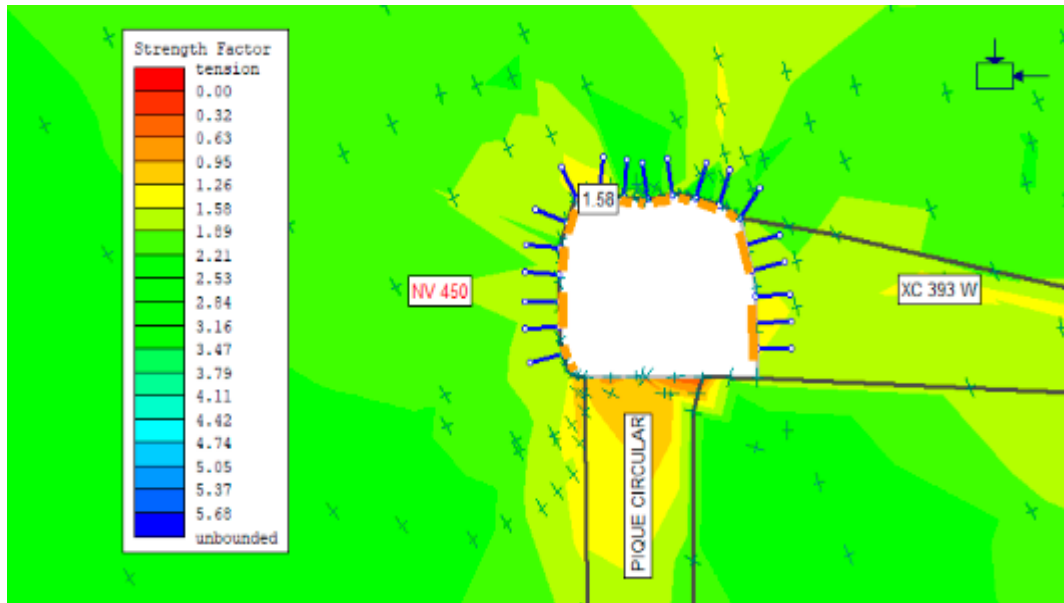
**Figura 21.**  
**Camara 393 con Fs de 0.92**



Fuente: Área Geomecánica Alpayana

En el desarrollo de la CAM del Pique Circular, la labor fue sostenida con pernos helicoidales de 7 y shotcrete de 3" pulgadas mejorando su factor de seguridad de F.S.= 0.92 a 1.58 en los puntos de instalación del sostenimiento; encima del equilibrio límite de estabilidad. Además, la cámara 393 se encuentra reforzada con cable bolting de 4.50 y 9.00 mts.

**Figura 22. Cámara 393 con reforzamiento Fs de 1.58**

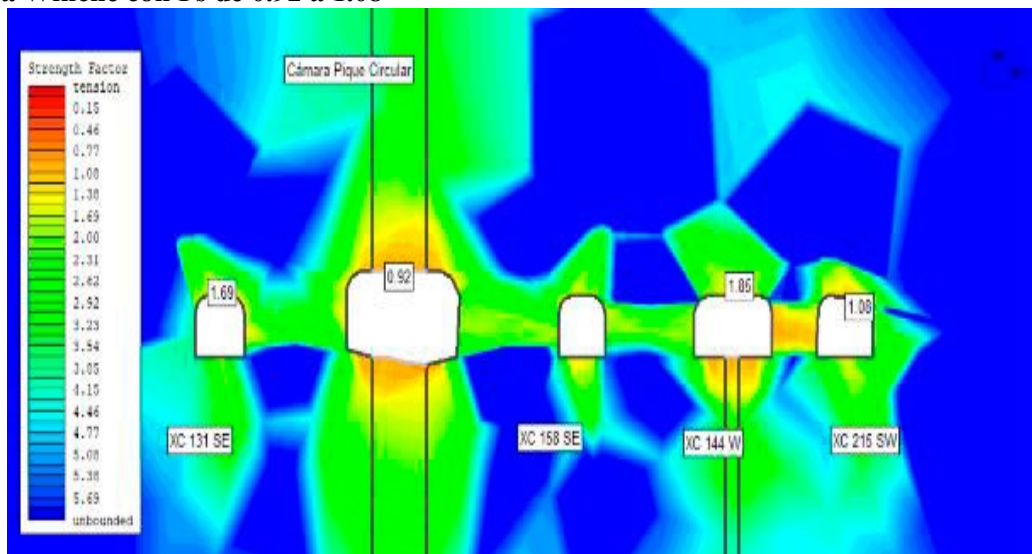


Fuente: Área Geomecánica Alpayana

**4.10.2 Nv 435. Habilitación de cámara winche del pique circular de sección 5.50 del Nv. 450 al Nv. 435**

En el Nv. 435 en condiciones de excavación sin sostenimiento, se observa que las aureolas de tensión aumentan, hacia la base y corona de la zona excavada del Cx-393, y por la configuración estructural traduciéndose en debilidad estructural con un  $F_s = 0.92$  a  $1.08$  por debajo del límite del equilibrio limite

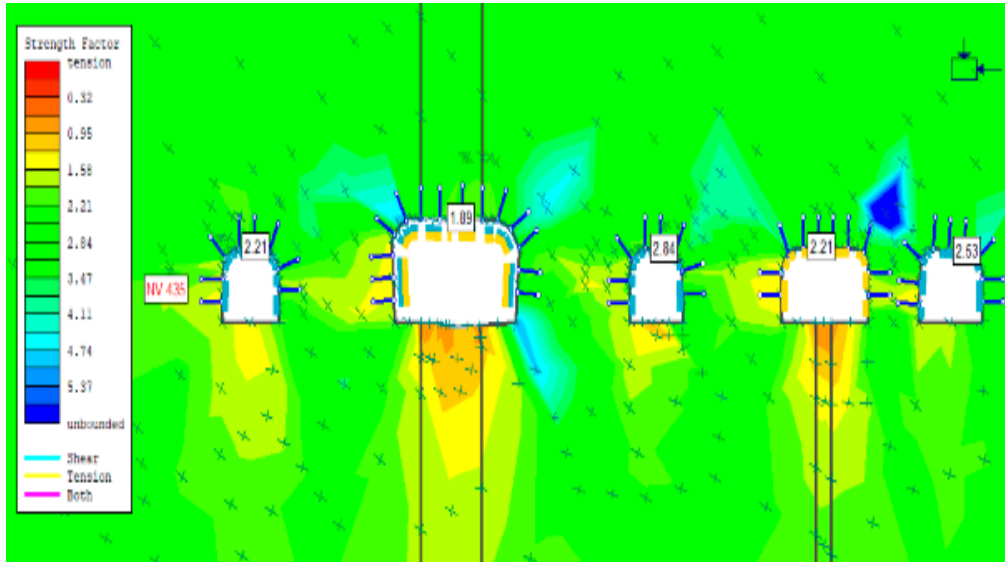
**Figura 23. Cámara Winche con  $F_s$  de 0.92 a 1.08**



Fuente: Área Geomecánica Alpayana

En el análisis de estabilidad luego de realizar el sostenimiento con perno helicoidal y shotcrete, el factor de seguridad del área excavada oscila entre  $F.S.= 1.89$  a  $2.84$ , encima del equilibrio limite. Además la cámara 393 se encuentra reforzada con cable bolting de 4.50 y 9.00 mts.y arcos noruegos.

**Figura 24.**  
**Camara Winche con Fs de 1.89 a 2.84**

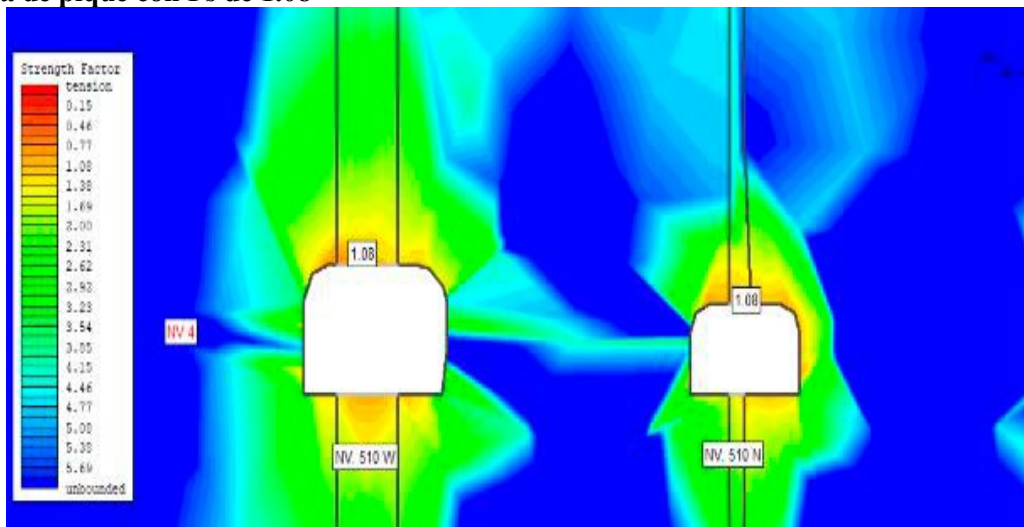


Fuente: Área Geomecánica Alpayana

#### 4.10.3 Nv 4: Excavación de las cámaras del pique circular de sección 5.50 m. Nv.4.

El comportamiento de las aureolas de tensión en el Nv. 4, por la configuración estructural del macizo rocoso, presenta un  $F.S.= 1.08$  al límite del equilibrio.

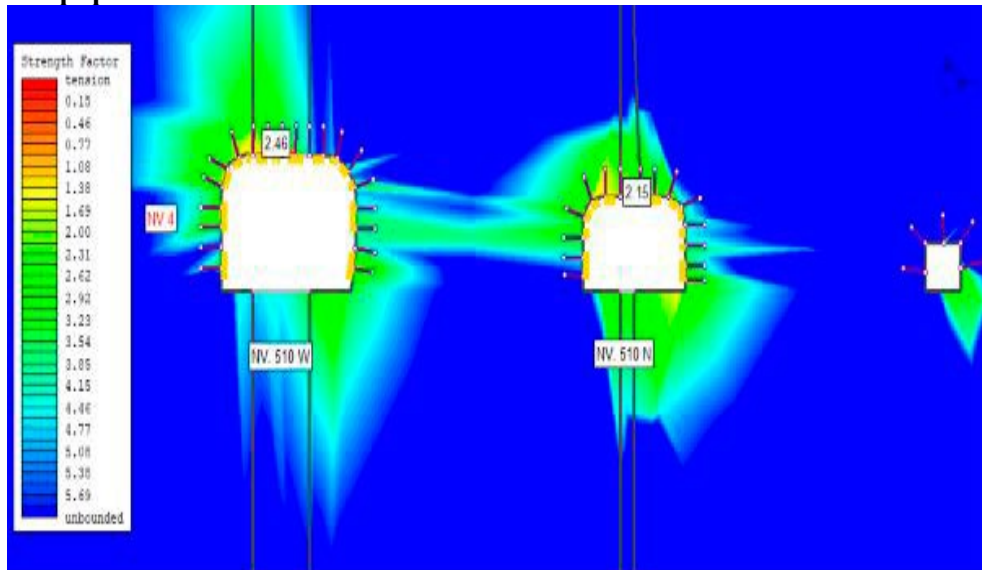
**Figura 25.**  
**Cámara de pique con Fs de 1.08**



Fuente: Área Geomecánica Alpayana

Al realizar el sostenimiento con perno helicoidal y shotcrete, observamos que el factor de seguridad del área excavada;  $FS= 2.15$  a  $2.46$ , por encima del equilibrio limite; como soporte final se procederá al concretado del Pique Circular del Nv.4 al Nv. 450, para la estabilidad global y luego continuar con perforación y rimado a los niveles inferiores.

**Figura 26.**  
**Camara de pique con Fs de 2.15 a 2.46**

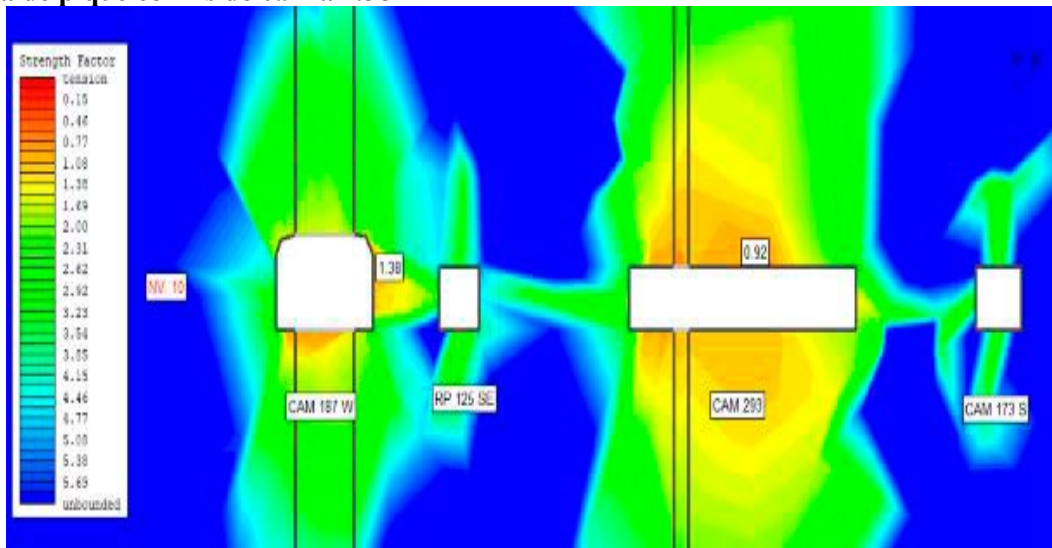


Fuente: Área Geomecánica Alpayana

#### 4.10.4 Nv 10: Preparación de las cámaras del Nv.10. y excavación del pique circular de seccion 5.50 mts.

Realizado el ensanche de las cámaras y el Pique Circular en el nivel 10, donde la calidad del macizo rocoso va mejorando, se tienen aureolas de tensión alrededor de la excavación con valores de  $F.S.= 0.92$  a  $1.38$  en equilibrio limite, además se observa concentraciones de esfuerzos en los hastiales.

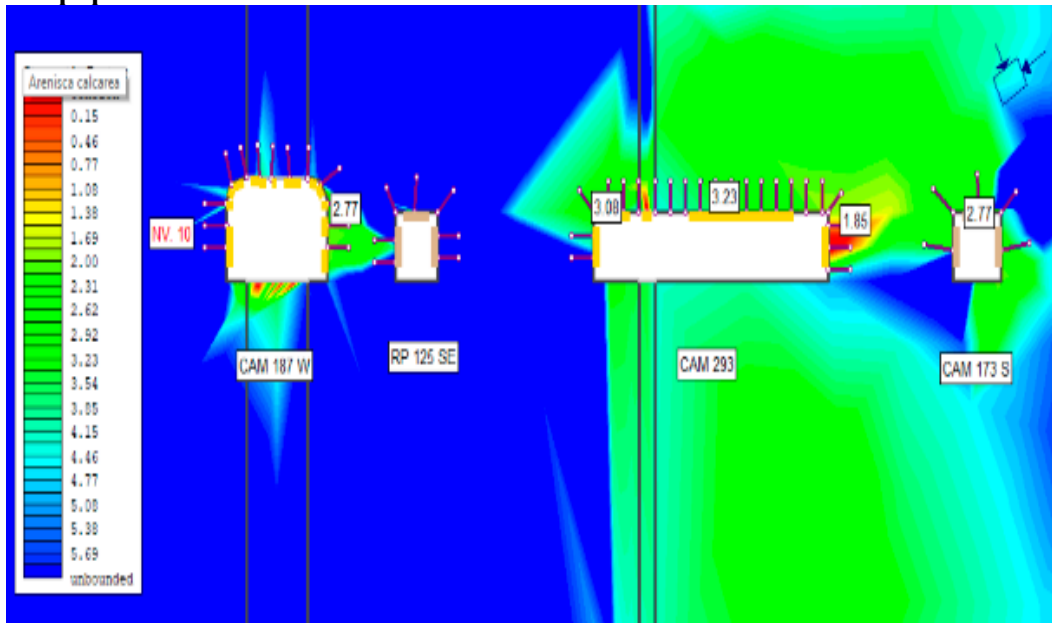
**Figura 27.**  
**Cámara de pique con Fs de 0.92 a 1.38**



Fuente: Área Geomecánica Alpayana

Al realizar el sostenimiento con perno helicoidal y shotcrete, observamos que el factor de seguridad del área excavada;  $FS = 2.15$  a  $2.46$ , por encima del equilibrio limite; como soporte final se procederá al concretado del Pique Circular del Nv.4 al Nv. 450, para la estabilidad global y luego continuar con perforación y rimado a los niveles inferiores.

**Figura 28.**  
**Cámara de pique con Fs de 2.15 a 2.46**

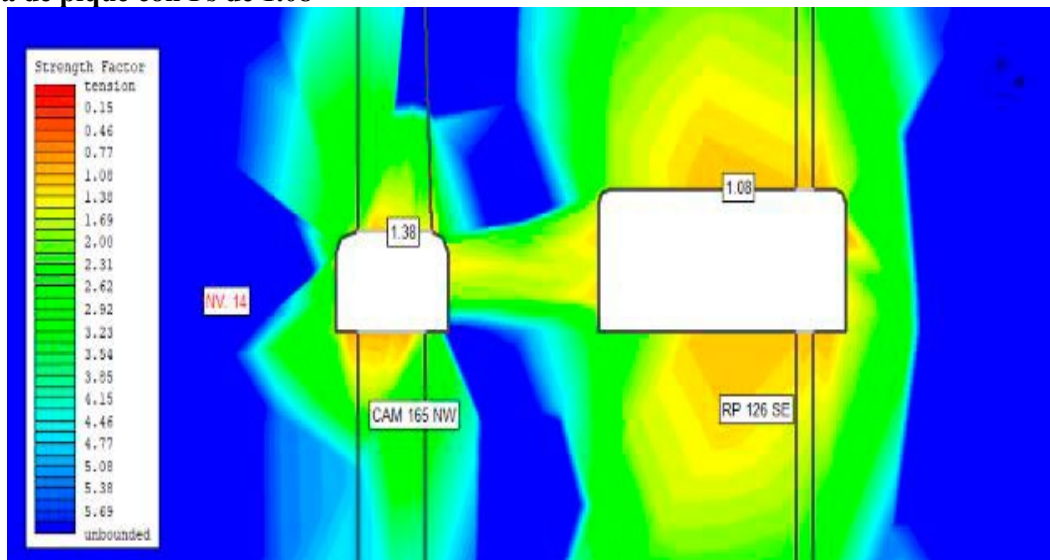


Fuente: Área Geomecánica Alpayana

#### 4.10.5 Nv 14: Preparación de cámaras del pique circular de sección 5.50 m. del Nv.14.

Realizada la preparación de cámaras del Pique Circular Nv. 14, se observa que las aureolas de tensión se distribuyen al contorno de la excavación mayor con F.S. 1.08, y por la configuración y traduciéndose en debilidad estructural la zona del Pilar.

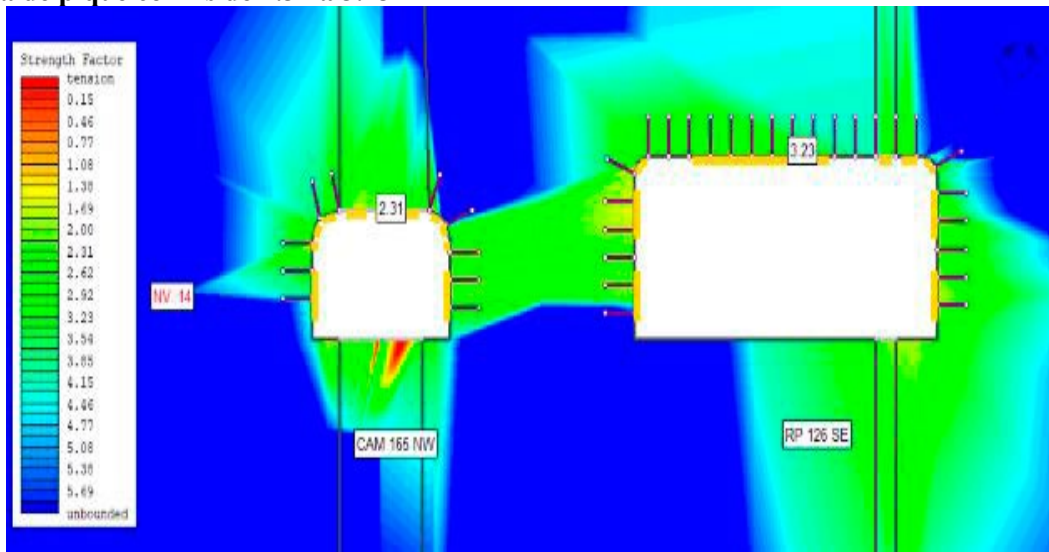
**Figura 29.**  
**Cámara de pique con Fs de 1.08**



Fuente: Área Geomecánica Alpayana

Ejecutado el proceso de sostenimiento y concretado del Pique Circular del Nv.14. En el análisis de estabilidad luego de realizar el sostenimiento con perno helicoidal y shotcrete, el factor de seguridad del área excavada oscila entre F.S.= 2.31 a 3.23 muy por encima del equilibrio limite. Sin embargo, se tiene esfuerzos inducidos concentrados en los hastiales que se mitigan con el concretado.

**Figura 30.**  
**Cámara de pique con Fs de 2.31 a 3.23**

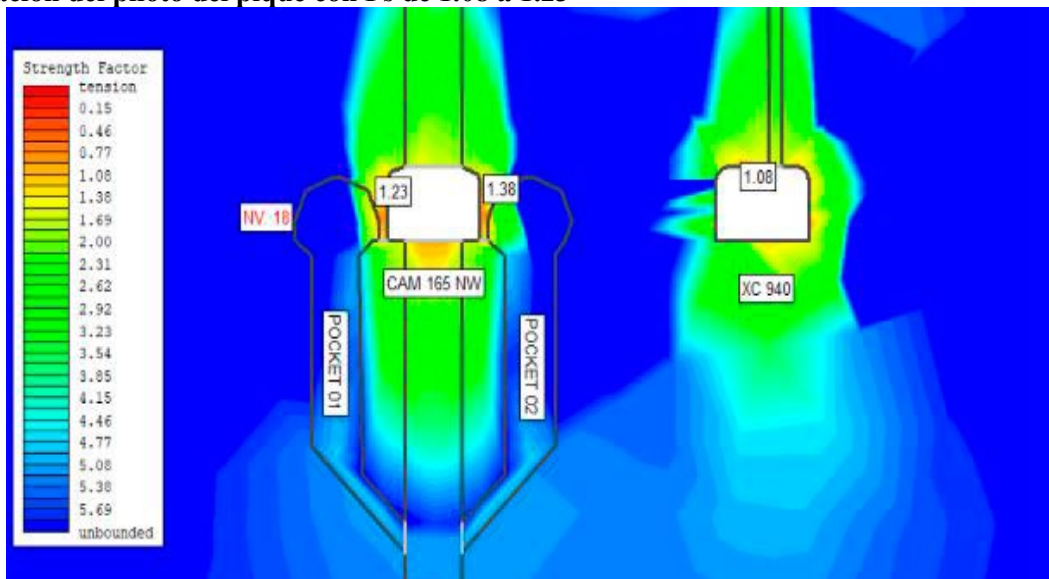


Fuente: Área Geomecánica Alpayana

**4.10.6 Nv 18: Perforación del piloto y rimado del pique circular de sección 5.50 mts., DEL Nv.14 A Nv.18.**

Realizado el taladro piloto y el ensanche de diámetro de 5.50 m, del Nv. 14 al Nv. 18, se ejecutará los Pockets 1 y 2 donde la calidad del macizo rocoso pasa de arenisca calcárea a silicificada, se observa que las aureolas de tensión se distribuyen, y mejoran su factor de seguridad del área excavada; FS= 1.08 a 1.23, encima del equilibrio limite.

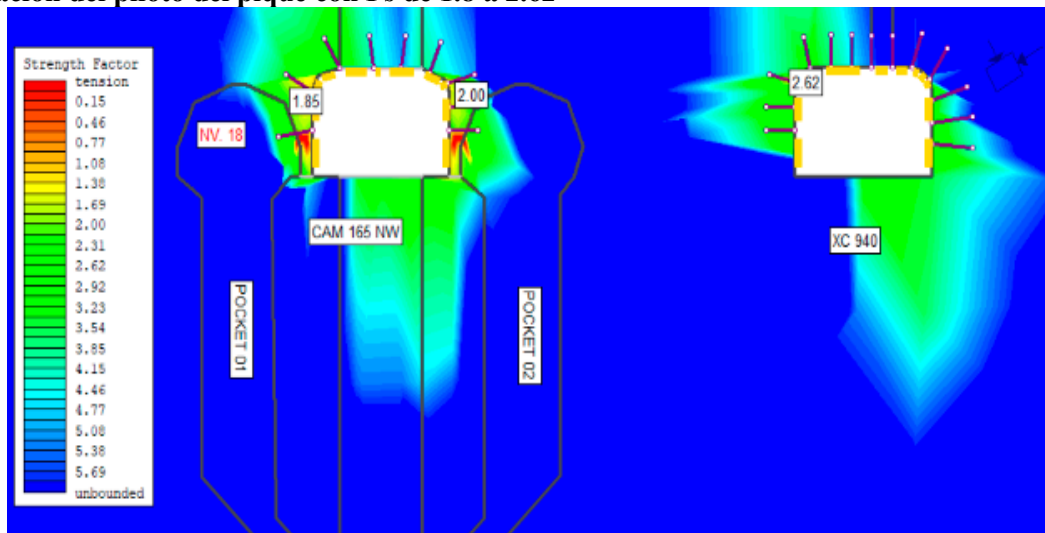
**Figura 31.**  
**Perforación del piloto del pique con Fs de 1.08 a 1.23**



Fuente: Área Geomecánica Alpayana

Al realizar el sostenimiento con perno helicoidal y shotcrete, observamos que el factor de seguridad del área excavada;  $FS= 1.8$  a  $2.62$ , por encima del equilibrio limite; como soporte final se procederá al concretado del Pique Circular del Nv.14 al Nv. 18, para la estabilidad global y luego continuar con perforación y rimado a los niveles inferiores.

**Figura 32.**  
**Perforación del piloto del pique con Fs de 1.8 a 2.62**

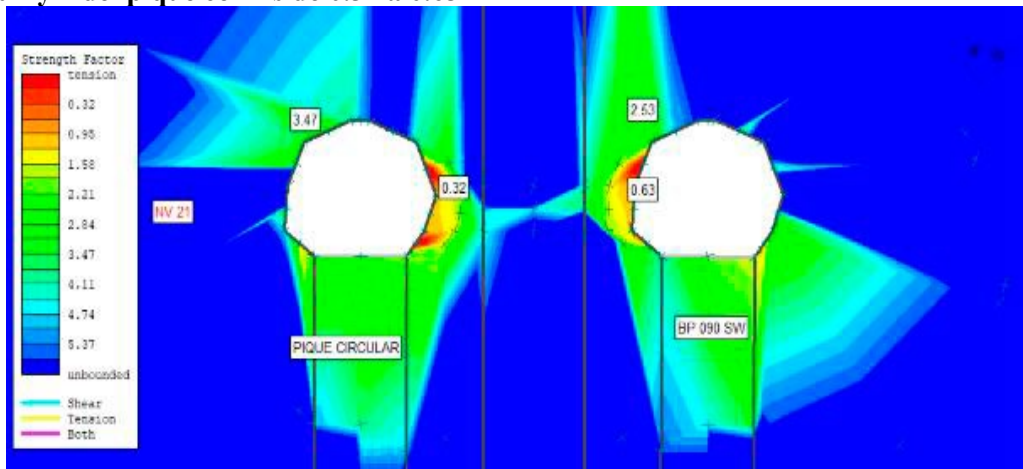


Fuente: Área Geomecánica Alpayana

#### 4.10.7 Nv 21: Perforación del piloto y rimado del pique circular de sección 5.50 m. del Nv. 21 a Nv. 23

Realizado el taladro piloto y el ensanche de diámetro de 5.50 m., del Nv. 21 al Nv. 23, se ejecutará los Pockets 1 y 2 entre los niveles 23 y 24 donde la calidad del macizo rocoso pasa es arenisca silicificada, se observa que las aureolas de tensión muestran el factor de seguridad del área excavada  $FS= 0.32$  a  $0.63$  en los hastiales del pilar, concentración de esfuerzos debido a la profundidad de la labor y orientación de esfuerzos.

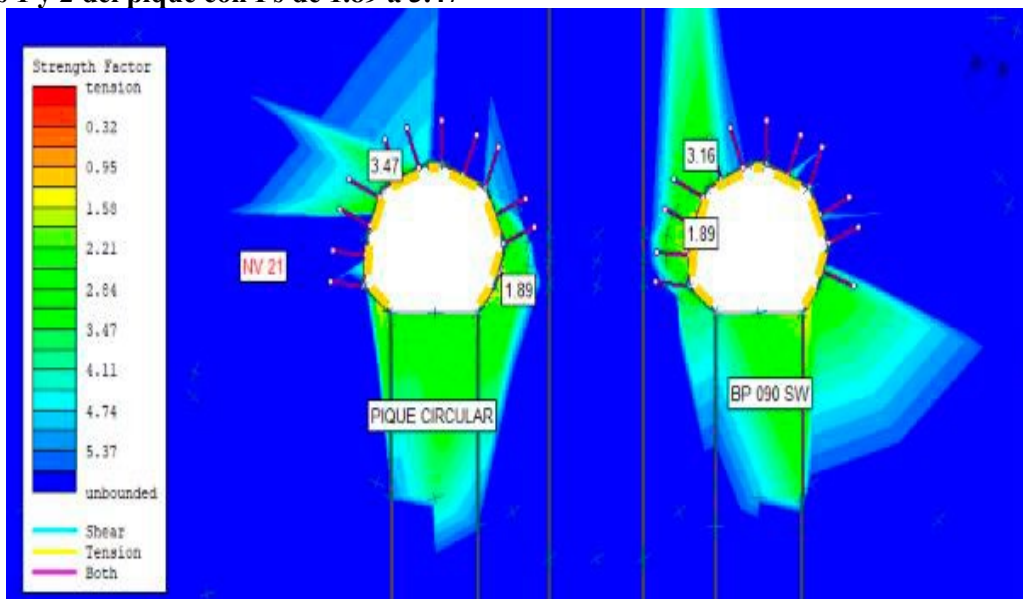
**Figura 33.**  
**Pockets 1 y 2 del pique con Fs de 0.32 a 0.63**



Área Geomecánica Alpayana

Al realizar el sostenimiento con perno helicoidal y shotcrete, observamos que el factor de seguridad del área excavada;  $FS = 1.89$  a  $3.47$ , por encima del equilibrio límite; como soporte final se procederá al concretado del Pique Circular.

**Figura 34.**  
**Pockets 1 y 2 del pique con Fs de 1.89 a 3.47**



Área Geomecánica Alpayana

#### 4.11 Modelamiento en Planta de la Excavación del Pique Circular

Para el diseño y cálculo del factor de seguridad se han tomado las consideraciones de la excavación vertical, tomando los principales factores el diámetro del rimado, la calidad de roca y los esfuerzos en el entorno por niveles.

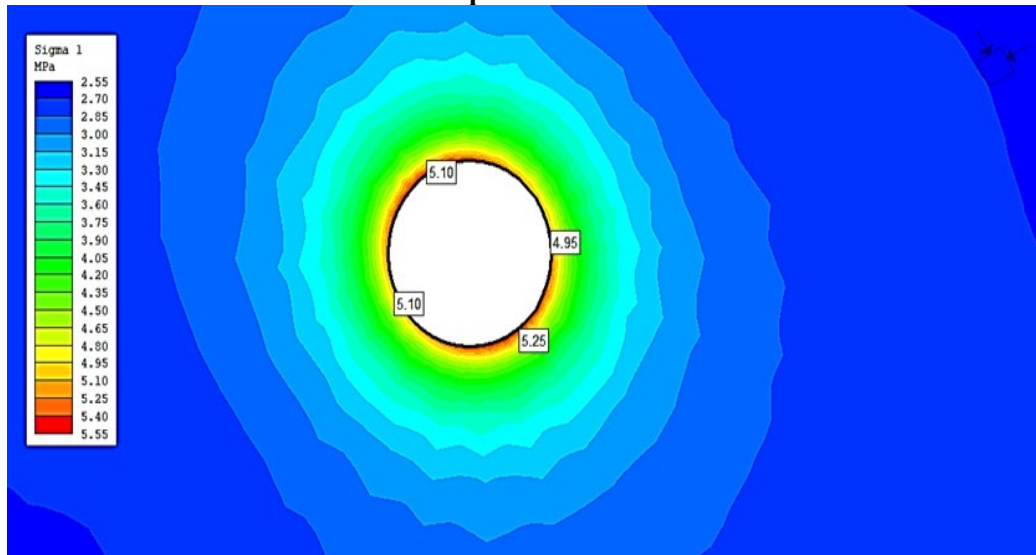
#### 4.11.1 Modelamiento en Planta Nivel 450

En la sección los valores de esfuerzos inducidos en la etapa de excavación sin sostenimiento.

En cuanto al F.S. se tienen valores de 0.95 a 1.26 en condición sin sostenimiento.

**Figura 35.**

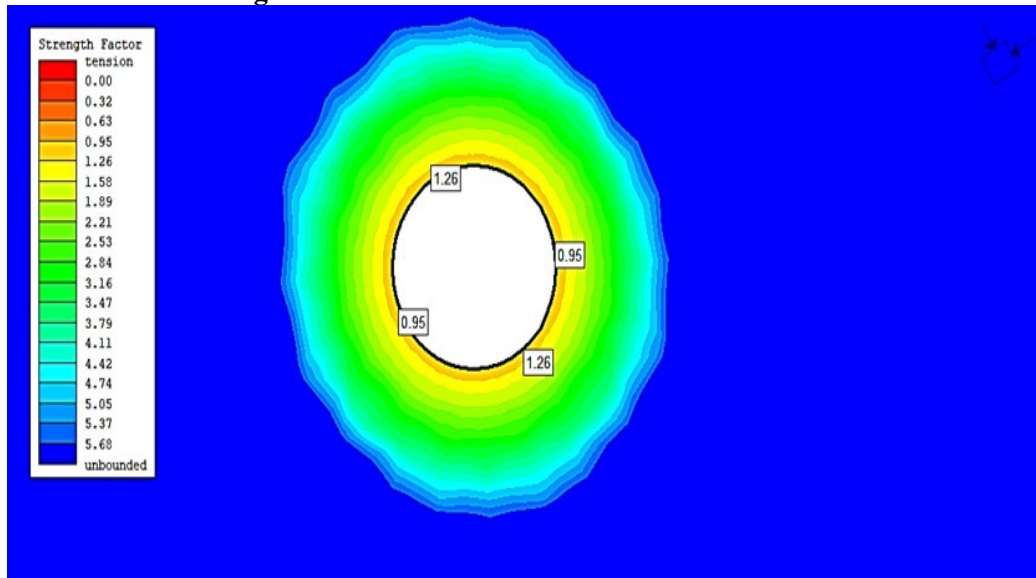
**Simulación de Esfuerzos Inducidos en la Etapa de Excavación sin Sostenimiento**



Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayana.

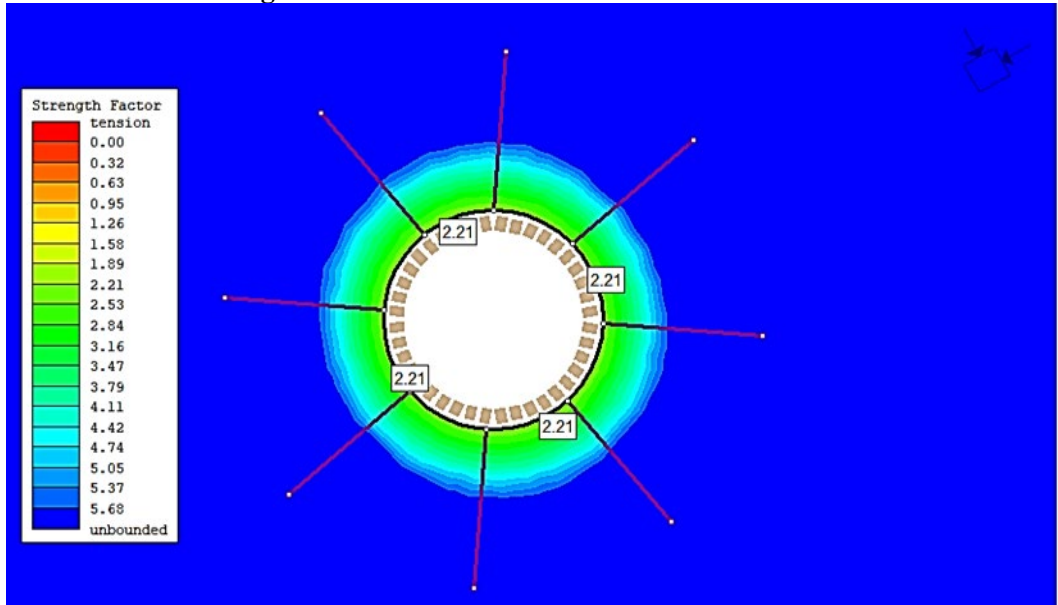
**Figura 36.**

**Simulación de Factor de Seguridad en Condición sin Sostenimiento**



Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayana.

**Figura 37.**  
**Simulación del Factor de Seguridad con Sostenimiento**



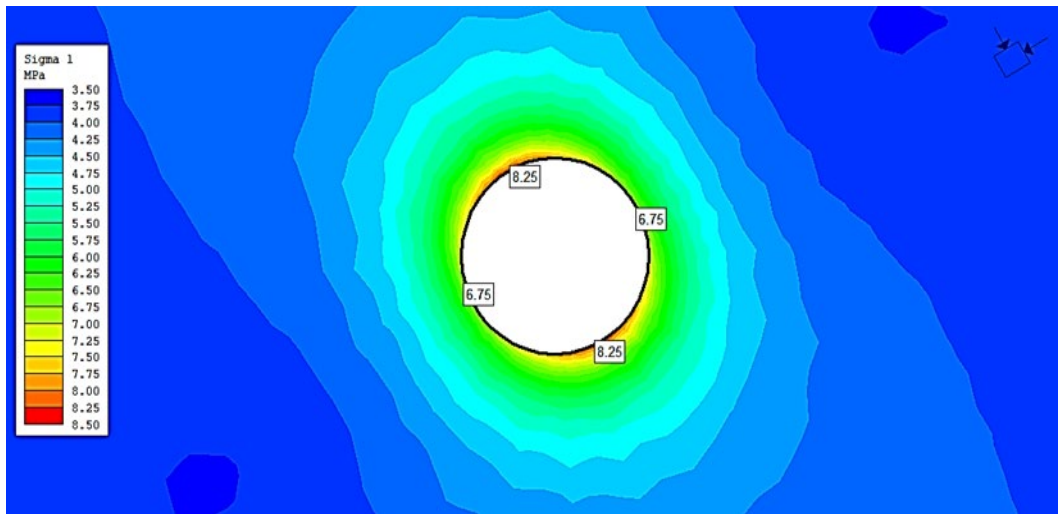
Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayna.

En el modelo de la excavación muestra valores de F.S. superiores de 2.21

#### 4.11.2 Modelamiento en Planta Nv. 435

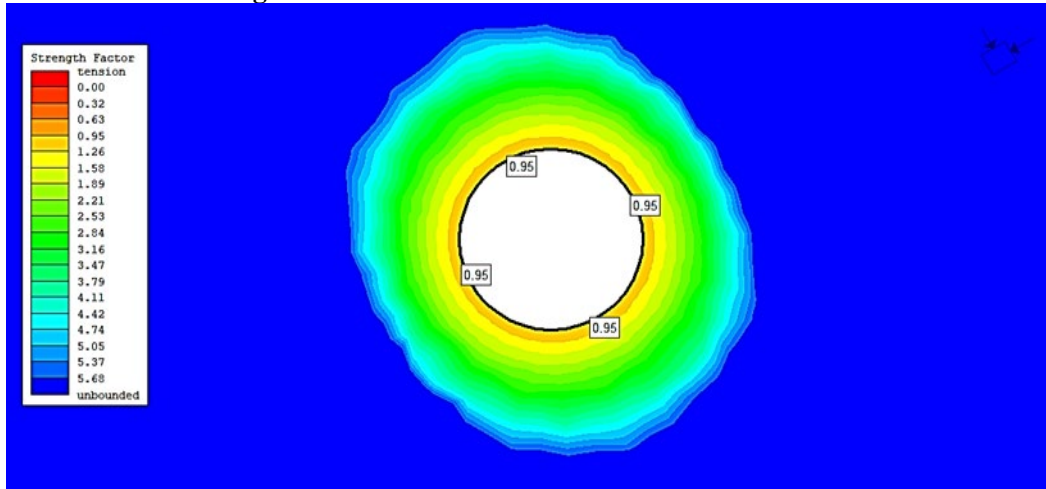
En la excavación se muestra los valores de esfuerzos inducidos en la etapa de excavación sin sostenimiento entre 6.75 a 8.25 MPa.

**Figura 38.**  
**Simulación de Esfuerzos Inducidos en la Etapa de Excavación sin Sostenimiento en el Nv. 435**



Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayna.

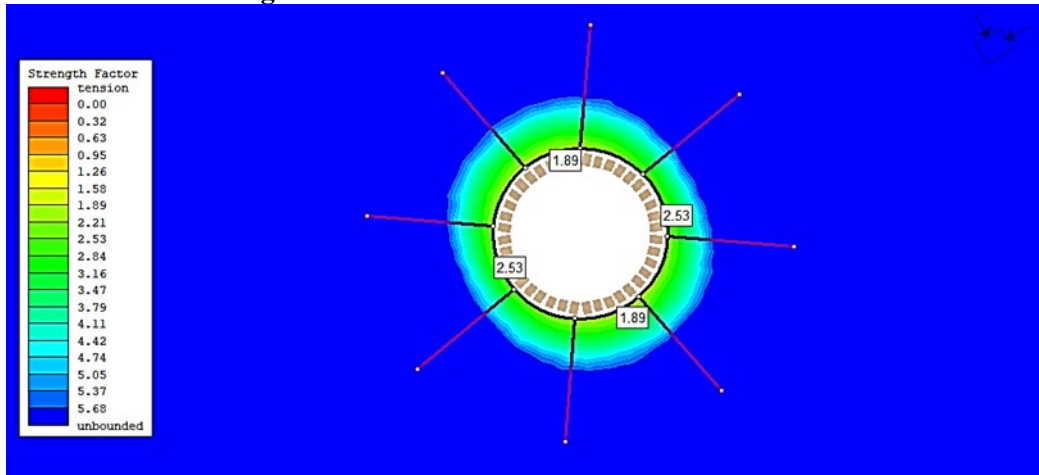
**Figura 39.**  
**Simulación de Factor de Seguridad en Condición sin Sostenimiento**



Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayana.

