

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“ESTUDIO DEL SOSTENIMIENTO ACTIVO Y PASIVO EN
LABORES DE AVANCE TEMPORALES Y PERMANENTES
EN UNA MINA DE ORO SUBTERRÁNEA EN LA LIBERTAD”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Bach. Alex Vidal Quispe Basurco

Bach. Marvin Aldhair Portal Calderon

Asesor:

Ing. Víctor Eduardo Alvarez León

Cajamarca - Perú

2021



DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre Olga, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo. A mi padre óscar, por apoyarme siempre en las decisiones que e tomado siendo así un ejemplo a seguir.

Marvin Aldhair Portal Calderon

Dedico esta tesis a mis padres lidia, Marcelo y a mis hermanos por brindarme su confianza, motivación y ser el soporte para lograr esta meta. A dios por haberme dado la vida y la fuerza necesaria, A todos los que me apoyaron para escribir y concluir esta tesis.

Alex Vidal Quispe Basurco

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres por su apoyo incondicional. A Dios que está por encima de todo.

Al mismo tiempo agradecemos a la universidad privada del norte por brindarnos sus servicios educativos a los docentes que nos transmitieron sus conocimientos. Agradecemos a quienes permitieron y colaboraron en el desarrollo de la presente investigación; teniendo en cuenta que no es un trabajo perfecto, por el contrario, está sujeto a toda crítica y tipo de sugerencia con la finalidad de mejorar constantemente la calidad de investigación y del proceso educativo

Marvin Aldhair Portal Calderon

Agradezco mucho la ayuda de mis maestros que con el pasar de los años se convirtieron en nuestro ejemplo a seguir. A mis compañeros por haberme brindado su amistad y apoyo, a la universidad que nos abrió sus puertas para lograr ser un profesional destacado.

Alex Vidal Quispe Basurco

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema.....	23
1.3. Objetivos	23
1.3.1. Objetivo general	23
1.3.2. Objetivos específicos.....	23
1.4. Hipótesis.....	23
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	24
2.1. Tipo de investigación	24
2.2. Población y muestra	25
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	25
2.4. Procedimiento.....	26
CAPÍTULO III. RESULTADOS	37
3.1. Diseños de sostenimiento activo y pasivo en las labores de avance temporales en una mina de oro subterránea en la Libertad	37
3.1.1. Cuadros de madera.....	37
3.1.2. Puntales y Jackpot	44
3.1.3. Wood pack y Jack pack.....	49
3.1.4. Split Set y Malla Electrosoldada	53
3.2. Diseños de sostenimiento activo y pasivo en las labores de avance permanentes en una mina de oro subterránea de la Libertad	80
3.2.1. Shotcrete vía húmeda	80
3.2.2. Cimbras metálicas	87

3.2.3. Pernos helicoidales y malla	97
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	109
4.1. Discusión	109
4.2. Conclusiones	111
REFERENCIAS	112
ANEXOS	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Elementos del cuadro de madera.	21
Figura 2: Forma correcta de un Wood Packs.	22
Figura 3: Sostenimiento con cuadros de madera en Galerías y cortadas – Plano General	39
Figura 4: Sostenimiento con cuadros de madera en Galerías y cortadas – Dimensiones del cuadro	40
Figura 5: Sostenimiento con cuadros de madera en Galerías y cortadas – Detalle del poste y sombbrero	41
Figura 6: Sostenimiento con cuadros de madera en Galerías y cortadas – Cuadro Cojo	42
Figura 7: Sostenimiento con cuadros de madera en Galerías y cortadas – Detalle de patillas y cuña de madera.....	43
Figura 8: Sostenimiento con cuadros de madera en Galerías y cortadas – Aseguramiento del cuadro con pata de gallo.....	44
Figura 9: Sostenimiento con puntal y jackpot en el tajo - Instalación del puntal y jackpot	46
Figura 10: Sostenimiento con puntal y jackpot en el tajo - Distribución de espaciamiento entre puntales	47
Figura 11: Sostenimiento con puntal y jackpot en el tajo - Especificaciones del jackpot	48
Figura 12: Sostenimiento con puntal y jackpot en el tajo - Instalación de puntal y tabla.....	49
Figura 13: Sostenimiento con Jack pack y Wood pack - Plano general	51
Figura 14: Sostenimiento con Jack pack y Wood pack - Detalles de instalación del Jack pack	52
Figura 15: Sostenimiento con Jack pack y Wood pack - Detalle de instalación en un tajo Long Wall	53
Figura 16: Sostenimiento con Split set y malla - Instalación de Split set y mini Split set.....	55

Figura 17: Sostenimiento con Split set y malla - Detalles de mini Split set	56
Figura 18: Sostenimiento con Split set y malla - Instalación de Split set y malla de 2.00 m	57
Figura 19: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 2.50 x 2.50 m, malla de 2.00 m	57
Figura 20: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 2.50 x 2.70 m, malla de 2.00 m	58
Figura 21: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 2.70 x 2.70 m, malla de 2.00 m	60
Figura 22: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 3.00 x 3.00 m, malla de 2.00 m	61
Figura 23: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 3.50 x 3.00 m, malla de 2.00 m	62
Figura 24: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 3.50 x 3.50 m, malla de 2.00 m	63
Figura 25: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 3.50 x 3.50 m, malla de 2.40 m	64
Figura 26: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 4.00 x 3.50 m, malla de 2.00 m	65
Figura 27: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 4.50 x 4.00 m, malla de 2.00 m	66
Figura 28: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 4.50 x 4.50 m, malla de 2.00 m	67
Figura 29: Sostenimiento con Split set y malla – Instalación de Split set y malla de 2.40 m	68
Figura 30: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 2.50 x 2.50 m, malla metálica 2.40 m	69
Figura 31: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 2.50 x 2.70 m, malla metálica 2.40 m	70
Figura 32: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 2.70 x 2.70 m, malla metálica 2.40 m	71
Figura 33: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 3.00 x 3.00 m, malla metálica 2.40 m	72
Figura 34: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 3.50 x 3.00 m, malla metálica 2.40 m	73
Figura 35: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 4.00 x 3.50 m, malla metálica 2.40	

m	74
Figura 36: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 4.50 x 4.50 m, malla metálica 2.40	
m	75
Figura 37: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 4.60 x 3.00 m, malla metálica 2.40	
m	76
Figura 38: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 2.40 x 2.40 m a 3.00 m x 3.00 m	77
Figura 39: Sostenimiento con Split set y malla - Sección 3.00 x 3.00 m a 4.50 m x 4.50 m	78
Figura 40: Sostenimiento con Split set y malla – Distribución de Split set, sección 2.40 x 2.40 m a 3.00 m x 3.00 m	79
Figura 41: Sostenimiento con Split set y malla – Distribución de Split set, sección 3.00 x 3.00 m a 4.50 m x 4.50 m	80
Figura 42: Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda - Detalles técnicos	82
Figura 43: Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda - Ángulo de lanzado	83
Figura 44: Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda - Distancia de boquilla a la pared y modo de aplicación	84
Figura 45: Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda - Posición correcta para aplicar el shotcrete	85
Figura 46: Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda - Instalación de tubos de drenaje en zonas de agua	86
Figura 47: Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda - Secuencia de aplicación de Shotcrete ...	87
Figura 48: Sostenimiento con cimbras metálicas - Instalación de cimbras sección 2.50 m x 2.50 m	89
Figura 49: Sostenimiento con cimbras metálicas - Instalación de cimbras sección 3.00 m x 3.00 m	90
Figura 50: Sostenimiento con cimbras metálicas - Instalación de cimbras sección 3.50 m x 3.50	

m	91
Figura 51: Sostenimiento con cimbras metálicas - Instalación de cimbras sección 4.50 m x 4.00	
m	92
Figura 52: Sostenimiento con cimbras metálicas - Instalación de cimbras sección 4.50 m x 4.50	
m	93
Figura 53: Sostenimiento con cimbras metálicas - Instalación de plancha metálica	94
Figura 54: Sostenimiento con cimbras metálicas - Detalles de instalación de cimbra	95
Figura 55: Sostenimiento con cimbras metálicas - Detalles de muro y dado de concreto	96
Figura 56: Sostenimiento con cimbras metálicas - Especificaciones de las cimbras.....	96
Figura 57: Sostenimiento con perno helicoidal y malla - Detalles de perno helicoidal.....	99
Figura 58: Sostenimiento con perno helicoidal y malla - Cartuchos de resina y cemento por longitud de perno	100
Figura 59: Sostenimiento con perno helicoidal y malla - Instalación de malla metálica.....	101
Figura 60: Sostenimiento con perno helicoidal y malla - Distribución de pernos sección 2.50 m x 2.50 m	102
Figura 61: Sostenimiento con perno helicoidal y malla - Distribución de pernos sección 2.50 m x 2.70 m	103
Figura 62: Sostenimiento con perno helicoidal y malla - Distribución de pernos sección 2.70 m x 2.70 m	104
Figura 63: Sostenimiento con perno helicoidal y malla - Distribución de pernos sección 3.00 m x 3.00 m	105
Figura 64: Sostenimiento con perno helicoidal y malla - Distribución de pernos sección 3.50 m x 3.00 m	106
Figura 65: Sostenimiento con perno helicoidal y malla - Distribución de pernos sección 3.50 m x 3.50 m	107

Figura 66: Sostenimiento con perno helicoidal y malla - Distribución de pernos sección 4.00 m
x 3.50 m 108

Figura 67: Sostenimiento con perno helicoidal y malla - Distribución de pernos sección 4.50 m
x 4.50 m 109

RESUMEN

La tesis que se presenta a continuación, tiene como objetivo principal estudiar el sostenimiento activo y pasivo en las labores de avance temporales y permanentes en una mina de oro subterránea en la Libertad, en la cual se viene utilizando el sostenimiento convencional y manual mediante los Split sets, pernos helicoidales, cimbras de acero, shotcrete, enmallado, así como también cuadros de madera.

Se realizó la descripción de los diseños de sostenimiento activo y pasivo en las labores de avance temporales en una mina de oro subterránea en la Libertad. Los tipos de sostenimiento que se vienen aplicando en estas labores son: Cuadros de madera, Puntales de madera y Jackpot, WoodPack – JackPack y Split Set con malla electrosoldada. De ideal forma se realizó la descripción de los diseños de sostenimiento activo y pasivo en las labores de avance permanentes en una mina de oro subterránea de la Libertad. Los tipos de sostenimiento que se vienen aplicando en estas labores son: Shotcrete vía húmeda, Cimbras metálicas y Pernos helicoidales con mallas electrosoldadas.

Los diseños de sostenimiento se basaron principalmente en la calidad de la roca presente en el macizo rocoso, en las labores temporales se tiene presencia de roca mala, regular, buena y muy buena con RMR de <40, >40, >41 y 50 – 60 respectivamente. En las labores permanentes se tiene presencia de roca muy mala, mala y regular con RMR de 21 – 40, <40 y 30 – 50 respectivamente.

Palabras clave: Sostenimiento activo, Sostenimiento pasivo, Labores temporales, Labores permanentes.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La minería es sin duda una de las actividades de más alto riesgo que el hombre realiza, las estadísticas indican que la causa más frecuente de los accidentes en interior mina es por caída de rocas, si a esta cifra le añadimos los accidentes originados por derrumbes, deslizamientos, soplado de mineral o escombros, la segunda causa de muerte en minería, son las fatalidades relacionadas con la inestabilidad de las rocas. (Escalante, 2017).

En la presente investigación se tiene como objetivo principal estudiar el sostenimiento activo y pasivo en las labores de avance temporales y permanentes en una mina de oro subterránea en la Libertad, en la cual se viene utilizando el sostenimiento convencional y manual mediante los Split sets, pernos helicoidales, cimbras de acero, shotcrete, enmallado, así como también cuadros de madera. Las operaciones están emplazadas en rocas intrusivas, que lo constituyen principalmente la granodiorita, cuarzo-monzonita y diorita, debido a la geotectónica del lugar, se tiene la influencia de esfuerzos de relajamiento de rocas, por la presencia de diversas formas geo-estructurales, especialmente en algunas labores de operación minera.

Contar previamente con evaluaciones geomecánicas exhaustivas de los frentes de avance inestables, es un requisito fundamental en el proceso de selección de las alternativas de sostenimiento, para el control de las inestabilidades subterráneas. Sin embargo, es importante también tomar en cuenta los parámetros operativos de la labor minera a ser estabilizada con elementos de sostenimiento. Es importante que los profesionales encargados de recomendar las técnicas de sostenimiento, así como los encargados de la aplicación del sostenimiento, estén íntimamente compenetrados con las relaciones que

existen entre la evaluación geomecánica y la operatividad de las zonas inestables. Es importante resaltar que toda ejecución de técnicas de sostenimiento debe cumplir durante su desarrollo con los procedimientos escritos de “trabajo seguro”. La evaluación geomecánica exhaustiva de las labores inestables, corresponde al principio fundamental de la elección de la técnica de sostenimiento a ser aplicada, la cual garantizara el control de la inestabilidad subterránea. (Adco, 2018)

El sostenimiento de las labores subterráneas es una tarea de grandes proporciones y de gran complejidad, donde el fin principal es garantizar la seguridad y la eficiencia de los métodos de explotación empleados por los que realizan las labores de extracción del mineral. Una de las condiciones necesarias para que el sostenimiento se realice eficientemente luego de realizada una excavación, es la correcta indagación y evaluación de la estructura del macizo, este es el punto de inicio confiable para seguir en la tarea de seguridad y productividad. (Champi & Lopez, 2015)

Usualmente se denomina soporte de rocas a los procedimientos y materiales utilizados para mejorar la estabilidad y mantener la capacidad de resistir las cargas que producen las rocas cerca al perímetro de la excavación subterránea. Se puede clasificar a los diversos sistemas en dos grandes grupos: Sostenimiento Activo que viene a ser el refuerzo de la roca donde los elementos de sostenimiento son una parte integral de la masa rocosa y Sostenimiento Pasivo donde los elementos de sostenimiento son externos a la roca y dependen del movimiento interno de la roca que está en contacto con el perímetro excavado. (Champi & Lopez, 2015)

Gutiérrez (2019) en su tesis “Aplicación de sostenimiento activo y pasivo en etapas iniciales de la operación para mejorar la estabilidad y la seguridad, unidad minera el Porvenir Empresa Incimmet”. Se logró el objetivo de cero accidentes por caída de rocas en labores de desarrollo y tajeos de explotación, gracias a la implementación de la Malla de Sacrificio como control de ingeniería y buena práctica de seguridad. El diseño de los elementos o sistema de sostenimiento aplicado en las labores subterráneas devuelven el equilibrio al macizo rocoso que garantizaron la estabilidad de las excavaciones subterráneas en la Zona Alta de la unidad minera El Porvenir de la empresa minera Milpo.

Escalante (2017) en su trabajo de investigación titulado Mejoramiento del Sistema de Sostenimiento con Madera mediante la aplicación de pernos split set y malla electrosoldada en labores de explotación de la Minera Aurífera Cuatro de Enero S.A. – Arequipa. Llegando a la conclusión de que con el sostenimiento de cuadros de madera y puntales, en las labores de explotación utiliza un costo total de 20.27 U\$/TM y con el sistema de sostenimiento mecanizado de los pernos split set y malla electrosoldada utiliza un costo total de 19.04 U\$/TM de mineral, cuya diferencia es de 1.23 US\$/TM de mineral explotado.

Según Lazo (2020), en su tesis “Optimización del sistema de sostenimiento de las labores subterráneas para una mina con problemas de altos esfuerzos”. De la evaluación de la sismicidad inducida se determina que, la zona de Inferior y la zona de Central se encuentran bajo condiciones de sismicidad críticas, y la zona Superior y las vetas Jorge, Mariano y Kimberly se encuentran bajo condiciones de sismicidad no críticas. Asimismo, del diseño de sostenimiento se concluye el uso de pernos hydrabolt por su gran capacidad dinámica de absorción. En la zona Central se propone la implementación de pernos

hydrabolt más doble malla electrosoldada. En la zona Inferior, la zona Superior y las vetas Jorge, Mariano y Kimberly se propone la instalación de pernos hydrabolt, pernos helicoidales con resina más una y doble malla electrosoldada, según el tamaño de labor evaluado. El sistema de sostenimiento para labores con condiciones críticas de sismicidad (Zona Central y Zona Inferior) que se propone es la instalación de pernos hydrabolt más doble capa de malla electrosoldada y el sistema de sostenimiento para las labores con condiciones no críticas de sismicidad (Zona Superior y las vetas Jorge, Mariano y Kimberly) es de pernos hydrabolt más una capa de malla electrosoldada.