En cuanto al F.S. se tienen valores de 0.95 en condición sin sostenimiento

**Figura 40.**  
**Simulación del Factor de Seguridad con Sostenimiento**



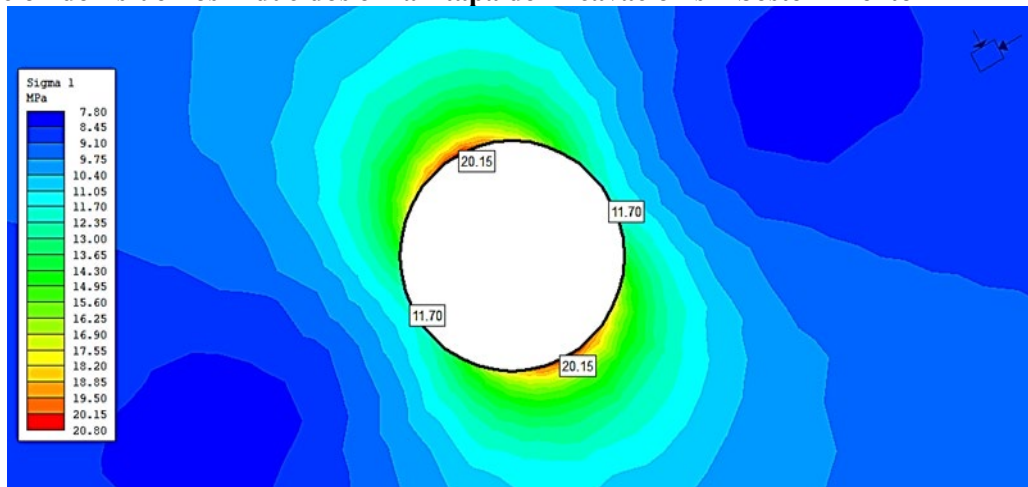
Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayana.

En el modelo la excavación sostenida los valores de F.S. son superiores de 1.89.

#### 4.11.3 Modelamiento en Planta Nv. 4

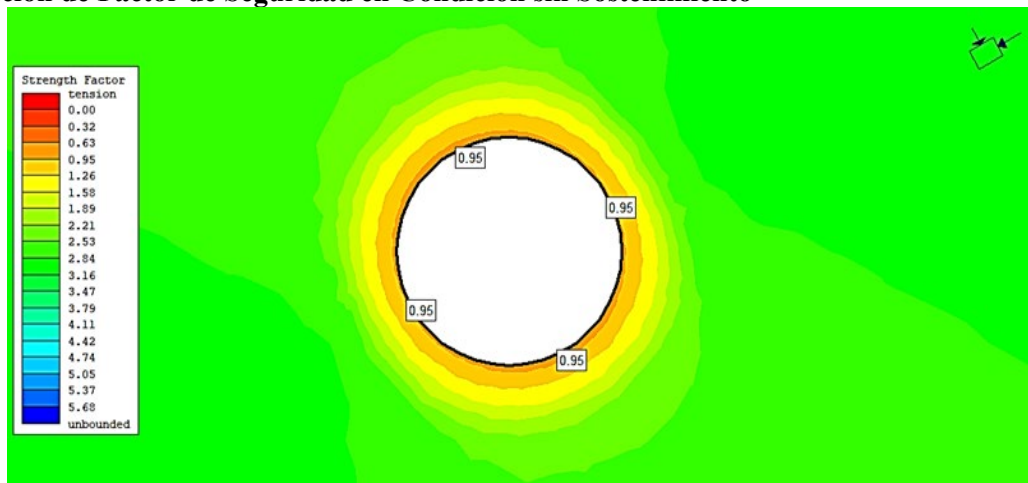
En la sección los valores de esfuerzos inducidos en la etapa de excavación sin sostenimiento entre 11.70 a 20.15 MPa.

**Figura 41.**  
**Simulación de Esfuerzos Inducidos en la Etapa de Excavación sin Sostenimiento**



Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayana.

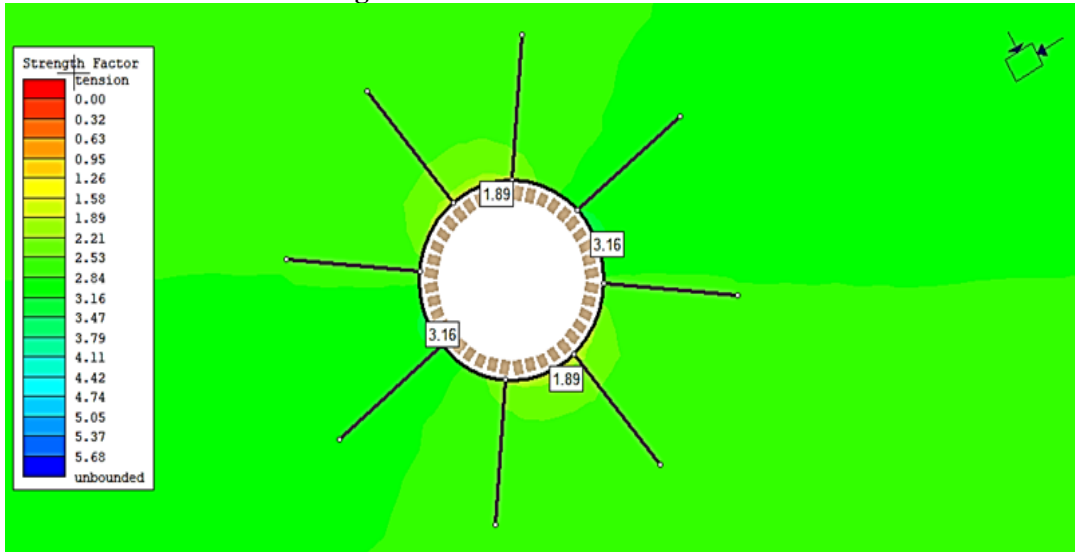
**Figura 42.**  
**Simulación de Factor de Seguridad en Condición sin Sostenimiento**



Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayana.

En cuanto al F.S. se tiene los valores de 0.95 en condición sin sostenimiento

**Figura 43.**  
**Simulación del Factor de Seguridad con Sostenimiento**



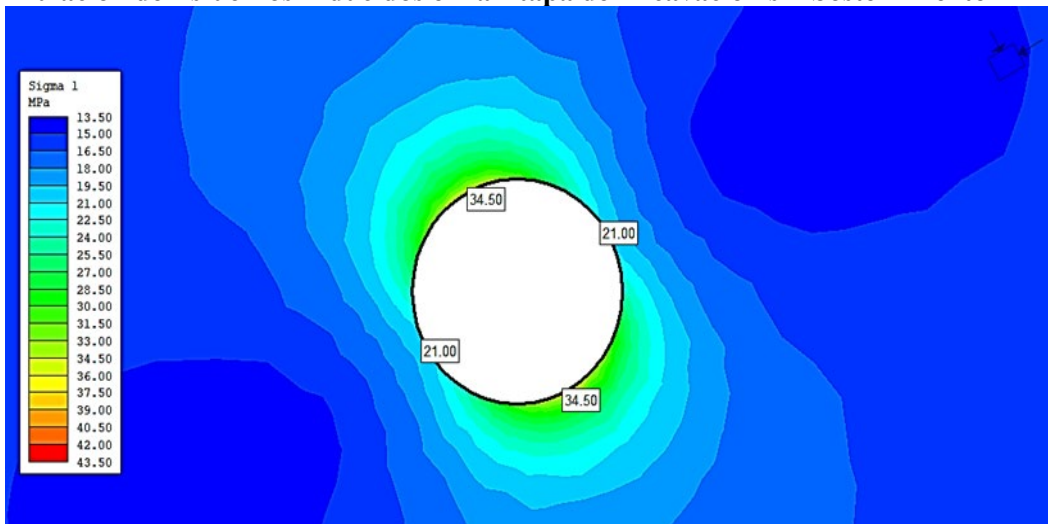
Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayana.

En el modelo la excavación sostenida muestra valores de F.S. superiores de 1.89.

#### 4.11.4 Modelamiento en Planta Nv. 10

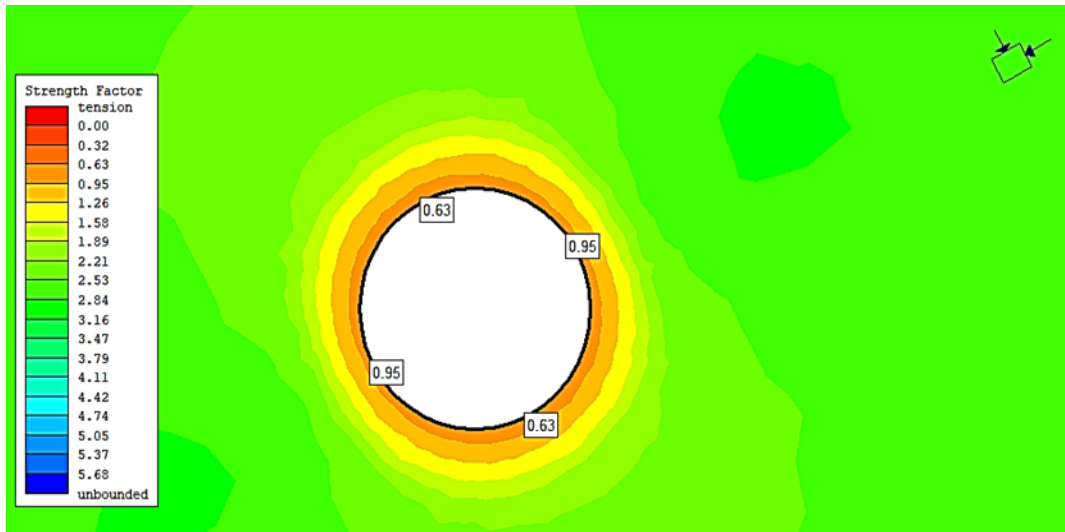
En la sección los valores de esfuerzos inducidos en la etapa de excavación sin sostenimiento. entre 21.0 a 34.5 MPa.

**Figura 44.**  
**Simulación de Esfuerzos Inducidos en la Etapa de Excavación sin Sostenimiento**



Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayana.

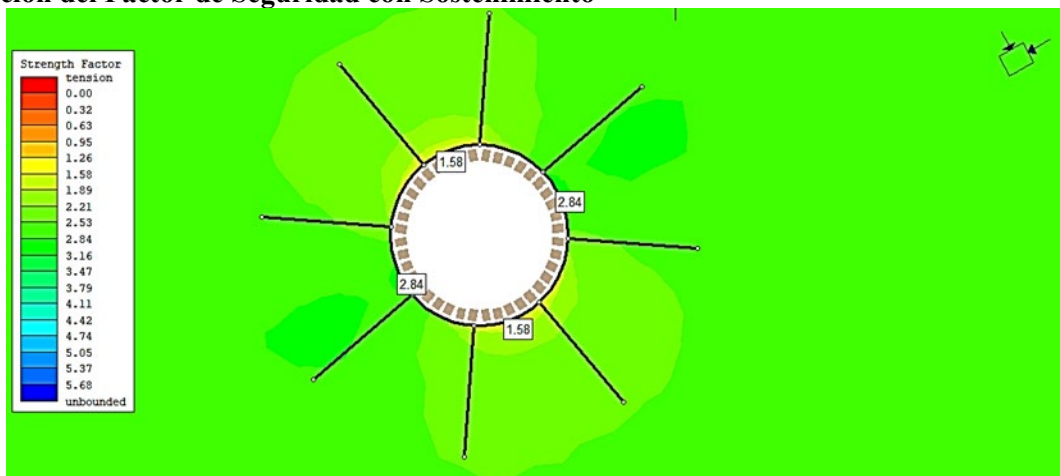
**Figura 45.**  
**Simulación de Factor de Seguridad en Condición sin Sostenimiento**



Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayana.

En cuanto al F.S. se tienen valores de 0.63 a 0.95 en condición sin sostenimiento.

**Figura 46.**  
**Simulación del Factor de Seguridad con Sostenimiento**



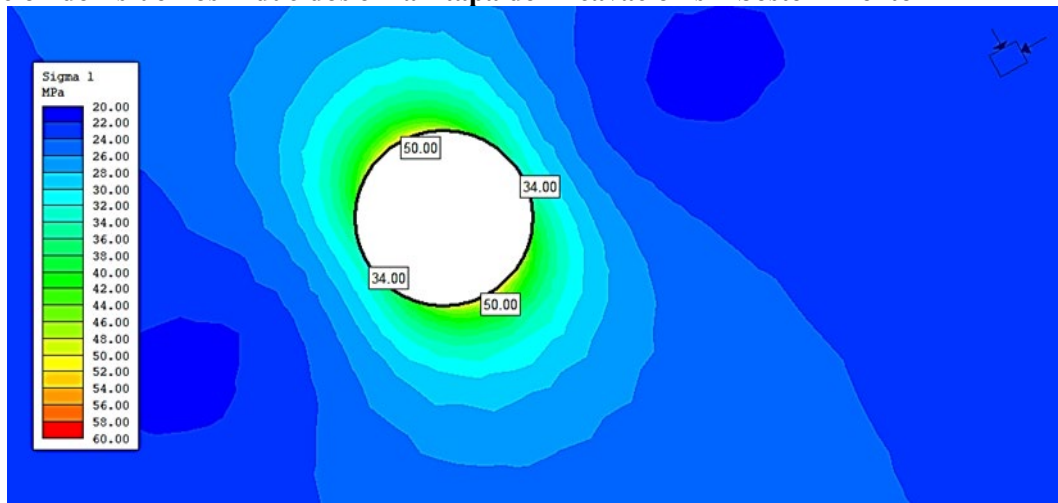
Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayana.

En el modelo de excavación sostenida los valores de F.S. superiores de 1.58.

#### 4.11.5 Modelamiento en Planta Nv 14.

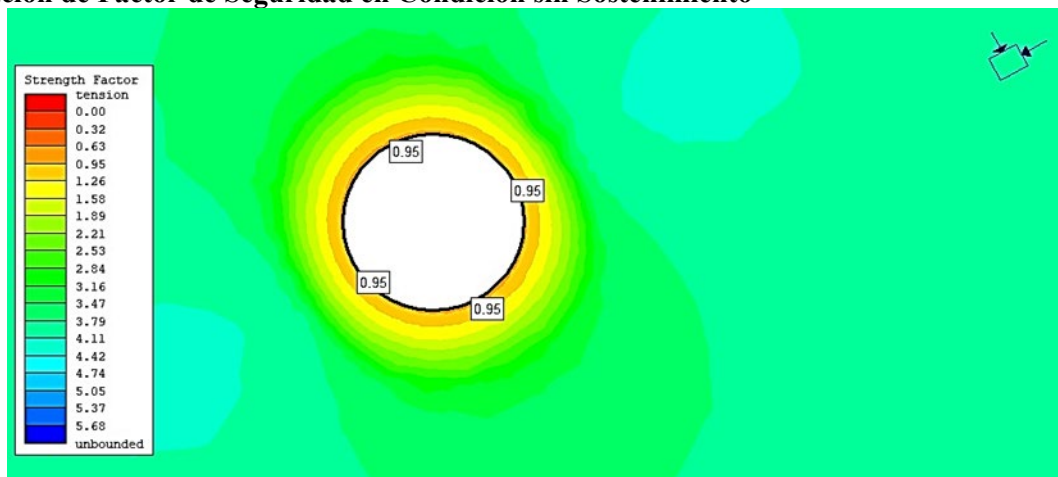
En la sección de los valores de los esfuerzos inducidos en la etapa de excavación sin sostenimiento están entre los valores 34 a 50 MPa.

**Figura 47.**  
**Simulación de Esfuerzos Inducidos en la Etapa de Excavación sin Sostenimiento**



Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayana.

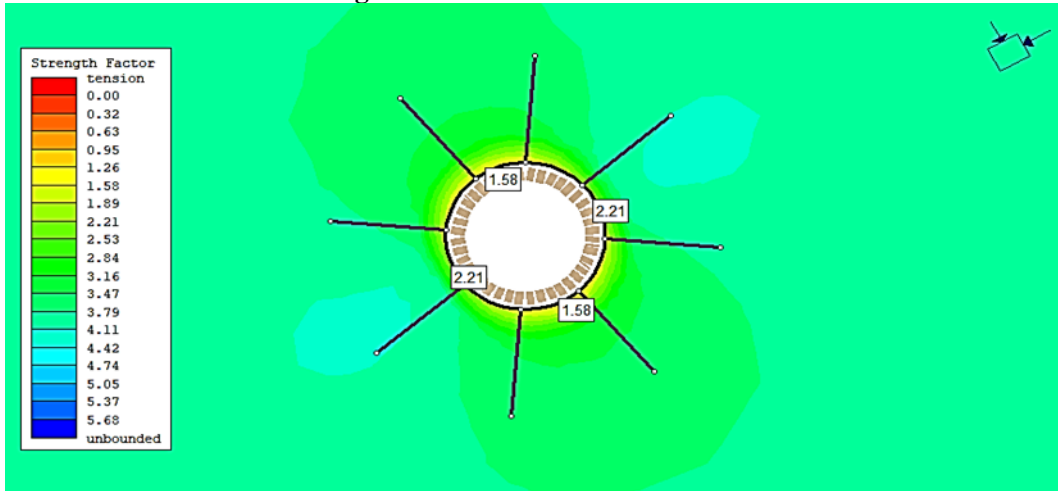
**Figura 48.**  
**Simulación de Factor de Seguridad en Condición sin Sostenimiento**



Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayana.

En cuanto al F.S. se tienen los valores de 0.95 en condición sin sostenimiento.

**Figura 49.**  
**Simulación del Factor de Seguridad con Sostenimiento**



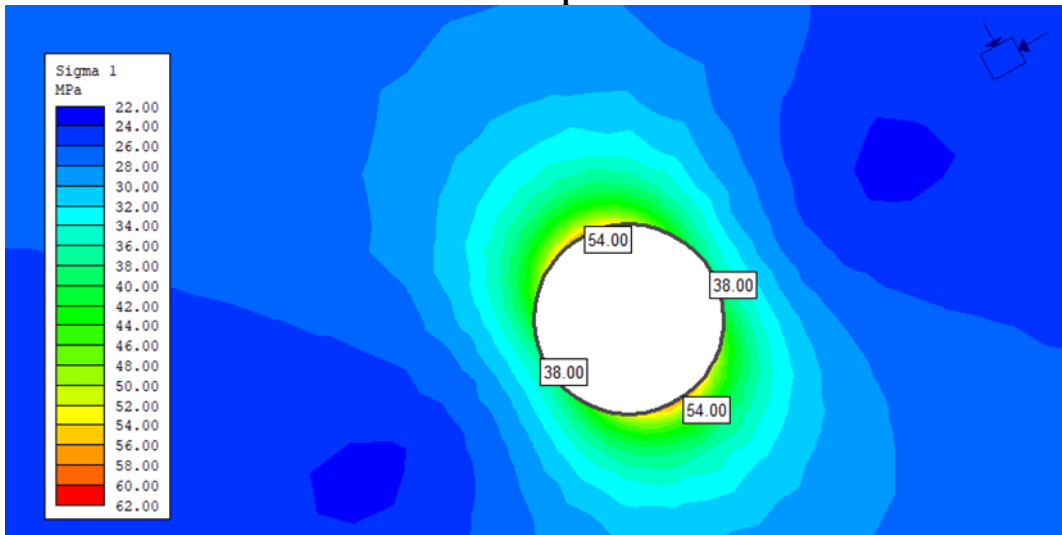
Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayana.

En el modelo la excavación sostenida los valores de F.S. superiores de 1.58

#### 4.11.6 Modelamiento en Planta Nv. 18

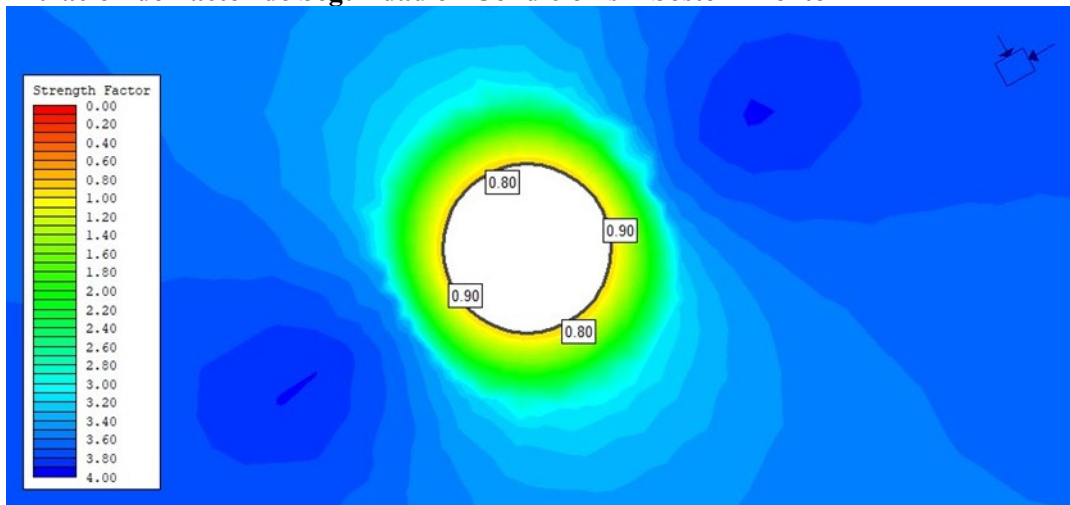
En la sección los valores de esfuerzos inducidos en la etapa de excavación sin sostenimiento se encuentran entre 38.8 a 54 MPa.

**Figura 50.**  
**Simulación de Esfuerzos Inducidos en la Etapa de Excavación sin Sostenimiento**



Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayana.

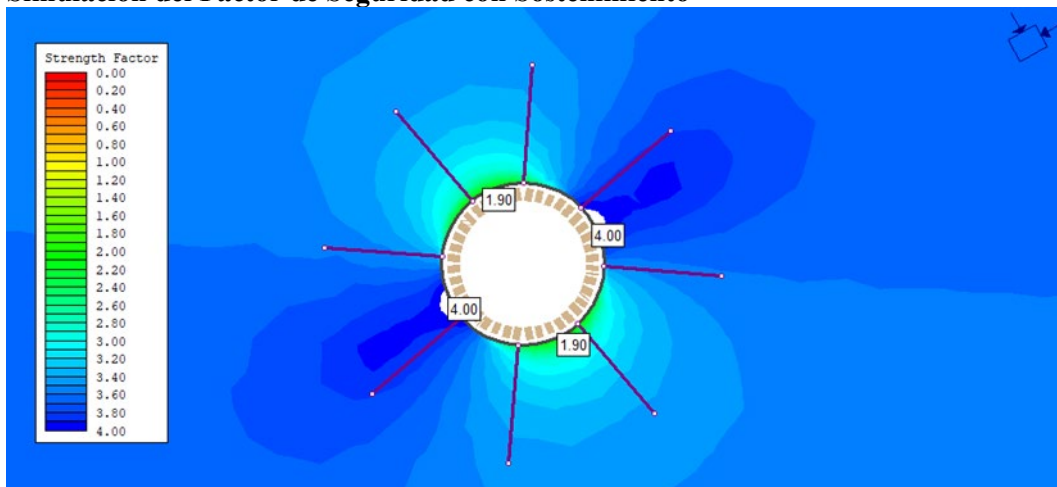
**Figura 51.**  
**Simulación de Factor de Seguridad en Condición sin Sostenimiento**



Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayana.

El F.S. en condición sin sostenimiento se tienen los valores de 0.80 a 0.90.

**Figura 52.**  
**Simulación del Factor de Seguridad con Sostenimiento**



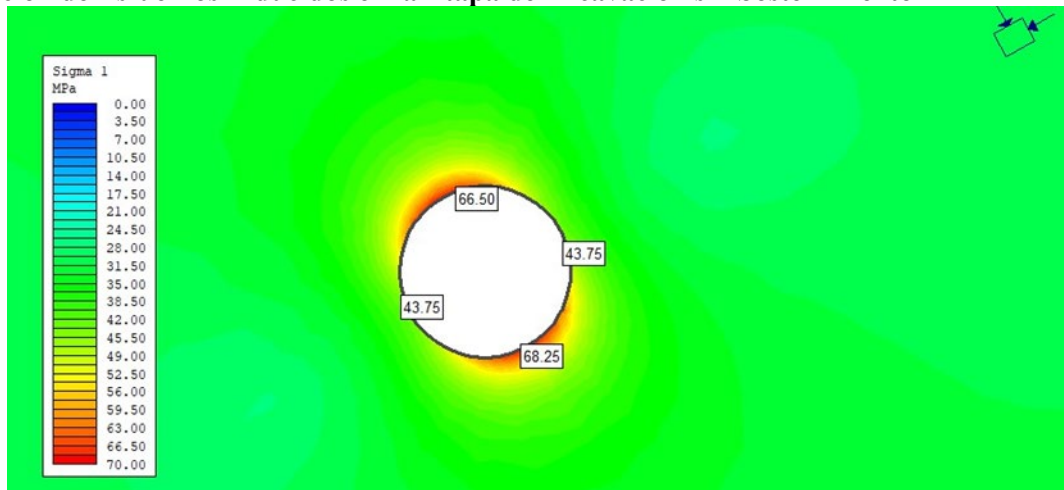
Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayana.

En el modelo la excavación sostenida los valores de F.S. son superiores a 1.90

#### 4.11.7 Modelamiento en Planta Nv. 21

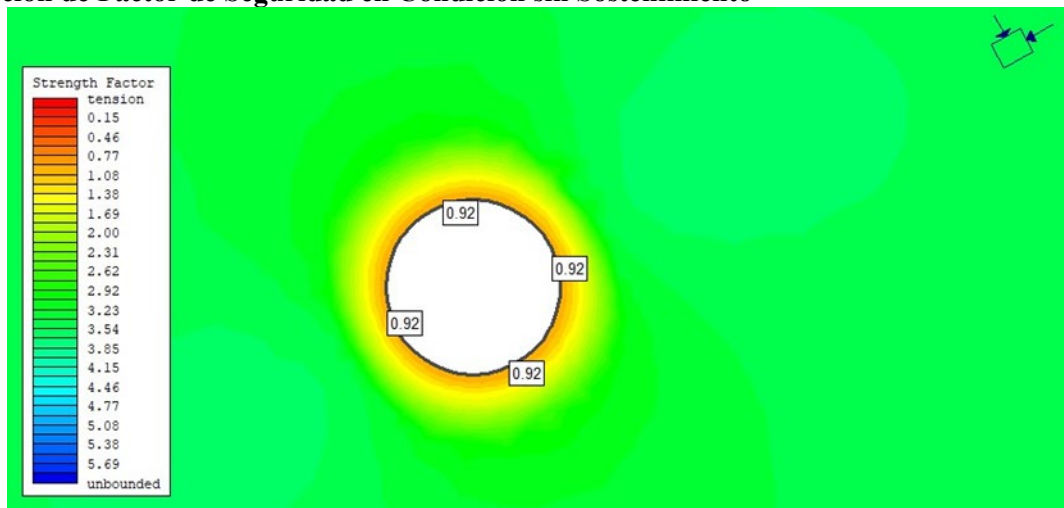
En la sección los valores de esfuerzos inducidos en la etapa de excavación sin sostenimiento se encuentran entre 43.75 a 66.50 MPa

**Figura 53.**  
**Simulación de Esfuerzos Inducidos en la Etapa de Excavación sin Sostenimiento**



Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayana.

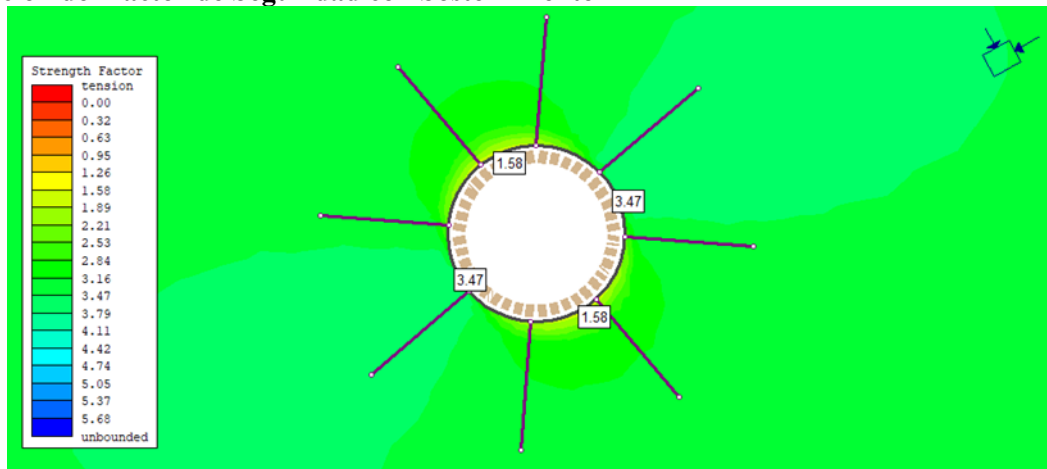
**Figura 54.**  
**Simulación de Factor de Seguridad en Condición sin Sostenimiento**



Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayana.

En cuanto al F.S. se tienen los valores de 0.92 en condición sin sostenimiento.

**Figura 55.**  
**Simulación del Factor de Seguridad con Sostenimiento**



Fuente: Departamento de Geomecánica de Alpayana.

En el modelo de excavación sostenida tiene valores de F.S. superiores de 1.58

#### **4.12 Sostenimiento recomendado de las excavaciones**

Para el presente capítulo se busca detallar el sostenimiento realizado en el Pique Circular del Nv. 450 al Nv. 21. Con el cual se logra garantizar la estabilidad de las excavaciones como infraestructura permanente y alcanzar las condiciones requeridas para el Pique Circular en forma local y global.

Para el desarrollo y preparación de las excavaciones el sostenimiento aplicado para el avance será mediante la instalación de pernos más malla electrosoldada en forma sistemática de acuerdo con la evaluación geomecánica en la ejecución del proyecto. Además, en caso sea necesario y según la evaluación de la condición presente se realizará lanzado de shotcrete en el avance de la preparación de cámara y accesos.

En el Pique Circular, el sostenimiento de las excavaciones permanentes recomendadas, como refuerzo del sostenimiento ejecutado en el avance, será con pernos de varilla corrugada o barra helicoidal de 4 pies completamente inyectados con cemento o con resina en el caso que haya presencia de agua, en la cámara principal CAM 160 de dimensión mayor se instalará cable bolting como refuerzo. El lanzado de shotcrete de 4" en el contorno de la excavación se realizará en todas las cámaras.

Como refuerzo estructural de las cámaras se realizará el armado de arcos noruegos en forma transversal y longitudinal, cuyo diseño se especificará en la ejecución del proyecto, para finalmente, realizar el lanzado de shotcrete hasta cubrir todos los arcos noruegos

instalados. Para excavaciones de mayor o menor tamaño a lo diseñado habrá necesidad de realizar nuevas estimaciones del sostenimiento.

Verificando el comportamiento del empernado en este tipo de labores se evidencia que los pernos de roca son plastificados en la intersección de manera parcial, por consiguiente, es necesario el refuerzo de dichas intersecciones con cable bolting en las cámaras winche CAM 160 CB 9M, y 4.5 en hastiales, CAM 170 se colocará PH 4m y shotcrete de 4" y arcos noruegos.

Considerando un espaciamiento de 2.5 x 2.5 con 5 o 7 m de longitud como mínimo en las zonas que requiera.

La aplicación de sostenimiento con anillos de concreto será establecida en las zonas de comunicación de los niveles, así como en zona donde se tenga acceso seguro para realizar esta actividad.

#### **4.13 Descripción de parámetros de Diseño y proceso Construcción del Pique Carlos**

##### **4.13.1 Componentes del pique**

Para el diseño el Pique Carlos fue dividido en dos grupos

###### **Castillo**

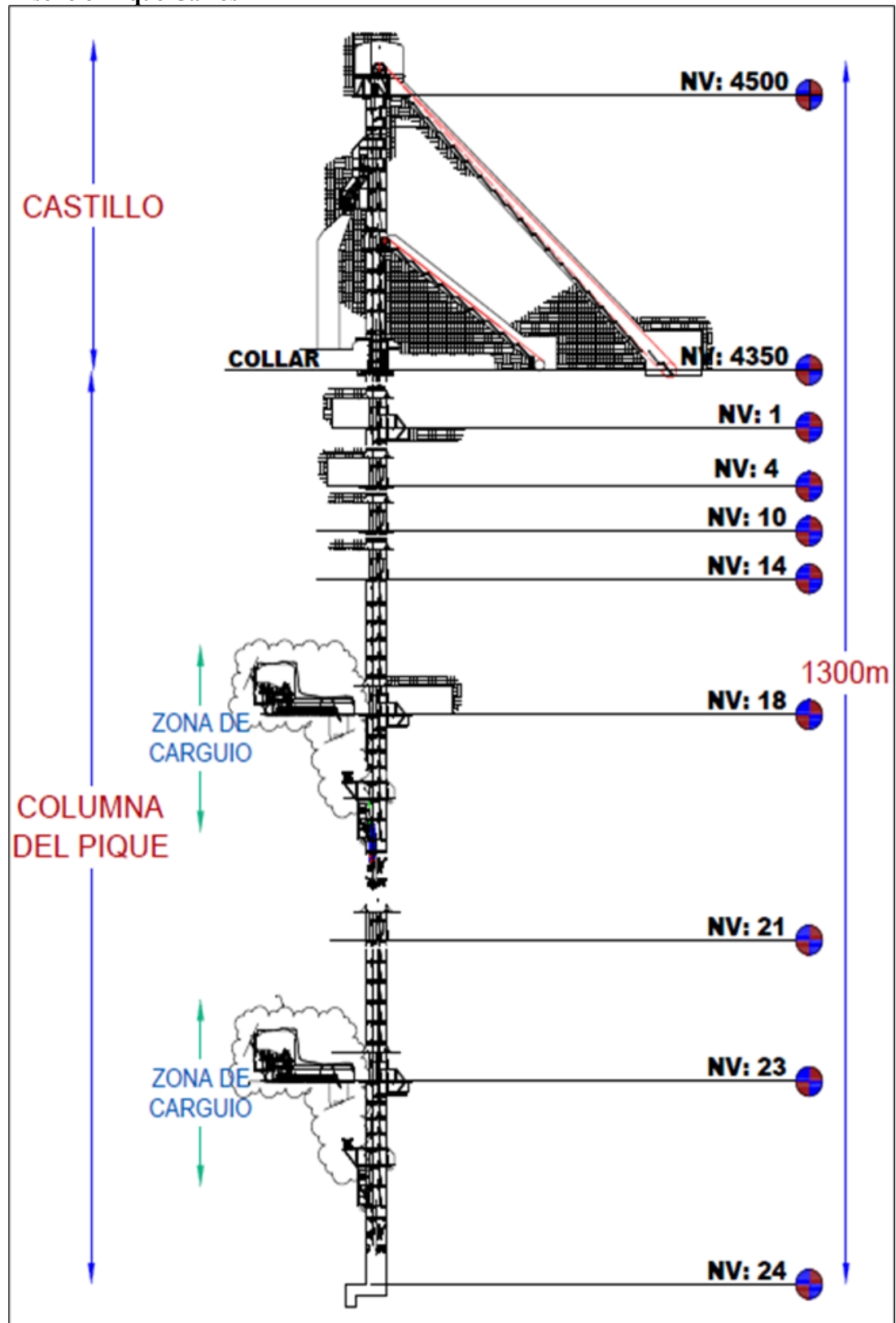
- Castillo Metálico subterráneo de 78m
- Tolvas y Sistema de carguío a volquetes
- Winche de servicio de 2300Hp
- Winche de producción ded 2300Hp
- Casa Winche de servicio
- Casa Winche de producción
- Sistema Contra Incendio
- Subestación Eléctrica Nv 435

###### **Columna del Pique**

- Pique tubular de 1300m de profundidad de 5m de diámetro
- Estación de personal en el Nv 435
- Estación de personal en el Nv 18
- Estación de personal en el Nv 23
- Estación de descarga en el Nv 435
- Bolsillo de carga (02 con capacidad de 4000 ton. c/u) en el Nv 18
- Bolsillo de carga (02 con capacidad de 4000 ton. c/u) en el Nv 23

- Rompebanco en el Nv 18
- Rompebanco en el Nv 23
- Faja transportadora en el Nv 18
- Faja transportadora en el Nv 23
- Skips tipo anaconda de (02 con capacidad de 10.5ton c/u)
- Jaula de 3 niveles (capacidad de 14 personas por nivel, capacidad total 42 personas)
- Sistema de Cámara video
- Subestación eléctrica en el Nv 18
- Subestación eléctrica en el Nv 23

Figura 56.  
Diseño el Pique Carlos



Fuente: Área de proyectos Unidad Minera Americana Cía. Minera Alpayana

Los principios básicos que la Unidad Minera Americana requirió para el diseño del Pique Circular Carlos fueron los siguientes:

- El macizo rocoso circundante, al ser la parte más importante de la estructura de labor minera
- Mantener la resistencia original de la roca tanto como sea posible; porque esta es el elemento de resistencia inicial.
- Prevenir la desintegración o alteración de la roca por el método de rimado de toda la sección del pique, porque esto conduce a una considerable pérdida de resistencia del macizo.
- Evitar en lo posible la presión por esfuerzos uniaxiales o biaxiales
- Controlar la relajación o deformaciones prematuras del macizo; para prevenir la inestabilidad de la roca.
- El revestimiento con formas metálicas cuya resistencia es superior a los 300kg/cm<sup>2</sup> de acuerdo a las pruebas realizadas de acuerdo a un diseño de concreto autocompactante elaborado en la mina en base a muchos ensayos.
- El sistema de sostenimiento que permite ajustes en cuanto a la distribución de pernos de anclaje y el revestimiento de la columna del pique.
- El efecto de las etapas de construcción de la labor y el efecto del tiempo en el comportamiento de la excavación, conocido como tiempo de autosoporte.
- Evitar espacios vacíos en un radio mayor a 100m.
- La ubicación de castillo y casa winche, deben estar ubicadas estratégicamente por seguridad y sobre costo en su operación.

#### **4.13.2 Parámetros del diseño de Pique**

Los siguientes parámetros se usaron para la construcción del Pique Circulara Carlos:

- Izaje total diario por Pique Circular Carlos: 6615TM/DIA
- Horas de trabajo de Pique Carlos: 21 horas por día
- Horas de parada de Pique Carlos: 3 horas para prueba de leonas, inspección de la columna del pique, relevo de guardias
- Izaje de mineral por Pique Carlos: 5040 TM/DIA
- Izaje de desmonte por Pique Carlos: 1575 TM/DIA
- Horas de izaje de mineral por el Pique Carlos: 16 horas por día
- Horas de izaje de desmonte por Pique Carlos: 5 horas por día
- El mineral restante producido en la zona de vetas es de 960TM/DIA y desmonte 240TM/DIA que sale a superficie en la zona de vetas será izada

por el Pique Vertical 790 para cumplir el programa de producción que es de 6000TM/DIA en la unidad Americana de la Cía. Minera Alpayana.

**Tabla 17.**

**Parámetros de Diseño del Pique Circular Carlos – Unidad Americana**

N°	Parámetros	Unidad	Cantidad/descripción
<b>Producción mensual proyectada</b>			
1	Mineral	TM/mes	151200
	Desmante	TM/mes	47250
<b>Producción diaria proyectada</b>			
2	Mineral	TMD	5040
	Desmante	TMD	1575
<b>Producción horaria proyectada</b>			
3	Mineral	TM/hora	315
	Desmante	TM/hora	315
<b>Izaje de personal</b>			
4	Cantidad de personal a transportarse/viaje	EA	42
	Cantidad de personal por transportarse/piso	EA	14
	N° de pisos de la jaula	EA	3
5	Días laborales/mes considerados	días	30
	Peso específico del mineral insitu	TMH/m 3	3.2
7	Peso específico del mineral roto a izarse	TMH/m 3	3
8	Peso específico del esteril roto a izarse	TMH/m 3	2.6
9	ángulo de reposo del Mineral	grados	30
10	Factor de utilización del pique	%	87.50%
11	ángulo de reposo del desmante	grados	25
12	Inclinación del pique	grados	90
<b>Ubicación del eje vertical del Pique</b>			
19	Este		366115.156
	Norte		8710483.286
20	diferencia de cotas entre el Nv 4500 y Nv 24	m	1300
21	Capacidad de bolsillo de mineral Nv 435	TM	750
22	Capacidad de bolsillo de desmante Nv 435	TM	750
23	Capacidad de bolsillo de mineral Nv 18	TM	4000
24	Capacidad de bolsillo de desmante Nv 18	TM	4000
<b>Horas netas de izaje programados por día</b>			
25	primera guardia	H	10.5
	segunda guardia	H	10.5
26	Método de excavación proyectada		Mecanizada
27	tipo de equipos que se usan para el transporte		Dumper-25TN

Fuente: Departamento de Planeamiento de Alpayana

#### 4.13.3 Procedimiento para la construcción del Pique

De acuerdo con (Pérez V, 2015) el procedimiento que se siguió para la construcción del pique fue:

- El desarrollo de cronograma de actividades
- La prevención del cumplimiento de las normas de seguridad en las diferentes actividades a ejecutarse
- El cumplimiento de los estándares de excavación, sostenimiento, revestimiento y montaje de cuadros metálicos
- La asignación de recursos humanos calificados para este trabajo y profesionales especializados para la supervisión de la construcción del pique
- La asignación de los equipos adecuados y que cumplan las normas de seguridad
- El contar con un plan de emergencia para la construcción del Pique

#### 4.13.4 Cronograma de ejecución del Pique Circular Carlos Unidad Americana

Para construir el pique se obtuvo 4 etapas:

Etapas 1: Ideas preliminares y estudio de factibilidad

Etapas 2: Ingeniería conceptual y planeamiento de la ejecución del proyecto

Etapas 3: Compra de los equipos principales y actualización

Etapas 4: Ingeniería Básica y de Detalle e Ingeniería de Profundización.

**Tabla 18.**  
**Cronograma de ejecución**



Fuente: Departamento de Planeamiento de Alpayana

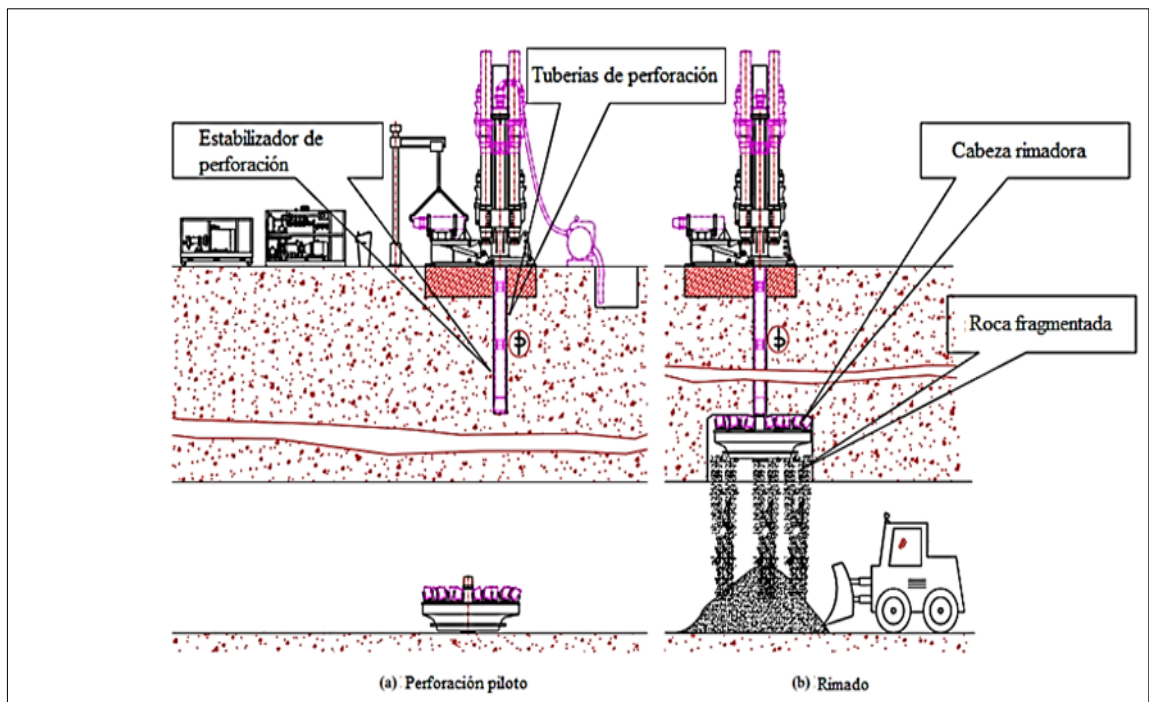
#### 4.13.5 Ciclo de trabajo de Pique Circular Carlos

El ciclo de trabajo consta de las siguientes etapas:

##### 4.13.5.1 Perforación de piloto para el rimado

Consiste en la perforación de taladro piloto de 13 3/4 pulg. De diámetro con equipo Raise Boring una vez comunicado cada 4 niveles en promedio se realiza el rimado de sección.

Figura 57.  
Método Raise Borer



Fuente: Zhiqiang, L. Key technologies of drilling process with raise boring method

##### 4.13.5.2 Rimado de sección del Pique

Una vez terminada la perforación de piloto de 13 3/4 pulg. Se procede a realizar el rimado de sección de 5.5m de diámetro del pique con un avance promedio de 1.5m por turno.

**Figura 58.**  
**Equipo usado en el Rimado de Pique Carlos de 5.5m de rimado de sección**



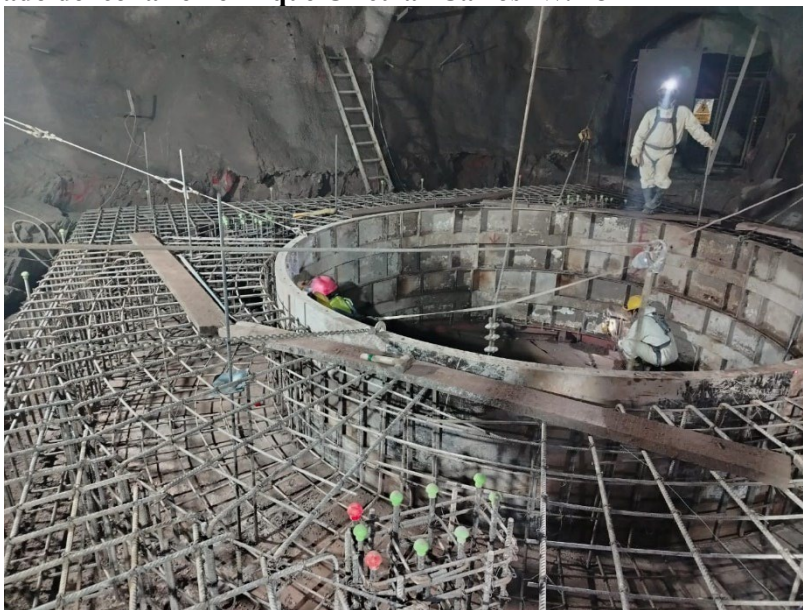
#### **4.13.5.3 Limpieza de carga**

La limpieza de carga se realiza con un scoop R1600 con telemando, como se tiene área abierta producto del rimado del pique no se debe de exponer al personal porque hay desprendimiento de bloques de roca en la columna del pique.

#### **4.13.5.4 Instalación de taladros de anclado**

En los collares de las diferentes estaciones se realiza el perforado de taladros e instalación de pernos de anclaje y enfierrado de acuerdo al diseño.

**Figura 59.**  
**Enfierrado del collar en el Pique Circular Carlos Nv. 18**



#### 4.13.4.5 Sostenimiento con perno y malla

Se realiza el desate de rocas, se baja la forma a 5m de altura y a partir del segundo anillo de concreto se realiza el sostenimiento con perno y malla electrosoldada los 5.5m de diámetro y 5m de altura.

**Figura 60.**

**Sostenimiento con perno helicoidal y malla pique circular Carlos**



#### 4.13.4.6 Encofrado y vaciado de anillo de concreto con formas metálicas

Una vez sostenida los 5m de altura, se centra, se nivela la forma F, se prepara mezcla autocompactante con equipo autohormigonera carmix, se instalada tubería de 6, rompe presión, canaletas y se realiza el vaciado de la forma F, una vez concluida el vaciado de la forma F, se baja las formas EDCBA hasta cerrar los 5m de altura, se asegura las formas y se continua con el vaciado de concreto hasta cerrar los 5m de altura.

**Figura 61.**  
**Centrado y alineado de la forma F de 5m de diámetro para el encofrado y revestimiento de pique Carlos**



**Figura 62.**  
**Protocolo de cumplimiento de alineado de la forma F a 20cm a las 4 plomadas en Pique Carlos**



**Figura 63.**  
**Vaciado de los anillos de concreto con equipo autohormigonera Carmix en el Pique Carlos**



**Figura 64.**  
**Pique Circular Carlos después de haber desencofrado el último anillo Nv 14**



#### **4.13.4.7 Instalación de escaleras de emergencia**

Después de haber realizado el vaciado de los anillos de concreto, se debe de instalar escaleras de emergencia metálicas para salida de emergencia como se muestra en la imagen

**Figura 65.**

**Instalación la escalera de emergencia después del desencofrado de los anillos de concreto**



#### **4.13.4.8 Montaje de los sets metálicos en la columna del Pique**

Retirar las escaleras de emergencia, realizar el pluming del pique para verificar los puntos topográficos y marcar los insertos para la instalación de sets metálicos, perforar los taladros para los insertos, presentar el primer set metálico, instalar los winches de plomadas, instalar los cordeles e instalar los sets metálicos como se muestra en la imagen, realizar el torque de los sets

**Figura 66.**  
**Alineamiento y perforación de taladros para los insertos en Pique Carlos en el Nv 4500**



**Figura 67.**  
**Verificación y nivelación del primer set Pique Circular Carlos Nv 4500**



**Figura 68.**  
**Sets metálicos instalados en la columna del Pique Circular Carlos Unidad Americana**



**Figura 69.**  
**Torquimetro certificado para el torqueo de pernos de las estructuras metálicas en el Pique Carlos**



**Figura 70.**  
**Guías metálicas instaladas en la columna del Pique Circulara Carlos**



**4.13.4.9 Perforación, voladura, limpieza, fortificación y montaje del Nv 23 al Nv 24**

Una vez realizado todos los trabajos hasta el Nv 23, del Nv 23 al Nv 24 que es la cola del Pique se realizará la excavación con máquinas perforadoras con sección de 5.5m, limpieza con cryderman, sostenimiento con perno y malla, revestimiento con shotcrete de 4 pulg.

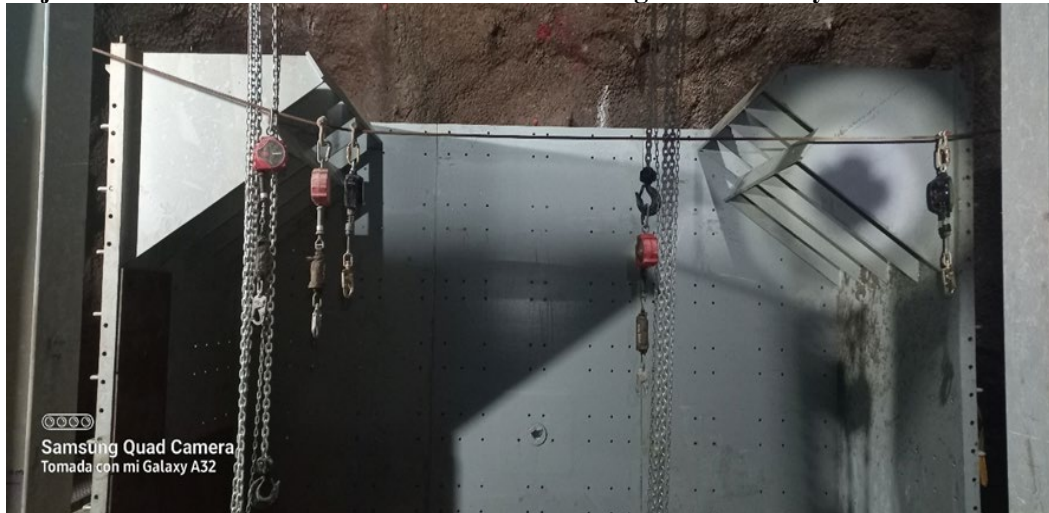
Una vez terminada con el revestimiento de cada set se realizará el montaje de estructuras, montaje de loading pocket, spill pocket.

**Figura 71.**  
**Limpieza de carga con Cryderman con baldes de profundización**



**Figura 72.**

**Montaje de estructuras metálicas en la zona de descarga de mineral y desmote**



**4.14 Descripción de los factores económicos utilizados para el diseño, construcción y operación del Pique Circular Carlos Unidad Americana**

Comprende todos los costos a ejecutar en la construcción de una longitud vertical de 1300m para lo cual se consideró lo siguiente:

**4.14.1 Presupuesto Estimado para la Construcción del Pique (inversiones directas e indirectas)**

**Tabla 19.**

**Presupuesto Estimado para la Construcción del Pique (inversiones directas e indirectas)**

PRESUPUESTO PARA PIQUE		
EDT	EQUIPO U OBRA (DESCRIPCIÓN)	PRESUPUESTO US\$
1	INVERSIÓN DIRECTA - PIQUE	39,324.628
1.1	EXCAVACIONES	10,294.690
1.1.1	CASTILLO DEL PIQUE	2,690.392
1.1.1.1	Cámaras de Winche (W: Winche de Izaje)	1,142.070
a	Cámara W Personal	191.760
b	Cámara W Producción	950.310
1.1.1.2	Chimeneas Inclinas a poleas	678.786
1.1.1.3	Cámaras de poleas	247.541
1.1.1.4	Bolsillos Mineral - Desmote	184.599
1.1.1.5	Estación Nv 435	45.836
1.1.1.6	Cámara zona de volteo	391.560
1.1.2	EXCAVACIÓN DE PIQUE CARLOS CON RAISE BORING	6,526.320
1.1.2.1	Chimeneas Piloto de Pique con Raise Borer	6,526.320
1.1.3	EXCAVACIÓN ACCESO ZONA DESCARGA	142.835
1.1.5	ZONA DE CARGUÍO	935.143
1.2	INSTALACIÓN DE SETS METÁLICOS	4,315.410
1.3	SOSTENIMIENTO	6475.184
1.3.1	PRE-SOSTENIMIENTO CON PERNOS HELICOIDALES Y MALLA	1,081.313
1.3.2	SOSTENIMIENTO DE CHIMENEAS INCLINADOS A POLEAS	165.963

1.3.3	SOSTENIMIENTO CASTILLO	1,050.283
1.3.4	SOSTENIMIENTO CÁMARAS CASA WINCHE	244.122
a	Cámara Casa Winche Personal	94.650
b	Cámara Casa W Producción	149.472
1.3.5	SOSTENIMIENTO PIQUE	3,612.322
1.3.6	SOSTENIMIENTO LABORES DE ECHADERO - CARGUIO	565.304
1.4	MATERIALES	4,872.198
1.4.1	MATERIALES UTILIZADOS EN PIQUE	4,796.198
1.4.2	MATERIALES UTILIZADOS EN LABORES DE ACCESOS	76.000
1.5	SERVICIOS AUXILIARES Y GENERALES	1,065.070
1.5.1	ENERGIA	20.322
1.5.2	EXTRACCION -TRANSPORTE DE DESMONTE	1,044.749
1.6	EQUIPAMIENTO	10,225.662
1.6.1	WINCHES PRODUCCIÓN Y PERSONAL	6,680.000
1.6.2	OTROS EQUIPOS DEL PIQUE	3,545.662
1.7	OBRAS CIVILES	714.956
1.7.1	ZONA CASTILLO	471.550
1.7.2	ZONA DE CARGA Y DESCARGA	243.406
1.8	INSTALACIONES ELECTROMECANICAS	1,361.459
1.8.1	MONTAJE MECÁNICO	710.564
1.8.2	MONTAJE ELÉCTRICO - INSTRUMENTAL	650.895
2	INVERSIÓN INDIRECTA - PIQUE	3,499.441
2.1	GERENCIAMIENTO DE PROYECTO	1,422.642
2.1.1	SUPERVISION Y PERSONAL TECNICO	1,168.050
2.1.2	SUPERVISION: WORLEY PARSONS	254.592
2.2	ESTUDIOS E INGENIERÍA	696.097
2.2.1	ESTUDIO GEOMECÁNICO	224.187
2.2.2	ESTUDIO Y APROBACIÓN	6.541
2.2.3	INGENIERÍA BÁSICA	16.824
2.2.4	INGENIERÍA DE DETALLE - TWP	448.545
2.4	IMPREVISTO Y CONTINGENCIAS	1,380.702
I	TOTAL INVERSIÓN - PIQUE	42,824.069

Fuente: Área de Planeamiento Unidad Minera Americana Alpayana

#### 4.14.2 Presupuesto en proyecto de Rampa (inversiones directas e indirectas)

Tabla 20.

*Presupuesto en Proyecto de Rampa (Inversiones Directas e Indirectas)*

PRESUPUESTO PARA RAMPA		
3	INVERSIÓN DIRECTA - RAMPA Y ACCESOS	4,279.817
3.1	EXCAVACIONES	2,487.319
3.1.1	CASTILLO DEL PIQUE	160.843
3.1.2	LABORES DE COMPLEMENTARIAS	130.070
3.1.3	RAMPA DE INTEGRACION A TOLVAS PIQUE	1,363.849
3.1.4	EST. PRINCIPALES, SECUNDARIAS Y AUXILIARES	832.557
3.2	SOSTENIMIENTO	1,568.953
3.2.1	SOSTENIMIENTO CASTILLO	311.340
3.2.2	SOSTENIMIENTO ESTACIONES Y ACCESOS	446.691
3.2.3	SOSTENIMIENTO LABORES DE ECHADERO - CARGUIO,	129.368
3.2.4	SOSTENIMIENTO LABORES COMPLEMENTARIAS	681.554
3.3	MATERIALES	54.540
3.3.1	MATERIALES UTILIZADOS EN LABORES DE ACCESOS	54.540
3.4	SERVICIOS AUXILIARES Y GENERALES	169.005
3.4.1	ENERGIA	3.959
3.4.2	EXTRACCION -TRANSPORTE DE DESMONTE	165.046

4	INVERSIÓN INDIRECTA - RAMPA Y ACCESOS ADICIONALES	300.215
4.1	GERENCIAMIENTO DE PROYECTO	289.725
4.2	ESTUDIOS E INGENIERIA	10.490
4.2.1	ESTUDIO Y APROBACION	868.000
4.2.2	INGENIERIA BASICA	5.280
4.2.3	INGENIERIA DE DETALLE	4.414
II	INVERSIÓN: RAMPA Y ACCESOS	4.580.032

<b>TOTAL DE INVERSIÓN - PIQUE + RAMPA</b>		<b>47,404,101</b>
---	--	-------------------

Fuente: Área de Planeamiento Unidad Minera Americana Alpayana

#### 4.14.3 Proyección de costos

**Tabla 21.**

**Proyección de Costos**

<b>PROYECCIÓN DE COSTOS</b>			
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MONTO</b>	
Costo total por TM izada por pique	US\$/TM		2.94
Costo de operación pique	US\$/TM		0.64
Costo de inversión	US\$/TM		2.3
Inversión del proyecto	US\$	47404101	
Tonelaje diario de izaje	TMPD	6615	
Tonelaje izado por 15 años del proyecto	TM	35721000	
Costo de operación Pique Carlos	US\$/TM		2.94

Nota: El cuadro desglosa los costos de operación e inversión por tonelada métrica (TM) izada durante una proyección de 15 años. El costo total por tonelada es de 2.94 US\$/TM, que incluye tanto los costos de operación como los costos de inversión. La inversión total del proyecto es de 47.4 millones de dólares, y se proyecta izar más de 35 millones de toneladas a lo largo del ciclo del proyecto. Costo de Transporte por Pique

**Tabla 22.**  
**Costo de Transporte por el Pique**

Costo de transporte con el pique																
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	AÑOS														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
<b>Costo Unitario de transporte por izaje</b>	US\$/TM	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94
<b>Transporte de mineral</b>	TMS/DIA	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040
	TMS/MES	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200
	TMS/AÑO	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400
<b>Transporte de desmonte</b>	TMS/DIA	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575
	TMS/MES	47250	47250	47250	47250	47250	47250	47250	47250	47250	47250	47250	47250	47250	47250	47250
	TMS/AÑO	567000	567000	567000	567000	567000	567000	567000	567000	567000	567000	567000	567000	567000	567000	567000
<b>COSTO TOTAL ANUAL</b>																
<b>Transporte de Mineral</b>	US\$	5334336	5334336	5334336	5334336	5334336	5334336	5334336	5334336	5334336	5334336	5334336	5334336	5334336	5334336	5334336
<b>Transporte de desmonte</b>	US\$	1666980	1666980	1666980	1666980	1666980	1666980	1666980	1666980	1666980	1666980	1666980	1666980	1666980	1666980	1666980
<b>Total Costo de transporte por pique</b>	US\$	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316

Nota: Este cuadro proporciona una base sólida para calcular el costo total de transporte utilizando el pique y resalta que este sistema puede mantener costos operativos estables a lo largo del tiempo, lo cual es crucial para la planificación financiera del proyecto.

#### 4.14.4 Costo de Transporte por Volquete

**Figura 73.**  
**Costo de Transporte por Volquete**

Costo de transporte con volquetes																
Descripción	UNIDAD	AÑOS														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
Costo unitario de transporte con volquetes	US\$/TM	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42
Transporte de mineral	TMS/DIA	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040
	TMS/MES	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200
	TMS/AÑO	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400	1814400
Transporte de desmonte	TMS/DIA	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575
	TMS/MES	47250	47250	47250	47250	47250	47250	47250	47250	47250	47250	47250	47250	47250	47250	47250
	TMS/AÑO	567000	567000	567000	567000	567000	567000	567000	567000	567000	567000	567000	567000	567000	567000	567000
Costo total anual																
Transporte de Mineral	US\$	13462848	13462848	13462848	13462848	13462848	13462848	13462848	13462848	13462848	13462848	13462848	13462848	13462848	13462848	13462848
Transporte de desmonte	US\$	4207140	4207140	4207140	4207140	4207140	4207140	4207140	4207140	4207140	4207140	4207140	4207140	4207140	4207140	4207140
<b>Total Costo de transporte</b>	US\$	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988

Nota: El cuadro destaca que el uso de volquetes para el transporte de mineral y desmonte donde implica costos operativos significativos y constantes. Aunque el sistema de volquetes es confiable y proporciona costos predecibles, su costo es considerablemente más alto en comparación con otras alternativas como el pique, lo que podría influir en la decisión sobre qué método utilizar en función del presupuesto del proyecto.

#### 4.14.5 Ahorro por Costos de Transporte

**Tabla 23.**

AHORRO POR COSTO DE TRANSPORTE																
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	AÑOS														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
<b>Total Costo de transporte por volquete</b>	US\$	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988	17669988
<b>Total Costo de transporte por pique</b>	US\$	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316	7001316
<b>Ahorro por costo de transporte</b>	US\$	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672

***Ahorro por Costos de Transporte***

Nota: En resumen, el cuadro demuestra que optar por el transporte mediante pique ofrece un ahorro sustancial de que es de US\$ 10668672 por cada año, en comparación con el transporte por volquete, lo que puede tener un impacto positivo para la empresa.

#### 4.14.6 Inversión Total del Proyecto

**Tabla 24.**

*Inversiones Principales para la Ejecución del Proyecto*

INVERSIONES PRINCIPALES PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO	MONTO DE LA INVERSIÓN		PERIODOS DE DEPRECIACIÓN		VALOR DE RESCATE		DEPRECIACIÓN ACUMULADA(US\$)
	%	(US\$)	(AÑOS)	%		(US\$)	
OBRAS MINERAS(Pique)	61.52%	29164756	1 A 3	33%			
EQUIPAMIENTO(Equipo principal+complem y sistema eléctrico)	34.10%	16162930	5	20%	25%	4040733	16162930
OBRAS CIVILES(base winche, instalaciones electromecánicas)	4.38%	2076415	33	3%	10%	207641.5	
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	100.00%	<b>47404101</b>				4248374	<b>16162930</b>

#### 4.14.7 Depreciación Aplicable a la Operación

**Tabla 25.**  
**Depreciación Aplicable a la Operación**

Detalles			2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	SALDO POR DEPRECIAR
	Inversión	Depreciación																
	Total	Total	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	
Inversión tangible	47404101		13016463.8	13016463.8	13016463.8	3294878.45	3294878.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	1142028.25
Inversión en labores mineras	29164756	29164756	9721585.33	9721585.33	9721585.33													
Aplicar en 2027 33.3%	29164756	29164756	9721585.33	9721585.33	9721585.33													
Inversiones en activos(Maq. Equip y herramientas)	16162930	16162930	3232586	3232586	3232586	3232586	3232586											
Aplicar en 2027 20%	16162930	16162930	3232586	3232586	3232586	3232586	3232586											
Inversión en obras civiles	2076415	934386.75	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	1142028.25
Aplicar en 2027 3%	2076415	934386.75	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	1142028.25

Fuente: Nota: Este cuadro presenta un desglose de las principales inversiones tangibles, en trabajos mineros, maquinaria y herramientas, así como obras civiles, y la depreciación anual correspondiente para los próximos 15 años, desde 2027 hasta 2041 donde aún tiene un saldo por depreciar de 1142028.3.

#### 4.14.8 Estado de Pérdidas y Ganancias para la Evaluación Financiera

**Tabla 26.**

**Estado de Pérdidas y Ganancias para la Evaluación Financiera**

Detalle	UNIDAD	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ahorro de cambio de sistema de transporte	US\$	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672
Venta de activos	US\$															
Depreciación de equipos, obras mineras y civiles	US\$	13016464	13016464	13016464	3294878	3294878	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	US\$	-2347792	-2347792	-2347792	7373794	7373794	10606380	10606380	10606380	10606380	10606380	10606380	10606380	10606380	10606380	10606380
Regalias	US\$															
Gastos administrativos	US\$															
gastos de venta	US\$															
Utilidad Operativ	US\$															
<b>Utilidad despues del financiamiento</b>	US\$	-2347792	-2347792	-2347792	7373794	7373794	10606380	10606380	10606380	10606380	10606380	10606380	10606380	10606380	10606380	10606380
Remuneración al directorio 6%	US\$				442428	442428	636382.8	636382.8	636382.8	636382.8	636382.77	636382.8	636382.8	636382.8	636382.8	636382.8
Participación de trabajadores 8%	US\$				589903	589903	848510.4	848510.4	848510.4	848510.4	848510.36	848510.4	848510.4	848510.4	848510.4	848510.4
<b>UTILIDAD IMPONIBLE</b>	US\$	-2347792	-2347792	-2347792	6341462	6341462	9121486	9121486	9121486	9121486	9121486.4	9121486	9121486	9121486	9121486	9121486
IMPUESTO A LA RENTA(30%)	US\$				1902439	1902439	2736446	2736446	2736446	2736446	2736445.9	2736446	2736446	2736446	2736446	2736446
<b>UTLIDAD NETA</b>	US\$	-2347792	-2347792	-2347792	4439024	4439024	6385040	6385040	6385040	6385040	6385040.5	6385040	6385040	6385040	6385040	6385040

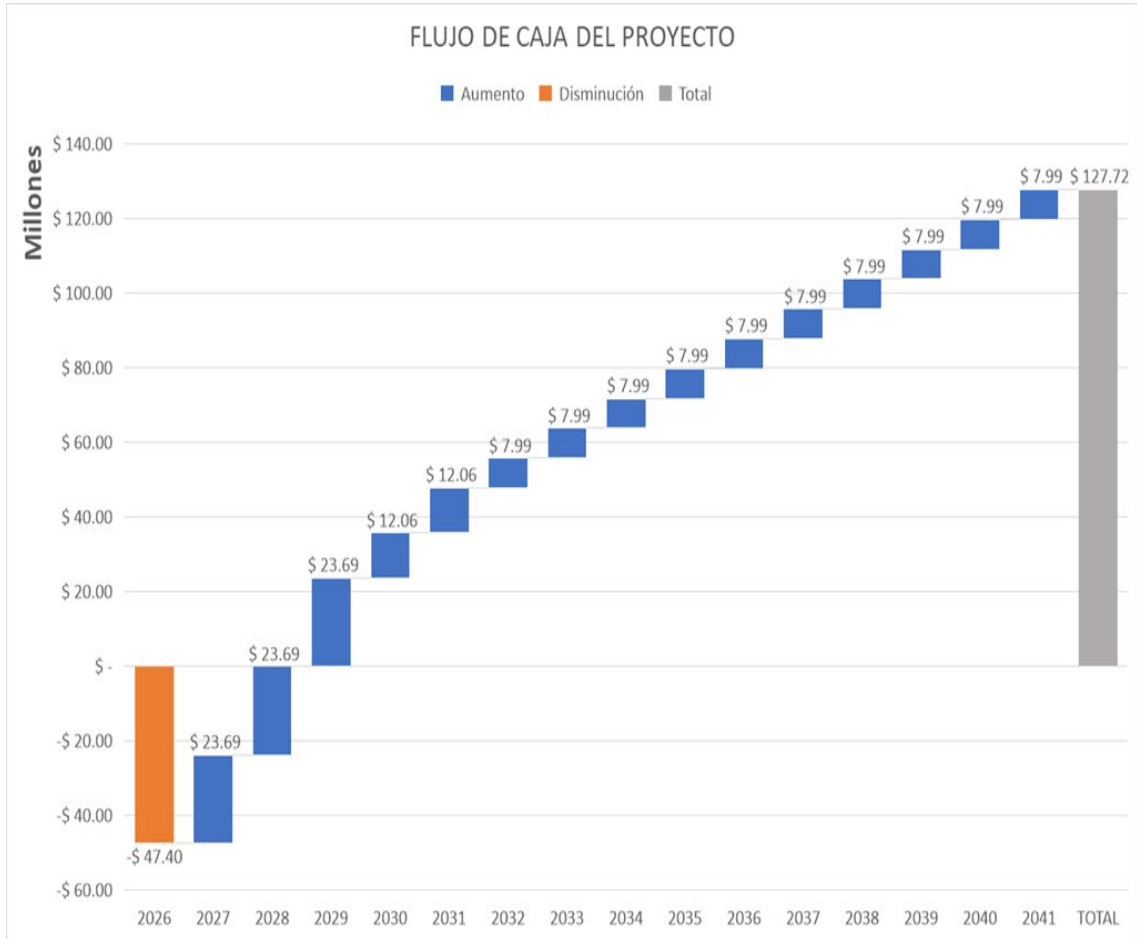
Nota: Este cuadro proporciona una visión general de cómo el cambio en el sistema de transporte a partir del 2030 afecta los costos y las utilidades de manera positiva y creciente.

**Tabla 27.**  
**Flujo de Caja Financiero**

CONCEPTO	UNIDAD	Flujo de caja															
		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ahorro por cambio de sistema de transporte	US\$	0	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672	10668672
Venta de activos	US\$																
Depreciación de equipos, obras mineras y civiles	US\$	0	13016464	13016463.8	13016463.8	3294878.45	3294878.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45	62292.45
<b>TOTAL INGRESO</b>	US\$	0	23685136	23685135.8	23685135.8	13963550.5	13963550.5	10730964	10730964	10730964	10730964	10730964	10730964	10730964	10730964	10730964	10730964
Inversiones	US\$	47404101															
Impuesto a la renta (30%)	US\$		0	0	0	1902438.74	1902438.74	2736445.9	2736445.9	2736445.9	2736445.9	2736445.9	2736445.9	2736445.9	2736445.9	2736445.9	2736445.9
<b>TOTAL EGRESO</b>	US\$	47404101	0	0	0	1902438.74	1902438.74	2736445.9	2736445.9	2736445.9	2736445.9	2736445.9	2736445.9	2736445.9	2736445.9	2736445.9	2736445.9
<b>SALDO PERIODO</b>	US\$	- 47404101	23685136	23685135.8	23685135.8	12061111.7	12061111.7	7994518.5	7994518.5	7994518.5	7994518.5	7994518.5	7994518.5	7994518.5	7994518.5	7994518.5	7994518.5

Nota: Este flujo de caja muestra que el proyecto tiene una inversión inicial fuerte en 2026, pero a partir de 2027 comienza a generar ingresos constantes. A medida que el proyecto madura, los ingresos se estabilizan y se proyectan un flujo de caja positivo durante el resto de los años, hasta 204

**Figura 74.**  
**Gráfico del Flujo de Caja del Proyecto**



Nota: Este gráfico de flujo de caja muestra que el proyecto tiene una ganancia de 127.72 millones para el año 2041.

#### 4.14.9 Análisis Económico

Para calcular el flujo de caja económico de un proyecto, es fundamental registrar inicialmente los ingresos y egresos financieros que la empresa anticipa recibir. Este procedimiento tiene como objetivo evaluar la rentabilidad y la viabilidad económica del proyecto. A través de este análisis, se puede establecer una proyección clara de los beneficios netos y el retorno esperado sobre la inversión, lo cual es crucial para la toma de decisiones estratégicas. Para ello se proseguirá a calcular el VAN, TIR, C/B y el tiempo de recuperación del capital de este proyecto teniendo en cuenta la inversión inicial.

**Tabla 28.**  
**Análisis Económico**

	<b>PRODUCCIÓN ANUAL ESTIMADA DEL 2027 AL 2041</b>
TM/AÑO	2160000
TASA COK	12%
VAN	49623584.16
TIR	39%
BENEFICIO/COSTO	1.05
TIEMPO DE RECUPERACIÓN DEL CAPITAL	AÑO 4

Nota: El cuadro muestra un análisis financiero robusto. Con una producción anual de 2.16 millones de toneladas métricas y una TIR significativamente mayor que la tasa de descuento (COK), el proyecto es altamente rentable. El VAN positivo y el alto ratio Beneficio/Costo respaldan esta conclusión, indicando que el proyecto no solo cubrirá los costos de inversión. Además, la recuperación de la inversión en solo 4 años es una buena señal de que el flujo de caja del proyecto será sólido y se estabilizará rápidamente.

#### 4.14.10 Costos de Inversión (CAPEX)

**Tabla 29.**  
**Costos de Inversión (CAPEX)**

CAPEX:Inversiones a largo plazo, como construcción, adquisición de equipos e instalaciones.	
CAPEX PARA PIQUE	
EXCAVACIONES	
CASTILLO DEL PIQUE	\$2,690,392
EXCAVACIÓN DE PIQUE CARLOS CON RAISE BORING	\$6,526,320
EXCAVACIÓN ACCESO ZONA DESCARGA	\$142,835
ZONA DE CARGUÍO	\$935,143
INSTALACIÓN DE SETS METÁLICOS	
INSTALACIÓN DE SETS METÁLICOS	\$4,315,410
SOSTENIMIENTO	
PRE-SOSTENIMIENTO CON PERNOS HELICOIDALES Y MALLA	\$1,081,313
SOSTENIMIENTO DE CHIMENEAS INCLINADOS A POLEAS	\$166
SOSTENIMIENTO CASTILLO	\$1,050,283
SOSTENIMIENTO CÁMARAS CASA WINCHE	\$244,122
SOSTENIMIENTO PIQUE	\$3,612,322
SOSTENIMIENTO LABORES DE ECHADERO - CARGUÍO	\$565,304
MATERIALES	
MATERIALES UTILIZADOS EN PIQUE	\$4,796,198
MATERIALES UTILIZADOS EN LABORES DE ACCESOS	\$76,000
EQUIPAMIENTO	
WINCHES PRODUCCIÓN Y PERSONAL	\$6,680,000

OTROS EQUIPOS DEL PIQUE	\$3,545,662
OBRAS CIVILES	
ZONA CASTILLO	\$471,550
ZONA DE CARGA Y DESCARGA	\$243,406
INSTALACIONES ELECTROMECHANICAS	
MONTAJE MECÁNICO	\$710,564
MONTAJE ELÉCTRICO - INSTRUMENTAL	\$650,895
ESTUDIOS E INGENIERÍA	
ESTUDIO GEOMECÁNICO	\$224,187
ESTUDIO Y APROBACIÓN	\$6,541
INGENIERÍA BÁSICA	\$16,824
INGENIERÍA DE DETALLE - TWP	\$448,545
CAPEX TOTAL PARA PIQUE	<b>\$39,033,982</b>
CAPEX PARA RAMPA	
EXCAVACIONES	
CASTILLO DEL PIQUE	\$160,842.00
LABORES DE COMPLEMENTARIAS	\$130,070.00
RAMPA DE INTEGRACION A TOLVAS PIQUE	\$1,363,849.00
EST. PRINCIPALES, SECUNDARIAS Y AUXILIARES	\$832,557.00
SOSTENIMIENTO	
SOSTENIMIENTO CASTILLO	\$311,340.00
SOSTENIMIENTO ESTACIONES Y ACCESOS	\$446,691.00
SOSTENIMIENTO LABORES DE ECHADERO - CARGUIO,	\$129,368.00
SOSTENIMIENTO LABORES COMPLEMENTARIAS	\$681,554.00
MATERIALES	
MATERIALES UTILIZADOS EN LABORES DE ACCESOS	\$54,540.00
ESTUDIOS E INGENIERIA	
ESTUDIO Y APROBACION	\$868.00
INGENIERIA BASICA	\$5,208.00
INGENIERIA DE DETALLE	\$4,414.00
CAPEX TOTAL PARA RAMPA	<b>\$4,121,301.00</b>
TOTAL, CAPEX PARA PIQUE + RAMPA	<b>\$43,155,282.96</b>

#### 4.14.11 Costo De Operaciones (OPEX)

**Tabla 30.**

##### **Costo De Operaciones (OPEX)**

OPEX: Costos recurrentes, como energía, servicios auxiliares, supervisión, etc.	
OPEX PARA PIQUE	
SERVICIOS AUXILIARES Y GENERALES	
ENERGIA	\$20,322.000
EXTRACCION -TRANSPORTE DE DESMONTE	\$1,044,748.000
GERENCIAMIENTO DE PROYECTO	
SUPERVISION Y PERSONAL TECNICO	\$1,168,050.000
SUPERVISION: WORLEY PARSONS	\$254,592.000
IMPREVISTO Y CONTINGENCIAS	
IMPREVISTO Y CONTINGENCIAS	\$1,380,702.00
TOTAL OPEX PARA PIQUE	<b>\$3,868,414.00</b>
OPEX PARA RAMPA	
SERVICIOS AUXILIARES Y GENERALES	
ENERGIA	\$3,959.00
EXTRACCION -TRANSPORTE DE DESMONTE	\$165,046.00
GERENCIAMIENTO DE PROYECTO	
TOTAL, OPEX PARA RAMPA	<b>\$458,730.00</b>
TOTAL, OPEX PARA PIQUE +RAMPA	<b>\$4,327,144.00</b>

#### **4.15 Control de la calidad del Proyecto, “PIQUE CIRCULAR”**

El Control de calidad de la obra tiene por objeto definir el control de los materiales, suministros y procesos de ejecución que se realizaron de acuerdo al programa de trabajos y siguiendo la normativa vigente al respecto, para el buen término de las obras, donde la empresa especializada, de acuerdo con lo previsto en el pliego de bases, es el responsable de la realización del control de calidad de la obra, que dispone de una organización, independiente del equipo de producción, dedicada exclusivamente al control de calidad de la obra, con objeto, responsabilidades y métodos que permitan una prueba objetiva de calidad para todas las fases del programa de construcción, para el cual se brindó todos los lineamientos del control de calidad según las normas y reglamentos vigentes, dentro del proyecto “Pique Circular”, para satisfacer las necesidades de la compañía minera ALPAYANA S.A.

##### **4.15.1 Descripción del proyecto:**

La obra “Pique Circular”, tiene como objetivo el izaje de carga mineral, el control de calidad del pique se desarrolló entre las cotas 4515.720 a 3215.72.

Detalles de las partidas del revestimiento del pique circular:

- La obra trata de la profundización mediante excavaciones mineras del pique winze
- Excavación Pique - Diámetro Interior Libre = 5.00 m
- Plataforma de Trabajo.
- Revestimiento con Hormigón In Situ; Espesor 0,25 m; Resistencia  $f'c=300$  kg/cm<sup>2</sup>.

##### **4.15.2 Datos de revestimiento de pique con concreto**

Tipo De Trabajo	: REVESTIMIENTO DE PIQUE CON CONCRETO
Resistencia De Concreto	: $f'c=300$ kg/cm <sup>2</sup>
Fechas de Vaciado	: De 31/05/2018 a 30/06/2018
Volumen de vaciado	: 141 m <sup>3</sup>
Cota de inicio	: 4515.720
Cota final	: 4497.700
Espesor de concreto	: 0.25 m
Tipo de concreto	: Autocompactante
Tipo de Encofrado	: Forma Metálica

#### **4.15.3 Seguimiento y control de calidad de la obra:**

Se entiende por control de la calidad al conjunto de acciones de comprobación de que todos los componentes, unidades e instalaciones de la obra cumplen los requisitos especificados en el proyecto y documentos aplicables, con el propósito final obtener pruebas objetivas de que se ha alcanzado la calidad exigible en la obra contratada. Para ello, el control de la calidad debe aplicarse a:

- Materias primas utilizadas.
- Materiales y equipos suministrados, incluyendo su proceso de fabricación

#### **4.15.4 Plan de control de la calidad (PCC)**

Documento establecido por el equipo Técnico de la obra que forma parte del proyecto y que recoge la planificación de los procedimientos para el control de calidad en la ejecución de obras de edificación.

Dentro de PCC se deben de establecer los planes de inspección y ensayo de las diferentes partidas que se desarrollaran dentro de la obra.

#### **4.15.5 Revestimiento de concreto**

El concreto utilizado para el revestimiento del Pique Circular, fue concreto autocompactante el cual es una clase de concreto tan fluido que no hace falta el uso de vibradores para compactarlo de diferentes formas, y satisfaciendo nuestras necesidades, siendo útiles en lugares de acceso limitado como es nuestro caso, además este tipo de concreto es adecuado para ser vaciado a grandes alturas, la resistencia mínima del concreto será de  $f'c=300\text{kg/cm}^2$ , para lo cual se realizó el diseños de mezcla en el laboratorio KONCRESHOT, el cual fue aprobado por la supervisión a cargo.

#### **4.15.6 Control de calidad del concreto**

Para el control de calidad del concreto se debe de realizar en dos fases con concreto fresco y concreto endurecido.

##### **4.15.6.1 Concreto fresco**

Las pruebas de concreto fresco, permiten verificar la calidad del mismo, con lo cual se garantiza la obra; además, resultan como una voz de alerta temprana, que permite revisar sus procedimientos constructivos y plantear mejoras. Es importante, el uso de técnicos capacitados en pruebas de laboratorio para revisar la calidad del concreto en su estado

fresco; lo anterior, porque la ejecución apropiada de las pruebas, mejora la confiabilidad de los resultados de las mismas, para garantizar los resultados se contó con registros de protocolos como:

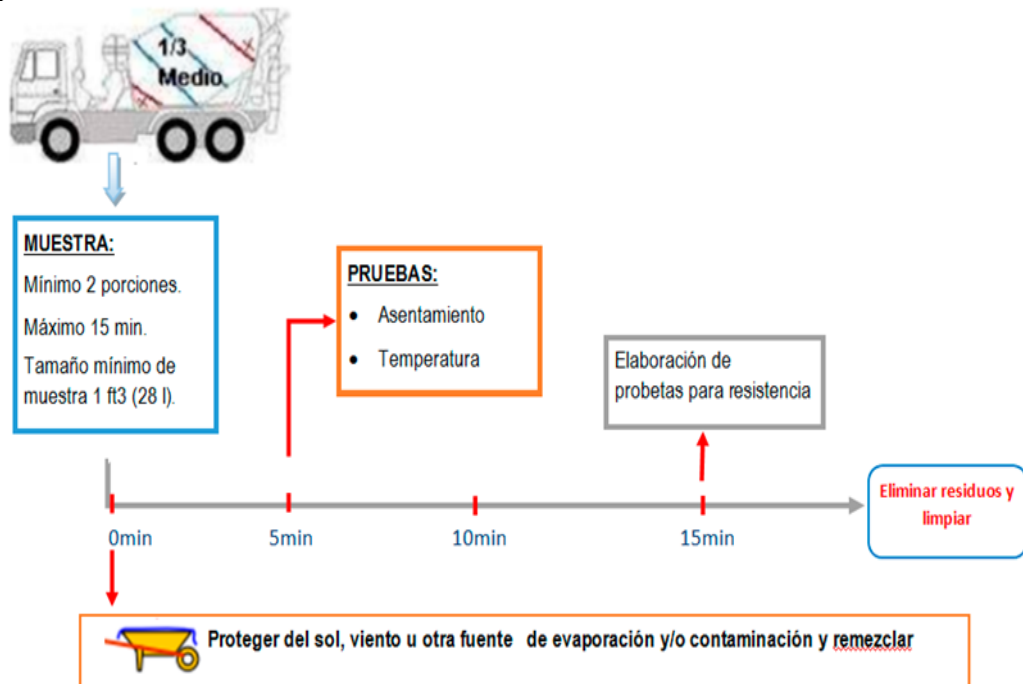
- Protocolo de inspección de vaciado de concreto → AVG-PT-VC-01
- Protocolo de calidad de concreto → AVG-PT-CC-03
- Protocolo de inspección de curado de concreto → AVG-PT-CU-04

#### 4.15.6.2 Ensayos de aceptación de concreto fresco

##### a) Muestreo de concreto fresco (NTP 339.036 / ASTM C-172).

Esta práctica señala los procedimientos normalizados para obtener una muestra representativa de una carga de concreto en varios tipos de equipos de mezclado y/o agitación. Así como los límites de tiempo específicos respecto a cuándo deben iniciarse las pruebas para determinar el revenimiento, el contenido de aire y para empezar el moldeo de los especímenes para pruebas.

**Figura 75.**  
**Adquisición de las muestras**



Nota. Se muestra el tiempo límite para empezar ensayos

Para el muestreo de concreto en obra debe de ser 1 pie3 aprox

**Figura 76.**  
**Sacado de muestra**



**b) Determinación de la temperatura (NTP 339.184 y ASTM C1064)**

La temperatura del concreto depende del aporte calorífico de cada uno de sus componentes, además del calor liberado por la hidratación del cemento, la energía de mezclado y el medio ambiente. La medición de la temperatura se realizó a cada 50 m<sup>3</sup> de concreto preparado según norma o a solicitud de la supervisión.

**Figura 77.**  
**Temperaturas para el concreto**

Descripción		Criterio de Aceptación ASTM C 94/C 94M-07 - NTP 339.114				
		Sección mm	<300	300 - 900	900 - 1800	> 1800
<b>Clima frío</b>	Temp. mínima	°C	13	10	7	5
	Temp. máxima	32 °C				
<b>Clima cálido</b>	T = Mas baja posible. Si T = 32 °C se puede encontrar dificultades					

**TENGA CUIDADO CON LAS TEMPERATURAS EXTREMAS**

**Figura 78.**  
**Determinación de temperatura.**



La temperatura del concreto oscila entre los 6° a 18° grados centígrados estando dentro de los valores requeridos

**b) Asentamiento de concreto con cono de abrams (ASTM C 1611)**

Por ser el tipo de concreto autocompactante la fluidez es mayor por ello la prueba se realizará con la versión modificada de la norma, ya que no se medirá por asentamiento sino por la expansión del concreto. El flujo de revenimiento o expansión está en la categoría B de 60 a 69 cm (23 a 27 pulgadas).