Martínez (2013), en su trabajo de investigación denominado “Sostenimiento preventivo en los frentes de las labores subterráneas en condiciones de relajamiento rocoso”. Se concluyó que el sostenimiento preventivo propuesto es perno Split set tipo escudo para labores de 2.5x2.5 de sección y guarda-cabeza para labores de mayor sección y labores verticales de servicios. En los tajos de explotación, chimeneas de transporte y subniveles el pre-sostenimiento realizado antes de la limpieza proporciona seguridad y continuidad en el desarrollo de las operaciones mineras y ha permitido incrementar a un 5% de cumplimiento de los avances programados.

Suasnabar (2019), en su trabajo de investigación titulado “Análisis técnico para la optimización del sostenimiento en los frentes de la compañía minera Casapalca S.A.” considera los criterios técnicos, económicos y eficientes para la aplicación del método de Sostenimiento Mecanizado con los objetivos de reducir los riesgos laborales, reducir tiempos de ejecución y minimizar los costos del sostenimiento. Se realiza una propuesta de mecanización del desatado y sostenimiento es una mejora tecnológica en las operaciones, con la finalidad de crear un ambiente de trabajo seguro a sus trabajadores y

sus equipos. El sistema de sostenimiento que más se utiliza en las labores de desarrollo, preparación en la Compañía Minera Casapalca S.A. son los pernos cementados. Sin embargo, el sistema de sostenimiento shotcrete, cimbras se utilizan en zonas de acuerdo al tipo de terreno y la tabla geomecánica. Concluyendo que, el costo de sostenimiento por Concreto Lanzado (Shotcrete) es menor a comparación de otro sostenimiento como con cuadros de madera. Además, dentro de sus ventajas se considera su velocidad de instalación, es más rápido y por lo cual brinda mayor seguridad, siendo estas algunas razones por las cuales se optó por la utilización de este tipo de sostenimiento.

Según Uchamaco (2019), en su trabajo de investigación “Evaluación geomecánica para determinar el diseño de sostenimiento en minería subterránea: caso Ana María – Rinconada”. Se concluyó que, para realizar el diseño de sostenimiento basado en la clasificación de los datos en función a la geomecánica, debe emplearse de acuerdo a la zonificación geomecánica sistematizadas realizada en las labores de acceso de la UEA. Ana María La Rinconada Puno, efectuado el 2016, utilizando materiales y equipos geomecánicos. También se concluyó que, en la evaluación geomecánica con RMR89, la calidad de tipo III en pizarra y de tipo II en cuarcita y de diseño de sostenimiento con pernos de 1.80m. y con espaciado de 1.5 a 3.0 m.

Duran (2019) en su trabajo de investigación “Análisis del macizo rocoso y la determinación de sostenimiento para el control de zonas críticas propensas al estallido de rocas” Los resultados fue que la zona sur baja fue la más crítica donde predominan las calizas negras brechosas y caliza marmolizadas con promedio de RMR 55 con resistencia a la compresión simple mayores a 80MPa donde el sostenimiento determinado por relaciones empíricas RMR,GSI e Índice Q, fueron pernos sistemáticos con refuerzo de

shotcrete pero el perno dinámico durabar es el que tiene características dinámicas y mayor soporte llegando así a la conclusión de que la zona sur baja de la Unidad Minera El Porvenir son las zonas más críticas propensas al estallido de rocas teniendo en esta zona rocas de calidad regular a buena y rígidas por lo que el sostenimiento que mejor se adecua es el perno dinámico durabar.

Mejía (2020), en su tesis “Sistema de Sostenimiento para mejorar la Producción en la Galería Principal del Nivel 2650 de la Concesión Séptima Maravilla II, Chalamarca”. El sostenimiento seleccionado fue cuadros de madera ya que cumplen las condiciones requeridas para soportar el macizo rocoso. Si se propone un sistema de sostenimiento entonces se mejorará la producción y si se mantiene la labor controlada entonces se evitará accidentes y paralización de las actividades por caída de rocas en la galería principal del nivel 2650 de la concesión estudiada; en donde se concluye que un buen estudio geomecánico del macizo rocoso permite seleccionar el sostenimiento para generar así mayor producción y minimizar el grado de accidentabilidad.

Matamorros (2019), en su trabajo de investigación “Mejoramiento del sostenimiento con shotcrete de labores permanentes con equipo robotizado en Cuerpo Esperanza - Compañía Minera Casapalca S.A.”. Se concluye que, la reducción de costos de sostenimiento se realiza con la aplicación de shotcrete en las labores permanentes, se reduce en S/. 17.806 soles por cada m³ de shotcrete lanzado vía húmeda, el sostenimiento con shotcrete vía seca cuesta S/. 817.376 el m³ lanzado en la pared de la excavación subterránea e ineficiente con el cumplimiento de 84% del programa mensual y el sostenimiento con shotcrete vía húmedo es S/. 800.57 el m³ lanzado. La resistencia a la flexión del sostenimiento con shotcrete vía húmeda se incrementa en 11.229kN con

respecto al sostenimiento con shotcrete vía seca, el sostenimiento con shotcrete vía húmeda dio un óptimo resultado de 1.16Mpa en 5 horas de fraguado de acuerdo a los resultados de prueba con la pistola Hiltin. Se recomienda realizar monitoreo del proceso de lanzado con shotcrete vía húmeda para reducir y mejorar el sostenimiento de las labores permanentes y temporales, garantizando la seguridad del personal.

Según Guzmán & Orozco (2011) en su tesis “Cálculo del sostenimiento para la explotación de carbón en la mina La Cabaña, municipio de Mongua – Boyacá”. Se concluyó que las labores mineras subterráneas tiene un grado de accidentabilidad debido a los desprendimientos o caídas de rocas que afectan a los trabajadores, por ello se debe realizar estudios a los factores que originan los riesgos, como por ejemplo realizar cálculos de sostenimiento, debido a que existe un cambio de los esfuerzos que actúan sobre la labor minera; para eso se deben realizar estudios para determinar que el sostenimiento cumpla con las condiciones adecuadas sin omitir las características que presenta el túnel y la capacidad de inversión de la empresa.

El marco legal de Seguridad en labores mineras subterráneas, nos indica que: “La seguridad en el ámbito minero es indispensable ya que vela por la salud de los trabajadores y por consecuente se evita o disminuye horas de paradas de las actividades por lo que, al implementar la fortificación en las labores, se mejora la condición de trabajo, así mismo el aumento de productividad para la empresa. Existen normas en el reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería en donde abala la seguridad de los trabajadores en el título IV (Gestión de las Operaciones Mineras), del capítulo I (Estándares de las operaciones mineras subterráneas), en el subcapítulo I y II: Ingeniería del macizo rocoso – Desate y Sostenimiento”.

En el subcapítulo I, artículo 213: En la ejecución de las labores mineras horizontales, inclinadas o verticales y otras, se procederá a su sostenimiento sistemático inmediato, sobre la base de los estudios geomecánicos, antes de continuar las perforaciones en el frente de avance, aplicando el principio de “labor avanzada, labor sostenida” en lo que sea aplicable.

En el subcapítulo I, artículo 214: De acuerdo al estudio geomecánico efectuado, el plan de minado debe considerar las condiciones más desfavorables de la masa rocosa del depósito mineralizado, para elegir el método de explotación de menor riesgo que permita la seguridad de los trabajadores y maquinarias, así como: una alta recuperación del mineral, la estabilidad de las excavaciones y la buena productividad.

En el subcapítulo II, artículo 224: Para el desprendimiento de rocas como medidas preventivas se instruye y obliga a los trabajadores a seguir reglas de trabajo al ingresar a las labores: Inspeccionar las labores, taludes y botadores, con el fin de verificar las condiciones del terreno antes de entrar en la zona de trabajo. La operación de desatado manual de rocas debe ser realizada en forma obligatoria por dos (2) personas; en tanto uno de ellos desata las rocas sueltas, haciendo uso de la barretilla, el otro vigila el área de desato, alertando toda situación de riesgo. Se prohíbe terminantemente que esta actividad sea realizada por una sola persona. Conservar el orden y la limpieza en el lugar de trabajo para realizar las tareas con seguridad y tener las salidas de escape despejadas.

En el subcapítulo II, artículo 225: Cuando los trabajos mineros pongan en peligro la estabilidad de las labores, será obligatorio instalar y mantener un sostenimiento de acuerdo al diseño establecido en los estándares de sostenimiento.

Pequeños Mineros Artesanos de Cerro Rico (2012), explican que existen dos tipos de sistema de sostenimiento: soporte y refuerzo de roca. El refuerzo es un sistema activo empernado o cables que proporcionan un refuerzo al macizo rocoso aumentando así la resistencia friccional entre los bloques que lo componen. Mientras el soporte es un sistema activo que consiste en cerchas de acero con concreto, shotcrete o cuadros de madera, diseños para estabilizar la masa rocosa.

También existe otra definición de Component EIRL (2006), informa que son soportes de los procedimientos y materiales que se usan para perfeccionar la estabilidad y mantener la capacidad de resistir las cargas que afectan a las rocas en el contorno de la excavación subterránea. Se clasifica a los diversos tipos de sistemas en dos grandes grupos: De apoyo activo es el que cumple la función de esfuerzo de la roca donde los elementos de sostenimiento son una parte integral de la maza rocosa y de apoyo pasivo tiene como fin que los elementos de sostenimiento sean externos a la roca y dependen del movimiento interno de la roca que está en contacto con el perímetro profundizado.

Dentro de los tipos Sostenimiento tenemos el activo y el pasivo. Cairo (2009), infiere que es un sistema donde se utilizan elementos externos a las rocas y dependen del movimiento interno de la roca que está en contacto con el perímetro avanzado en profundidad, ya que los terrenos fluyen hacia el interior de la excavación. Es por ello por lo que este sostenimiento permite sujetar las rocas evitando así desprendimientos.

Entre los elementos para los sistemas de sostenimiento pasivo tenemos las Mallas, según el Manual de Aplicación Geomecánica y de Sostenimiento en la mina Chungar – Animon (2011). Manifiesta este manual que se usa este sostenimiento para evitar la caída de rocas intensamente fracturadas, lo cual se moldea de acuerdo a la excavación. Las Cimbras,

según Crispín y Espinoza (2013), testifican que es un soporte para condiciones de masa rocosa intensamente fracturada y/o muy débil, de calidad mala a muy mala. También son usadas por su resistencia mecánica y propiedades de deformación. Los cuadros de madera, comúnmente llamada “enmaderación” es una estructura de sostenimiento lo cual está conformada por tres piezas: pie derecho o vertical, sombrero o viga en posición vertical apoyándose en dos postes. En algunos casos se coloca la solera que es una pieza auxiliar lo cual va entre los postes en el piso.

Figura 1:

Elementos del cuadro de madera.



Fuente: Llanque (2015, pág. 21).

De igual forma se tiene a los Woodpacks (paquetes de madera), es una estructura que es empleada cuando los puntales no compensan los esfuerzos que son generados por el macizo rocoso. Su forma implica una mayor área de influencia de tal manera evita la caída de grandes bloques de roca.

Figura 2: *Forma correcta de un Wood Packs.*



Fuente: Llanque (2015, pág. 20).

El Sostenimiento Activo, según COMPONENT EIRL (2006), declara que es un refuerzo de la roca donde los elementos de sostenimiento son parte integral de la masa rocosa. Por otro lado, Cairo (2013) concluye que es un sistema que proporciona un refuerzo aumentado la resistencia entre bloques, siendo su función estabilizar los bloques y deformaciones de la superficie de la excavación. Las ventajas de este sostenimiento es formar un arco comprensivo por encima de la corona y suspender bloques sueltos.

Entre los elementos más comunes que conforman el sistema activo tenemos a la Barra Helicoidal, es una barra corrugada cuya sección es ovalada, formado por una placa de acero perforada, cuya función es reforzar y preservar la resistencia natural del macizo rocoso, además es empleada para labores permanentes gracias a la resina y/o cemento. Los pernos de Anclaje, pernos de fricción, de inmediata instalación, al que se les inyecta agua a altas presiones (250-300 bares). El Split Set, es un tubo de acero ranurado en toda su longitud, lo que permite el ingreso inicial del perno, se usa para sostenimiento temporal lo cual actúa por fricción formando una presión radial. Tiene como diámetro de 5 y 7 pies.

El Shotcrete, según el Instituto Americano del Concreto (ACI - 2012), manifiesta que es un concreto proyectado a alta velocidad, dicha mezcla de cemento agregado, agua y aditivos es proyectada neumáticamente desde una boquilla a un lugar determinado.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el estudio del sostenimiento activo y pasivo en las labores de avance temporales y permanentes en una mina de oro subterránea?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Estudiar el sostenimiento activo y pasivo en labores de avance temporales y permanentes en una mina de oro subterránea en la Libertad.

1.3.2. Objetivos específicos

- Describir los diseños de sostenimiento activo y pasivo en las labores de avance temporales en una mina de oro subterránea en la Libertad.
- Describir los diseños de sostenimiento activo y pasivo en las labores de avance permanentes en una mina de oro subterránea de la Libertad.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El sostenimiento activo y pasivo en la mina de oro ubicada en la Libertad estará dado por mallas electrosoldadas, Split set, shotcrete vía húmeda, cimbras metálicas, cuadros de madera, pernos helicoidales, puntales de madera, jackpot, woodpack y jackpack.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Según la naturaleza y las características del estudio de investigación es del tipo Aplicada, No experimental con diseño descriptivo, ya que se realizó un estudio del sostenimiento activo y pasivo en labores de avance temporales y permanentes de una mina de oro subterránea en la Libertad, identificando los procedimientos que se realizan en campo para poder aplicar los tipos de sostenimiento en base a la calidad de roca que presentan las labores.

Murillo (2008), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad.

Según Hernández, Fernández & Baptista (2012), la investigación no experimental es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, es investigación donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos, es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o a las condiciones.

De hecho, no hay condiciones o estímulos a los cuales se expongan los sujetos del estudio. Los sujetos son observados en su ambiente natural, en su realidad.

Según Tamayo y Tamayo (2006), el tipo de investigación descriptiva, comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos; el enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo, cosa funciona en el presente; la investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho, caracterizándose fundamentalmente por presentarnos una interpretación correcta.

2.2. Población y muestra

Población

La población para el trabajo de investigación está constituida por los tipos de sostenimiento de las labores mineras subterránea en el departamento de la Libertad.

Muestra

La muestra del proyecto de investigación está conformada por los tipos de sostenimiento activo y pasivo de las labores mineras subterráneas de la mina de oro en estudio en la Libertad.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Análisis documental

Se recopiló la información bibliográfica en revistas, folletos y repositorios virtuales haciendo uso del internet, sobre temas relacionados con la normativa de aplicación del sostenimiento descrita en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional D.S. N° 024-2016-EM y su modificatoria D.S. N° 023-2017-EM. Art 213, 214, 224 al 228. Además de información relacionada a los tipos de sostenimiento activo y pasivo.

2.4. Procedimiento

2.4.1. Etapa Gabinete: Recolección de la información

Inicialmente se procede a la revisión de antecedentes, estudios previos, realizados respecto al tema, en los diferentes ámbitos, tanto local, nacional como internacional, para lo cual se recurrió a los repositorios virtuales.

Además de identificar los estándares en los cuales se estableció la base para realizar la aplicación de los diseños de sostenimiento.

➤ **Parámetros de los Split set**

- Los split set con malla electro soldada serán utilizados solo en labores de corta duración temporales.
- Los split set deben instalarse de manera perpendicular al sistema de fracturamiento principal.
- Para la perforación de los taladros en las que se instalará el split set, se utilizará brocas de 36 milímetros (mm) de diámetro.
- La longitud de perforación del taladro será 10 a 15cm. mayor de la longitud del split set a instalar.
- El diámetro de los split set será de 39.5 milímetros, su longitud variará entre 1.50 metro (5 pies) y 2.10 metro (7 pies) con punta cónica de 8 a 10cm de largo.
- La platina de acero (Placa de sujeción), será de 15 cm x 15 cm x 4.0 mm y el orificio de 42.5mm.
- La longitud de los split set según la sección, se indica a continuación:
 - ❖ Sección de 2.40 m x 2.40 m a 3.00 m x 3.00 m (longitud del split set a instalar 5 pies)

- ❖ Sección de 3.00 m x 3.00 m a 4,50 m x 4.50 m (longitud del split set a instalar 7 pies)

- Los mini Split set se utilizará el para el traslape de las mallas.
- El diámetro de los mini split set será de 37 milímetros, su longitud de 30 centímetros con punta cónica de 8 cm de largo.