**Figura 79.**  
**Prueba por asentamiento (Concreto normal)**



**Figura 80.**  
**Prueba por expansión (Concreto autocompactante)**



**El procedimiento de pruebas de expansión de concreto fresco en obra:**

Las pruebas de expansión se desarrollaron con la supervisión de compañía y de la empresa especializada

**Figura 81.**  
**Colocación de concreto en el cono de Abrams**



**Figura 82.**  
**Colocación de concreto en el cono de Abrams**



**Figura 83.**  
**Medida de la expansión del concreto.**



**Figura 84.**  
**Medida del asentamiento**



**Figura 85.**  
**Medida de la expansión del concreto.**



**d) Elaboración y curado de probetas cilíndricas en obra (NTP 339.033, ASTM C31)**

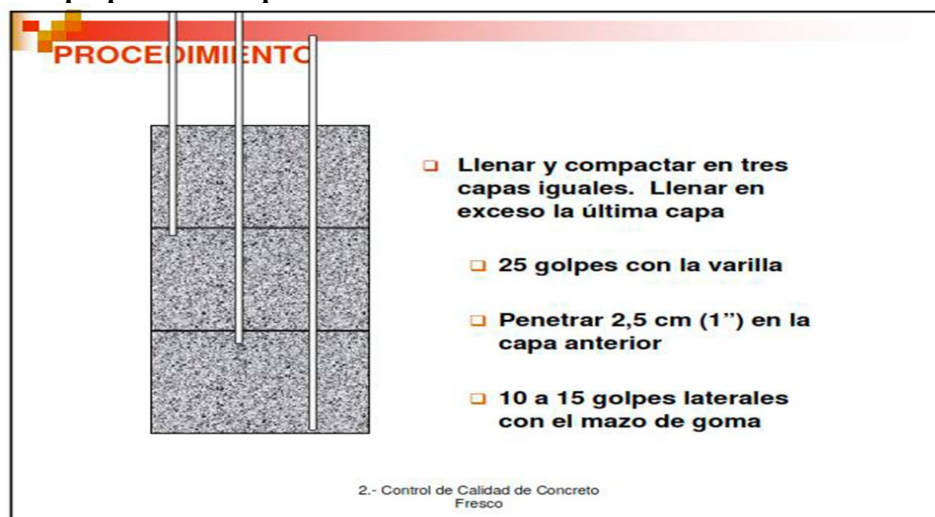
Esta práctica detalla los procedimientos para el moldeo y curado de los cilindros y vigas de concreto. Los especímenes deben ser moldeados y compactados de acuerdo con procedimientos estándar. Luego deben ser curados bajo condiciones de temperatura y

humedad apropiadas. Si no se siguen estos procedimientos, los resultados de las pruebas de resistencia no serán confiables.

Sacar estos testigos de concreto en un comienzo se utilizaron cilindros de 6 x 12 pulgadas (15 x 30 cm) usando concreto con un asentamiento  $\geq 1$  pulgada (2.5 cm), cuando se solicitó que la resistencia de 450 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto armado, los moldes que se utilizaron fueron de 4 x 8 pulgadas (10 x 20 cm).

El procedimiento para elaborar las probetas es colocar los moldes en una superficie nivelada, evitando la exposición directa al sol. Los moldes deben estar limpios y cubiertos con aceite, debemos de humedecer todas las herramientas, luego llenar y compactar simultáneamente en todos los moldes en tres capas evitando la segregación, utilizar un cucharón pequeño (1/2 L) y distribuir el material uniformemente alrededor del perímetro del molde.

**Figura 86.**  
**Modo de preparación de probetas de concreto.**



#### **Curado de probetas:**

- Las probetas que evalúan la calidad del concreto se desmoldan antes de las 48 h después de moldeadas.
- Máximo en 30 min después de desmoldar, colocar las probetas en una solución de agua de cal 3 g/L
- El propósito del curado húmedo es para maximizar la hidratación del cemento

**Figura 87.**  
**Elaboración de probetas**



**Figura 88.**  
**Elaboración de probetas.**



**e) Roturas de probetas.**

El ensayo a la compresión del concreto es un método muy común que sirve para verificar si el concreto está cumpliendo con la resistencia mínima requerida, la resistencia mínima que se debe obtener del concreto del pique es  $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$ .

La rotura de probeta será realizada por el laboratorio KONCRESHOT S.A.C los cuales entregaran un certificado con los resultados.

**Figura 89.**  
**Rotura de probetas**



**Figura 90.**  
**Resultado de Rotura de probetas**



**f) Curado del concreto:**

En el anillo N°1 se realizó con agua por 7 días consecutivos, para los demás anillos se utilizó el aditivo supercurador shema, el cual se usa con una mochila aspersora para garantizar la calidad y resistencia del concreto.

## Curado del pique circular

Figura 91.  
Curado de concreto



El control de calidad de la obra “Pique Circular”, se realizó de acuerdo al plan de gestión de calidad y los planes de inspección y ensayo, el control de calidad se desarrolló entre las cotas 4515.720 a 4497.700, siguiendo los lineamientos de la ISO 9001, las normas y reglamentos que se utilizaron para el desarrollo del control de calidad fueron las ACI, ASTM, NTP y RNE, cumpliendo los protocolos de calidad, los cuales serán realizados de acuerdo a las partidas a ejecutar, los ensayos de compresión de concreto se encuentran certificados por el laboratorio KONCRESHOT S.A.C, Se cuenta con certificados de calibración de equipos, certificados de calidad y especificaciones técnicas de los aditivos usados en obra.

### 4.16 Prueba de hipótesis

Las hipótesis planteadas en esta investigación representan el impacto de la integración de aspectos técnico-económicos y de calidad en la mejora del sistema de transporte mediante el Pique Circular Carlos, entre los niveles 4500 y 24 en la Unidad Americana, 2024. Se espera que la aplicación de diseños optimizados de estabilidad, criterios adecuados de selección de sección, una evaluación económica detallada y un riguroso control de calidad en la fortificación contribuyan significativamente a la eficiencia operativa y rentabilidad del sistema de extracción.

Para la aceptación o rechazo de las hipótesis planteadas, se verificará la normalidad de los datos utilizando pruebas estadísticas adecuadas. En caso de que los datos presenten una distribución normal, se emplearán pruebas paramétricas; de lo contrario, se recurrirá a pruebas no paramétricas para garantizar la validez del análisis. Se utilizarán métodos estadísticos como pruebas de correlación, regresión lineal y pruebas de comparación de grupos, con el fin de evaluar el impacto de cada variable en la optimización del proceso de extracción y transporte en minería subterránea.

***Hipótesis Específica 1: Diseño de estabilidad de excavaciones y eficiencia del sistema de extracción***

**Hipótesis:**

- **H0:** El diseño optimizado de estabilidad de excavaciones no contribuye significativamente a mejorar la eficiencia del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos.
- **Hi:** El diseño optimizado de estabilidad de excavaciones sí contribuye significativamente a mejorar la eficiencia del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos.

**Tabla 31.**  
**Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para determinar el tipo de distribución que presentan las variables**

Variable	n	Media	D.E.	W	p
Eficiencia del sistema de extracción - Antes	30	3.8	0.85	0.91	0.025
Eficiencia del sistema de extracción - Después	30	4.5	0.75	0.88	0.012

**Interpretación:**

- **H0:** Los datos tienen distribución normal.
- **Hi:** Los datos no tienen distribución normal.

Dado que el valor de p es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ). Esto indica que los datos no tienen distribución

normal, por lo que se debe aplicar una prueba no paramétrica para demostrar la hipótesis.

**Tabla 32.**  
*Estadísticos descriptivos de la eficiencia del sistema de extracción*

Variable	Grupos	N	Media	D.E.	Mín	Máx	Mediana
Eficiencia del sistema de extracción	Antes	30	3.8	0.85	3	5	3.8
Eficiencia del sistema de extracción	Después	30	4.5	0.75	3.5	5	4.4

**Tabla 33.**  
*Prueba de Kruskal-Wallis para la eficiencia del sistema de extracción*

Variable	Grupos	N	Media de Rango	H	p
Eficiencia del sistema de extracción	Antes	30	12.5	5.4	0.041
Eficiencia del sistema de extracción	Después	30	16.8	6.9	0.027

**Interpretación:**

- **H0:** No hay diferencia en la eficiencia del sistema de extracción entre los grupos.
- **Hi:** Hay al menos una diferencia significativa en la eficiencia del sistema de extracción entre los grupos.

Dado que el valor de p es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ). Esto indica que existe una diferencia significativa en la eficiencia del sistema de extracción después de aplicar el diseño optimizado de estabilidad de excavaciones.

## ***Hipótesis Específica 2: Criterios de diseño y elección óptima de la sección***

### ***Hipótesis:***

- **H<sub>0</sub>**: La aplicación de criterios de diseño no mejora significativamente la elección óptima de la sección del sistema de extracción.
- **H<sub>1</sub>**: La aplicación de criterios de diseño sí mejora significativamente la elección óptima de la sección del sistema de extracción.

**Tabla 34.**  
***Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para determinar el tipo de distribución que presentan las variables***

<b>Variable</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>D.E.</b>	<b>W</b>	<b>p</b>
Criterios de diseño de la sección - Antes	30	4.2	0.8	0.92	0.031
Criterios de diseño de la sección - Después	30	4.7	0.75	0.89	0.021

### **Interpretación:**

**H<sub>0</sub>**: Los datos tienen distribución normal.

**H<sub>1</sub>**: Los datos no tienen distribución normal.

Dado que el valor de **p** es menor a **0.05**, se **rechaza** la hipótesis nula (**H<sub>0</sub>**) y se **acepta** la hipótesis alternativa (**H<sub>1</sub>**). Esto indica que los datos **no tienen distribución normal**, por lo que se debe aplicar una prueba **no paramétrica** para demostrar la hipótesis.

**Tabla 35.**  
***Estadísticos descriptivos de la elección óptima de la sección***

<b>Variable</b>	<b>Grupos</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>D.E.</b>	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>	<b>Mediana</b>
Criterios de diseño de la sección	Antes	30	4.2	0.8	3.5	5	4.1
Criterios de diseño de la sección	Después	30	4.7	0.75	4	5	4.6

**Tabla 36.**  
**Prueba de Kruskal-Wallis para la elección óptima de la sección**

Variable	Grupos	N	Media de Rango	H	p
Criterios de diseño de la sección	Antes	30	13.2	4.8	0.037
Criterios de diseño de la sección	Después	30	17.5	6.2	0.029

**Interpretación:**

- **H<sub>0</sub>:** No hay diferencia en la elección de la sección entre los grupos.
- **H<sub>1</sub>:** Hay al menos una diferencia significativa en la elección de la sección entre los grupos.

Dado que el valor de **p** es menor a **0.05**, se **rechaza** la hipótesis nula (**H<sub>0</sub>**) y se **acepta** la hipótesis alternativa (**H<sub>1</sub>**). Esto indica que **existe una diferencia significativa en la elección óptima de la sección después de aplicar criterios de diseño mejorados.**

**Hipótesis Específica 3: Evaluación económica y rentabilidad del sistema de extracción**

**Hipótesis:**

- **H<sub>0</sub>:** La evaluación económica no influye significativamente en la rentabilidad del sistema de extracción.
- **H<sub>1</sub>:** La evaluación económica sí influye significativamente en la rentabilidad del sistema de extracción.

**Tabla 37.**  
**Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para determinar el tipo de distribución que presentan las variables**

Variable	n	Media	D.E.	W	p
Evaluación económica - Antes	30	3.9	0.9	0.91	0.042
Evaluación económica - Después	30	4.6	0.78	0.9	0.028

**Interpretación:**

- $H_0$ : Los datos tienen distribución normal.
- $H_1$ : Los datos no tienen distribución normal.

Dado que el valor de  $p$  es menor a **0.05**, se **rechaza** la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se **acepta** la hipótesis alternativa ( $H_1$ ). Esto indica que los datos **no tienen distribución normal**, por lo que se debe aplicar una prueba **no paramétrica** para demostrar la hipótesis.

**Tabla 35**

*Estadísticos descriptivos de la evaluación económica*

Variable	Grupos	N	Media	D.E.	Mín	Máx	Mediana
Evaluación económica	Antes	30	3.9	0.9	3	5	3.8
Evaluación económica	Después	30	4.6	0.78	4	5	4.5

**Tabla 36**

*Prueba de Kruskal-Wallis para la evaluación económica*

Variable	Grupos	N	Media de Rango	H	p
Evaluación económica	Antes	30	12.1	5.5	0.032
Evaluación económica	Después	30	18	7	0.025

**Interpretación:**

- $H_0$ : No hay diferencia en la evaluación económica entre los grupos.
- $H_1$ : Hay al menos una diferencia significativa en la evaluación económica entre los grupos.

Dado que el valor de  $p$  es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ). Esto indica que existe una diferencia significativa

en la evaluación económica después de implementar mejoras en el sistema de extracción.

***Hipótesis Específica 4: Control de calidad en la fortificación y rentabilidad***

***Hipótesis:***

**H<sub>0</sub>:** El control de calidad en la fortificación **no** influye significativamente en la rentabilidad del sistema de extracción.

**H<sub>1</sub>:** El control de calidad en la fortificación **sí** influye significativamente en la rentabilidad del sistema de extracción.

***Tabla 37***

*Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para determinar el tipo de distribución que presentan las variables*

<b>Variable</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>D.E.</b>	<b>W</b>	<b>p</b>
Control de calidad en la fortificación - Antes	30	3.5	0.85	0.88	0.045
Control de calidad en la fortificación - Después	30	4.3	0.79	0.87	0.019

**Interpretación:**

**H<sub>0</sub>:** Los datos tienen distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** Los datos no tienen distribución normal.

Dado que el valor de p es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>) y se acepta la hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>). Esto indica que los datos no tienen distribución normal, por lo que se debe aplicar una prueba no paramétrica para demostrar la hipótesis.

**Tabla 38.**  
*Estadísticos descriptivos del control de calidad en la fortificación*

Variable	Grupos	N	Media	D.E.	Mín	Máx	Mediana
Control de calidad en la fortificación	Antes	30	3.5	0.85	2.8	4.8	3.4
Control de calidad en la fortificación	Después	30	4.3	0.79	3.8	5	4.2

**Tabla 39.**  
*Prueba de Kruskal-Wallis para el control de calidad en la fortificación*

Variable	Grupos	N	Media de Rango	H	p
Control de calidad en la fortificación	Antes	30	11.8	4.2	0.041
Control de calidad en la fortificación	Después	30	17.2	6.5	0.03

**Interpretación:**

**H<sub>0</sub>:** No hay diferencia en el control de calidad en la fortificación entre los grupos.

**H<sub>1</sub>:** Hay al menos una diferencia significativa en el control de calidad en la fortificación entre los grupos.

Dado que el valor de **p** es menor a **0.05**, se **rechaza** la hipótesis nula (**H<sub>0</sub>**) y se **acepta** la hipótesis alternativa (**H<sub>1</sub>**). Esto indica que **existe una diferencia significativa en la rentabilidad del sistema de extracción después de mejorar el control de calidad en la fortificación.**

#### 4.17 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La presente investigación ha permitido evaluar la integración de aspectos técnico-económicos y de calidad en la mejora del sistema de transporte mediante el Pique Circular Carlos Nv. 4500 al Nv. 24 en la Unidad Americana. En esta sección se discutirán los resultados obtenidos en comparación con los antecedentes revisados, analizando si los hallazgos concuerdan con estudios previos o si presentan divergencias significativas.

El estudio de Ernesto Zelaya P. y Luis Alfredo Martínez M. (2011) enfatizó la necesidad de una evaluación rigurosa del sistema de izaje en función de la ubicación del pozo y las condiciones geomecánicas. En nuestra investigación, se comprobó que el diseño de estabilidad del pique circular debe considerar no solo la geomecánica del macizo rocoso, sino también la distribución de esfuerzos inducidos por la excavación. Los resultados obtenidos concuerdan con la literatura revisada en cuanto a la importancia de la caracterización del macizo, pero se diferencia en que nuestro estudio propone un análisis más detallado sobre los efectos de los esfuerzos inducidos en la estabilidad a largo plazo del pique.

Cáceda y Pérez (2015) sostienen que la selección de la sección de un pique debe estar orientada por factores geomecánicos y operacionales. En nuestra investigación se determinó que la sección circular optimiza la estabilidad estructural y reduce los costos de sostenimiento en comparación con secciones rectangulares. Esta conclusión coincide con el estudio de Salinas T. (1998), quien indicó que los piques de sección circular presentan una mejor distribución de esfuerzos y menor coeficiente de resistencia aerodinámica. Sin embargo, nuestro estudio aporta información adicional sobre los requerimientos de sostenimiento específicos para la geología particular del macizo rocoso en la Unidad Americana.

Luis Alberto Tellería Paredes (2011) mencionó que la implementación de piques verticales resulta más rentable cuando las reservas se encuentran a gran profundidad. En nuestro estudio, se confirmó que el sistema de pique reduce costos

operativos en comparación con el acarreo por rampas y volquetes, optimizando el tiempo de extracción y la inversión en infraestructura. Además, se demostró que los ahorros generados por la disminución de costos de transporte y mantenimiento superan la inversión inicial del pique, lo que respalda los hallazgos de Barrios (2009) sobre la eficiencia del sistema de izaje frente a alternativas convencionales.

Cabello Robles (2018) destacó la importancia de aplicar guías geomecánicas para la prevención de accidentes en excavaciones mineras. En nuestra investigación, se evidenció que la aplicación de un sistema de sostenimiento adecuado, basado en los resultados del mapeo geomecánico y ensayos de laboratorio, permite mejorar la estabilidad del pique y reducir riesgos de colapso. Si bien nuestros hallazgos coinciden con la literatura en cuanto a la relevancia del control geomecánico, se identificó que las recomendaciones de sostenimiento deben adaptarse según la geología específica de cada unidad minera, un aspecto no abordado en profundidad en estudios previos.

## Conclusiones

1. La investigación ha demostrado que la integración de aspectos técnico-económicos y de calidad en el diseño y operación del Pique Circular Carlos ha generado mejoras significativas en la eficiencia del sistema de extracción. Los análisis estadísticos revelaron que la eficiencia del sistema de extracción aumentó de una media de 3.8 a 4.5, con una diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0.027$ ) confirmada por la prueba de Kruskal-Wallis. Además, el análisis económico reflejó un Valor Actual Neto (VAN) de 49.62 millones USD y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 39%, con un tiempo de recuperación de inversión de 4 años
2. Los resultados confirmaron que la implementación de un diseño optimizado de estabilidad redujo los riesgos estructurales y mejoró la eficiencia del sistema de extracción. Se evidenció un incremento en la eficiencia del sistema de extracción de 3.8 a 4.5 ( $p = 0.027$ ), demostrando que la mejora en la estabilidad estructural optimizó la operación del pique. Además, el análisis de estabilidad geomecánica mostró que el Factor de Seguridad (FS) mejoró de 0.92 a valores superiores a 1.5, garantizando una estabilidad adecuada
3. La aplicación de criterios de diseño en la elección de la sección generó una mejora significativa en la funcionalidad del pique, con un incremento en la media de evaluación de criterios de diseño de 4.2 a 4.7 ( $p = 0.029$ ) según la prueba de Kruskal-Wallis. La optimización estructural permitió disminuir los costos de mantenimiento y mejorar la seguridad operativa, consolidando una infraestructura más eficiente.
4. Los resultados del análisis económico revelaron que la implementación de estrategias de optimización financiera aumentó la rentabilidad del sistema de extracción. Se observó un incremento en la evaluación económica de 3.9 a 4.6 ( $p = 0.025$ ), demostrando una diferencia significativa. Además, el flujo de caja proyectado mostró un beneficio/costo de 1.05, confirmando la viabilidad del proyecto, con una recuperación de inversión en 4 años
5. Se verificó que la implementación de un control riguroso de calidad en la fortificación tuvo un impacto positivo en la rentabilidad del sistema de extracción. La evaluación del control de calidad mostró un incremento en la media de desempeño de 3.5 a 4.3 ( $p = 0.030$ ) según la prueba de Kruskal-Wallis. Además, la supervisión y aplicación de protocolos de calidad redujeron los riesgos estructurales, asegurando una mayor eficiencia operativa y sostenibilidad del sistema.

## **Recomendaciones**

1. Se recomienda seguir implementando modelos de análisis geomecánico y estabilidad estructural para futuras excavaciones. Se debe utilizar software especializado como FLAC3D o Rocscience para prever y mitigar riesgos en la estabilidad del pique. Además, se sugiere establecer protocolos de inspección geotécnica periódicos que garanticen el mantenimiento de la estabilidad en el tiempo.
2. Se recomienda que en futuras construcciones de piques mineros se sigan empleando criterios de optimización en la elección de la sección, considerando el uso de materiales de alta resistencia y diseños modulares. Asimismo, se sugiere realizar simulaciones estructurales previas para validar el comportamiento del sistema de extracción bajo diferentes condiciones operativas.
3. Se sugiere que la empresa continúe aplicando herramientas de evaluación financiera y análisis de inversión, utilizando indicadores clave como VAN, TIR y relación Beneficio/Costo. También se recomienda considerar la implementación de metodologías como Lean Mining y Value Stream Mapping para optimizar costos y reducir desperdicios operativos.
4. Se recomienda que la empresa implemente un programa de certificación de calidad en la fortificación, basado en normativas internacionales como ASTM y ACI. También se sugiere la integración de sistemas de monitoreo estructural en tiempo real, como sensores de desplazamiento y análisis de vibraciones, para anticipar fallas y garantizar la estabilidad del pique a largo plazo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, F. (sf). Valor actual neto (VAN). Economía. recuperado el 23 de septiembre del 2024 de  
<https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto-van.html>.
- Barrios, Alberto. (2009). Profundización del pique 447 sección 3 en Cia. Minera Atacocha S.A [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería, UNI, Lima, Perú].  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI\\_f1474802b3d48726cedd0045aa87d420](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_f1474802b3d48726cedd0045aa87d420)
- Cabello Robles, O. L. (2018). *Guía de Criterios Geomecánicos en Minería Subterránea Como Herramienta para la Prevención de Accidentes Fatales por Caída de Roca* [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Archivo digital.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/196536947.pdf>
- Cáceda Corilloclla, J. A., & Pérez Villaverde, J. C. (2015). Proyecto pique central para explotación debajo de nivel 1400-Sociedad Minera Austria Duvaz SAC. [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú]  
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3846>
- Carpio, Dolfer. (2016). *Construcción del pique 35 del nivel 7 al 12 Veta Tres Ranchos, Ecuador* [Tesis de grado, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa].  
<https://repositorio.unsa.edu.pe/items/926ac353-a0b7-48b1-b23f-7d6852c88fac>
- Carrasco, E. D. la C., & Carrasco, E. D. la C. (2000). Seguridad en el manejo y operación de piques. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 3(5), 37–46.  
<https://doi.org/10.15381/iigeo.v3i5.2542>
- Corilloclla, B. C., Antenor, J., Perez Villaverde, B., & Carlos, J. (2010). Proyecto pique central para explotación debajo de nivel sociedad minera austria duvaz s.a.c. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú].  
<https://docplayer.es/96653933-Tesis-proyecto-pique-central-para-explotacion-debajo-de-nivel-sociedad-minera-austria-duvaz-s-a-c.html>
- De la Cruz, E. (2000). Seguridad en el manejo y operación de piques. *Instituto de Investigación (RIIGEO)*, 3(05), 20-25.
- Duarte, R.D (1993). *Glosario Minero: Segunda Edición*. Rancagua, Chile. Recuperado de:  
<http://www.memoriachilena.gob.cl/archivos2/pdfs/MC0047730.pdf>
- Farfán Raúl. (2015). *Proyecto de profundización del pique vertical 790 Oroya*

*del nivel 11 al nivel 18 Unidad Minera Americana Cia. Minera Casapalca S.A.* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]  
<https://repositorio.unsch.edu.pe/items/885d76c3-569d-4a87-a2bd-f59cce9e5bf1>

Fernández, R.(2016). *Optimización del proceso de revestimiento con concreto mediante uso del sistema slick line para el transporte de concreto en la construcción del pique principal Marza* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo-Perú.]  
<https://hdl.handle.net/20.500.14414/5340>

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, R., & Baptista-Lucio, P. (2017). Selección de la muestra.  
<https://www.ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7658>

Herrera Herbert, J. (2018). *Introducción a la Minería Subterránea. Vol. III: Construcción de infraestructura de mina en interior.* Universidad Politécnica de Madrid, Madrid  
<https://oa.upm.es/id/eprint/63396>

Iglesias, A. (2018) Concepto de Capex y Opex. Recuperado el 23 setiembre del 2024 de <http://www.ticbeat.com/empresa-b2b/capex-vs-opex-que-significan-estos-terminos-yen-cual-deberia-enfocarse-nuestra-empresa/>

INGEMMET. (2017). *Informes y opiniones técnicas realizadas por el Ingemmet (2017 - 2021).* Repositorio Institucional INGEMMET.  
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/3310>

International Organization for Standardization. All about ISO [internet]. [Consultado el 10 setiembre 2016]. Disponible en:  
<https://www.iso.org/standards.html>

International Organization for Standardization. All about ISO [internet]. [Consultado el 27 setiembre 2016]. Disponible en:  
<https://www.iso.org/standards.html>

Lobo Clavero, G. (2014). Construcción de obras civiles de piques, galerías y túneles del tramo 3 y 4 de la Línea 6 del Metro de Santiago de Chile. Ingeopres: Actualidad Técnica de Ingeniería Civil, Minería, Geología y Medio Ambiente, ISSN 1136-4785, No. 233, 2014, Págs. 11-17, 233, 11-17.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4721666&info=resumen&idioma=SPA>

Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 47-50.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

- Marcos Castro, J. A., & Mayta Llihua, P. W. (2016). *Diseño de una labor de exploración subterránea para el proyecto San Gabriel, Ichuña Compañía de Minas Buenaventura* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]  
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3865>
- McKinstry, H. E., & Noble, J. A. (1932). The veins of Casapalca, Peru. *Economic Geology*, 27(6), 501-522.  
<https://pubs.geoscienceworld.org/segweb/economicgeology/article-abstract/27/6/501/15147>
- McCracken, A., & Stacey, T. R. (1989). Geotechnical risk assessment for large-diameter raise-bored shafts. In *Shaft engineering conference* (pp. 309-316).  
[https://doi.org/10.36487/ACG\\_rep/1710\\_47\\_Lyle](https://doi.org/10.36487/ACG_rep/1710_47_Lyle)
- Montero, R. (19 de Abril de 2018). Aporte de la minería al PBI. Obtenido de El Peruano:  
<https://elperuano.pe/noticia-aporte-de-mineria-al-pbi-65726.aspx>
- Nunes, P. (2018). Concepto de OPEX. Recuperado el 23 de septiembre del 2024 de  
<http://knoow.net/es/cieeconcom/gestion/opex/>
- Osinermin. (2017). Guía De Criterios Geomecánicos Para Diseño, Construcción, Supervisión Y Cierre De Labores Subterráneas. Recuperado de:  
[https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf](https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf)
- Rengifo Arakaki, R. A., & Crisóstomo Calderón, D. A. (2022) *Propuesta de planeamiento y diseño de un pique inclinado como sistema de extracción de una mina convencional al norte del Perú* [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú].  
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/23764>
- Reyes, Samuel. (2017). *Evaluación geomecánica para la ubicación del nuevo pique en mina Yauricocha asociada al minado hundimiento por subniveles (SLC)* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI\\_65314ecae2d65ad3f022a63c390faf69](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_65314ecae2d65ad3f022a63c390faf69)
- Salinas, C. (1998). *Construcción de Túneles, Piques y Chimeneas*. Santiago, Chile: Departamento de Ingeniería de Minas de la Universidad de Chile.
- Salazar, B. (2018) ¿Qué es el CapEX? Recuperado el 23 de septiembre del 2024 de  
<https://www.abcfianzas.com/emprendimiento/que-es-el-capex>
- Yupanqui, C. (2014). *Formulación y Evaluación de Proyectos*. Lima: Yupanqui Cayoja.
- Zelaya, E. Y Martínez, L. (2011). Systems for shaft mining deepening management criteria for its selection.  
<https://dokumen.tips/documents/sistemas-de-profundizacion-de-piques.html?page=1>

Zúñiga, P. I. V., Cedeño, R. J. C., & Palacios, I. A. M. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723-9762.

<https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/3338>

## LISTA DE ABREVIATURAS

**CAPEX** – Capital Expenditure (Gasto de Capital)  
**CF** – Costo Fijo  
**CM** – Costo Marginal  
**CT** – Costo Total  
**DMT** – Diámetro Medio del Túnel  
**EIA** – Estudio de Impacto Ambiental  
**EPM** – Evaluación de Procesos Mineros  
**FS** – Factor de Seguridad  
**GDP** – Geometría del Diseño del Pique  
**GSI** – Geological Strength Index (Índice de Resistencia Geológica)  
**HR** – Hidrogeología Regional  
**IAE** – Índice de Análisis Económico  
**ICP** – Índice de Calidad del Pique  
**IRR** – Internal Rate of Return (Tasa Interna de Retorno)  
**ISO** – International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización)  
**LHD** – Load-Haul-Dump (Equipo de Carga y Transporte)  
**LTM** – Largo Total de la Mina  
**MRMR** – Modified Rock Mass Rating (Clasificación Modificada del Macizo Rocosó)  
**NPV** – Net Present Value (Valor Actual Neto – VAN)  
**OPEX** – Operational Expenditure (Gasto Operativo)  
**PDM** – Plan de Desarrollo Minero  
**PPI** – Planificación del Pique y Infraestructura  
**QA/QC** – Quality Assurance / Quality Control (Aseguramiento y Control de Calidad)  
**RQD** – Rock Quality Designation (Designación de Calidad de Roca)  
**RMR** – Rock Mass Rating (Clasificación del Macizo Rocosó)  
**SBC** – Seguridad Basada en el Comportamiento  
**SCT** – Sistema de Transporte Circular  
**SRF** – Stress Reduction Factor (Factor de Reducción de Esfuerzos)  
**TIR** – Tasa Interna de Retorno  
**TMS** – Toneladas Métricas Secas  
**UCS** – Unconfined Compressive Strength (Resistencia a la Compresión Simple)  
**VAN** – Valor Actual Neto

## GLOSARIO

- **Aseguramiento de Calidad (QA):** Proceso para garantizar que las actividades de construcción y fortificación del pique cumplan con los estándares de calidad establecidos.
- **Blasting (Voladura):** Técnica de fragmentación de roca utilizando explosivos para facilitar la excavación de túneles, piques y galerías.
- **CAPEX (Capital Expenditure):** Inversión inicial destinada a la compra de equipos, infraestructura y construcción de proyectos mineros.
- **Cubicación de Reservas:** Cálculo de la cantidad de mineral disponible en un yacimiento según su volumen y leyes de mineralización.
- **Depreciación:** Pérdida de valor de un activo con el tiempo debido al uso y desgaste en la operación minera.
- **Desviación Vertical:** Desplazamiento de un pique o pozo minero respecto a su eje teórico debido a variaciones en la calidad del macizo rocoso.
- **Fortificación:** Instalación de sistemas de soporte como pernos, mallas y concreto proyectado para mejorar la estabilidad de excavaciones subterráneas.
- **LHD (Load-Haul-Dump):** Equipo utilizado en minería subterránea para cargar, transportar y descargar material dentro de la mina.
- **NPV (Net Present Value - Valor Actual Neto):** Método financiero utilizado para evaluar la rentabilidad de un proyecto minero a lo largo del tiempo.
- **OPEX (Operational Expenditure):** Costos operativos recurrentes en la minería, como energía, mantenimiento y mano de obra.
- **Pique Minero:** Excavación vertical o inclinada utilizada para conectar distintos niveles de una mina subterránea, permitiendo el transporte de mineral, personal y equipos.
- **TIR (Tasa Interna de Retorno):** Indicador financiero que mide la rentabilidad de un proyecto de inversión en minería.
- **TMS (Toneladas Métricas Secas):** Unidad de medida utilizada para expresar el peso del mineral sin humedad.
- **VAN (Valor Actual Neto):** Indicador financiero que mide la viabilidad económica de un proyecto considerando los flujos de caja descontados.

## ANEXOS

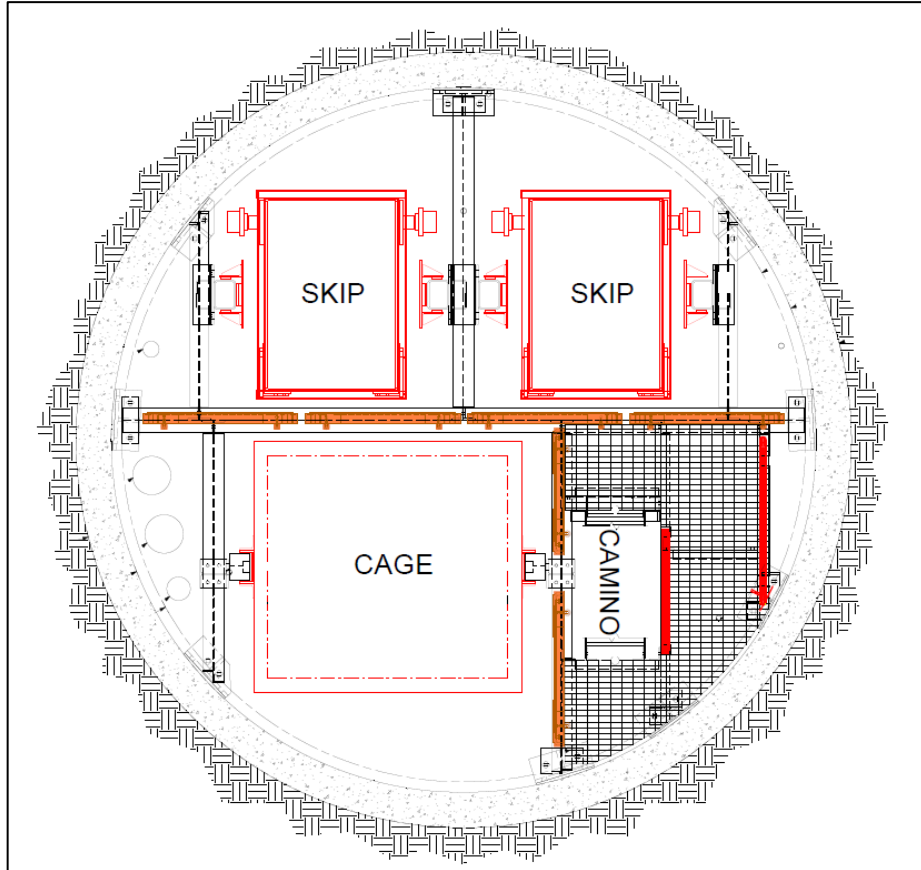
## Anexo 01 Matriz de consistencia

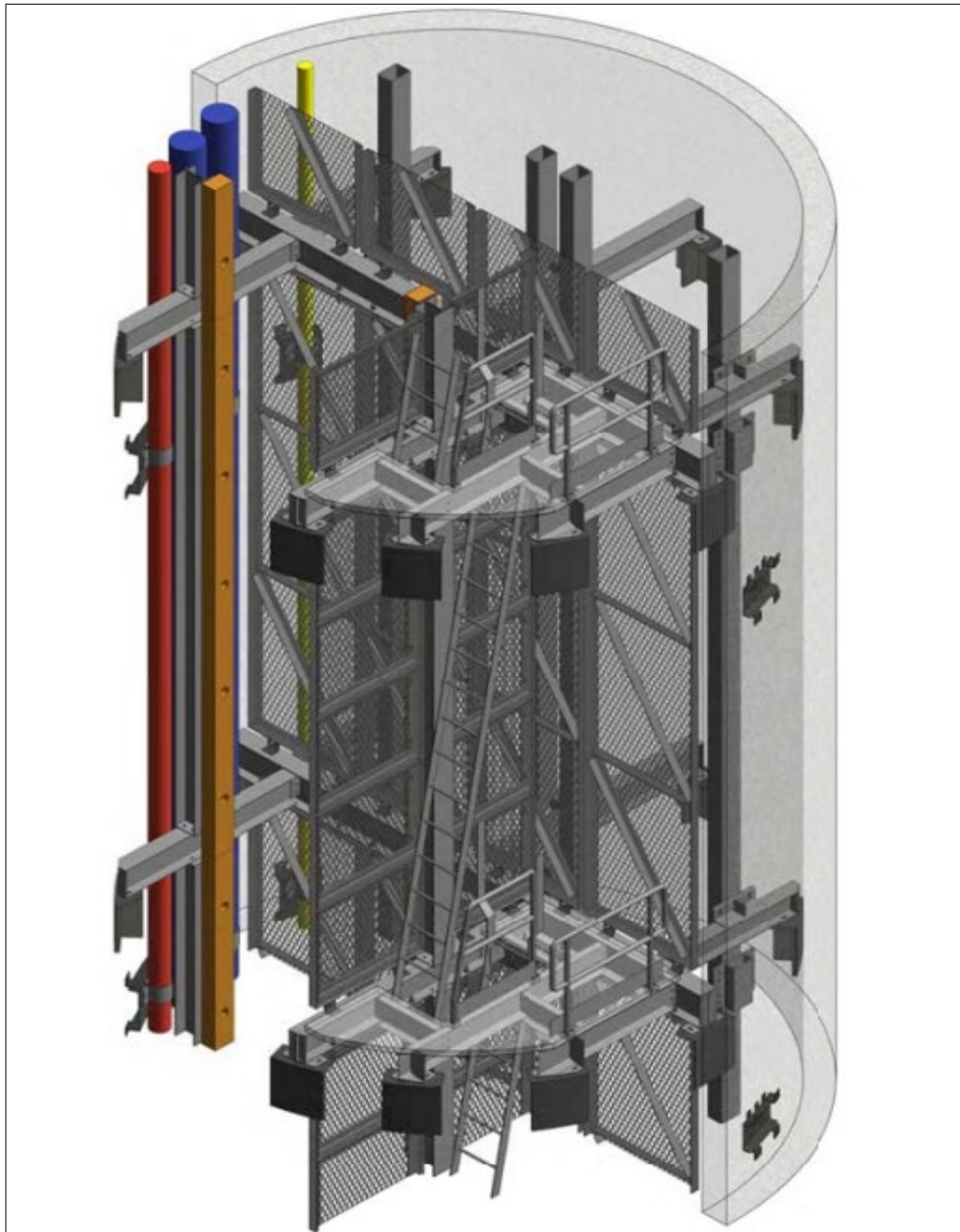
### TITULO: “Integración de aspectos técnico-económico y de calidad en la construcción y fortificación del Pique Circular Carlos Nv. 4500 al Nv. 24 Unidad Americana 2024”

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general</b> ¿Cómo la integración de los aspectos técnico-económicos y de calidad, mejora el sistema de transporte mediante el Pique Circular Carlos Nv. 4500 al Nv. 24 Unidad Americana 2024?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Determinar cómo la integración de los aspectos técnico-económicos y de calidad, mejora el sistema de transporte mediante el Pique Circular Carlos Nv. 4500 al Nv. 24 Unidad Americana 2024.</p>	<p><b>Hipótesis general</b> La integración la integración efectiva de los aspectos técnico-económicos y de calidad, tendrá un impacto positivo en el sistema de transporte mediante el pique circular Nv. 4500 al Nv. 24 Unidad Americana 2024.</p>	<p><b>Variable independiente</b> Aspectos técnico-económico y de calidad</p> <p><b>Dimensiones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de estabilidad</li> <li>• Diseño de elección optima de la sección</li> <li>• Evaluación económica</li> <li>• Calidad</li> </ul> <p><b>Variable dependiente</b> sistema de extracción</p>	<p><b>Ámbito:</b> – Temporal : 2024 Espacial : Unidad Minera Americana Cía. Minera Alpayana</p> <p><b>Tipo de investigación</b> Aplicada</p> <p><b>Nivel de investigación</b> Descriptivo – Explicativo-correlacional</p> <p><b>Método de investigación</b> General: Científico Específico: Deductivo</p> <p><b>Diseño de estudio</b> Cuasi Experimental</p> <p><b>Instrumento y técnica</b> Informes Observación</p> <p><b>Procesamiento</b> Presentación descriptiva con tablas de frecuencia, gráficos y estadística inferencial.</p>
<p><b>Problema Especifico</b> ¿Cuál es el diseño de estabilidad de excavaciones que permita mejorar el sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos Nv. 4500 al Nv. 24 Unidad Americana 2024??</p> <p>¿Cuáles son los criterios de diseño en la elección optima de la sección del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos del Nv. 4500 al Nv. 24 en la Unidad Americana 2024?</p> <p>¿Cómo la evaluación económica influye en la rentabilidad del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos entre el Nv. 4500 y el Nv. 24 en la Unidad Americana 2024?</p> <p>¿Cómo el control de calidad en la fortificación influye en la rentabilidad del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos entre el Nv. 4500 y el Nv. 24 en la Unidad Americana 2024?</p>	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>Evaluar el diseño de estabilidad de excavaciones para mejorar el sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos Nv. 4500 al Nv. 24 Unidad Americana 2024</p> <p>Evaluar los criterios de diseño en la elección optima de la sección del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos del Nv. 4500 al Nv. 24 en la Unidad Americana 2024</p> <p>Determinar la influencia de la evaluación económica para la elección del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos entre el Nv. 4500 y el Nv. 24 en la Unidad Americana 2024</p> <p>En qué medida el control de la calidad en la fortificación influye en la rentabilidad del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos entre el Nv. 4500 y el Nv. 24 en la Unidad Americana 2024</p>	<p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>El diseño optimizado de estabilidad de excavaciones contribuye significativamente a mejorar la eficiencia del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos Nv. 4500 al Nv. 24 Unidad Americana 2024</p> <p>La aplicación adecuada de criterios de diseño para la elección optima de la sección mejora significativamente en el sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos del Nv. 4500 al Nv. 24 en la Unidad Americana 2024</p> <p>Una evaluación económica detallada y precisa influye de manera decisiva en la elección del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos entre el Nv. 4500 y el Nv. 24 en la Unidad Americana 2024</p> <p>Los controles de la calidad en la fortificación influyen significativamente en la rentabilidad del sistema de extracción mediante el Pique Circular Carlos entre el Nv. 4500 y el Nv. 24 en la Unidad Americana 2024.</p>		

Anexo 02 Pique Carlos

Diseño del Pique Carlos





**Fuente:** *área de proyectos Unidad Minera Americana Cía. Minera Alpayana*

# Anexo 3 Mapeo Geomecánico

## MAPEO GEOMECANICO DE LA LABOR OPERATIVA - CIA MINERA ALPAYANA



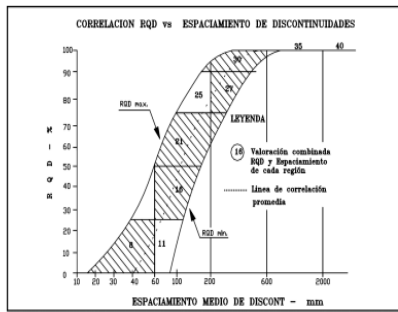
DATOS DE CLASIFICACION GEOMECANICA

ZONA : VETA ESPERANZA  
LABOR : NV 450 - CAM 393 W

REALIZADO POR: H. DIAZ  
FECHA: 3/11/2022

Nº ESTACION	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)												
	RUMBO, AZIMUT, DIR BUZ.	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	PARAMETRO					VALOR ESTIMADO					VALORACION		
E - 1	31 SE	-	BOCAMINA + 211 MTS	BOCAMINA + 226 MTS													
TIPO DE ROCA					FREC. FRACTURA												
A					B					C							
M					100					And.							
TIPO ESTRUCT.					RUMBO, AZIMUT, DIR					BUZAMIENTO							
Fn					124					47							
Fn					229					59							
D					166					85							
Fn					117					67							
TIPO RELLENO					TIPO					ESPESOR							
Fn					Priz					0.06 - 0.2 m							
D					Cal					0.1 - 0.25 m							
Fn					Cal					<5 Mmm							
Fn					Cal					0.06 - 0.15 m							
CONDICION DE APERTURA					Cerrada (6)					<0.1mm apert. (5)							
CONDICION DE RUGOSIDAD					Muy rugosa (6)					Rugosa (5)							
CONDICION DE RILLENOS					Limpia (6)					Duro < 5mm (4)							
CONDICION DE INTemperiz.					Sana (6)					Lig. Intemper. (5)							
AGUA SUBTERRANEA					Seco (15)					Humedo (10)							
AJUSTE POR ORIENTACION DE ESTRUCTURAS =					5					VALOR TOTAL RMR (valoraciones - Ajustes) =					41		
CLASE DE MACIZO ROCOSO																	
RMR					100 - 81					80 - 61					60 - 41	40 - 21	20 - 0
DESCRIPCION					I MUY BUENA					II BUENA					III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA
III B																	

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Mpa
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchilla. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250



ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Mi	MINERAL
PZ	PIZARRA
And	PORF. AND
Bx	BRECHA
Tf	TUFO
Lv	LAVA DACT.