➤ **Parámetros del Shotcrete vía húmeda**

- El espesor será de 2 pulgadas (5 centímetros), 3 pulgadas (7.5 centímetros) y 4 pulgadas (10 centímetros), según evaluación geomecánica.
- Para el control del espesor, se utilizará un calibrador de plástico o madera, uno por metro cuadrado y su longitud dependerá del espesor adecuado al terreno a soportar. La dosificación de la mezcla referente al agua cemento(a/c) estará en el rango de 0.40 - 0.45.
- La dosificación por metro cubico (m³) de mezcla será el siguiente:
 - ❖ Relación agua cemento (a/c): 192 litros
 - ❖ Cemento: 425 kg (10 bolsas).
 - ❖ Agregados: 1500 a 1700 kg
- La dosificación de fibra de acero por metro cúbico de mezcla, será el siguiente:
 - ❖ Tipo de Macizo rocoso IV-A: 25 kg
 - ❖ Tipo de Macizo rocoso IV-B: 30 kg
 - ❖ Tipo de Macizo rocoso V: 30 kg
 - ❖ Aditivo acelerante de fraguado: 8.5% máximo en relación al cemento.
 - ❖ Plastificante: 1.4 % máximo en relación al cemento

Para el lanzamiento del shotcrete se debe colocar la boquilla de la tobera a una distancia no mayor de 1.50 metro ni menor de 0.80 metro, con el objeto de evitar el incremento del rebote.

- El rebote del shotcrete en vía húmeda estará en el rango de 10% a 15%.
- La resistencia del shotcrete en condiciones normales será de 240 Kg/cm².
- Las pruebas de resistencia a la compresión se realizarán a los 7, 14, 21 y 28 días.
- Se tomará probetas de muestras cada 40 metros cúbicos (m³) de lanzamiento de shotcrete.

➤ **Parámetros de las Cimbras metálicas**

- Los arcos de acero serán de viga H-4 ó H-6, de dos cuerpos, cualquier cambio en su diseño, será evaluado y autorizado por el geomecánico.
 - Los tirantes serán de fierro corrugado de ¾”, su longitud variará según el espaciamiento entre cimbras y estarán doblados en sus extremos.
 - Las planchas de unión serán de 8” x 8” x 1/2” y los pernos de 2” x 7/8”.
 - El espaciamiento entre cimbras variará de 1.00 a 1.50 m. según el tipo de roca y/o factores influyentes, de acuerdo a la cartilla geomecánica.
- Las cimbras deben cumplir con el alineamiento, verticalidad y gradiente, según el diseño de la labor.

-
- Se excavarán patillas de 30 cm. como mínimo para la pata corta, y para la pata larga 50 cm., para asentar los extremos o zapatas de las cimbras, considerando la cuneta.
- Por cada arco de acero se instalarán 6 tirantes de fierro corrugado. -
La cimbra será instalada perpendicular al eje de la labor.
- Se deben usar dados de concreto en terrenos arcillosos, tipo panizo y suelos.
- Para rellenar los vacíos se usará bolsacrete, dosificando la mezcla de 3 carretillas de arena gruesa más 1 bolsas de cemento.
- El empaquetado de las cimbras con bolsacrete, se realizará cada cimbra instalada.
- Se debe usar puntales de madera de 4” diámetro y 3.0 m. de longitud, como marchavantes, para la colocación de cimbras en casos en que el terreno presente elevaciones debido a un desprendimiento de roca. En algunos casos los marchavantes serán rieles de 30 lbs.
- En la instalación de cimbras, se usarán planchas metálicas acanaladas tipo onduladas de 2 mm de espesor x 55 cm de ancho x 1.70 m de longitud.
- La instalación de cimbra se realizará con el apoyo de andamios. En las rampas no se utilizará los andamios como apoyo para el armado de cimbras. El concretado de la cimbra será de 0.60mts considerando desde la zapata.
Se colocará topes al inicio y al final de las cimbras para asegurar su estabilidad

➤ **Parámetros de los Pernos Helicoidales**

- Los pernos helicoidales con malla electro soldada serán utilizados solo en labores de larga duración o permanentes.
- Los pernos helicoidales deben instalarse de manera perpendicular al sistema de fracturamiento principal.
- Se empleará brocas de 32 mm de diámetro para la perforación de los taladros en las que se instalará el perno helicoidal.
- La longitud de perforación del taladro será 10 cm. menor de la longitud del perno helicoidal a instalar.
- El diámetro de los pernos de helicoidales será de 19 mm., su longitud variará entre 1.20 m. (4 pies) y 2,40 m. (8 pies) y uno de los extremos estará biselado con 45°.
- La platina de acero (Placa de sujeción), será de 20 cm x 20 cm x 5 mm de espesor y la tuerca con cabeza esférica para barra helicoidal de 19 mm.
- El tramo el perno helicoidal que debe sobresalir por fuera de la roca, para realizar el ajuste debe ser máximo de 10 a 15 cm., por deformación de superficie del macizo rocoso.
- La dimensión del cartucho de resina de fraguado rápido (1 minuto) será 28 mm x 305 mm y del cartucho de cemento de fraguado rápido (8 horas) será de 29 mm x 305 mm.
- El tiempo de hidratación de los cartuchos de cemento será 5 a 10 minutos.
El tiempo de batido debe ser de 15 a 20 segundos a partir de que el perno helicoidal llegue al fondo del taladro.

-
- La longitud de los pernos helicoidales, según la sección, se indica a continuación:
 - ❖ Sección de 2.50 x 2.5 m a 2.70 x 2.70 m (longitud del perno helicoidal a instalar = 6 pies)
 - ❖ Sección de 3.00 x 3.0 m a 4,50 x 4.0 m (longitud del perno helicoidal a instalar = 7 pies)
 - ❖ Secciones mayores de 5 m x 5 m (longitud del perno helicoidal a instalar = 8 pies)
- La cantidad de cartuchos de cemento y resina que se colocará en los taladros, se indica a continuación:
 - ❖ Longitud del perno helicoidal 4 pies, 1 cartucho de resina, 2 cartuchos de cemento.
 - ❖ Longitud del perno helicoidal 5 pies, 1 cartucho de resina, 3 cartuchos de cemento.
 - ❖ Longitud del perno helicoidal 6 pies, 2 cartuchos de resinas, 3 cartuchos de cemento.
 - ❖ Longitud del perno helicoidal 7 pies, 2 cartuchos de resinas, 4 cartuchos de cemento.

➤ **Parámetros de los Puntales de madera y Jackpot**

- Para el sostenimiento con puntales de madera con jackpot, se utilizará puntales de madera eucaliptos derechos sin rajaduras.
El diámetro del puntal debe ser de 7 pulgadas (17.8 centímetros) a 8 pulgadas (20.3 centímetros).

- La longitud máxima del puntal no podrá ser mayor a 12 veces su diámetro.
- El diámetro de los puntales debe cubrir el área interna del Jackpot. (que asiente el puntal en el jackpot), para evitar una deformación inadecuada del jackpot durante el bombeo y que el jackpot no trabaje a su capacidad óptima.
- Las patillas donde se coloquen los puntales serán de 2 pulgadas (5 centímetros) de profundidad en calidad de roca buena y en calidad de roca regular mala será de 4 pulgadas (10 centímetros)
- El jackpot debe ubicarse en una superficie plana y sólido.
- El puntal debe ser instalado perpendicular al buzamiento o inclinación de la veta con un mínimo ángulo de deflexión.
- El espaciamiento entre puntales será de 1.00 m a 1.80 m., y estará sujeta a la evaluación geomecánica del tajo, para determinar el espaciamiento adecuado.
- Los puntales en lo posible mantendrán un alineamiento para facilitar el recorrido de la rastra del winche.
- El inflado del jackpot no debe ser mayor a 5 centímetros (cm) de altura.
- En el caso que se instalen los puntales con plantillas de tablas de madera su dimensión será de 2 pulgadas x 8 pulgadas x 2 pies (5 centímetro x 20 centímetro x 61 centímetro).