ABREVIATURAS DE TIPOS DE ESTRUCTURAS	
D	SISTEMA DE DIACLASA
Fn	SISTEMA DE FALLAS
C	CONTACTO
MF	MICRO FALLA

GRADO	INDICE DE INTemperIZACION DESCRIPCION
I SANA	Ningun signo de intemperismo en el material rocoso. Quizás lig. De coloración sobre superficies de discontinuidades principales
II LIGERO	La decoloración indica intemp. del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso decolorado extremadamente es más débil que en su condición sana.
III MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta descompsto y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.
IV MUY INTEM.	Mas de la mitad del mat. rocoso esta descompsto y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un marco discont como núcleo rocoso.
V DESCOMPU.	Todo el material rocoso esta descompsto y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.

ABREVI. ESPACIAMIENTO	
1	> 2 m
2	0.6 - 2 m
3	0.2 - 0.6 m
4	0.06 - 0.2 m
5	< 0.06 m

ABREVIATURAS DE TIPOS DE RELLENO			
Ox	OXIDOS	Mi	MINERAL
Sul	SULFATO	Py	PIRITA
Priz	PANZO	Cal	CALCITA
Arc	ARCILLA		
Bx	BRECHA		
Ser	SERICITA		

COMENTARIOS ADICIONALES	
Arenisca silicificada	
Formación de bloques tabulares por intersección de sistema de discontinuidades	

CORRECCION POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS						
DIRECCION PERPENDICULAR AL EJE DE LA LABOR			DIRECCION PARALELA AL EJE DE LA LABOR			EN CUALQUIER DIRECCION
EXCAVACION CON EL BUZAMIENTO		EXCAVACION EN CONTRA EL BUZAMIENTO				
BUZ 45° - 90° = 0	BUZ 20° - 45° = -2	BUZ 45° - 90° = -5	BUZ 20° - 45° = -10	BUZ 45° - 90° = -12	BUZ 20° - 45° = -5	BUZ 0° - 20° = -5
MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIA	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE	MEDIA	DESFAVORABLE

MAPEO GEOMECANICO DE LA LABOR OPERATIVA - CIA MINERA ALPAYANA



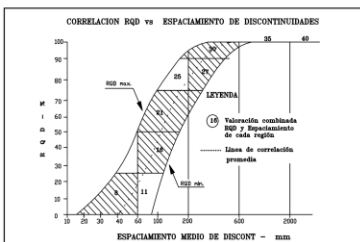
DATOS DE CLASIFICACION GEOMECANICA

ZONA: VETA ESPERANZA  
LABOR: NV 435 - KC 140 SE

REALIZADO POR: H. DIAZ  
FECHA: 3/11/2022

Nº ESTACION	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)												
	RUMBO, AZMUT, DIR. BUZ.	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	PARAMETRO					VALOR ESTIMADO					VALORACION		
E - 2	88° SE	-	INTERSEC 244 SE +22 MTS	INTERSEC 244 SE +37 MTS													
TIPO DE ROCA					FREC. FRACTURA					VALOR ESTIMADO					VALORACION		
A					B					C							
MI					100					And.							
TIPO					RELLENO					PERISTENCIA							
ESTRUC.					RUMBO, AZMUT, DIR.					BUZAMIENTO							
Fn					124					34							
D					166					85							
Fn					229					59							
D					195					82							
CONDICION DE APERTURA					CERRADA					MUY RUGOSA							
R. COMPRESION UNIAIAL (Mpa)					RQD %					ESPACIAMIENTO (mm)							
>250 (15)					100-250 (12)					50-100 (7)							
90-100 (20)					75-90 (17)					50-75 (13)							
0.6-2 (15)					0.2-0.6 (10)					0.06-0.2 (8)							
<1m long. (4)					1-3 m long. (4)					3-10m (2)							
<0.1mm apert. (5)					0.1-1.0mm (4)					1-5 mm (3)							
Limpia (8)					Dura < 5mm (4)					Dura > 5mm (3)							
Sana (8)					Lig. Intemper. (5)					Med. Intemper. (3)							
Seco (15)					Humedo (10)					Mojado (7)							
AGUA SUBTERRANEA					AJUSTE POR ORIENTACION DE ESTRUCTURAS =					VALOR TOTAL RMR (valoraciones - Ajustes) =					63		
RMR					100 - 81					80 - 61							
DESCRIPCION					I MUY BUENA					II BUENA					III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Mpa
R1	Delimitable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desoncha con una cuchilla	1.0 - 5.0
R2	Se desoncha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desoncha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquiñas de la muestra con el martillo	> 250



MI	MINERAL
Pz	PIZARRA
And	PORF. AND
Bx	BRECHA
Tf	TUFO
Lv	LAVA DACT.

D	SISTEMA DE DIACLASA
Fn	SISTEMA DE FALLAS
C	CONTACTO
Mf	MICRO FALLA

GRADO	INDICE DE INTEMPERIZACION DESCRIPCION
I SANA	Ningún signo de intemperismo en el material rocoso. Quizás lig. De coloración sobre superficies de discontinuidades principales
II LIGERO	La decoloración indica intemp. del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso decolorado extremadamente es más débil que en su condición sana.
III MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta descompo y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.
IV MUY INTEM.	Más de la mitad del mat. rocoso esta descompo y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un marco discont como núcleo rocoso.
V DESCOMPU.	Todo el material rocoso esta descompo y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.

ABREVIA. ESPACIAMIENTO	ABREVIA. TIPO DE RELLENO
1	> 2 m
2	0.6 - 2 m
3	0.2 - 0.6 m
4	0.06 - 0.2 m
5	< 0.06 m

Ox	OXIDOS	MI	MINERAL
Sul	SULFATO	PY	PIRITA
Pnz	PANIZO	Cal	CALCITA
Arc	ARCILLA		
Bx	BRECHA		
Ser	SERICITA		

COMENTARIOS ADICIONALES
Arenisca silicificada
Formación de bloques tabulares por intersección de sistema de discontinuidades

CORRECCION POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS							
DIRECCION PERPENDICULAR AL EJE DE LA LABOR				DIRECCION PARALELA AL EJE DE LA LABOR			
EXCAVACION CON EL BUZAMIENTO		EXCAVACION EN CONTRA EL BUZAMIENTO		DIRECCION PARALELA AL EJE DE LA LABOR		EN CUALQUIER DIRECCION	
BUZ 45° - 90° = 0	BUZ 20° - 45° = -2	BUZ 45° - 90° = -5	BUZ 20° - 45° = -10	BUZ 45° - 90° = -12	BUZ 20° - 45° = -5	BUZ 0° - 20° = -5	
MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIA	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE	MEDIA	DESFAVORABLE	

MAPEO GEOMECANICO DE LA LABOR OPERATIVA - CIA MINERA ALPAYANA



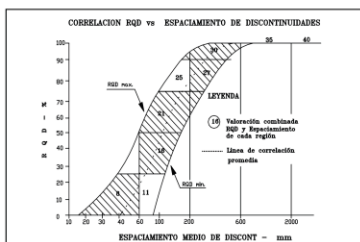
DATOS DE CLASIFICACION GEOMECANICA

ZONA: VETA ESPERANZA  
LABOR: NV 4 - XC 510 W

REALIZADO POR: H. DIAZ  
FECHA: 31/10/2022

Nº ESTACION	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)												
	RUMBO, AZMUT, DIR. BUZ.	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	PARAMETRO					VALOR ESTIMADO					VALORACION		
E - 3	82° SW	-	INTERSEC RP. 127 S +2 MTS	INTERSEC RP. 127 S +17 MTS													
TIPO DE ROCA					FREC. FRACTURA					VALOR ESTIMADO					VALORACION		
A					B					C							
MI					100					And.							
TIPO					RELLENO					PERISTENCIA							
ESTRUC.					RUMBO, AZMUT, DIR.					BUZAMIENTO							
Fn					124					34							
D					166					85							
Fn					229					59							
D					195					82							
CONDICION DE APERTURA					CERRADA					MUY RUGOSA							
R. COMPRESION UNIAIAL (Mpa)					RQD %					ESPACIAMIENTO (mm)							
>250 (15)					100-250 (12)					50-100 (7)							
90-100 (20)					75-90 (17)					50-75 (13)							
0.6-2 (15)					0.2-0.6 (10)					0.06-0.2 (8)							
<1m long. (4)					1-3 m long. (4)					3-10m (2)							
<0.1mm apert. (5)					0.1-1.0mm (4)					1-5 mm (3)							
Limpia (8)					Dura < 5mm (4)					Dura > 5mm (3)							
Sana (8)					Lig. Intemper. (5)					Med. Intemper. (3)							
Seco (15)					Humedo (10)					Mojado (7)							
AGUA SUBTERRANEA					AJUSTE POR ORIENTACION DE ESTRUCTURAS =					VALOR TOTAL RMR (valoraciones - Ajustes) =					62		
RMR					100 - 81					80 - 61							
DESCRIPCION					I MUY BUENA					II BUENA					III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Mpa
R1	Delimitable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desoncha con una cuchilla	1.0 - 5.0
R2	Se desoncha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desoncha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquiñas de la muestra con el martillo	> 250



MI	MINERAL
Pz	PIZARRA
And	PORF. AND
Bx	BRECHA
Tf	TUFO
Lv	LAVA DACT.

D	SISTEMA DE DIACLASA
Fn	SISTEMA DE FALLAS
C	CONTACTO
Mf	MICRO FALLA

GRADO	INDICE DE INTEMPERIZACION DESCRIPCION
I SANA	Ningún signo de intemperismo en el material rocoso. Quizás lig. De coloración sobre superficies de discontinuidades principales
II LIGERO	La decoloración indica intemp. del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso decolorado extremadamente es más débil que en su condición sana.
III MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta descompo y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.
IV MUY INTEM.	Más de la mitad del mat. rocoso esta descompo y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un marco discont como núcleo rocoso.
V DESCOMPU.	Todo el material rocoso esta descompo y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.

ABREVIA. ESPACIAMIENTO	ABREVIA. TIPO DE RELLENO
1	> 2 m
2	0.6 - 2 m
3	0.2 - 0.6 m
4	0.06 - 0.2 m
5	< 0.06 m

Ox	OXIDOS	MI	MINERAL
Sul	SULFATO	PY	PIRITA
Pnz	PANIZO	Cal	CALCITA
Arc	ARCILLA		
Bx	BRECHA		
Ser	SERICITA		

COMENTARIOS ADICIONALES
Arenisca silicificada
Formación de bloques tabulares por intersección de sistema de discontinuidades

CORRECCION POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS							
DIRECCION PERPENDICULAR AL EJE DE LA LABOR				DIRECCION PARALELA AL EJE DE LA LABOR			
EXCAVACION CON EL BUZAMIENTO		EXCAVACION EN CONTRA EL BUZAMIENTO		DIRECCION PARALELA AL EJE DE LA LABOR		EN CUALQUIER DIRECCION	
BUZ 45° - 90° = 0	BUZ 20° - 45° = -2	BUZ 45° - 90° = -5	BUZ 20° - 45° = -10	BUZ 45° - 90° = -12	BUZ 20° - 45° = -5	BUZ 0° - 20° = -5	
MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIA	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE	MEDIA	DESFAVORABLE	





Anexo 4 Registro de campo - Martillo Schmidt

<b>Hoja de Cálculo para rebotes con el Martillo de Schmidt</b>				
<b>Angulo de Prueba = 0°</b>				
<b>Densidad 2.55 Tn/m3 = 25KN/m3</b>				
				<b>Mpa</b>
<b>Rebote</b>	<b>Densidad tn/m3</b>	<b>Densidad kN/m3</b>	<b>Fatt. Conv.</b>	<b>Resistencia</b>
48	2.70	26.48	2.03	108.12
47	2.70	26.48	2.01	102.55
49	2.70	26.48	2.06	113.99
48	2.70	26.48	2.03	108.12
46	2.70	26.48	1.99	97.27
49	2.70	26.48	2.06	113.99
48	2.70	26.48	2.03	108.12
49	2.70	26.48	2.06	113.99
48	2.70	26.48	2.03	108.12
47	2.70	26.48	2.01	102.55

Resultado final de resistencia ( $\sigma_c$ ) promedio con Martillo de Schmidt en el NV.450 es 108 Mpa.

<b>Hoja de Cálculo para rebotes con el Martillo de Schmidt</b>				
<b>Angulo de Prueba = 0°</b>				
<b>Densidad 2.55 Tn/m3 = 25KN/m3</b>				
				<b>Mpa</b>
<b>Rebote</b>	<b>Densidad tn/m3</b>	<b>Densidad kN/m3</b>	<b>Fatt. Conv.</b>	<b>Resistencia</b>
48	2.70	26.48	2.03	108.12
49	2.70	26.48	2.06	113.99
49	2.70	26.48	2.06	113.99
48	2.70	26.48	2.03	108.12
47	2.70	26.48	2.01	102.55
49	2.70	26.48	2.06	113.99
48	2.70	26.48	2.03	108.12
49	2.70	26.48	2.06	113.99
48	2.70	26.48	2.03	108.12
47	2.70	26.48	2.01	102.55

Resultado final de resistencia ( $\sigma_c$ ) promedio con Martillo de Schmidt en el NV.435 es 109 Mpa.

<b>Hoja de Cálculo para rebotes con el Martillo de Schmidt</b>				
<b>Angulo de Prueba = 0°</b>				
<b>Densidad 2.55 Tn/m3 = 25KN/m3</b>				
				<b>Mpa</b>
<b>Rebote</b>	<b>Densidad tn/m3</b>	<b>Densidad kN/m3</b>	<b>Fatt. Conv.</b>	<b>Resistencia</b>
50	2.70	26.48	2.08	120.18
54	2.70	26.48	2.17	148.47
52	2.70	26.48	2.13	133.58
50	2.70	26.48	2.08	120.18
51	2.70	26.48	2.10	126.70
51	2.70	26.48	2.10	126.70
53	2.70	26.48	2.15	140.83
52	2.70	26.48	2.13	133.58
50	2.70	26.48	2.08	120.18
53	2.70	26.48	2.15	140.83

Resultado final de resistencia ( $\sigma_c$ ) promedio con Martillo de Schmidt en el NV.4 es 131 Mpa.

<b>Hoja de Cálculo para rebotes con el Martillo de Schmidt</b>				
<b>Angulo de Prueba = 0°</b>				
<b>Densidad 2.55 Tn/m3 = 25KN/m3</b>				
				<b>Mpa</b>
<b>Rebote</b>	<b>Densidad tn/m3</b>	<b>Densidad kN/m3</b>	<b>Fatt. Conv.</b>	<b>Resistencia</b>
52	2.70	26.48	2.13	133.58
51	2.70	26.48	2.10	126.70
53	2.70	26.48	2.15	140.83
53	2.70	26.48	2.15	140.83
54	2.70	26.48	2.17	148.47
50	2.70	26.48	2.08	120.18
54	2.70	26.48	2.17	148.47
52	2.70	26.48	2.13	133.58
51	2.70	26.48	2.10	126.70
51	2.70	26.48	2.10	126.70

Resultado final de resistencia ( $\sigma_c$ ) promedio con Martillo de Schmidt en el NV.10 es 135 Mpa.

<b>Hoja de Cálculo para rebotes con el Martillo de Schmidt</b>				
<b>Angulo de Prueba = 0°</b>				
<b>Densidad 2.55 Tn/m3 = 25KN/m3</b>				
				<b>Mpa</b>
<b>Rebote</b>	<b>Densidad tn/m3</b>	<b>Densidad kN/m3</b>	<b>Fatt. Conv.</b>	<b>Resistencia</b>
53	2.70	26.48	2.15	140.83
54	2.70	26.48	2.17	148.47
53	2.70	26.48	2.15	140.83
53	2.70	26.48	2.15	140.83
54	2.70	26.48	2.17	148.47
52	2.70	26.48	2.13	133.58
54	2.70	26.48	2.17	148.47
52	2.70	26.48	2.13	133.58
52	2.70	26.48	2.13	133.58
53	2.70	26.48	2.15	140.83

Resultado final de resistencia ( $\sigma_c$ ) promedio con Martillo de Schmidt en el NV.14 es 141 Mpa.

<b>Hoja de Cálculo para rebotes con el Martillo de Schmidt</b>				
<b>Angulo de Prueba = 0°</b>				
<b>Densidad 2.55 Tn/m3 = 25KN/m3</b>				
				<b>Mpa</b>
<b>Rebote</b>	<b>Densidad tn/m3</b>	<b>Densidad kN/m3</b>	<b>Fatt. Conv.</b>	<b>Resistencia</b>
54	2.70	26.48	2.17	148.47
53	2.70	26.48	2.15	140.83
52	2.70	26.48	2.13	133.58
53	2.70	26.48	2.15	140.83
52	2.70	26.48	2.13	133.58
53	2.70	26.48	2.15	140.83
54	2.70	26.48	2.17	148.47
54	2.70	26.48	2.17	148.47
53	2.70	26.48	2.15	140.83
55	2.70	26.48	2.19	156.53

Resultado final de resistencia ( $\sigma_c$ ) promedio con Martillo de Schmidt en el NV.18 es 142 Mpa.

<b>Hoja de Cálculo para rebotes con el Martillo de Schmidt</b>				
<b>Angulo de Prueba = 0°</b>				
<b>Densidad 2.55 Tn/m3 = 25KN/m3</b>				
				<b>Mpa</b>
<b>Rebote</b>	<b>Densidad tn/m3</b>	<b>Densidad kN/m3</b>	<b>Fatt. Conv.</b>	<b>Resistencia</b>
55	2.70	26.48	2.19	156.53
54	2.70	26.48	2.17	148.47
56	2.70	26.48	2.22	165.03
54	2.70	26.48	2.17	148.47
55	2.70	26.48	2.19	156.53
55	2.70	26.48	2.19	156.53
56	2.70	26.48	2.22	165.03
54	2.70	26.48	2.17	148.47
54	2.70	26.48	2.17	148.47

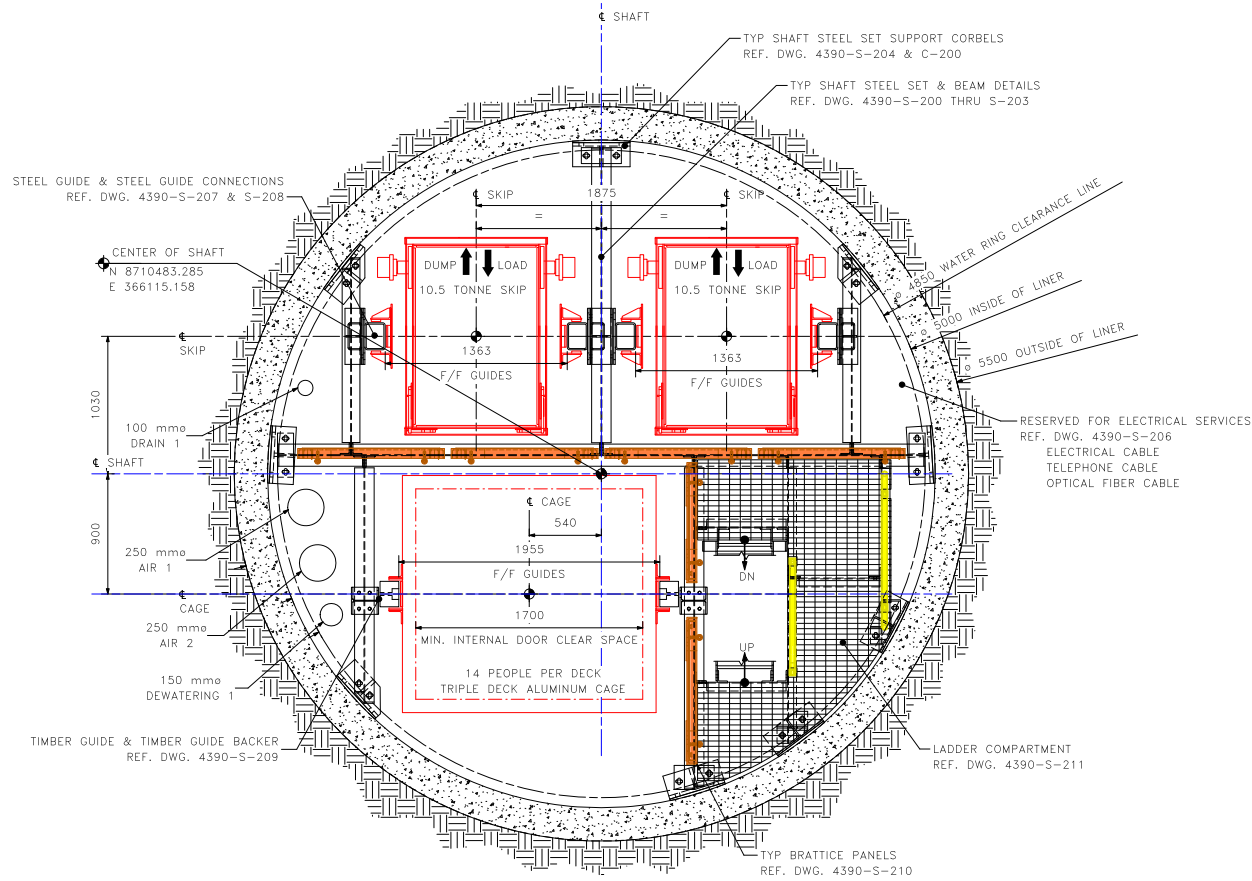
Resultado final de resistencia ( $\sigma_c$ ) promedio con Martillo de Schmidt en el NV.21 es 155 Mpa.

## PLANOS

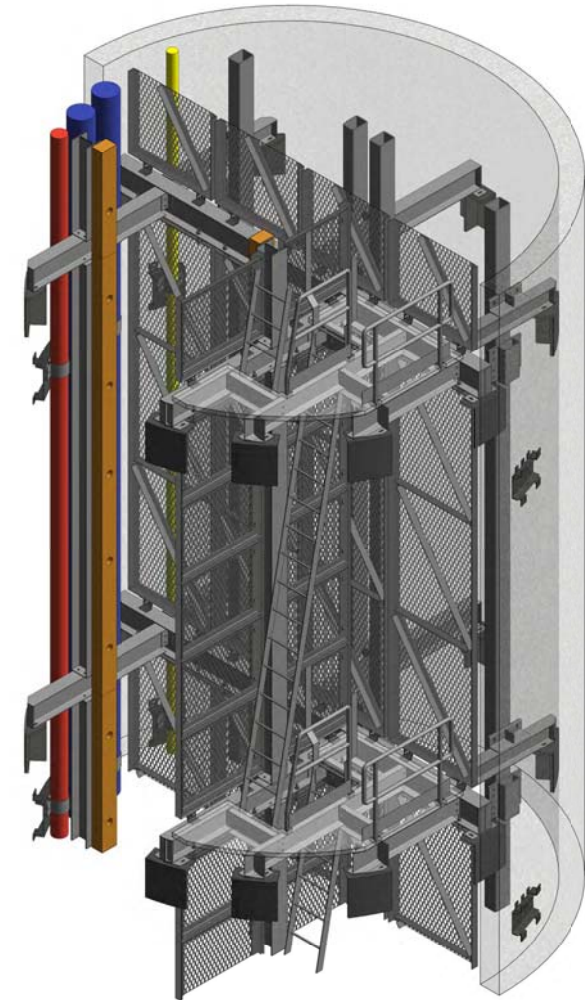


**GENERAL NOTES:**

1. ALL DIMENSIONS ARE IN mm U.N.O.
2. FOR DETAILS OF SET STEEL BEAMS REFERENCE DWG. 4390-S-200 THRU S-203.
3. FOR DETAILS OF SUPPORT BRACKETS REFERENCE DWG. 4390-S-204.
4. FOR TYP SKIP GUIDES & RELATED SUPPORT DETAILS REFERENCE DWG. 4390-S-207 & S-208.
5. FOR TYP BRATTICE DETAILS REFERENCE DWG. 4390-S-210.
6. FOR PIPE BRACKET & CLAMP DETAILS REFERENCE DWG. 4390-S-205.
7. FOR TYP TIMBER GUIDE DETAILS REFERENCE DWG. 4390-S-209.
8. PIPE SPECIFICATION BY OWNER.
9. U.N.O. CONCRETE FOR SHAFT LINER MUST HAVE A MIN COMPRESSIVE STRENGTH OF 300kg/cm<sup>2</sup> AT 28 DAYS. [SPECIFICATION BY OWNER]



① TYPICAL SHAFT STEEL SET PLAN  
1 : 20



② TYPICAL SHAFT STEEL ISO LOOKING NORTH WEST

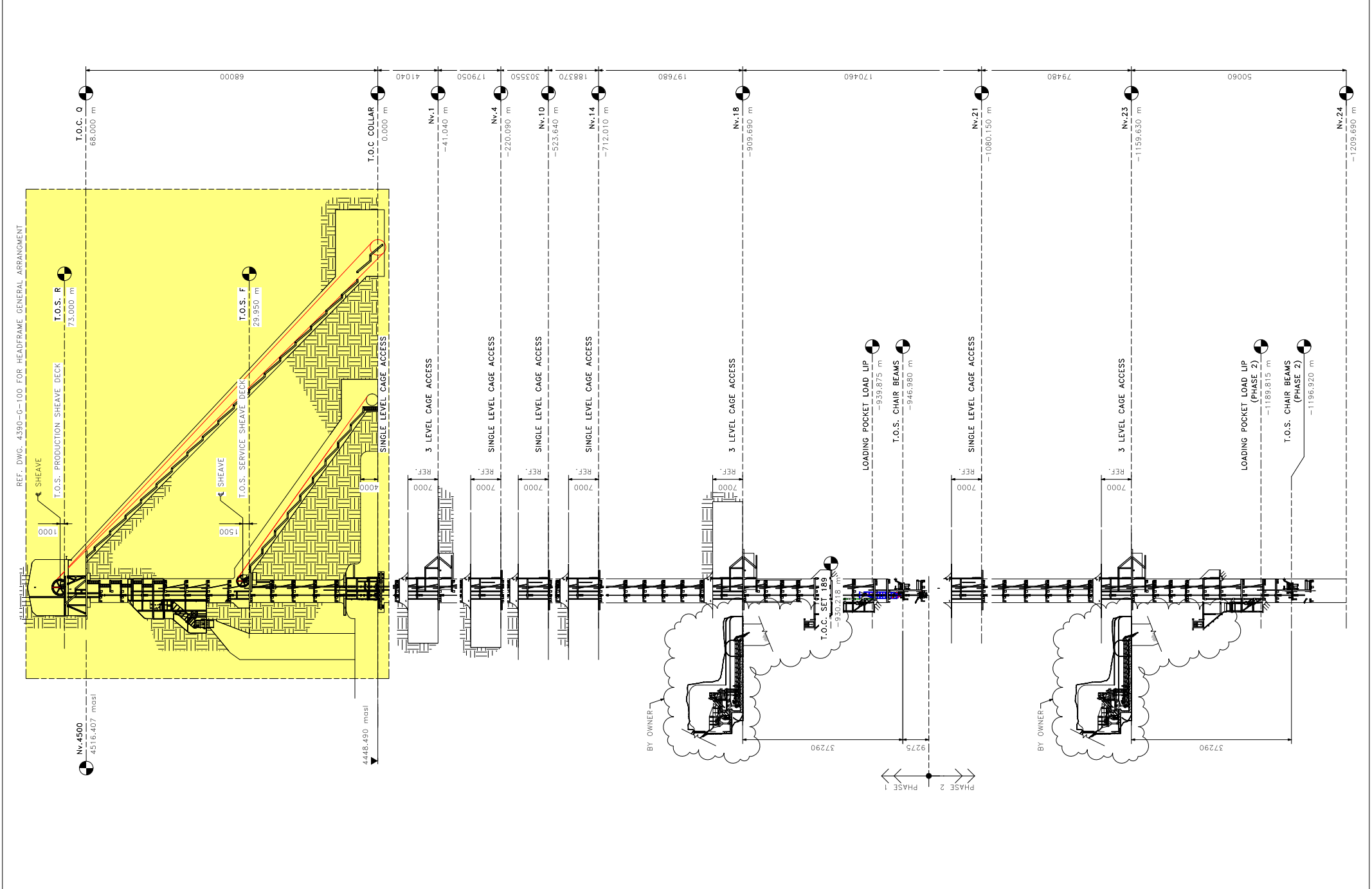
**WORK TO DIMENSION - DO NOT SCALE**  
 PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

				DRN.	MMW
				DATE	20/08/20
				CHKD.	AA
				DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	MMW	21/02/26	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE
					1:20



SHAFT  
 GENERAL ARRANGEMENT  
 TYPICAL SHAFT PLAN

PROJECT: 05m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
 DWG NO: 4390-G-200  
 REV: 0



**WORK TO DIMENSION - DO NOT SCALE**  
 PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

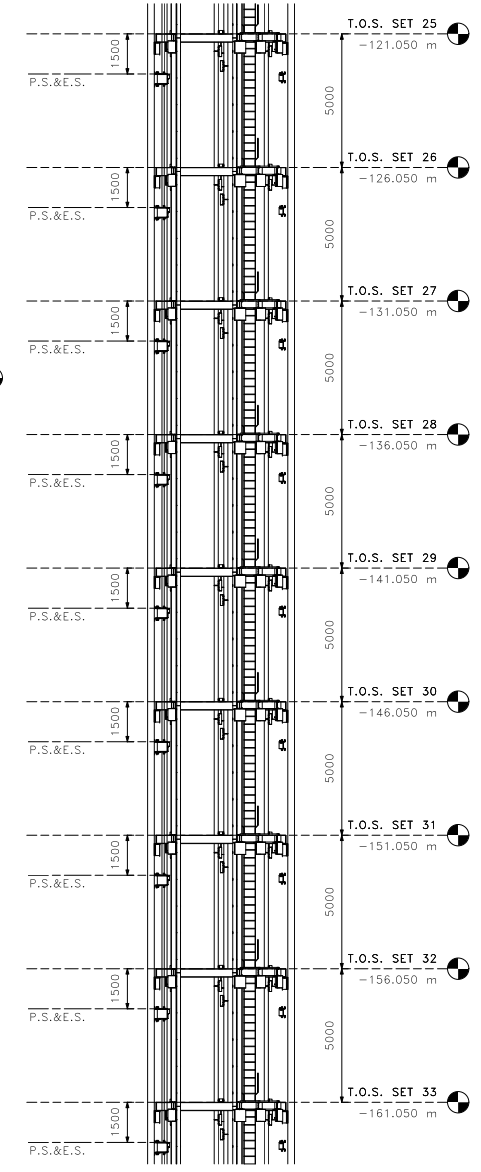
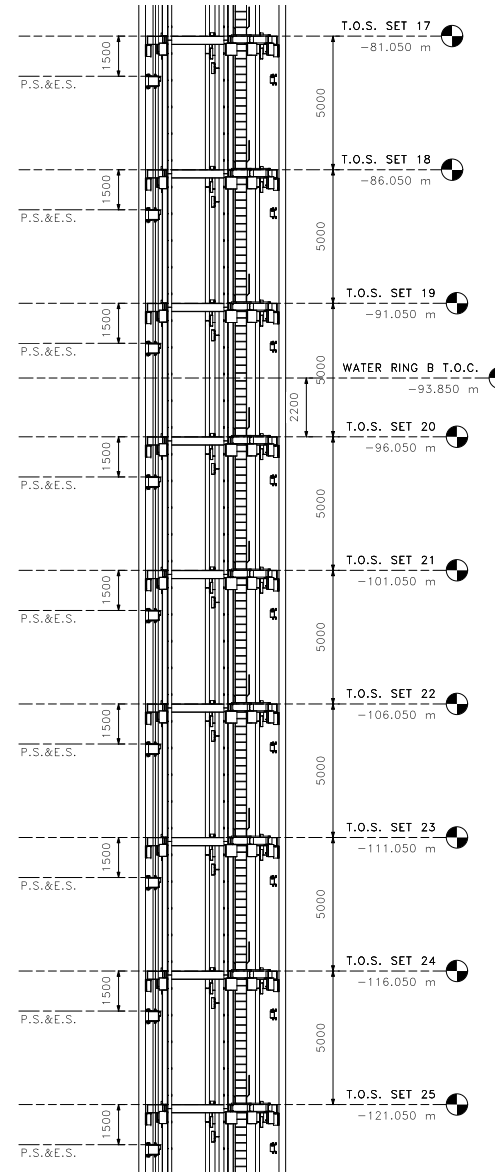
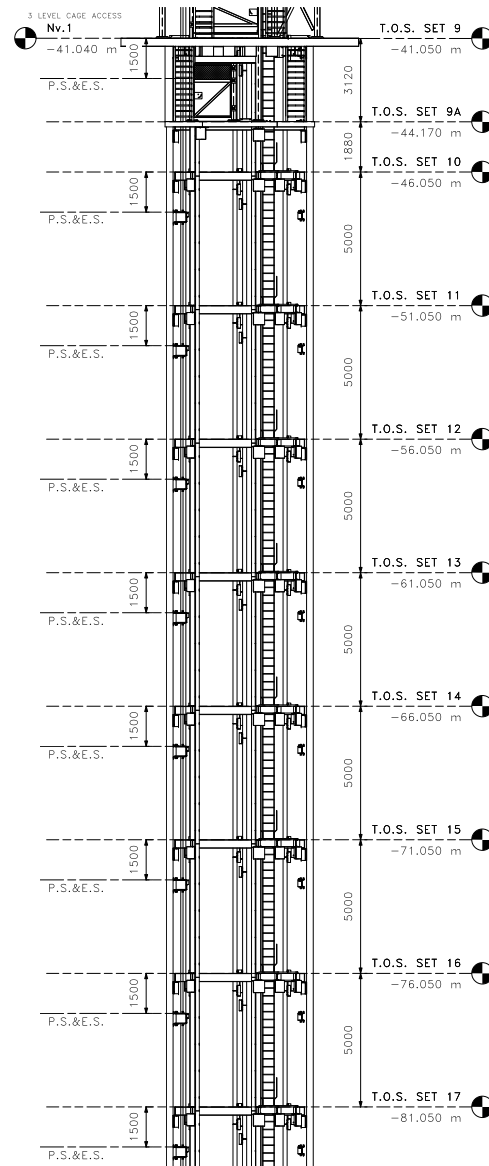
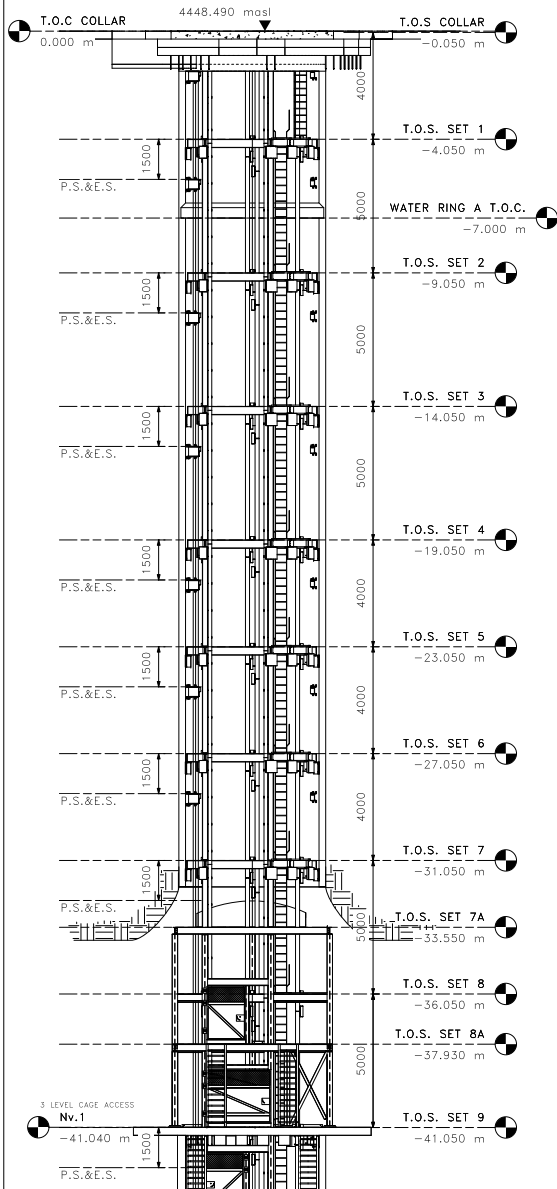
				DRN.	MMW	
				DATE	20/12/14	
				CHKD.	AA	
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS	
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	MMW	21/02/26	DATE	21/05/10	
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE	NTS

**Alpayana**  
Mining & Metals

SHAFT  
GENERAL ARRANGEMENT  
LONGITUDINAL SHAFT SECTION

**G.L.TILEY & ASSOCIATES LTD.**  
CONSULTING ENGINEERS  
Flamborough, Ontario (905.689.7375)

PROJECT: 05m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
 DWG NO. 4390-G-201  
 REV. 0



**GENERAL NOTES:**

1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH DWG. 4390-G-200 & G-201.

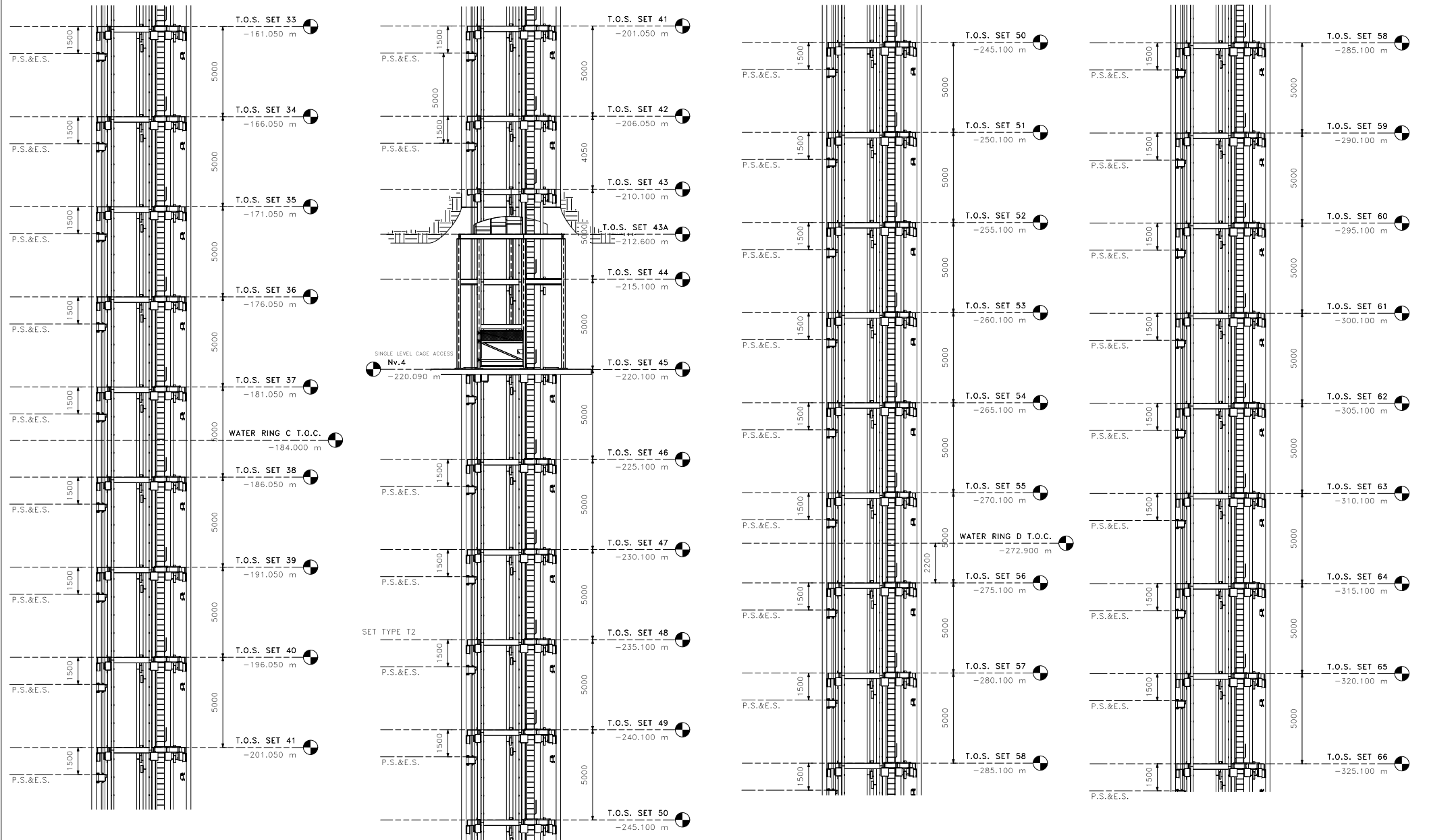
**WORK TO DIMENSION - DO NOT SCALE**  
 PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

				DRN.	MMW
				DATE	20/08/20
				CHKD.	AA
				DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	MMW	21/02/26	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE
					1:100



SHAFT  
 GENERAL ARRANGEMENT ELEVATION  
 SHEET 1

PROJECT: 05m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
 DWG NO: 4390-G-202\_1  
 REV: 0



**GENERAL NOTES:**

1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH DWG. 4390-G-200 & G-201.

**WORK TO DIMENSION - DO NOT SCALE**  
 PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

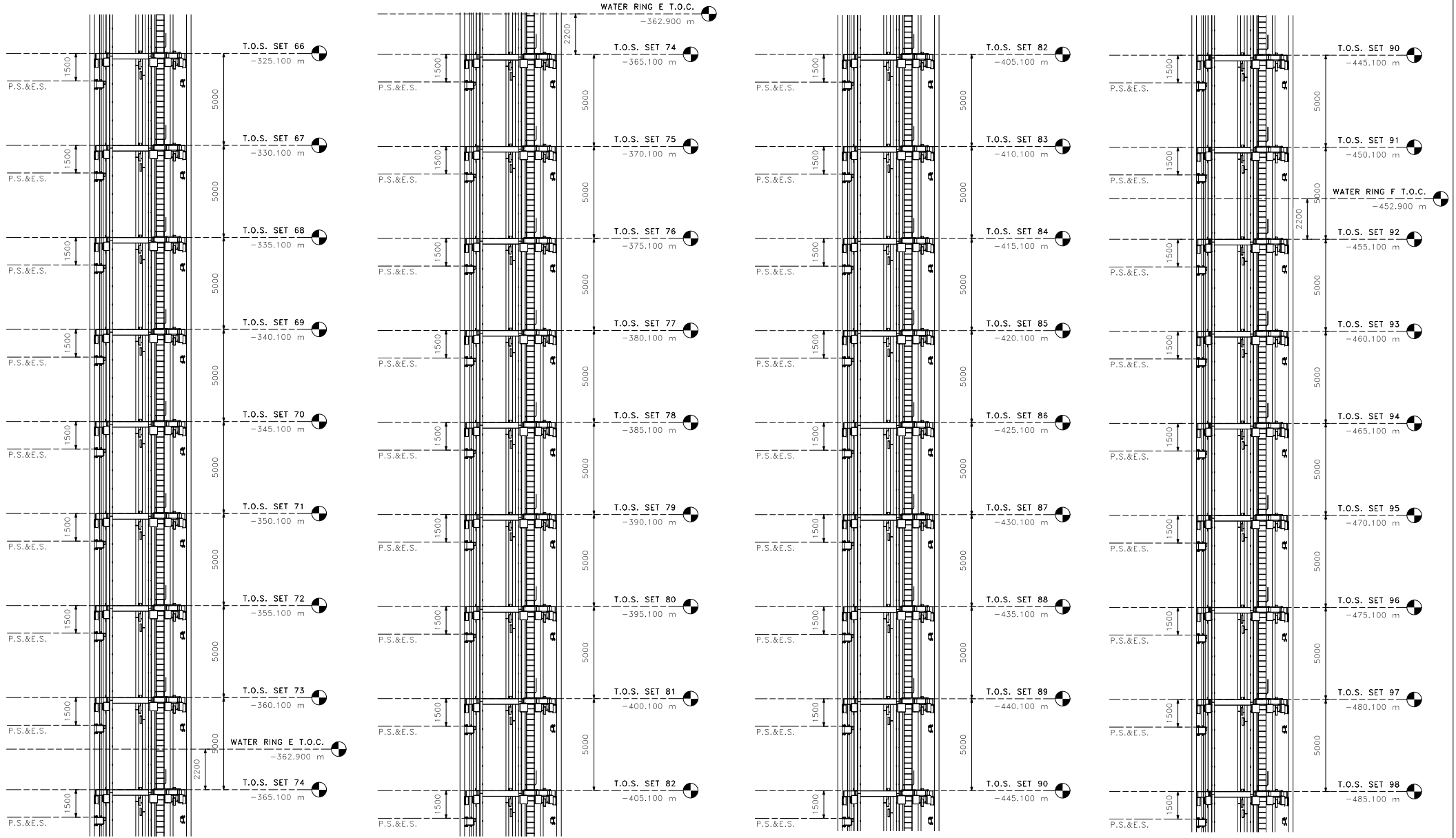
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW		21/05/10	APPROVED PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	MMW		21/02/26	DATE 21/05/10
					SCALE 1:100



SHAFT  
 GENERAL ARRANGEMENT ELEVATION  
 SHEET 2



PROJECT: 05m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
 DWG NO: 4390-G-202\_2  
 REV: 0



**GENERAL NOTES:**

1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH DWG. 4390-G-200 & G-201.

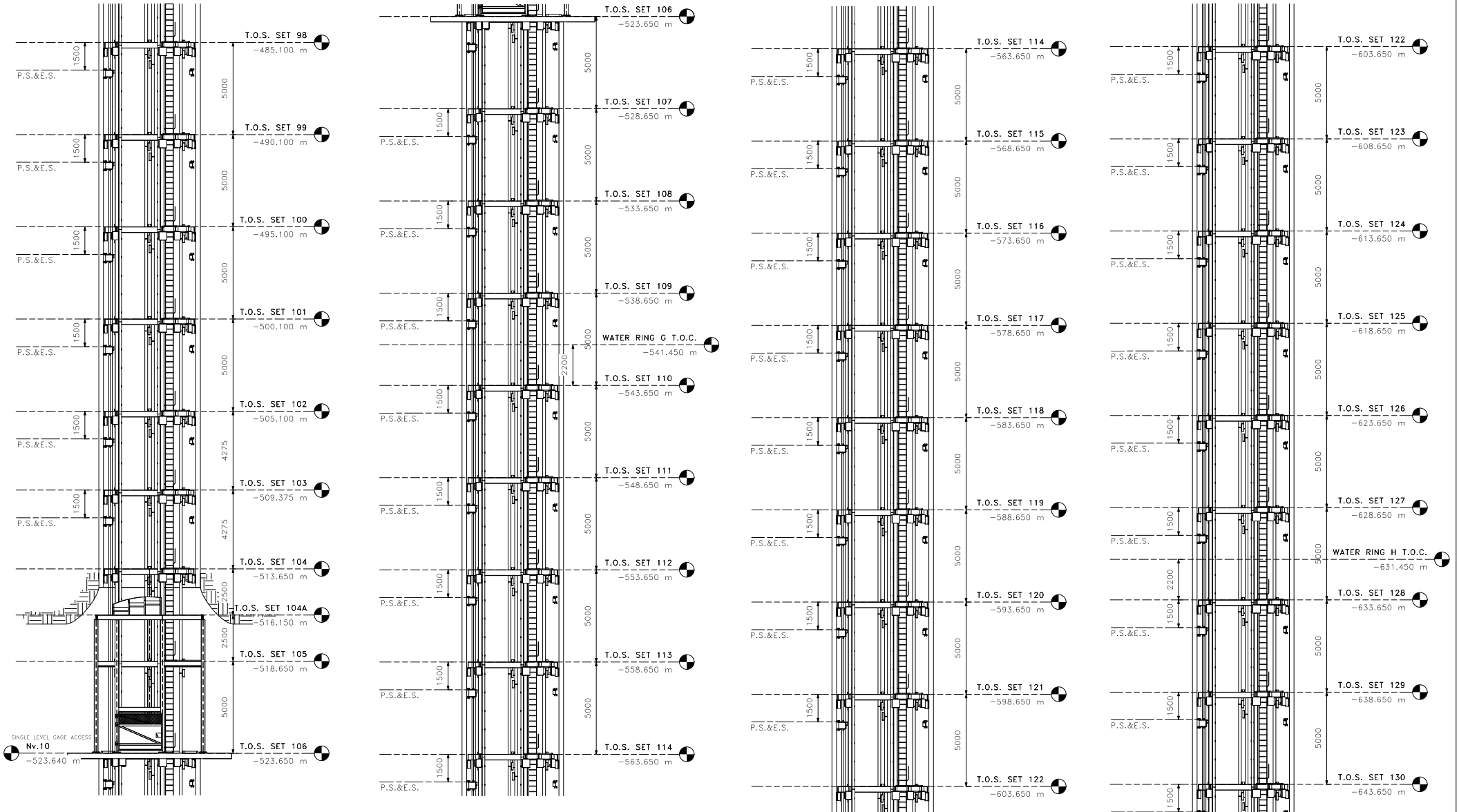
**WORK TO DIMENSION – DO NOT SCALE**  
 PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

				DRN.	MMW
				DATE	20/08/20
				CHKD.	AA
				DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	MMW	21/02/26	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE
					1:100



SHAFT  
 GENERAL ARRANGEMENT ELEVATION  
 SHEET 3

PROJECT: Ø5m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
 DWG NO. 4390-G-202\_3  
 REV. 0



**GENERAL NOTES:**

1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH DWG. 4390-G-200 & G-201.

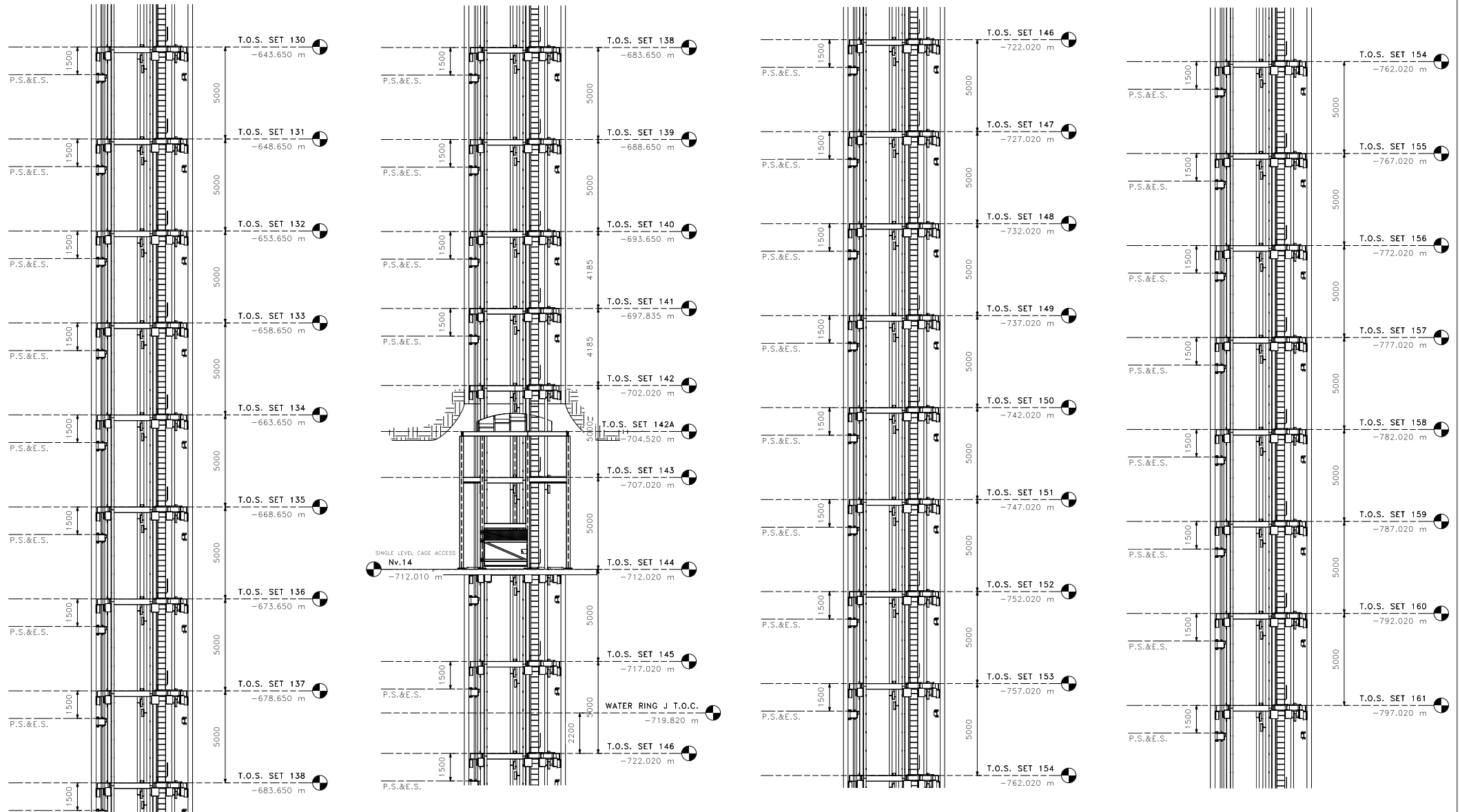
**WORK TO DIMENSION - DO NOT SCALE**  
 PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

				DRN.	MMW
				DATE	20/08/20
				CHKD.	AA
				DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	MMW	21/02/26	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE
					1:100



SHAFT  
 GENERAL ARRANGEMENT ELEVATION  
 SHEET 4

PROJECT: Ø5m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
 DWG NO. 4390-G-202\_4  
 REV. 0



**GENERAL NOTES:**

1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH DWG. 4390-G-200 & G-201.

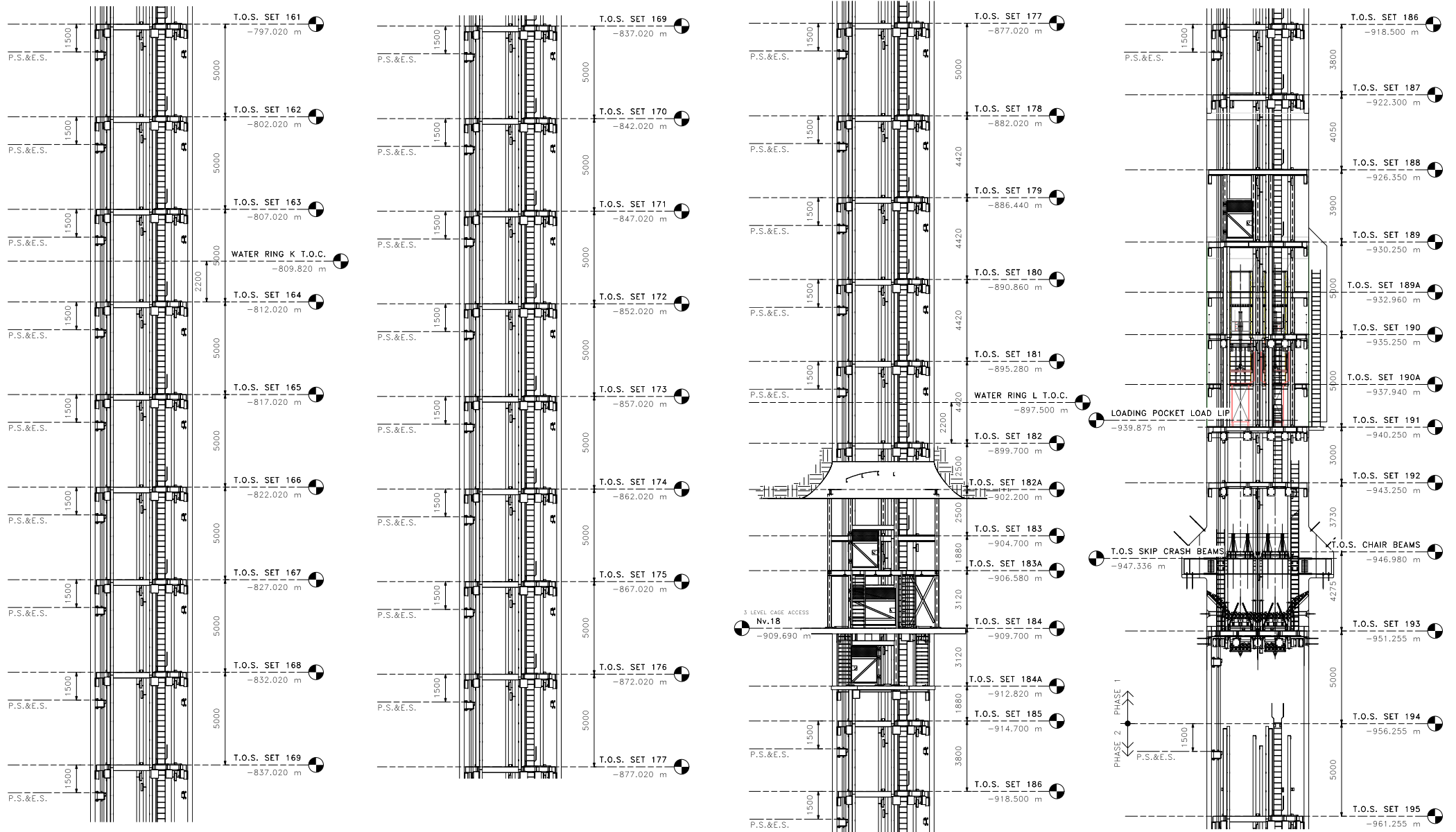
**WORK TO DIMENSION - DO NOT SCALE**  
 PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

				DRN.	MMW
				DATE	20/08/20
				CHKD.	AA
				DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	MMW	21/02/26	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE
					1:100



SHAFT  
 GENERAL ARRANGEMENT ELEVATION  
 SHEET 5

PROJECT: 05m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
 DWG NO. 4390-G-202\_5  
 REV. 0



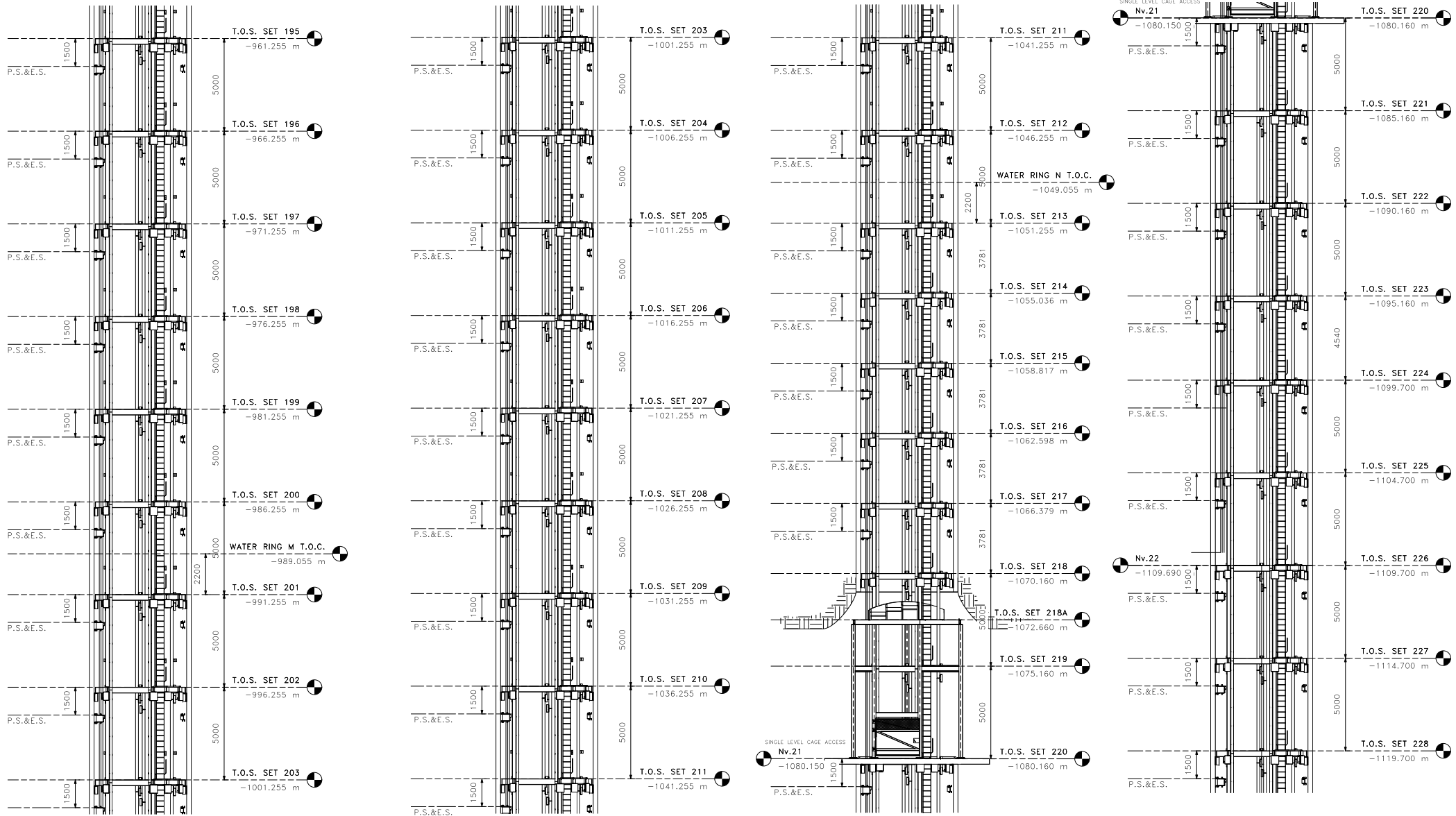
**GENERAL NOTES:**

1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH DWG. 4390-G-200 & G-201.

**WORK TO DIMENSION - DO NOT SCALE**  
 PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILLY & ASSOCIATES LTD.

NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW		21/05/10	APPROVED PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	MMW		21/02/26	DATE 21/05/10
					SCALE 1:100

	G.L.TILLY & ASSOCIATES LTD. CONSULTING ENGINEERS Falmborough, Ontario (905.689.7375)
PROJECT: 05m CARLOS PRODUCTION SHAFT	
DWG NO: 4390-G-202_6	
SHEET 6	



**GENERAL NOTES:**

1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH DWG. 4390-G-200 & G-201.

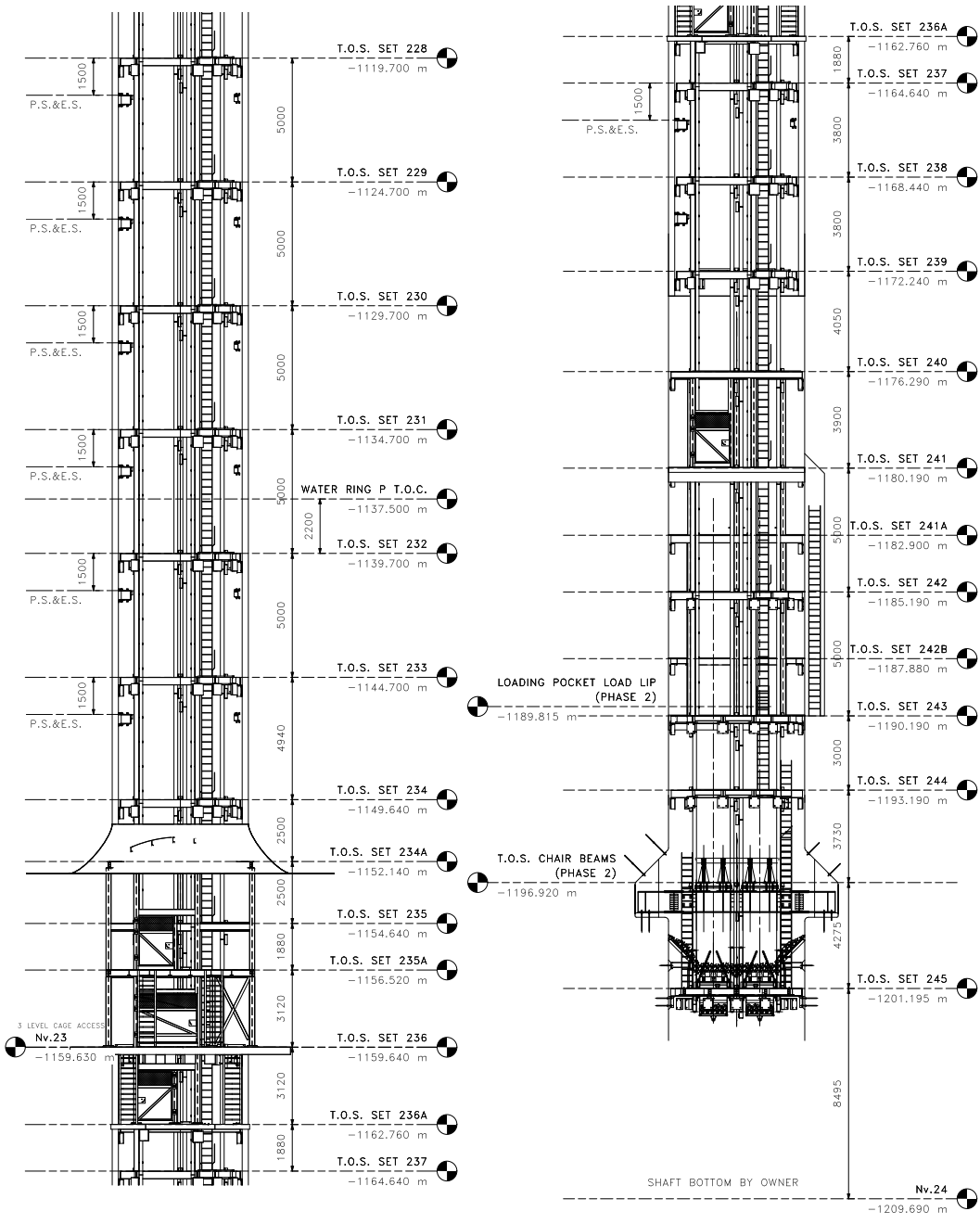
**WORK TO DIMENSION - DO NOT SCALE**  
 PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

				DRN.	MMW
				DATE	20/08/20
				CHKD.	AA
				DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	MMW	21/02/26	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE
					1:100



SHAFT  
 GENERAL ARRANGEMENT ELEVATION  
 SHEET 7

PROJECT: 05m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
 DWG NO. 4390-G-202\_7  
 REV. 0



**WORK TO DIMENSION - DO NOT SCALE**  
 PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

				DRN.	MMW
				DATE	20/08/20
				CHKD.	AA
				DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	MMW	21/02/26	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE
					1:100

**Alpayana**  
Mining & Metals

SHAFT  
GENERAL ARRANGEMENT ELEVATION  
SHEET 8

**G.L.TILEY & ASSOCIATES LTD.**  
CONSULTING ENGINEERS  
Flamborough, Ontario (905.689.7375)

PROJECT: 05m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
 DWG NO: 4390-G-202\_8  
 REV: 0

Level Schedule		
Elevation	Name	DESCRIPTION
-4.050 m	T.O.S. SET 1	T10
-9.050 m	T.O.S. SET 2	T1
-14.050 m	T.O.S. SET 3	T1
-19.050 m	T.O.S. SET 4	T1
-23.050 m	T.O.S. SET 5	T2
-27.050 m	T.O.S. SET 6	T2
-31.050 m	T.O.S. SET 7	T2
-33.550 m	T.O.S. SET 7A	SET S1
-36.050 m	T.O.S. SET 8	SET S2
-37.930 m	T.O.S. SET 8A	SET S3
-41.050 m	T.O.S. SET 9	SET S4
-44.170 m	T.O.S. SET 9A	SET S5
-46.050 m	T.O.S. SET 10	SET S6
-51.050 m	T.O.S. SET 11	T1
-56.050 m	T.O.S. SET 12	T1
-61.050 m	T.O.S. SET 13	T1
-66.050 m	T.O.S. SET 14	T1
-71.050 m	T.O.S. SET 15	T1
-76.050 m	T.O.S. SET 16	T1
-81.050 m	T.O.S. SET 17	T1
-86.050 m	T.O.S. SET 18	T1
-91.050 m	T.O.S. SET 19	T1
-96.050 m	T.O.S. SET 20	T1
-101.050 m	T.O.S. SET 21	T1
-106.050 m	T.O.S. SET 22	T1
-111.050 m	T.O.S. SET 23	T1
-116.050 m	T.O.S. SET 24	T1
-121.050 m	T.O.S. SET 25	T1
-126.050 m	T.O.S. SET 26	T1
-131.050 m	T.O.S. SET 27	T1
-136.050 m	T.O.S. SET 28	T1
-141.050 m	T.O.S. SET 29	T1
-146.050 m	T.O.S. SET 30	T1
-151.050 m	T.O.S. SET 31	T1
-156.050 m	T.O.S. SET 32	T1
-161.050 m	T.O.S. SET 33	T1
-166.050 m	T.O.S. SET 34	T1
-171.050 m	T.O.S. SET 35	T1
-176.050 m	T.O.S. SET 36	T1
-181.050 m	T.O.S. SET 37	T1
-186.050 m	T.O.S. SET 38	T1
-191.050 m	T.O.S. SET 39	T1
-196.050 m	T.O.S. SET 40	T1
-201.050 m	T.O.S. SET 41	T1
-206.050 m	T.O.S. SET 42	T1
-210.100 m	T.O.S. SET 43	T3
-212.600 m	T.O.S. SET 43A	SET S1
-215.100 m	T.O.S. SET 44	SET S2
-220.100 m	T.O.S. SET 45	SET S7
-225.100 m	T.O.S. SET 46	T1
-230.100 m	T.O.S. SET 47	T1
-235.100 m	T.O.S. SET 48	T1
-240.100 m	T.O.S. SET 49	T1
-245.100 m	T.O.S. SET 50	T1
-250.100 m	T.O.S. SET 51	T1
-255.100 m	T.O.S. SET 52	T1
-260.100 m	T.O.S. SET 53	T1
-265.100 m	T.O.S. SET 54	T1
-270.100 m	T.O.S. SET 55	T1
-275.100 m	T.O.S. SET 56	T1
-280.100 m	T.O.S. SET 57	T1
-285.100 m	T.O.S. SET 58	T1
-290.100 m	T.O.S. SET 59	T1
-295.100 m	T.O.S. SET 60	T1
-300.100 m	T.O.S. SET 61	T1
-305.100 m	T.O.S. SET 62	T1
-310.100 m	T.O.S. SET 63	T1
-315.100 m	T.O.S. SET 64	T1
-320.100 m	T.O.S. SET 65	T1

Level Schedule		
Elevation	Name	DESCRIPTION
-325.100 m	T.O.S. SET 66	T1
-330.100 m	T.O.S. SET 67	T1
-335.100 m	T.O.S. SET 68	T1
-340.100 m	T.O.S. SET 69	T1
-345.100 m	T.O.S. SET 70	T1
-350.100 m	T.O.S. SET 71	T1
-355.100 m	T.O.S. SET 72	T1
-360.100 m	T.O.S. SET 73	T1
-365.100 m	T.O.S. SET 74	T1
-370.100 m	T.O.S. SET 75	T1
-375.100 m	T.O.S. SET 76	T1
-380.100 m	T.O.S. SET 77	T1
-385.100 m	T.O.S. SET 78	T1
-390.100 m	T.O.S. SET 79	T1
-395.100 m	T.O.S. SET 80	T1
-400.100 m	T.O.S. SET 81	T1
-405.100 m	T.O.S. SET 82	T1
-410.100 m	T.O.S. SET 83	T1
-415.100 m	T.O.S. SET 84	T1
-420.100 m	T.O.S. SET 85	T1
-425.100 m	T.O.S. SET 86	T1
-430.100 m	T.O.S. SET 87	T1
-435.100 m	T.O.S. SET 88	T1
-440.100 m	T.O.S. SET 89	T1
-445.100 m	T.O.S. SET 90	T1
-450.100 m	T.O.S. SET 91	T1
-455.100 m	T.O.S. SET 92	T1
-460.100 m	T.O.S. SET 93	T1
-465.100 m	T.O.S. SET 94	T1
-470.100 m	T.O.S. SET 95	T1
-475.100 m	T.O.S. SET 96	T1
-480.100 m	T.O.S. SET 97	T1
-485.100 m	T.O.S. SET 98	T1
-490.100 m	T.O.S. SET 99	T1
-495.100 m	T.O.S. SET 100	T1
-500.100 m	T.O.S. SET 101	T1
-505.100 m	T.O.S. SET 102	T1
-509.375 m	T.O.S. SET 103	T4
-513.650 m	T.O.S. SET 104	T4
-516.150 m	T.O.S. SET 104A	SET S1
-518.650 m	T.O.S. SET 105	SET S2
-523.650 m	T.O.S. SET 106	SET S7
-528.650 m	T.O.S. SET 107	T1
-533.650 m	T.O.S. SET 108	T1
-538.650 m	T.O.S. SET 109	T1
-543.650 m	T.O.S. SET 110	T1
-548.650 m	T.O.S. SET 111	T1
-553.650 m	T.O.S. SET 112	T1
-558.650 m	T.O.S. SET 113	T1
-563.650 m	T.O.S. SET 114	T1
-568.650 m	T.O.S. SET 115	T1
-573.650 m	T.O.S. SET 116	T1
-578.650 m	T.O.S. SET 117	T1
-583.650 m	T.O.S. SET 118	T1
-588.650 m	T.O.S. SET 119	T1
-593.650 m	T.O.S. SET 120	T1
-598.650 m	T.O.S. SET 121	T1
-603.650 m	T.O.S. SET 122	T1
-608.650 m	T.O.S. SET 123	T1
-613.650 m	T.O.S. SET 124	T1
-618.650 m	T.O.S. SET 125	T1
-623.650 m	T.O.S. SET 126	T1
-628.650 m	T.O.S. SET 127	T1
-633.650 m	T.O.S. SET 128	T1
-638.650 m	T.O.S. SET 129	T1
-643.650 m	T.O.S. SET 130	T1
-648.650 m	T.O.S. SET 131	T1
-653.650 m	T.O.S. SET 132	T1
-658.650 m	T.O.S. SET 133	T1

Level Schedule		
Elevation	Name	DESCRIPTION
-663.650 m	T.O.S. SET 134	T1
-668.650 m	T.O.S. SET 135	T1
-673.650 m	T.O.S. SET 136	T1
-678.650 m	T.O.S. SET 137	T1
-683.650 m	T.O.S. SET 138	T1
-688.650 m	T.O.S. SET 139	T1
-693.650 m	T.O.S. SET 140	T1
-697.835 m	T.O.S. SET 141	T5
-702.020 m	T.O.S. SET 142	T5
-704.520 m	T.O.S. SET 142A	SET S1
-707.020 m	T.O.S. SET 143	SET S2
-712.020 m	T.O.S. SET 144	SET S7
-717.020 m	T.O.S. SET 145	T1
-722.020 m	T.O.S. SET 146	T1
-727.020 m	T.O.S. SET 147	T1
-732.020 m	T.O.S. SET 148	T1
-737.020 m	T.O.S. SET 149	T1
-742.020 m	T.O.S. SET 150	T1
-747.020 m	T.O.S. SET 151	T1
-752.020 m	T.O.S. SET 152	T1
-757.020 m	T.O.S. SET 153	T1
-762.020 m	T.O.S. SET 154	T1
-767.020 m	T.O.S. SET 155	T1
-772.020 m	T.O.S. SET 156	T1
-777.020 m	T.O.S. SET 157	T1
-782.020 m	T.O.S. SET 158	T1
-787.020 m	T.O.S. SET 159	T1
-792.020 m	T.O.S. SET 160	T1
-797.020 m	T.O.S. SET 161	T1
-802.020 m	T.O.S. SET 162	T1
-807.020 m	T.O.S. SET 163	T1
-812.020 m	T.O.S. SET 164	T1
-817.020 m	T.O.S. SET 165	T1
-822.020 m	T.O.S. SET 166	T1
-827.020 m	T.O.S. SET 167	T1
-832.020 m	T.O.S. SET 168	T1
-837.020 m	T.O.S. SET 169	T1
-842.020 m	T.O.S. SET 170	T1
-847.020 m	T.O.S. SET 171	T1
-852.020 m	T.O.S. SET 172	T1
-857.020 m	T.O.S. SET 173	T1
-862.020 m	T.O.S. SET 174	T1
-867.020 m	T.O.S. SET 175	T1
-872.020 m	T.O.S. SET 176	T1
-877.020 m	T.O.S. SET 177	T1
-882.020 m	T.O.S. SET 178	T1
-886.440 m	T.O.S. SET 179	T6
-890.860 m	T.O.S. SET 180	T6
-895.280 m	T.O.S. SET 181	T6
-899.700 m	T.O.S. SET 182	T6
-902.200 m	T.O.S. SET 182A	SET S1
-904.700 m	T.O.S. SET 183	SET S2
-906.580 m	T.O.S. SET 183A	SET S3
-909.700 m	T.O.S. SET 184	SET S4
-912.820 m	T.O.S. SET 184A	SET S5
-914.700 m	T.O.S. SET 185	SET S6
-918.500 m	T.O.S. SET 186	T11
-922.500 m	T.O.S. SET 187	T12
-926.350 m	T.O.S. SET 188	L1
-930.250 m	T.O.S. SET 189	L2
-932.960 m	T.O.S. SET 189A	L3
-935.250 m	T.O.S. SET 190	L4
-937.940 m	T.O.S. SET 190A	L5
-940.250 m	T.O.S. SET 191	L6
-943.250 m	T.O.S. SET 192	L7
-951.255 m	T.O.S. SET 193	SP2
-956.255 m	T.O.S. SET 194	T1
-961.255 m	T.O.S. SET 195	T1
-966.255 m	T.O.S. SET 196	T1

Level Schedule		
Elevation	Name	DESCRIPTION
-971.255 m	T.O.S. SET 197	T1
-976.255 m	T.O.S. SET 198	T1
-981.255 m	T.O.S. SET 199	T1
-986.255 m	T.O.S. SET 200	T1
-991.255 m	T.O.S. SET 201	T1
-996.255 m	T.O.S. SET 202	T1
-1001.255 m	T.O.S. SET 203	T1
-1006.255 m	T.O.S. SET 204	T1
-1011.255 m	T.O.S. SET 205	T1
-1016.255 m	T.O.S. SET 206	T1
-1021.255 m	T.O.S. SET 207	T1
-1026.255 m	T.O.S. SET 208	T1
-1031.255 m	T.O.S. SET 209	T1
-1036.255 m	T.O.S. SET 210	T1
-1041.255 m	T.O.S. SET 211	T1
-1046.255 m	T.O.S. SET 212	T1
-1051.255 m	T.O.S. SET 213	T1
-1055.036 m	T.O.S. SET 214	T7
-1058.817 m	T.O.S. SET 215	T7
-1062.598 m	T.O.S. SET 216	T7
-1066.379 m	T.O.S. SET 217	T7
-1070.160 m	T.O.S. SET 218	T7
-1072.660 m	T.O.S. SET 218A	SET S1
-1075.160 m	T.O.S. SET 219	SET S2
-1080.160 m	T.O.S. SET 220	SET S7
-1085.160 m	T.O.S. SET 221	T1
-1090.160 m	T.O.S. SET 222	T1
-1095.160 m	T.O.S. SET 223	T1
-1099.700 m	T.O.S. SET 224	T8
-1104.700 m	T.O.S. SET 225	T1
-1109.700 m	T.O.S. SET 226	T1
-1114.700 m	T.O.S. SET 227	T1
-1119.700 m	T.O.S. SET 228	T1
-1124.700 m	T.O.S. SET 229	T1
-1129.700 m	T.O.S. SET 230	T1
-1134.700 m	T.O.S. SET 231	T1
-1139.700 m	T.O.S. SET 232	T1
-1144.700 m	T.O.S. SET 233	T1
-1149.640 m	T.O.S. SET 234	T9
-1152.140 m	T.O.S. SET 234A	SET S1
-1154.640 m	T.O.S. SET 235	SET S2
-1156.520 m	T.O.S. SET 235A	SET S3
-1159.640 m	T.O.S. SET 236	SET S4
-1162.760 m	T.O.S. SET 236A	SET S5
-1164.640 m	T.O.S. SET 237	SET S6
-1168.440 m	T.O.S. SET 238	T11
-1172.240 m	T.O.S. SET 239	T12
-1176.290 m	T.O.S. SET 240	L1
-1180.190 m	T.O.S. SET 241	L2
-1182.900 m	T.O.S. SET 241A	L3
-1185.190 m	T.O.S. SET 242	L4
-1187.880 m	T.O.S. SET 242B	L5
-1190.190 m	T.O.S. SET 243	L6
-1193.190 m	T.O.S. SET 244	L7
-1201.195 m	T.O.S. SET 245	SP2

LOADING POCKET

LOADING POCKET

Nv. LEVELS		
Elevation	Name	DESCRIPTION
-41.04 m	Nv.1	THREE LEVEL CAGE ACCESS
-220.09 m	Nv.4	SINGLE LEVEL CAGE ACCESS
-523.64 m	Nv.10	SINGLE LEVEL CAGE ACCESS
-712.01 m	Nv.14	SINGLE LEVEL CAGE ACCESS
-909.69 m	Nv.18	THREE LEVEL CAGE ACCESS
-1080.15 m	Nv.21	SINGLE LEVEL CAGE ACCESS
-1109.69 m	Nv.22	
-1159.63 m	Nv.23	THREE LEVEL CAGE ACCESS
-1209.69 m	Nv.24	SHAFT BOTTOM

WATER RING LEVELS		
Elevation	Name	
-7.000 m	WATER RING A	T.O.C.
-93.850 m	WATER RING B	T.O.C.
-184.000 m	WATER RING C	T.O.C.
-272.900 m	WATER RING D	T.O.C.
-362.900 m	WATER RING E	T.O.C.
-452.900 m	WATER RING F	T.O.C.
-541.450 m	WATER RING G	T.O.C.
-631.450 m	WATER RING H	T.O.C.
-719.820 m	WATER RING J	T.O.C.
-809.820 m	WATER RING K	T.O.C.
-897.500 m	WATER RING L	T.O.C.
-989.055 m	WATER RING M	T.O.C.
-1049.055 m	WATER RING N	T.O.C.
-1137.500 m	WATER RING P	T.O.C.

TOTAL LEVELS	
Count	DESCRIPTION
2	L1
2	L2
2	L3
2	L4
2	L5
2	L6
2	L7
7	SET S1
7	SET S2
3	SET S3
3	SET S4
3	SET S5
3	SET S6
4	SET S7
2	SP2
192	T1
3	T2
1	T3
2	T4
2	T5
4	T6
5	T7
1	T8
1	T9
1	T10
2	T11
2	T12

ELEVATIONS REFERENCE 0m AT TOC. COLLAR LEVEL OR 4447.890masl

**GENERAL NOTES:**

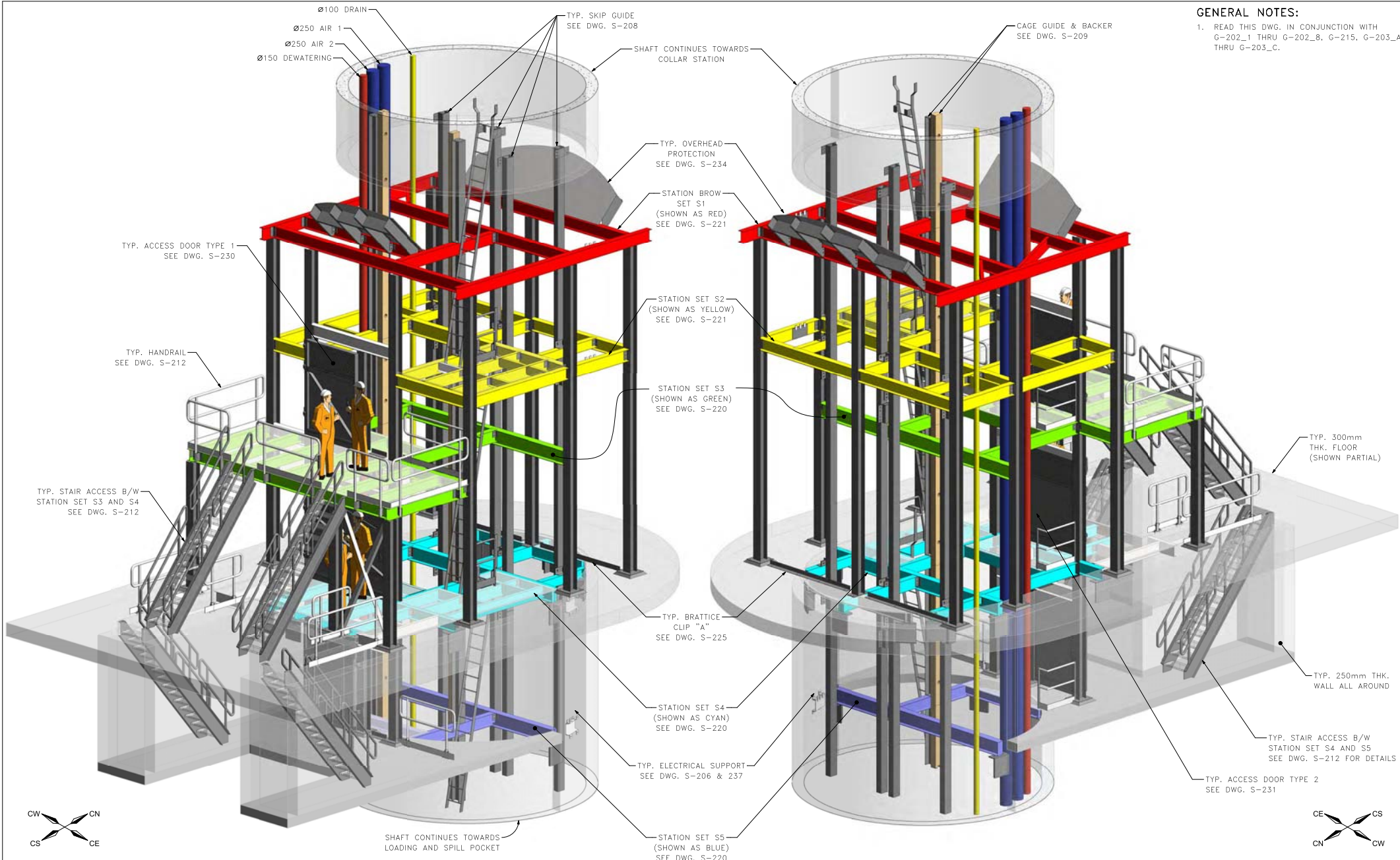
1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH DWG. 4390-G-200 & G-201.