➤ **Parámetros de los Cuadros de madera**

-
- Para el armado de cuadros se utilizará madera de eucaliptos derechos y sin rajaduras.
- Elementos de un cuadro de madera para sección de 2.50 m x 2.50 m:
 - ❖ Dos postes de 8” de diámetro por 10 pies de longitud, incluye el destaje para alojar al sombrero, se hará una patilla de 0,30 m y la otra de 0,40 m de profundidad al lado de cuneta, para su instalación.
 - ❖ Un sombrero de 8” de diámetro por 10 pies de longitud, incluye el destaje en ambos extremos para encajar en los postes instalados formando el cuadro.
 - ❖ Dos tirantes 6” de diámetro instalados a presión que permite el aseguramiento entre los postes y el sombrero entre cuadro y cuadro.
 - ❖ Dos topes instalados en ambos hastiales, que permite asegurar el sombrero junto con el poste.
 - ❖ Para el encribado (cribing) se utilizará redondos de 4” Ø, 5” Ø, o 6” Ø, el número de vueltas del encribado dependerá de la elevación del techo. La vuelta comprende 4 elementos ubicados de 2 x 2. La última vuelta sellara el techo de la labor con una camada de redondos o rajados.
 - ❖ El enrejado se coloca en los hastiales desde el piso hasta la altura de los tirantes, y serán de rajados o cantoneras gruesas espaciados a 4”.

El espaciamiento entre cuadros, dependerá de la criticidad de labor y el mapeo geomecánico y estará referido a la luz interna entre cuadros.

- El cuadro armado debe asegurarse horizontalmente con bloques de madera en los ensambles (uniones del poste – sombrero), así también verticalmente en la proyección de los postes.
- El cuadro armado debe presentar una forma cónica simétrica.
- Los encribados deberán colocarse de manera que no exista espacio vacío entre el techo de la labor y el sombrero, la primera fila del encribado, deberá colocarse perpendicularmente al sombrero y a la proyección vertical de los postes.
- Todo cuadro deberá contar con enrejado en ambos hastiales para controlar el desprendimiento de rocas de los hastiales. Detrás del enrejado deberá rellenarse con material desmonte.
- Los dos últimos cuadros de madera, en labores de avances debe clavarse con dos tablas a cada lado para evitar se desalineen los cuadros, con la voladura del frente.
- Al inicio y final de un conjunto de cuadros, deberá contar con 02 ángulos (pata de gallo) puntales de aseguramiento de 7” Ø, instalado desde los ensambles (postesombrero) hacia el piso empotrado en una patilla de 30 cm (formando un ángulo de 45°).
- El aseguramiento de los elementos deberá hacerse empleando las cuñas, cuyas dimensiones son: ancho 4”, alto 2” y largo 8” (termina en punta).

-

➤ **Parámetros de los WoodPack y JackPack**

- Para el armado de los woodpack (paquetes de madera) se utilizará cuartones o puntales de madera eucaliptos en forma intercalada.
- Las medidas de los cuartones de madera son de 6” x 7” x 3.3’ (152 mm x 178 mm x 1000 mm).
- La base donde se colocarán los woodpack, debe estar sobre un piso sólido y plano.
- La altura del woodpack no debe exceder la relación de 1:3; es decir si el lado es de 1:00 m., la altura no debe ser mayor a 3.00 m.
- El jackpack es un elemento pretensionado, cuyas medidas son de 1.00 m x 1.00 m.
- El Jackpack trabaja en conjunto con el wood pack, una vez inflado con agua a alta presión (2 mega pascal), ya expandido, queda en forma permanente, otorgando un sostenimiento activo de hasta 170 toneladas.
- El Jack pack se colocará a las $\frac{3}{4}$ partes de la altura total del woodpack con la válvula hacia abajo, cubriendo toda el área del woodpack con los cuartones.
- La base donde se colocará el jackpack, los cuartones de madera deben ser ubicados en forma de “cama”; también se debe hacer lo mismo con los cuartones que van encima del jackpack, de modo que al instalarlo e inyectarle agua, se infle uniformemente en toda su superficie y trabaje haciendo presión en todo el espacio por igual.

El woodpack debe estar lo más topeado posible con la caja techo con cuñas de madera, antes de inflar el jackpack.

- Para el inflado del jackpack la presión del agua debe ser igual a 02 bares o 30 libra por pulgada al cuadrado (PSI).
- El inflado del jackpack no debe exceder los 10 centímetros (cm).

2.4.2. Etapa Gabinete: Procesamiento de la información

Se recopiló toda la información relacionada con los diseños de sostenimiento aplicados en las labores subterráneas temporales y permanentes de la mina en estudio, para poder presentar cada diseño de sostenimiento (mallas, Split set, shotcrete vía húmeda, puntales de madera, jackpot, woodpack y jackpack) en planos debidamente membretados y rotulados según escalas indicadas.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Diseños de sostenimiento activo y pasivo en las labores de avance temporales en una mina de oro subterránea en la Libertad

A continuación, se presenta los diferentes diseños de sostenimiento activo y pasivo aplicados en las labores de avance temporales (son aquellos que están abiertas por un lapso de tiempo) en la mina de oro subterránea en estudio.

En el proyecto minero se ha considerado como labores temporales las siguientes: galerías, tajeos (long wall), cruceros, bypass, etc. Para la aplicación de sostenimiento de dichas labores se ha empleado:

- Cuadros de madera
- Puntales
- Jackpot
- Woodpack y Jackpack
- Split set y malla electrosoldada

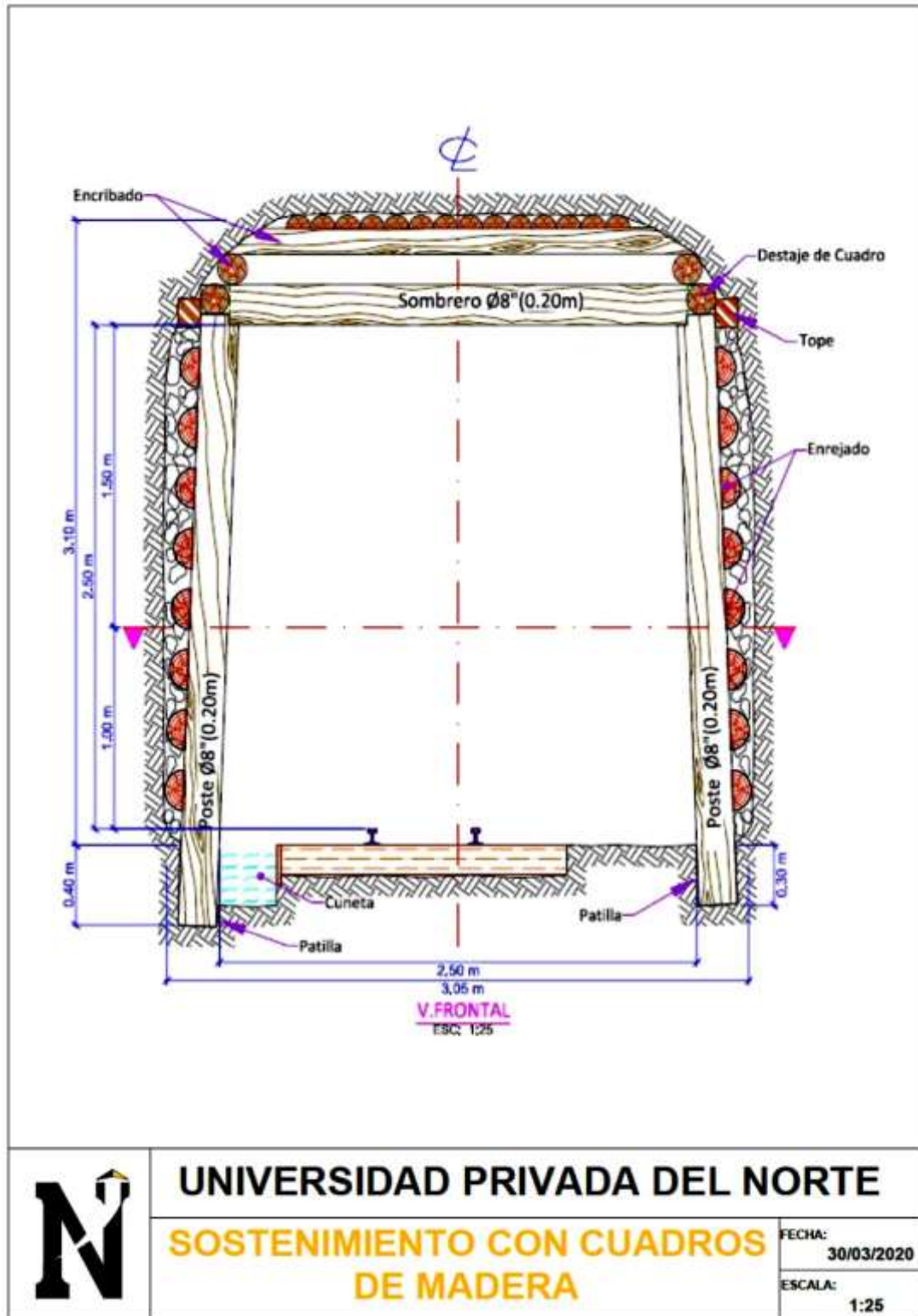
3.1.1. Cuadros de madera

Los cuadros de madera, son un tipo de estructura de sostenimiento de acuerdo al tipo de terreno y a condiciones especiales de cada Mina. Se utilizan en labores horizontales e inclinadas. Su dimensión está de acuerdo al diseño de la labor. En los planos siguientes se muestra los diseños de sostenimiento con cuadros de madera empleado en las labores de avance temporales.