**WORK TO DIMENSION - DO NOT SCALE**  
 PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILLEY & ASSOCIATES LTD.

DRN.	MMW
DATE	20/08/20
CHKD.	AA
DATE	21/02/19
0 ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW 21/05/10 APPROVED PS
A ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	MMW 21/02/26 DATE 21/05/10
NO.	DESCRIPTION BY APP DATE SCALE 1:100

**GENERAL NOTES:**

1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH G-202\_1 THRU G-202\_8, G-215, G-203\_A THRU G-203\_C.



**1** ISO VIEW – STATION WITH 3 LEVEL CAGE ACCESS (LOOKING NORTH WEST)  
 (BRATTICE PANELS ARE NOT SHOWN FOR CLARITY)  
 (SKIP AND CAGE ARE NOT SHOWN FOR CLARITY)

**2** ISO VIEW – STATION WITH 3 LEVEL CAGE ACCESS (LOOKING SOUTH EAST)  
 (BRATTICE PANELS ARE NOT SHOWN FOR CLARITY)  
 (SKIP AND CAGE ARE NOT SHOWN FOR CLARITY)

**WORK TO DIMENSION – DO NOT SCALE**  
 PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

				DRN.	CB
				DATE	20/10/28
				CHKD.	AA
				DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	CB	21/02/26	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE

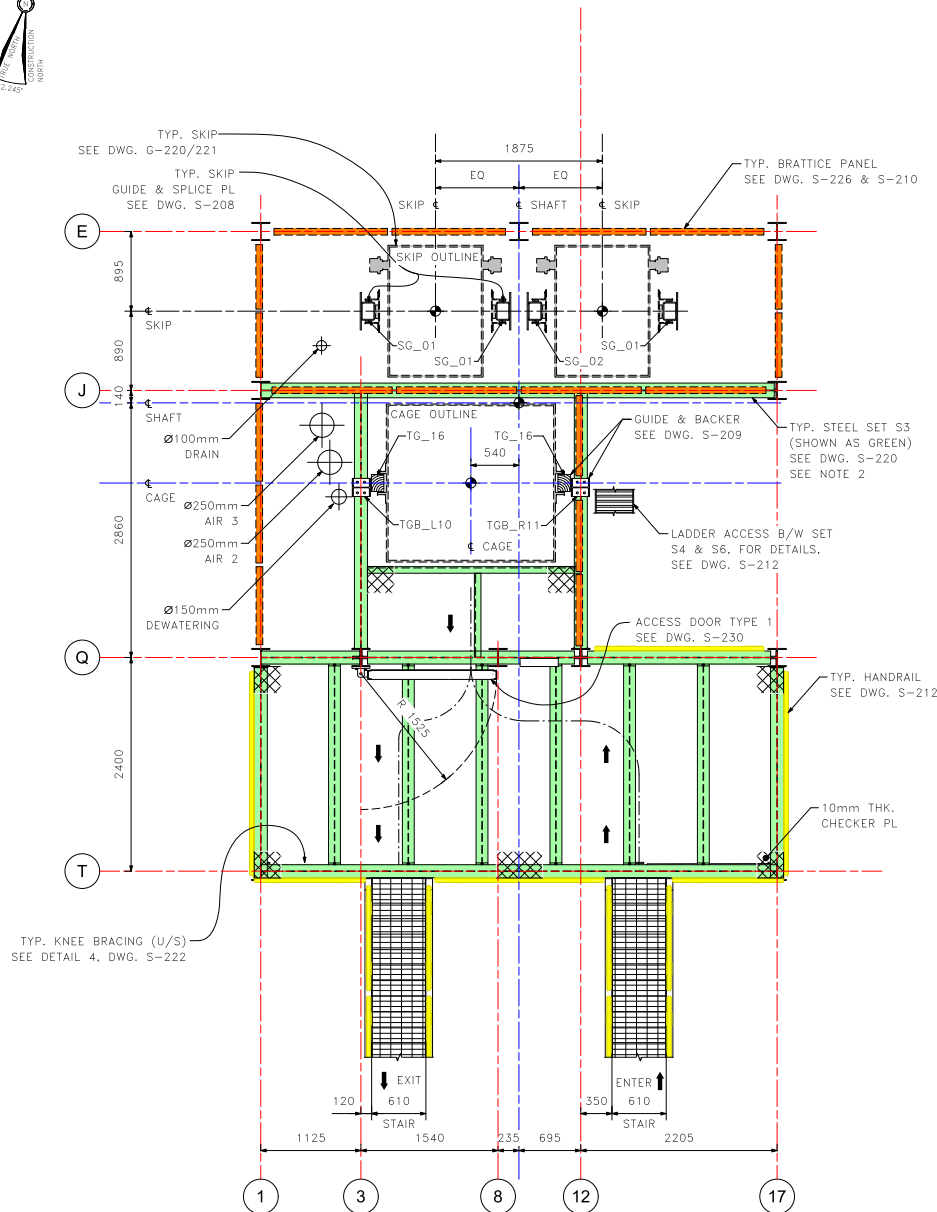
**Alpayana**  
 Mining & Metals  
 GENERAL ARRANGMENT  
 STATION WITH 3 LEVEL CAGE ACCESS  
 ISO VIEWS

**G.L.TILEY & ASSOCIATES LTD.**  
 CONSULTING ENGINEERS  
 Flamborough, Ontario (905.689.7375)  
 PROJECT: 05m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
 DWG NO. 4390-G-203  
 REV. 0

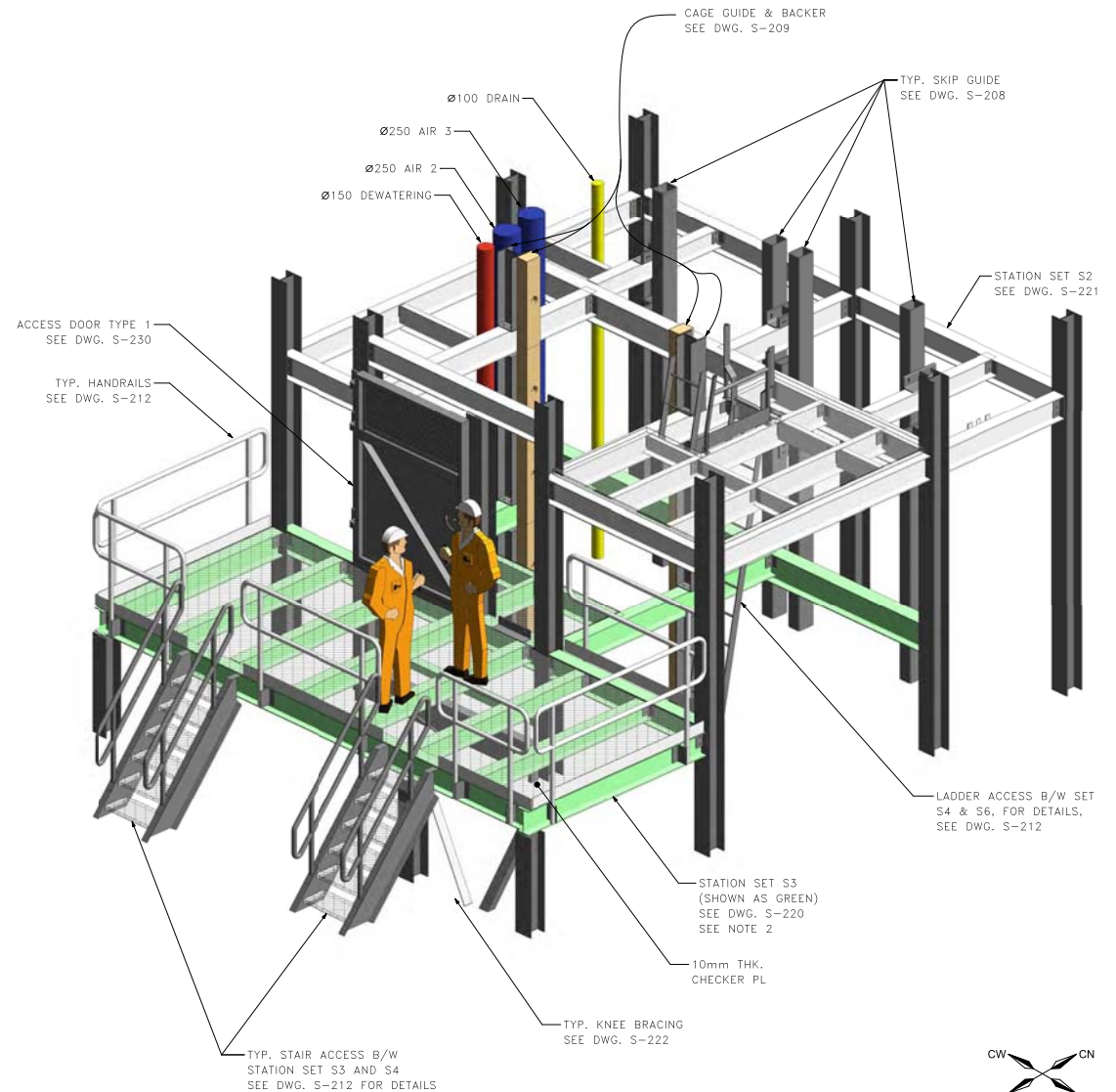


**GENERAL NOTES:**

1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH G-202\_1 THRU G-202\_8, G-215, G-203 AND, G-203\_B AND G-203\_C.
2. FOR STEEL SET S3 PLAN, SEE DWG. S-220.



**1 GENERAL ARRANGEMENT PLAN - TYP. STATION SET S3**  
1 : 30



**2 ISO VIEW - STATION WITH 3 LEVEL CAGE ACCESS (SET S3)**  
(VIEW SHOWING PARTIAL THREE LEVEL STATION ARRANGEMENT)  
(BRATTICE PANELS ARE NOT SHOWN FOR CLARITY)  
(SKIP AND CAGE ARE NOT SHOWN FOR CLARITY)

**WORK TO DIMENSION - DO NOT SCALE**  
PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

				DRN.	CB
				DATE	20/10/28
				CHKD.	AA
				DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	CB	21/02/26	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE
					A/N



GENERAL ARRANGEMENT  
STATION WITH 3 LEVEL CAGE ACCESS  
SET S3 - PLAN & ISO VIEWS

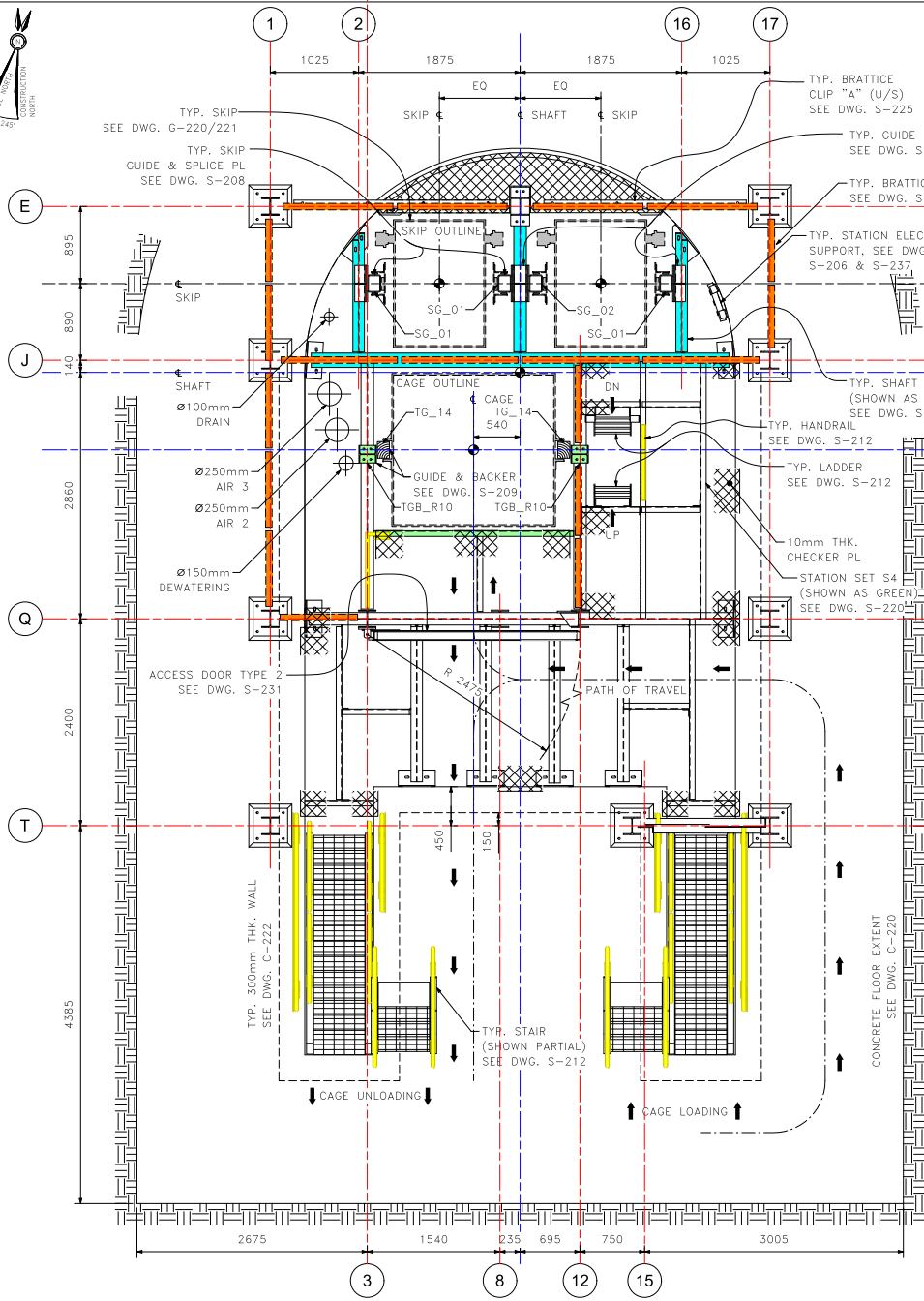


PROJECT: Ø5m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
DWG NO: 4390-G-203\_A  
REV: 0

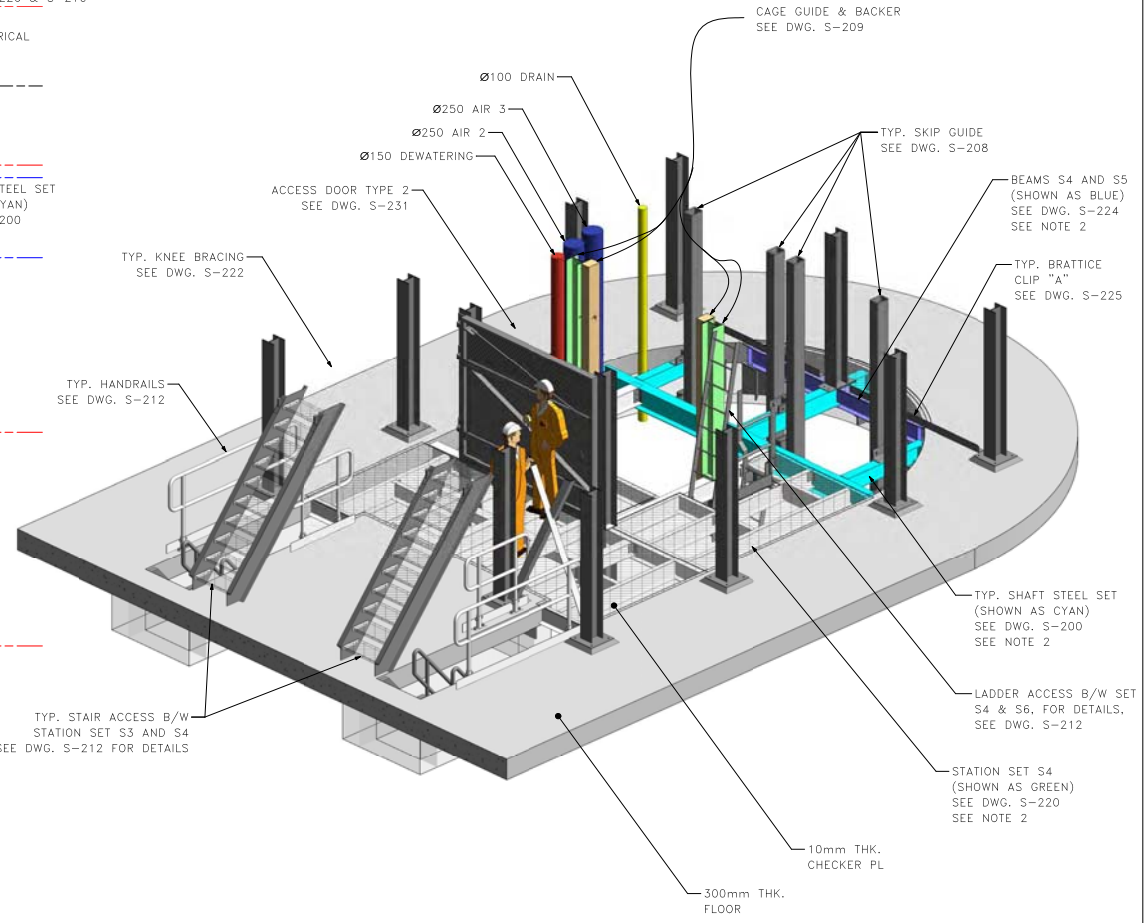


**GENERAL NOTES:**

1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH G-202\_1 THRU G-202\_8, G-215, G-203 AND, G-203\_A AND G-203\_C.
2. FOR STEEL SET S4 PLAN, SEE DWG. S-220.



**1 GENERAL ARRANGEMENT PLAN - TYP STATION SET S4**  
1 : 30



**2 ISO VIEW - STATION WITH 3 LEVEL CAGE ACCESS (SET S4)**  
(VIEW SHOWING PARTIAL THREE LEVEL STATION ARRANGEMENT)  
(BRATTICE PANELS ARE NOT SHOWN FOR CLARITY)  
(SKIP AND CAGE ARE NOT SHOWN FOR CLARITY)

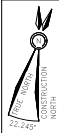
**WORK TO DIMENSION - DO NOT SCALE**  
PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

				DRN.	CB
				DATE	20/10/28
				CHKD.	AA
				DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	CB	21/02/26	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE
					A/N

**Alpayana**  
Mining & Metals  
GENERAL ARRANGEMENT  
STATION WITH 3 LEVEL CAGE ACCESS  
SET S4 - PLAN & ISO VIEWS

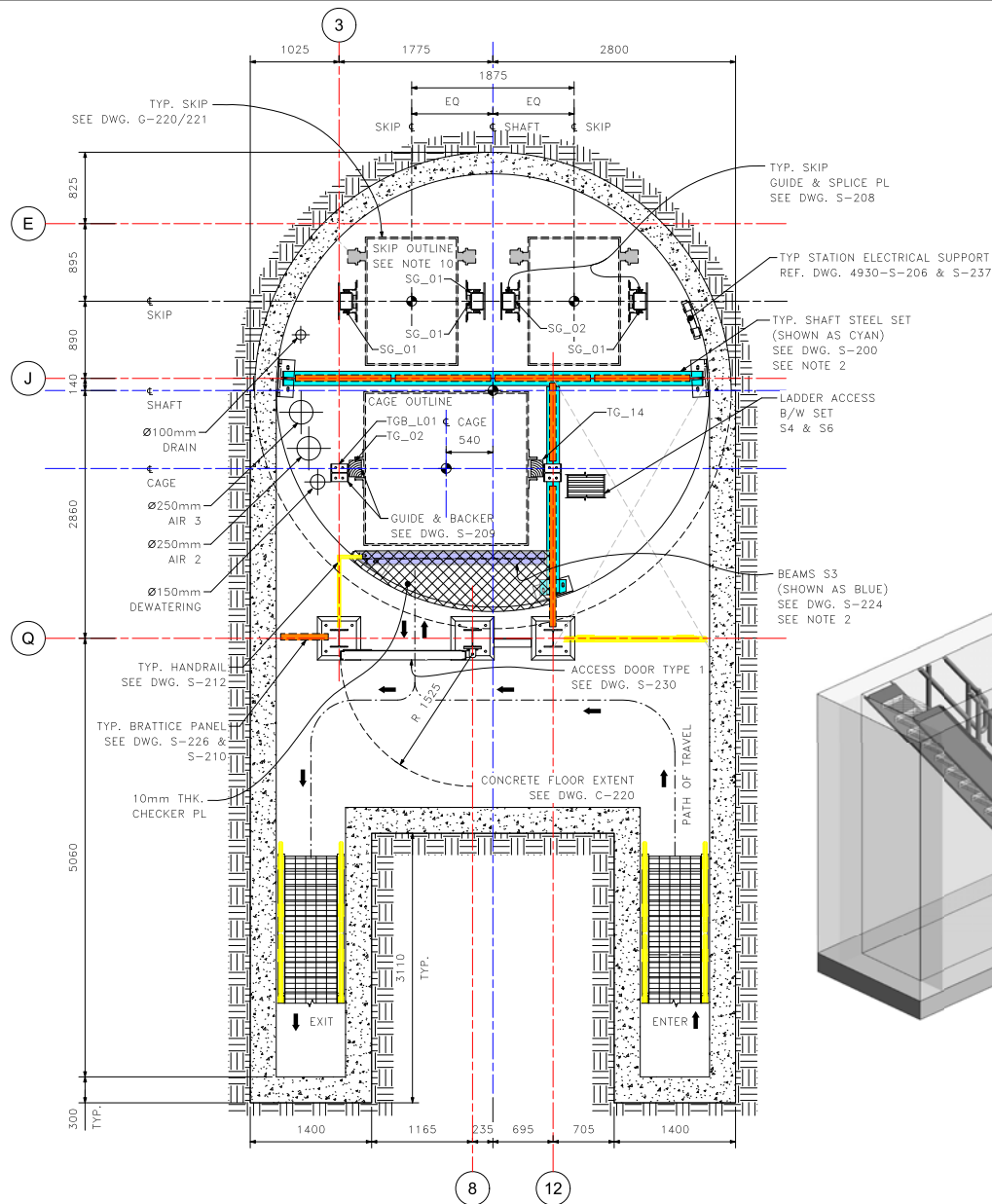
**G.L.TILEY & ASSOCIATES LTD.**  
CONSULTING ENGINEERS  
Flamborough, Ontario (905.689.7375)  
PROJECT: 05m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
DWG NO: 4390-G-203\_B  
REV: 0



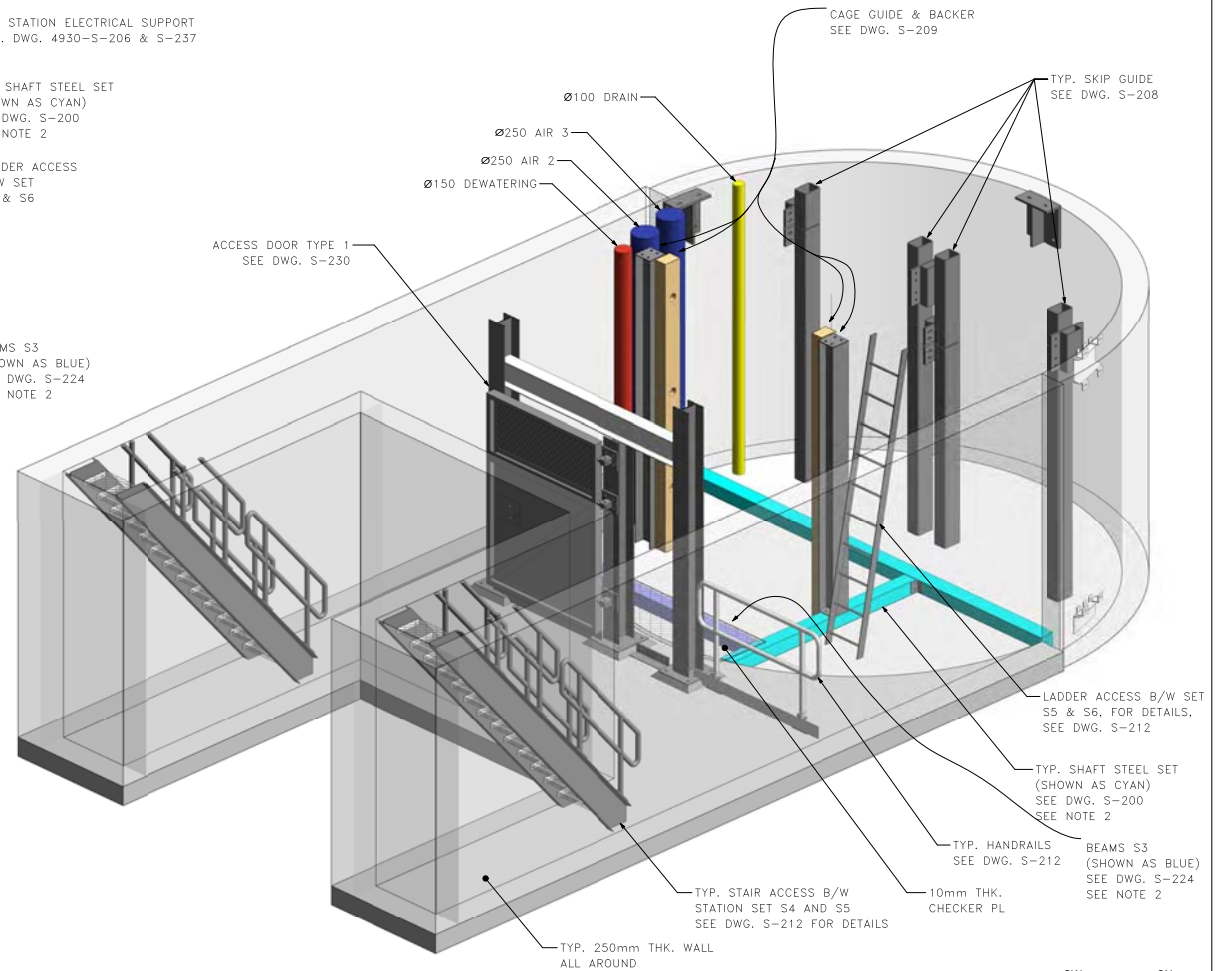


**GENERAL NOTES:**

1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH G-202\_1 THRU G-202\_8, G-215, G-203 AND, G-203\_A AND G-203\_B.
2. FOR STEEL SET S5 PLAN, SEE DWG. S-220.



1 GENERAL ARRANGEMENT PLAN – TYP STATION SET S5 (LOWER LEVEL)  
1 : 30



2 ISO VIEW – STATION WITH 3 LEVEL CAGE ACCESS (SET S5)  
(VIEW SHOWING PARTIAL THREE LEVEL STATION ARRANGEMENT)  
(BRATTICE PANELS ARE NOT SHOWN FOR CLARITY)  
(SKIP AND CAGE ARE NOT SHOWN FOR CLARITY)



**WORK TO DIMENSION – DO NOT SCALE**  
PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

				DRN.	CB
				DATE	20/10/28
				CHKD.	AA
				DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	CB	21/02/26	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE
					A/N



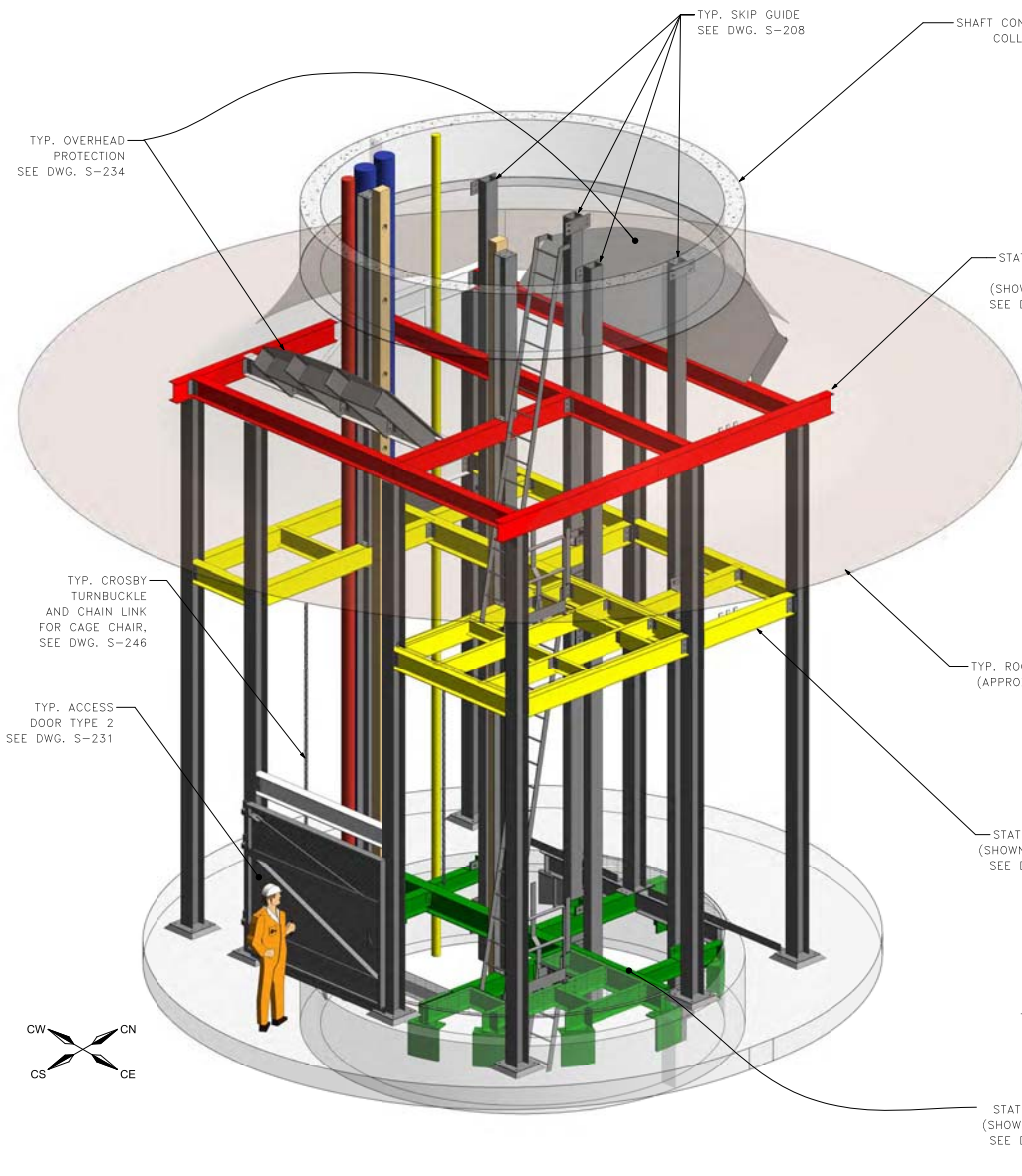
GENERAL ARRANGEMENT  
STATION WITH 3 LEVEL CAGE ACCESS  
SET S5 – PLAN & ISO VIEWS



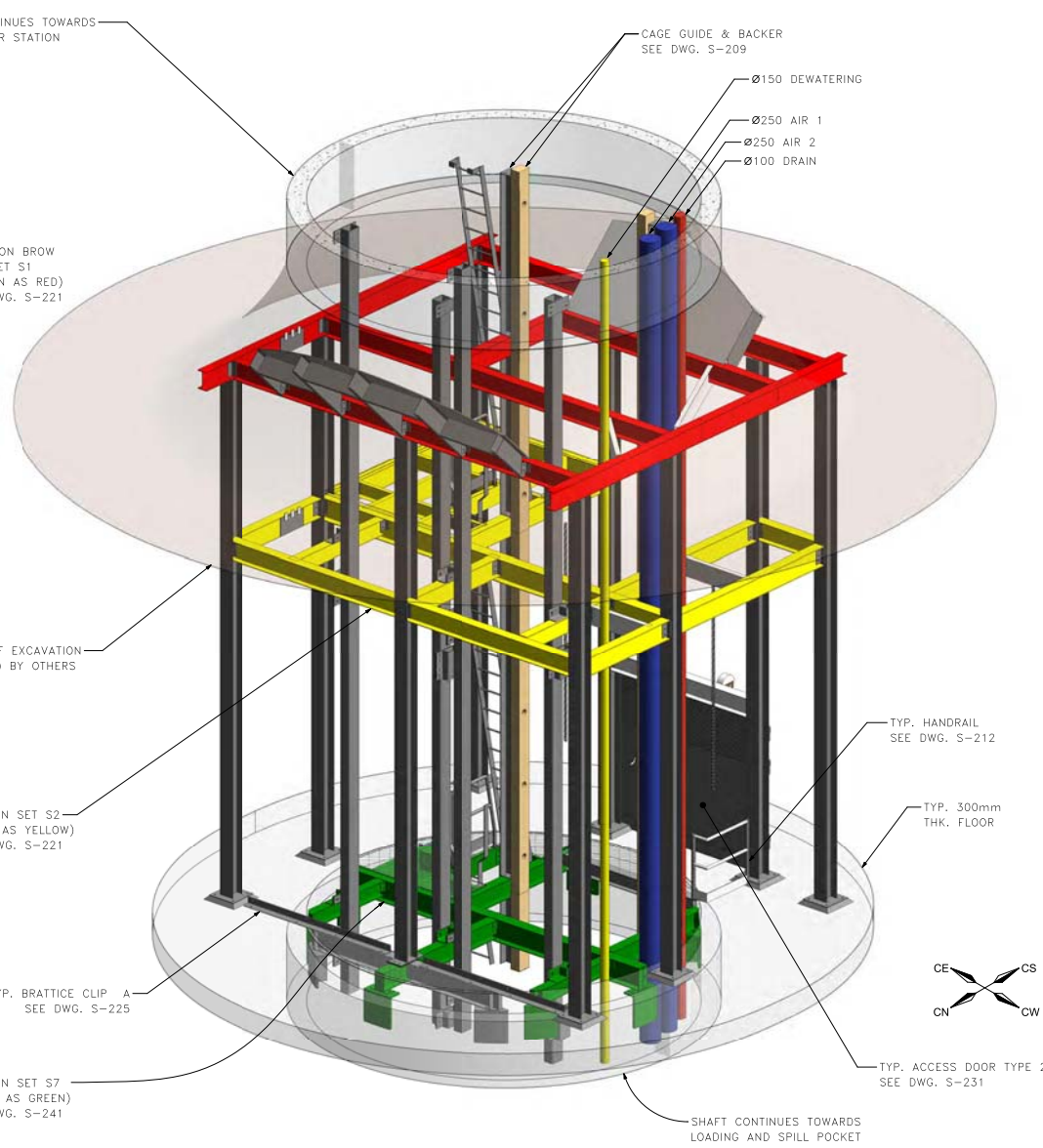
PROJECT: Ø5m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
DWG NO: 4390-G-203\_C  
REV: 0

**GENERAL NOTES:**

1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH G-202\_1 THRU G-202\_8, G-216 AND, G-204.



1 ISO VIEW – STATION WITH SINGLE LEVEL CAGE ACCESS (LOOKING TO NORTH WEST)



2 ISO VIEW – STATION WITH SINGLE LEVEL CAGE ACCESS (LOOKING TO SOUTH EAST)

**WORK TO DIMENSION – DO NOT SCALE**  
 PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

				DRN.	CB
				DATE	20/10/28
				CHKD.	AA
				DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	CB	21/02/26	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE



GENERAL ARRANGMENT  
 STATION WITH SINGLE LEVEL CAGE ACCESS  
 ISO VIEWS



PROJECT: Ø5m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
 DWG NO: 4390-G-204  
 REV: 0

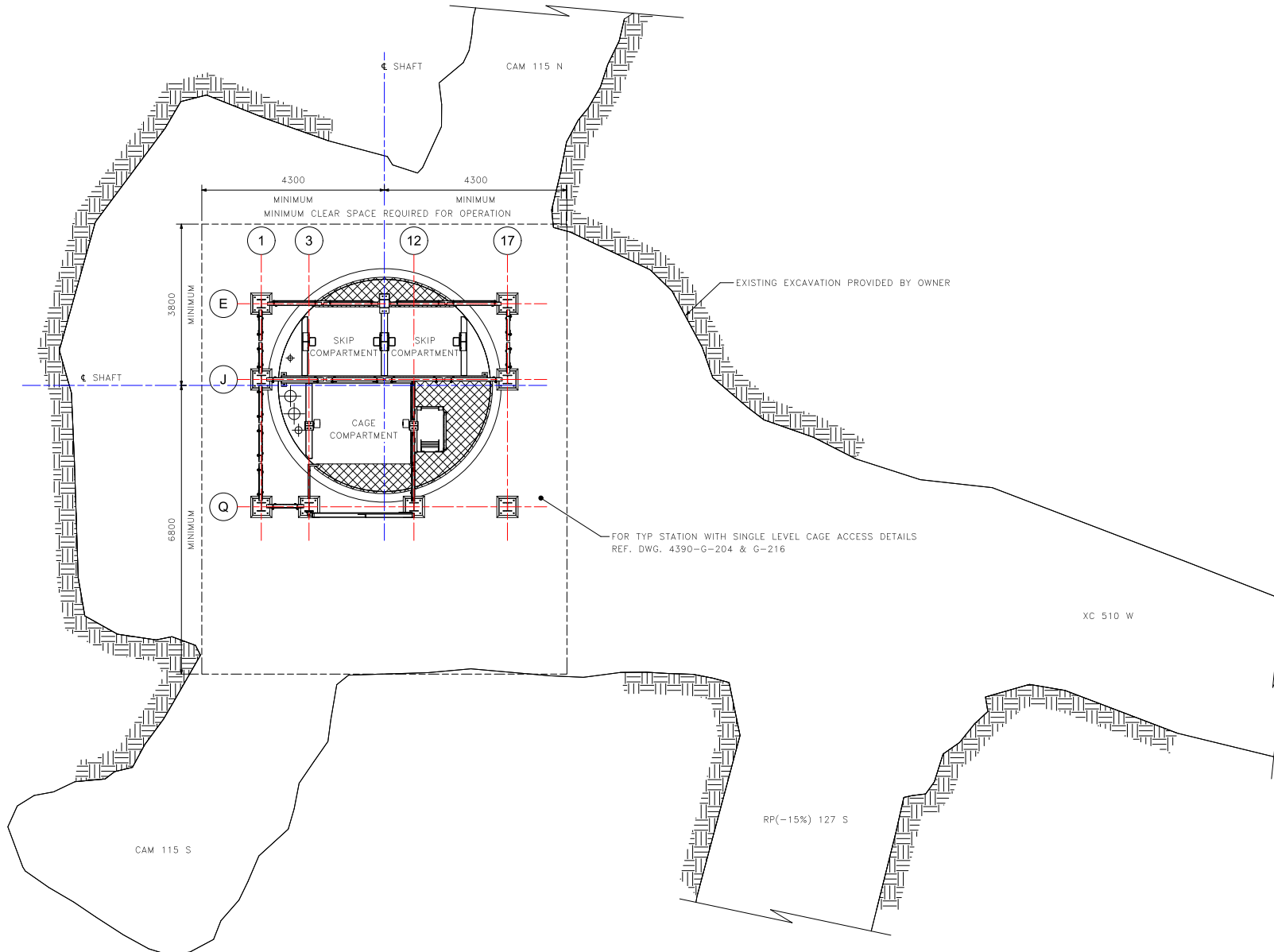






**GENERAL NOTES:**

1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH DWG. 4390-G-200 & G-201.



**1 Nv.4 - STATION PLAN**  
1 : 50

**WORK TO DIMENSION - DO NOT SCALE**

PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

				DRN.	MMW
				DATE	20/10/28
				CHKD.	AA
				DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	MMW	21/02/26	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE
					1:50



GENERAL ARRANGMENT



PROJECT: Ø5m CARLOS PRODUCTION SHAFT

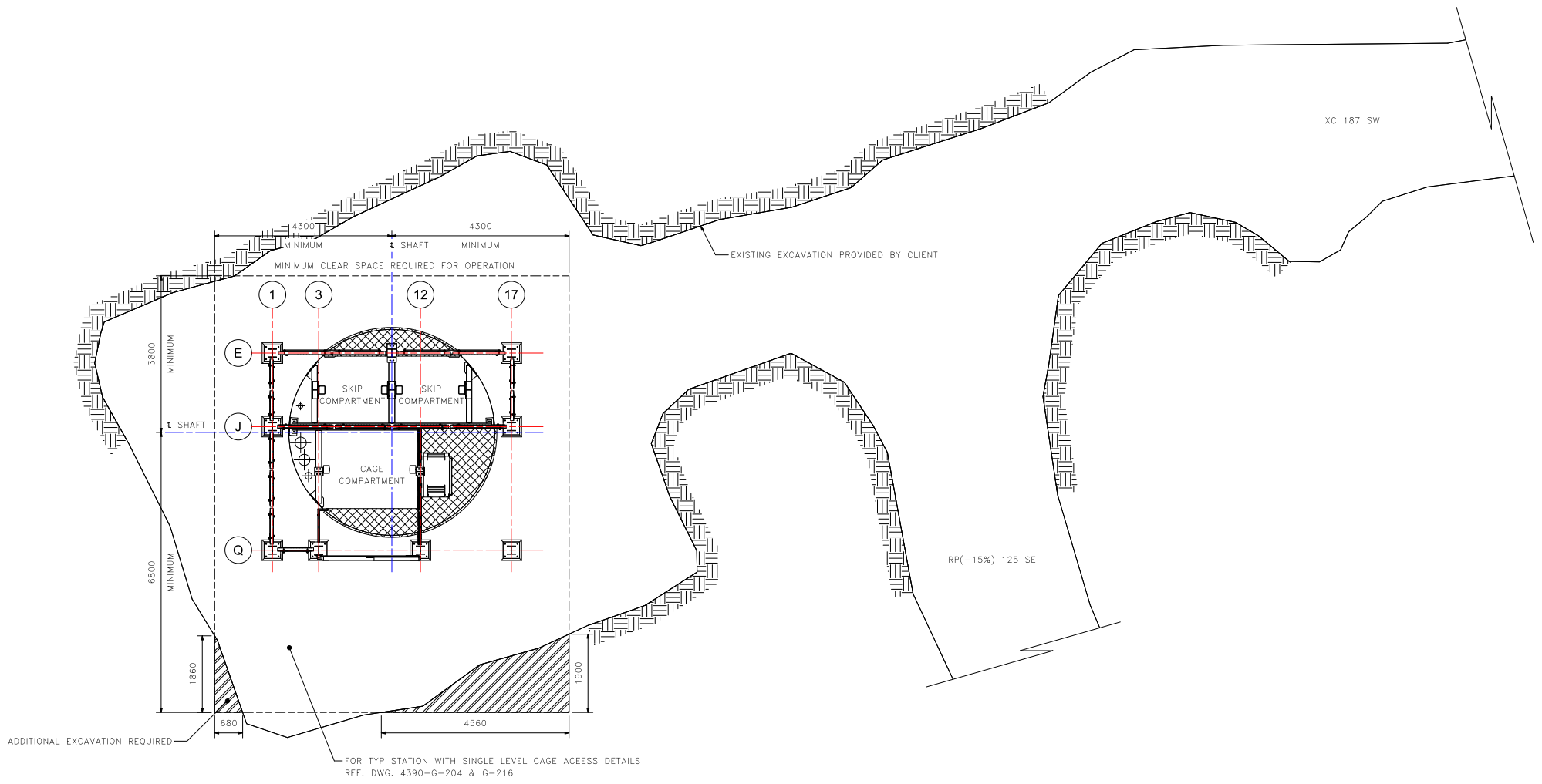
NV.4 - SINGLE LEVEL CAGE ACCESS  
STATION PLAN

DWG NO. 4390-G-206 REV. 0



**GENERAL NOTES:**

1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH DWG. 4390-G-200 & G-201.



**1 Nv.10 - STATION PLAN**  
1 : 50

**WORK TO DIMENSION - DO NOT SCALE**  
PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

				DRN.	MMW
				DATE	20/10/28
				CHKD.	AA
				DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	MMW	21/02/26	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE
					1:50



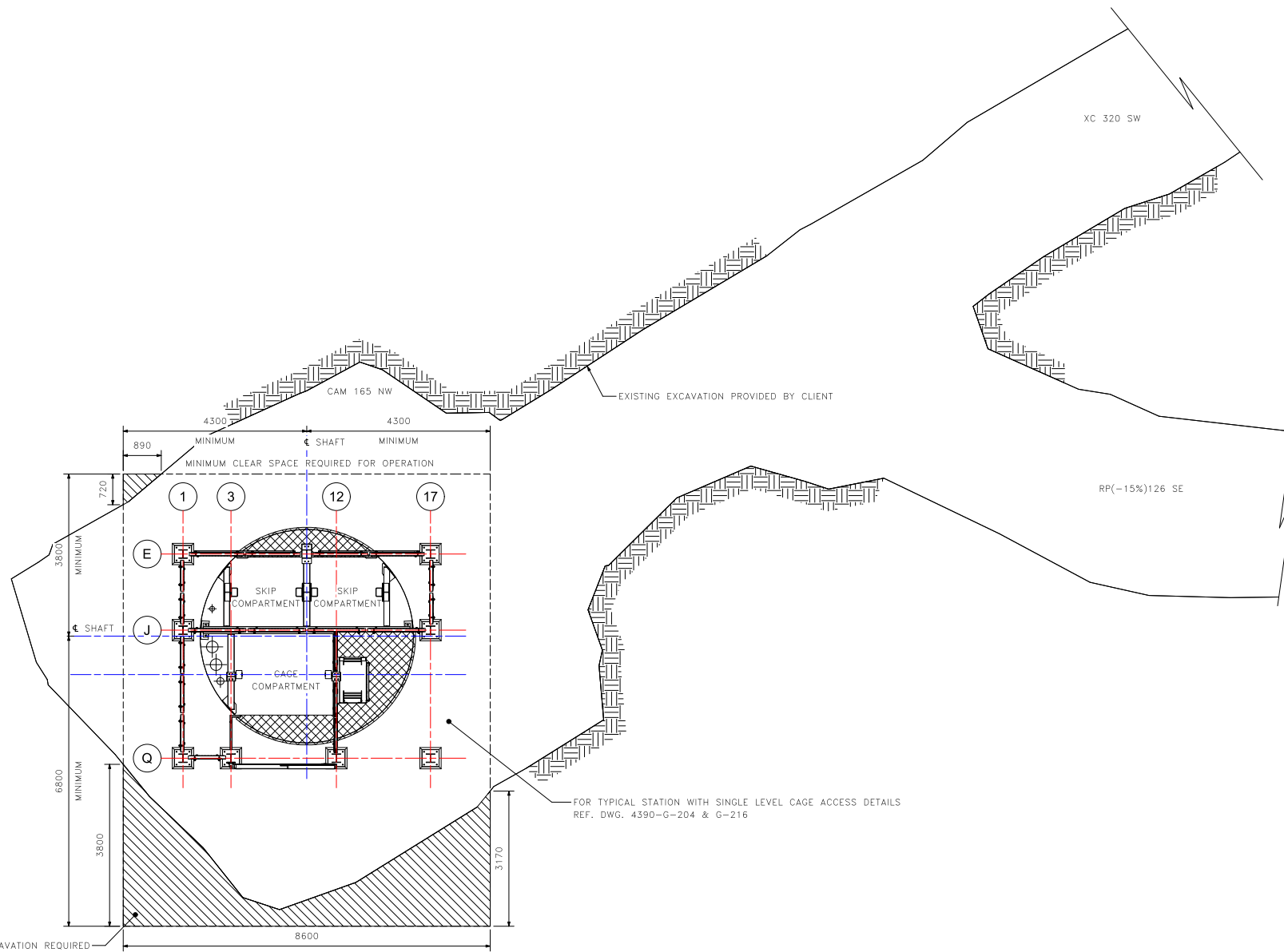
GENERAL ARRANGMENT  
NV.10 - SINGLE LEVEL CAGE ACCESS  
STATION PLAN

PROJECT:	Ø5m CARLOS PRODUCTION SHAFT
DWG NO.:	4390-G-207
REV.	0



**GENERAL NOTES:**

1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH DWG. 4390-G-200 & G-201.



**1 Nv.14 - STATION PLAN**  
1 : 50

**WORK TO DIMENSION - DO NOT SCALE**  
PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

				DRN.	MMW
				DATE	20/10/28
				CHKD.	AA
				DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	MMW	21/02/26	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE
					1:50



GENERAL ARRANGMENT  
NV.14 - SINGLE LEVEL CAGE ACCESS  
STATION PLAN

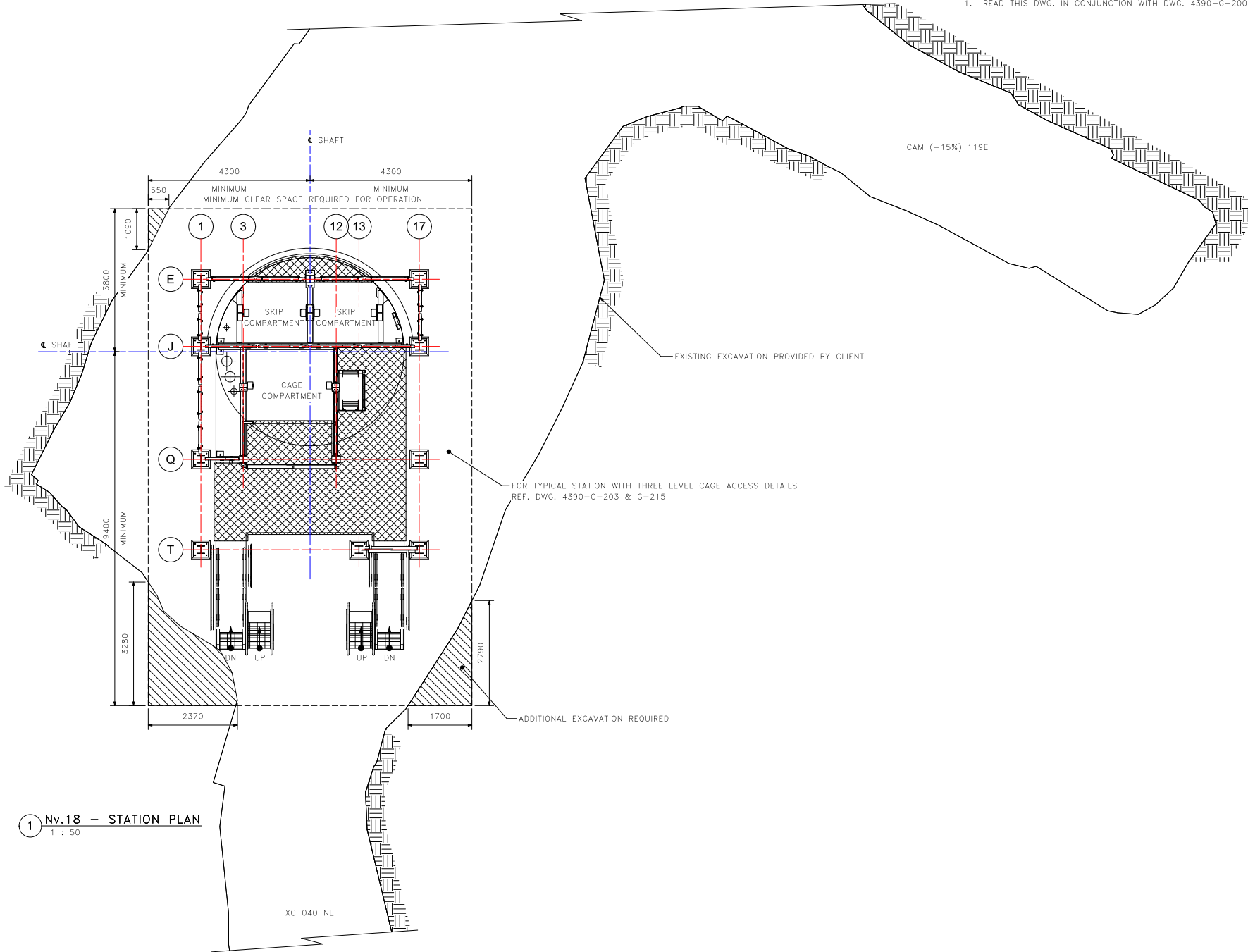


PROJECT: 05m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
DWG NO: 4390-G-208  
REV: 0



**GENERAL NOTES:**

1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH DWG. 4390-G-200 & G-201.



**1 Nv.18 - STATION PLAN**  
1 : 50

**WORK TO DIMENSION - DO NOT SCALE**

PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

				DRN.	MMW
				DATE	20/10/28
				CHKD.	AA
				DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	MMW	21/02/26	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE
					1:50



GENERAL ARRANGMENT  
NV.18 - 3 LEVEL CAGE ACCESS  
STATION PLAN

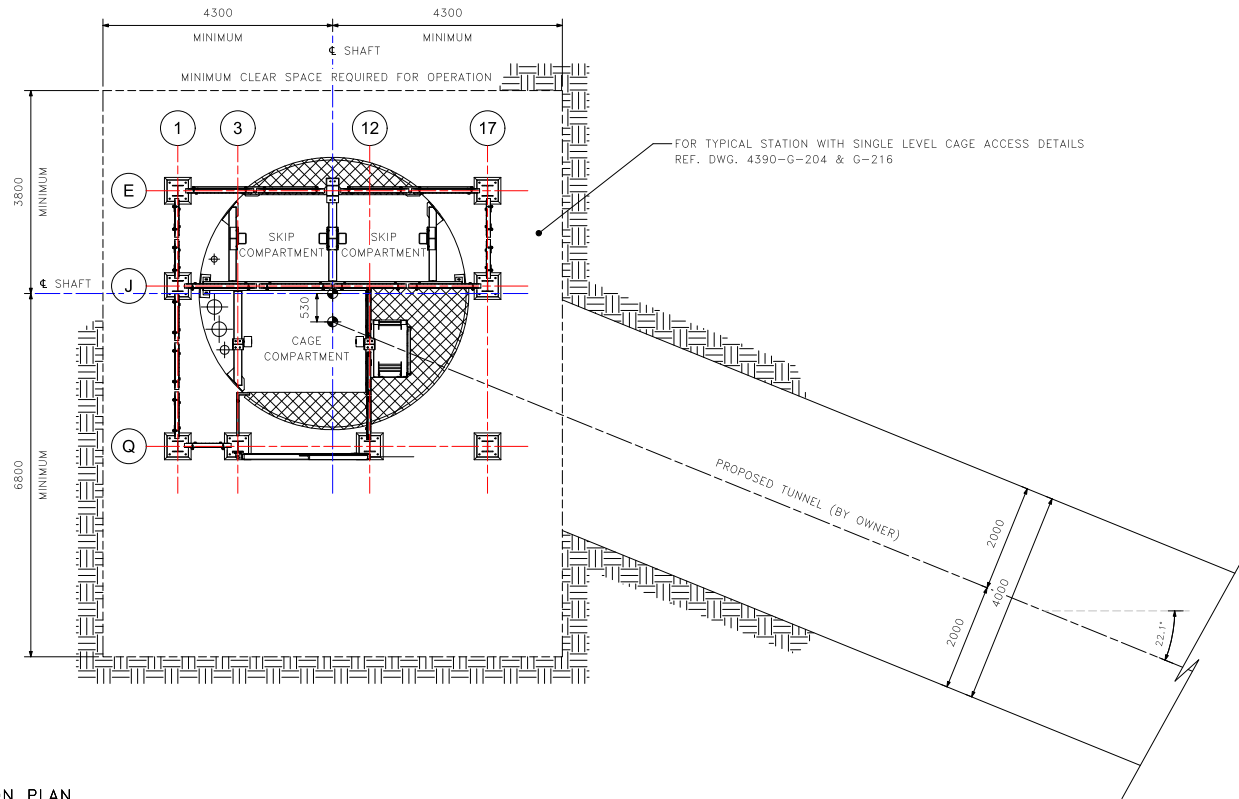


PROJECT: 05m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
DWG NO: 4390-G-210  
REV: 0



**GENERAL NOTES:**

1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH DWG. 4390-G-200 & G-201.



**1 Nv.21 - STATION PLAN**  
1 : 50

**WORK TO DIMENSION - DO NOT SCALE**  
PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

				DRN.	MMW
				DATE	20/10/28
				CHKD.	AA
				DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	MMW	21/02/26	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE
					1:50



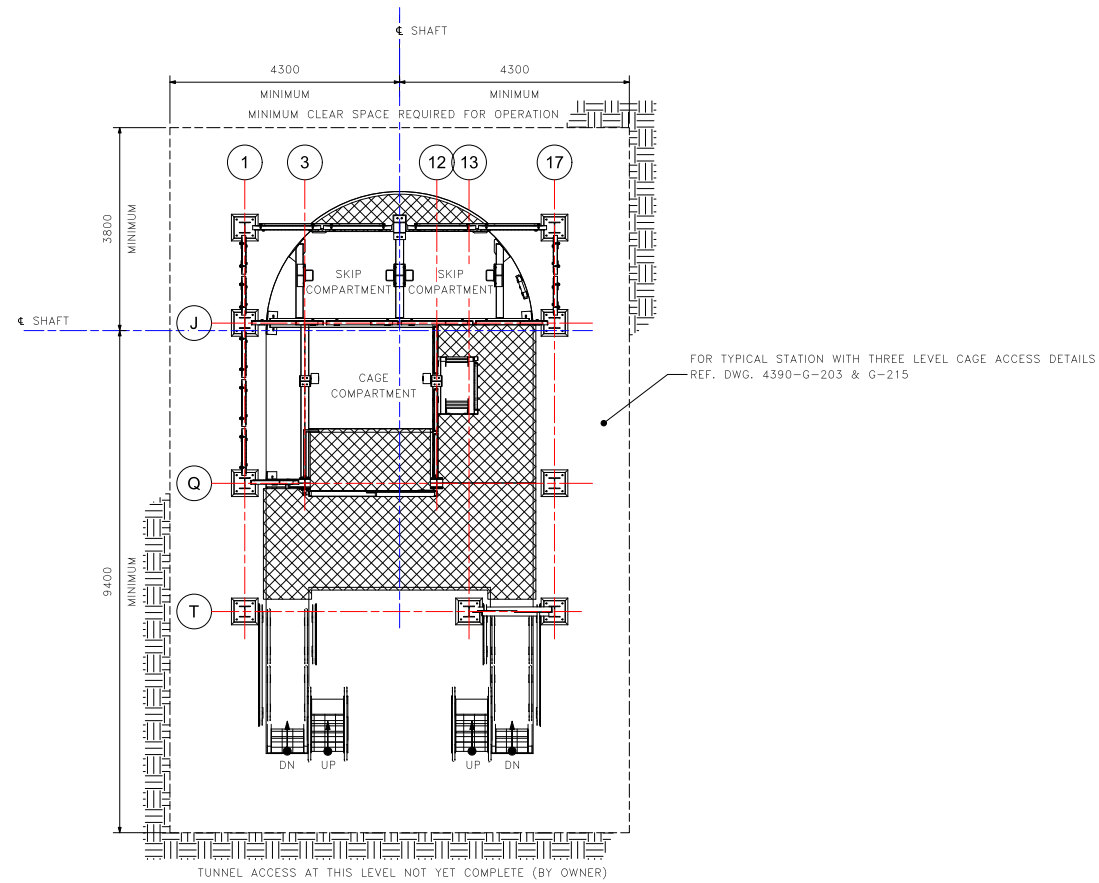
GENERAL ARRANGMENT  
NV.21 - SINGLE LEVEL CAGE ACCESS  
STATION PLAN

PROJECT: Ø5m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
DWG NO: 4390-G-211  
REV: 0



**GENERAL NOTES:**

1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH DWG. 4390-G-200 & G-201.



1 Nv.23 - STATION PLAN  
T : 50

**WORK TO DIMENSION - DO NOT SCALE**  
 PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

				DRN.	MMW
				DATE	20/10/28
				CHKD.	AA
				DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	MMW	21/02/26	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE
					1:50



GENERAL ARRANGMENT

NV.23 - 3 LEVEL CAGE ACCESS  
STATION PLAN

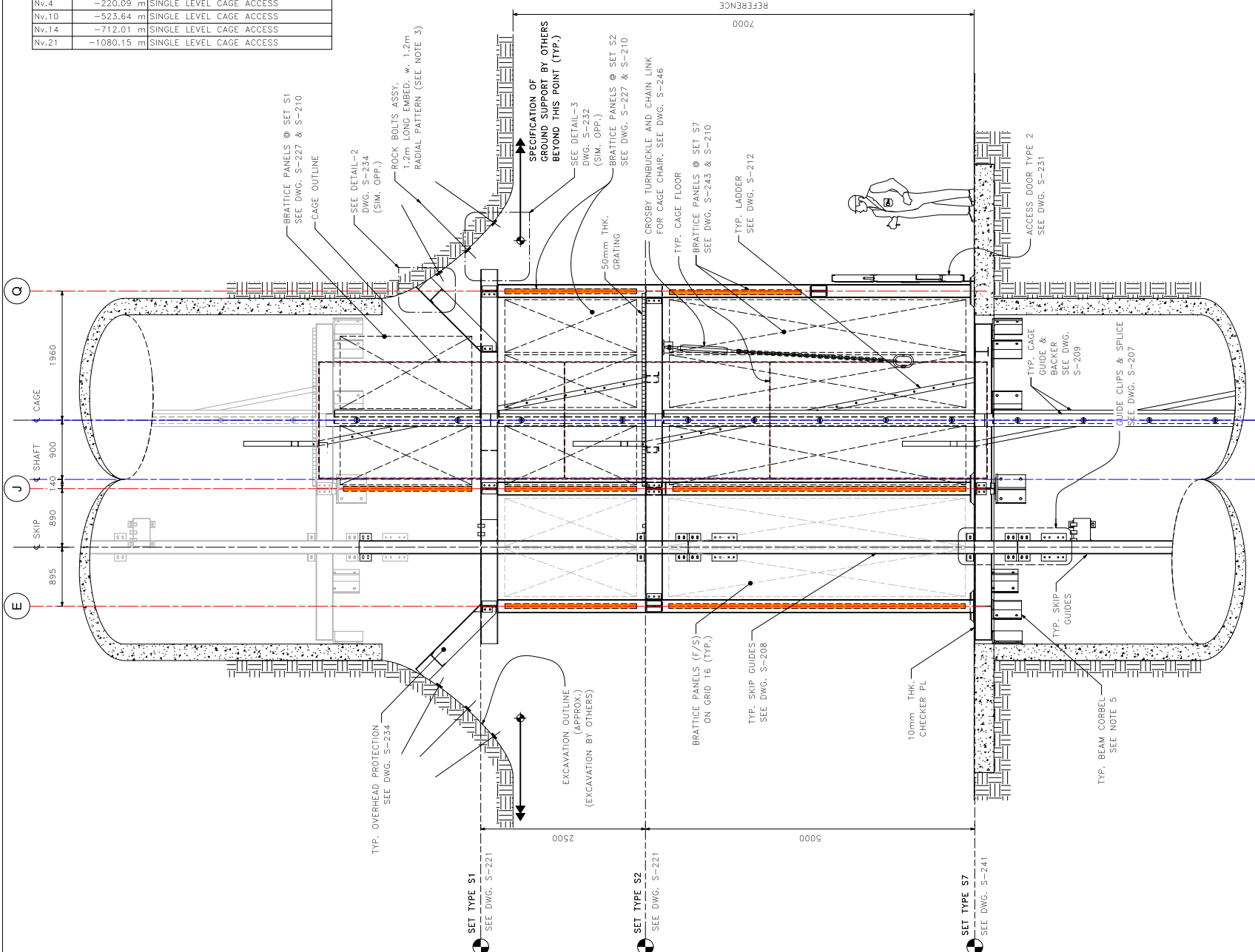


PROJECT: 05m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
 DWG NO. 4390-G-213  
 REV. 0



**STATION WITH SINGLE LEVEL CAGE ACCESS**

Name	Elevation	DESCRIPTION
Nv.4	-220.09 m	SINGLE LEVEL CAGE ACCESS
Nv.10	-523.64 m	SINGLE LEVEL CAGE ACCESS
Nv.14	-712.01 m	SINGLE LEVEL CAGE ACCESS
Nv.21	-1080.15 m	SINGLE LEVEL CAGE ACCESS



**GENERAL NOTES:**

- BROW SET STEEL BEAMS TO BE 1500mm LONG AND FIELD CUT TO SUIT LOCAL EXCAVATION.
- BROW STEEL (SET S1) BEAM CONNECTION TO EXCAVATED ROCK SURFACE IS NOT SHOWN HERE FOR CLARITY. LOCAL EXCAVATION MAY REQUIRE TO AT ALL FOUR PLACES TO INSTALL CONNECTION AS INDICATED IN DETAIL-3 IN DWG. S-232.
- ROCK BOLTS 1.2m LONG EMBD. WITH 1.2m RADIAL PATTERN. USE DYWIDAG CT-M22 EXPANSION ANCHOR ROCK BOLTS WITH MINIMUM EMBEDMENT OF 1.2m (WITH DOUBLE CORROSION PROTECTION AND GALVANIZED BOLTS/BOLT ASSEMBLIES) c/w DOME PLATE WASHER AND SPHERICAL SEATED NUT AND LOCK NUT. DRILL 45-48mm DIA HOLE AND FILL WITH NON-SHRINK CEMENTITIOUS GROUT WITH MINIMUM STRENGTH OF 50MPa. SPECIFICATION OF GROUT TO BE APPROVED BY ENGINEER OF RECORD PRIOR TO INSTALLATION.
- READ IN CONJUNCTION WITH DWG. 4390-G-204\_A.
- FOR STATION SET S7 BEAM CORBELS, SEE DWG. S-204 AND, S-235.

**1** GENERAL ARRANGEMENT TYPICAL ELEVATION — STATION WITH SINGLE LEVEL CAGE ACCESS  
 (LOOKING EAST FROM SHAFT CL.)  
 1 : 30

**WORK TO DIMENSION — DO NOT SCALE**  
 PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

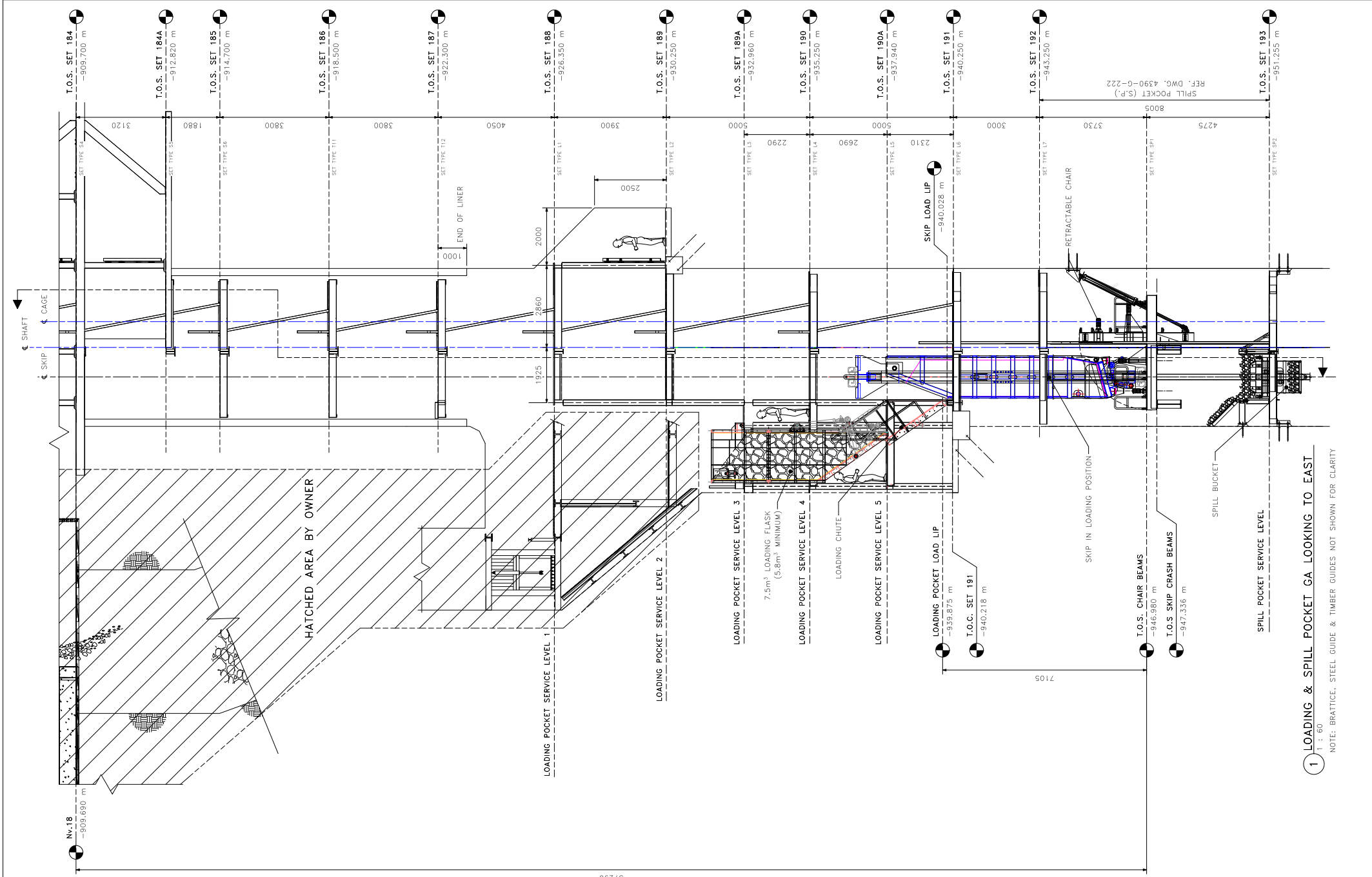
			DRN.	CB
			DATE	20/10/28
			CHKD.	AA
			DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	CB	21/02/26	DATE 21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE
				SCALE
				A/N



GENERAL ARRANGEMENT  
 STATION WITH SINGLE LEVEL CAGE ACCESS  
 TYPICAL ELEVATION LOOKING EAST



PROJECT: 05m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
 DWG NO: 4390-G-216  
 REV: 0



1 LOADING & SKIP POCKET GA LOOKING TO EAST  
 1 : 60  
 NOTE: BRATTICE, STEEL GUIDE & TIMBER GUIDES NOT SHOWN FOR CLARITY

**WORK TO DIMENSION -- DO NOT SCALE**  
 PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSIGNED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

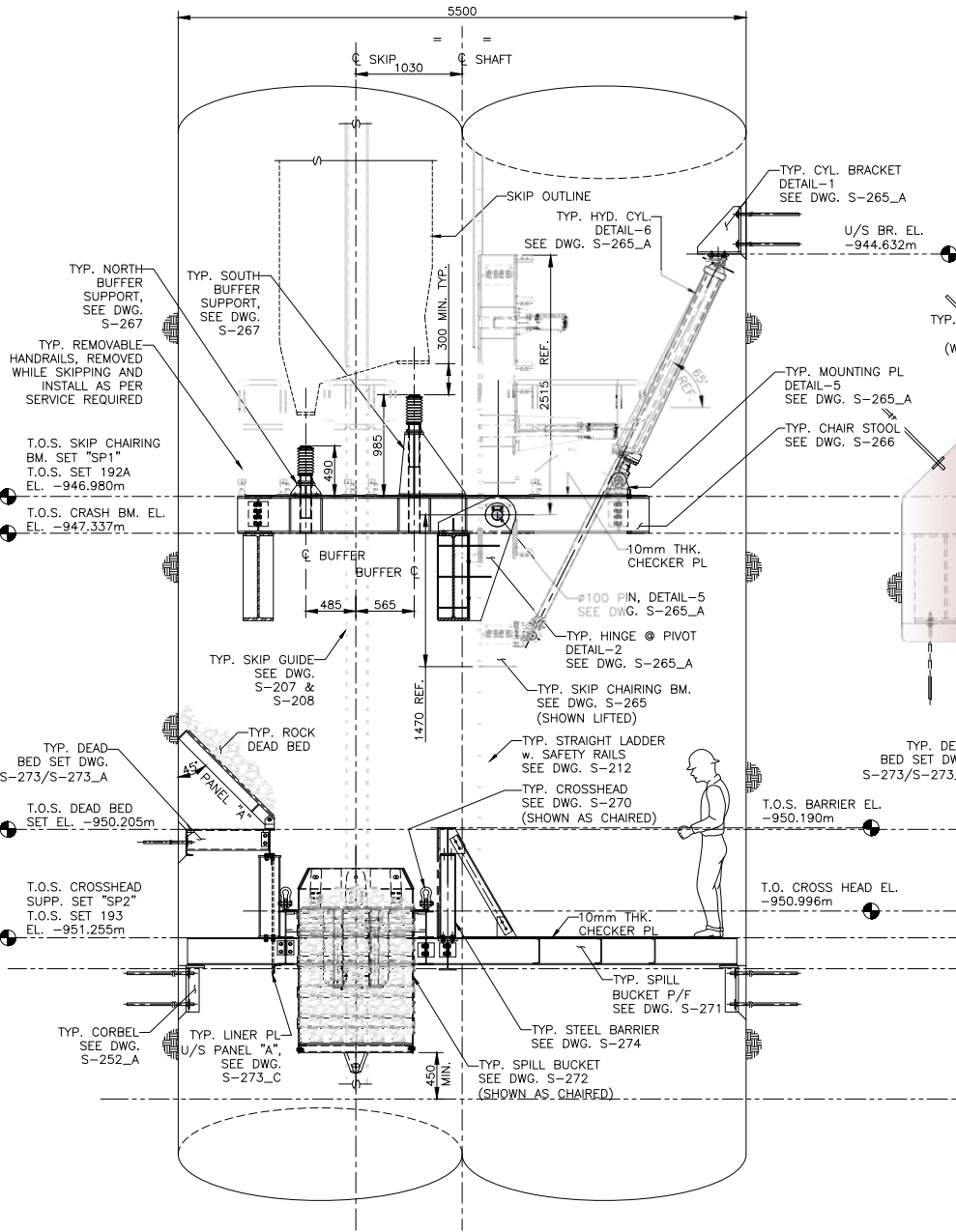
				DRN.	MMW
				DATE	21/01/10
				CHKD.	AA
				DATE	21/02/19
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	MMW	21/05/10	APPROVED	PS
A	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	MMW	21/02/26	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP	DATE	SCALE
					1:60



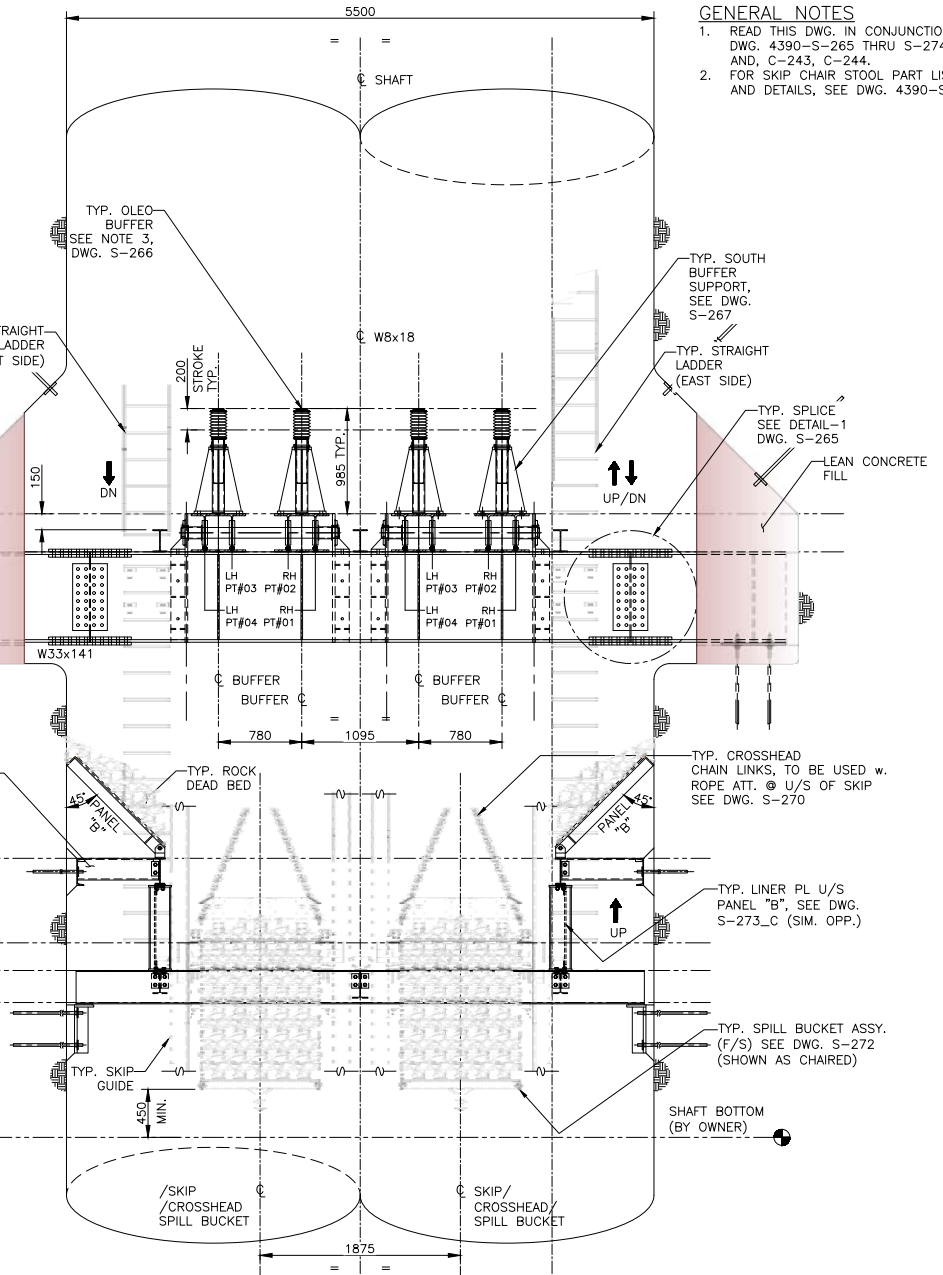
GENERAL ARRANGMENT	PROJECT:	05m CARLOS PRODUCTION SHAFT
LOADING POCKET	DWG NO:	4390-G-220
ELEVATION LOOKING TO EAST	REV:	0



- GENERAL NOTES**
1. READ THIS DWG. IN CONJUNCTION WITH DWG. 4390-S-265 THRU S-274\_A AND, C-243, C-244.
  2. FOR SKIP CHAIR STOOL PART LIST, AND DETAILS, SEE DWG. 4390-S-266.



GENERAL ARRANGEMENT ELEVATION - SPILL POCKET  
(BRATTICE PANELS ARE NOT SHOWN HERE FOR CLARITY)  
(VIEW LOOKING TO EAST FROM SHAFT @)



GENERAL ARRANGEMENT ELEVATION - SPILL POCKET  
(BRATTICE PANELS AND STEEL BARRIER ARE NOT SHOWN HERE FOR CLARITY)  
(VIEW LOOKING TO NORTH FROM SHAFT @)

WORK TO DIMENSIONS - DO NOT SCALE  
PERMISSION IS HEREBY GRANTED FOR THIS DRAWING TO BE REPRODUCED TO FACILITATE THE COMPLETION OF THE PROJECT FOR WHICH IT WAS MADE. NO RESPONSIBILITY WILL BE ASSUMED FOR ANY INFORMATION AND/OR REVISIONS NOT SHOWN ON THE ORIGINAL DRAWING MAINTAINED BY TILEY & ASSOCIATES LTD.

DRN.	CB	DATE	21/03/18
CHKD.	SWS	DATE	21/03/19
APPROVED	PS	DATE	21/04/22
ISSUED FOR CONSTRUCTION	CB PS	DATE	21/05/10
NO.	DESCRIPTION	BY	APP.
		DATE	SCALE
			1:25



SPILL POCKET STATION  
GENERAL ARRANGEMENT  
ELEVATION VIEWS

PROJECT: Ø5m CARLOS PRODUCTION SHAFT  
DWG NO: 4390-G-222  
REV: 0



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N°0101-2025-UNSCH-EPG/OGH

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de Posgrado en segunda instancia para la **Escuela de Posgrado – UNSCH**; en cumplimiento a la Resolución De Consejo Directivo N°109-2024-UNSCH-EPG/CD, Reglamento de Originalidad de trabajos de Investigación de la UNSCH, otorga lo siguiente:

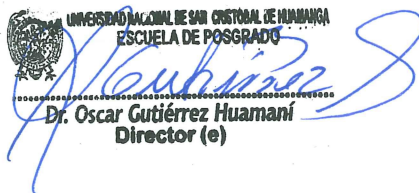
### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

<b>AUTOR</b>	Bach. Edwin Jhony HUAYTALLA BAUTISTA
<b>DENOMINACIÓN DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS</b>	MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
<b>GRADO ACADÉMICO QUE OTORGA</b>	MAESTRO
<b>DENOMINACIÓN DEL GRADO ACADÉMICO</b>	MAESTRO(A) EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE
<b>TÍTULO DE TESIS</b>	Integración de aspectos técnico – económicos y de calidad en la construcción y fortificación del pique circular Nv. 4500 al Nv. 24 Unidad Americana 2024
<b>EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD</b>	14% de similitud
<b>N° DE TRABAJO</b>	2761278446
<b>FECHA</b>	24 de setiembre de 2025

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es procedente otorgar la constancia de originalidad con depósito.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

24 de setiembre de 2025.

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
ESCUELA DE POSGRADO  
Dr. Oscar Gutiérrez Huamani  
Director (e)

CC.  
Archivo  
OGH/rjeg

# Integración de aspectos técnico-económico y de calidad en la construcción y fortificación del pique circular Nv. 4500 al Nv. 24 Unidad Americana 2024

*por* Edwin Jhony HUAYTALLA BAUTISTA

---

**Fecha de entrega:** 24-sept-2025 09:11p. m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2761278446

**Nombre del archivo:** TESIS\_-\_HUAYTALLA\_BAUTISTA.docx (39.98M)

**Total de palabras:** 31274

**Total de caracteres:** 168572

# Integración de aspectos técnico-económico y de calidad en la construcción y fortificación del pique circular Nv. 4500 al Nv. 24 Unidad Americana 2024

## INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<b>idoc.pub</b> Fuente de Internet	4%
2	<b>repositorio.unsaac.edu.pe</b> Fuente de Internet	2%
3	<b>Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal</b> Trabajo del estudiante	2%
4	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	2%
5	<b>repositorio.unsch.edu.pe</b> Fuente de Internet	1%
6	<b>repositorio.undac.edu.pe</b> Fuente de Internet	1%
7	<b>vsip.info</b> Fuente de Internet	1%
8	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	<1%

---

9	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
10	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
11	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://dspace.esoch.edu.ec">dspace.esoch.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
15	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
16	<a href="http://prefeitura.poa.br">prefeitura.poa.br</a> Fuente de Internet	<1 %

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR  
EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO(A) EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN GERENCIA DE  
PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE  
RESOLUCIÓN DIRECTORAL N°00553-2025-UNSCH-EPG/D.**

Siendo las 04:00 p.m. del 22 de julio de 2025 se reunieron en el auditorium de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, el Jurado Examinador y Calificador de Tesis, presidido por el **Mg. ROALDO PINO ANAYA** Director (e) de la Escuela de Posgrado, el **Mg. EDMUNDO CANCHARI GUTIERREZ** Director de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil, e integrado por los siguientes miembros: **Mtro. CARLOS AUBERTO PRADO PRADO** y el **Dr. ANDRES PORTUGAL PAZ**; para la sustentación oral y pública de la tesis titulada: **INTEGRACIÓN DE ASPECTOS TÉCNICO - ECONÓMICOS Y DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN Y FORTIFICACIÓN DEL PIQUE CIRCULAR NV. 4500 AL NV. 24 UNIDAD AMERICANA 2024**, presentado por el **Bach. EDWIN JHONY HUAYTALLA BAUTISTA**. Teniendo como asesor al **Msc. KELVIS BERROCAL ARGUMEDO**.

Acto seguido se procedió a la exposición de la tesis, con el fin de optar el Grado Académico de **MAESTRO(A) EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE**. Formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por el graduando.

A continuación, el Jurado Examinador y Calificador de Tesis procedió a la votación, la que dio como resultado el siguiente calificativo: Diecisiete ( 17 ).

**CALIFICACION (x)**

Aprobado(a) por Unanimidad.	<input checked="" type="checkbox"/>
Aprobado(a) por Mayoría.	<input type="checkbox"/>
Desaprobado(a) por Unanimidad.	<input type="checkbox"/>
Desaprobado(a) por Mayoría.	<input type="checkbox"/>

(x) Marcar con aspa.

Luego, el presidente del Jurado recomienda que la Escuela de Posgrado proponga que se le otorgue al **Bach. EDWIN JHONY HUAYTALLA BAUTISTA**, el Grado Académico de **MAESTRO(A) EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE**. Siendo las 17:40 hrs. se levanta la sesión.

Se extiende el acta en la ciudad de Ayacucho, a las 17:50 hrs. del 22 de julio de 2025.

.....  
**Mg. ROALDO PINO ANAYA**  
Director(e) de la Escuela de Posgrado.

.....  
**Mg. EDMUNDO CANCHARI GUTIERREZ**  
Director de la UPG-FIMGC

.....  
**Mtro. CARLOS AUBERTO PRADO PRADO**  
Miembro.

.....  
**Dr. ANDRES PORTUGAL PAZ**  
Miembro.

.....  
**Dr. JOSE ALARCON GUERRERO**  
Secretario Docente.

**Observaciones:**

.....  
.....