El sostenimiento con cuadros de madera será determinado según la cartilla geomecánica, de acuerdo al mapeo geomecánico diario por labor, en calidad de roca mala a muy mala, con RMR menores de 40.

3:

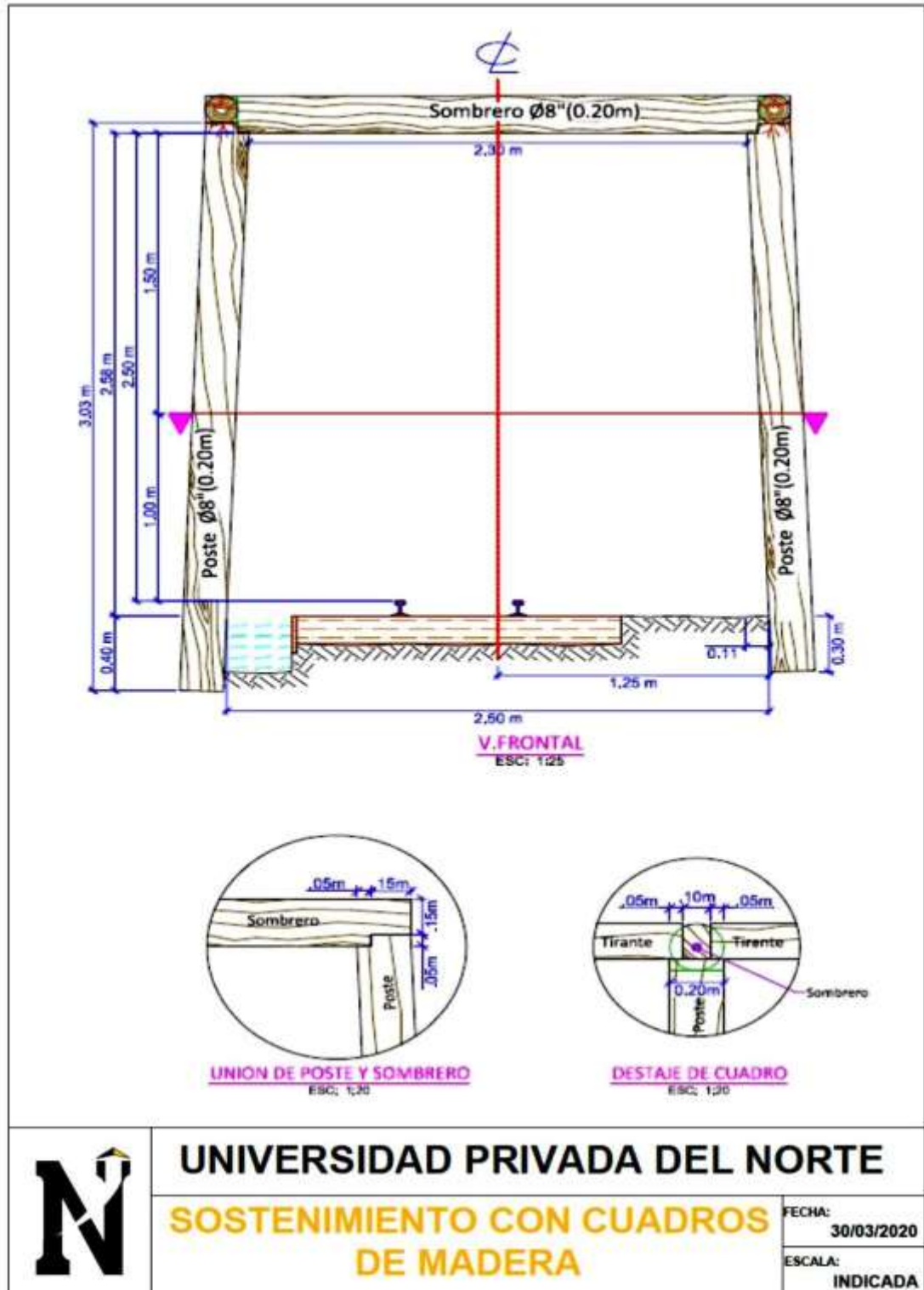
Sostenimiento con cuadros de madera en Galerías y cortadas – Plano General



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

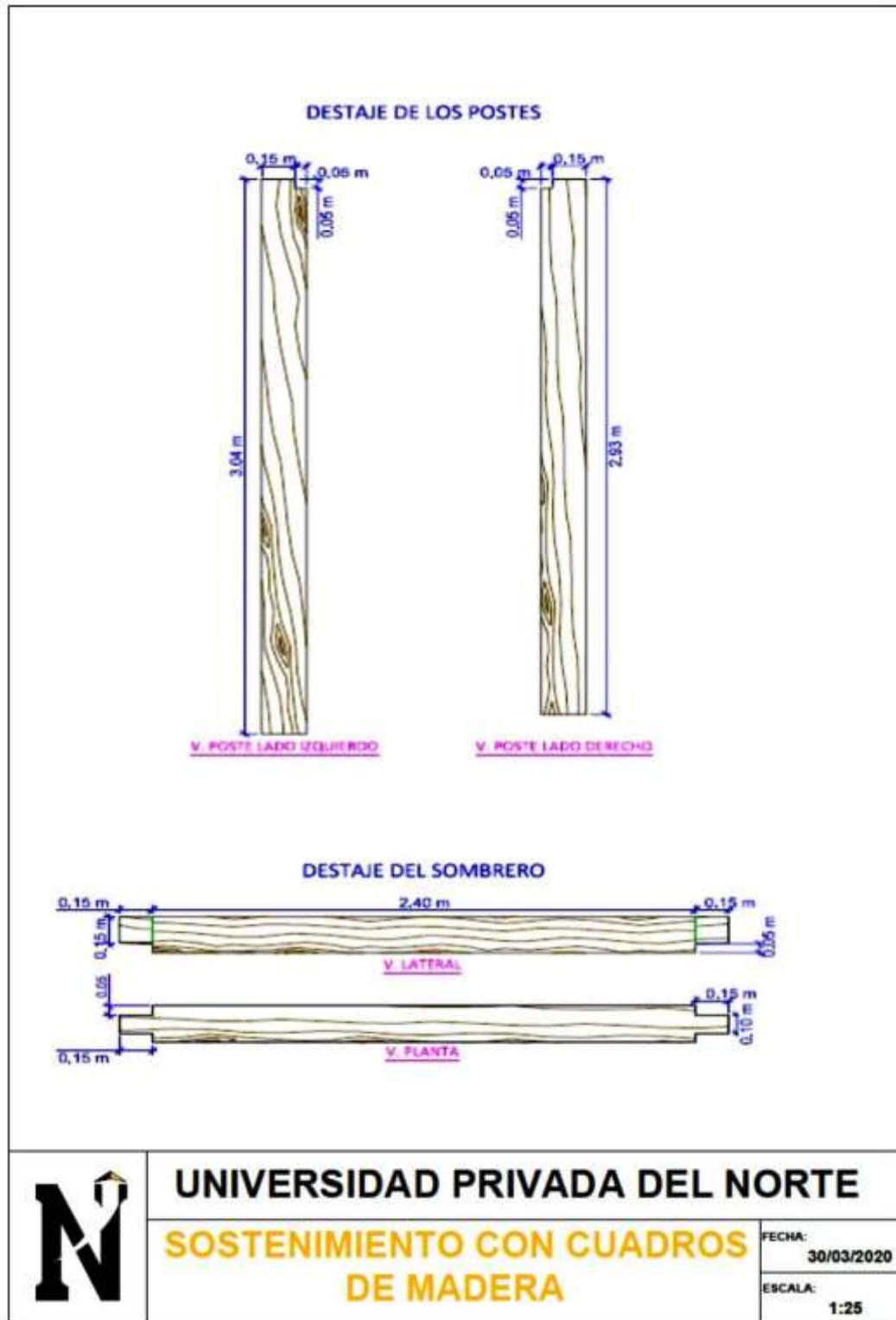
4:

Sostenimiento con cuadros de madera en Galerías y cortadas – Dimensiones del cuadro



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

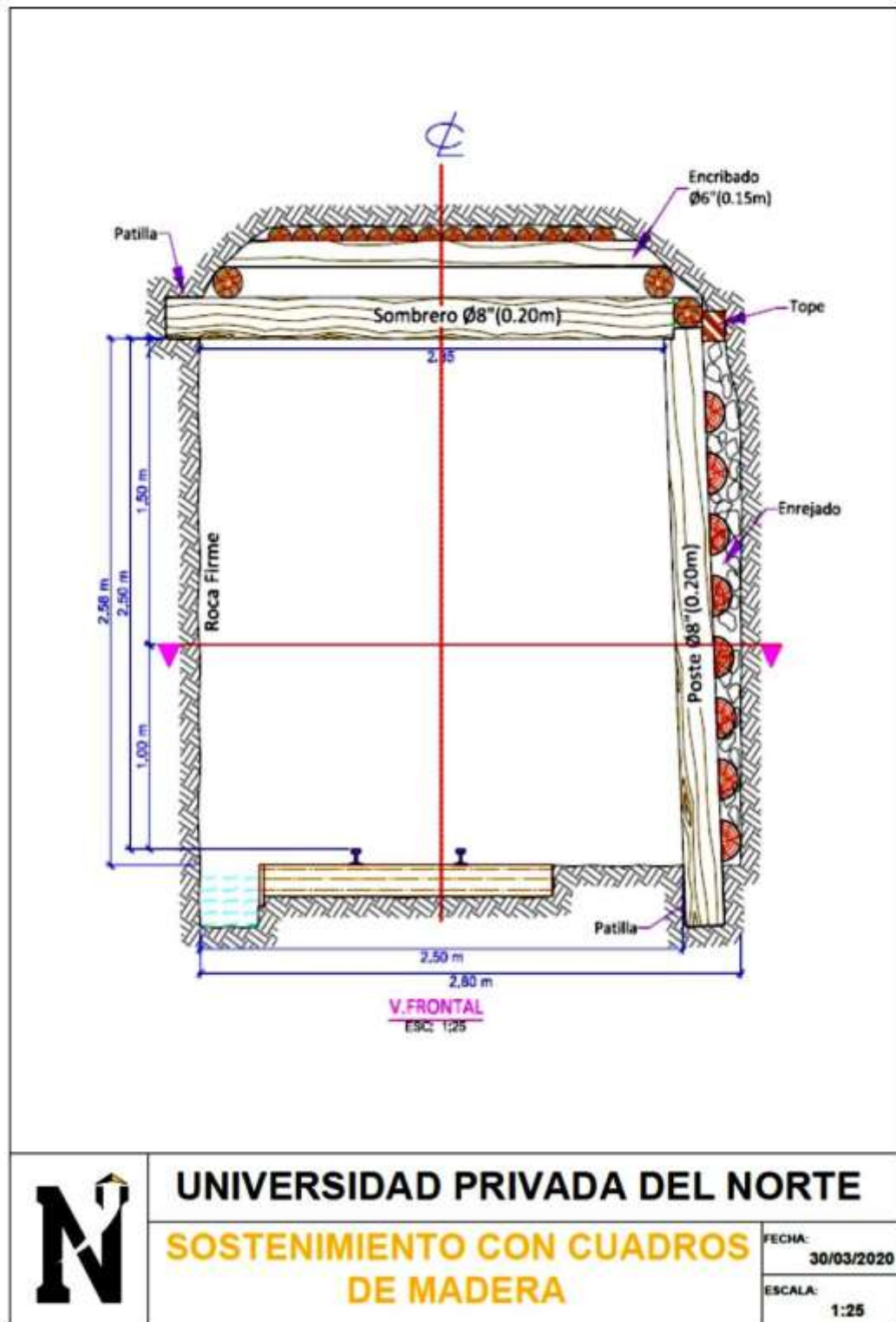
**5: Sostenimiento con cuadros de madera en Galerías y cortadas –
Detalle del poste y sombrero**



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

6:

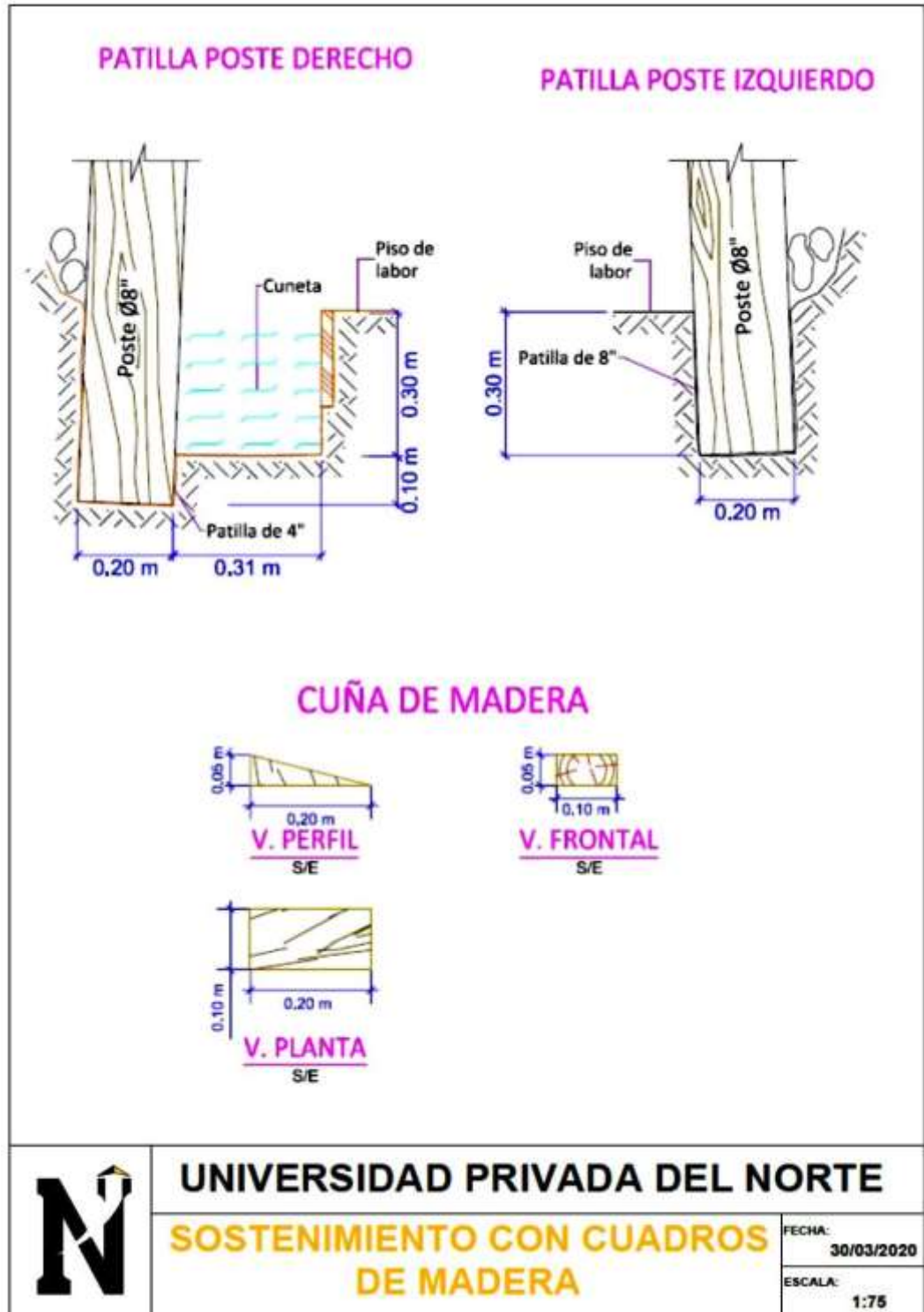
Sostenimiento con cuadros de madera en Galerías y cortadas – Cuadro Cojo



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

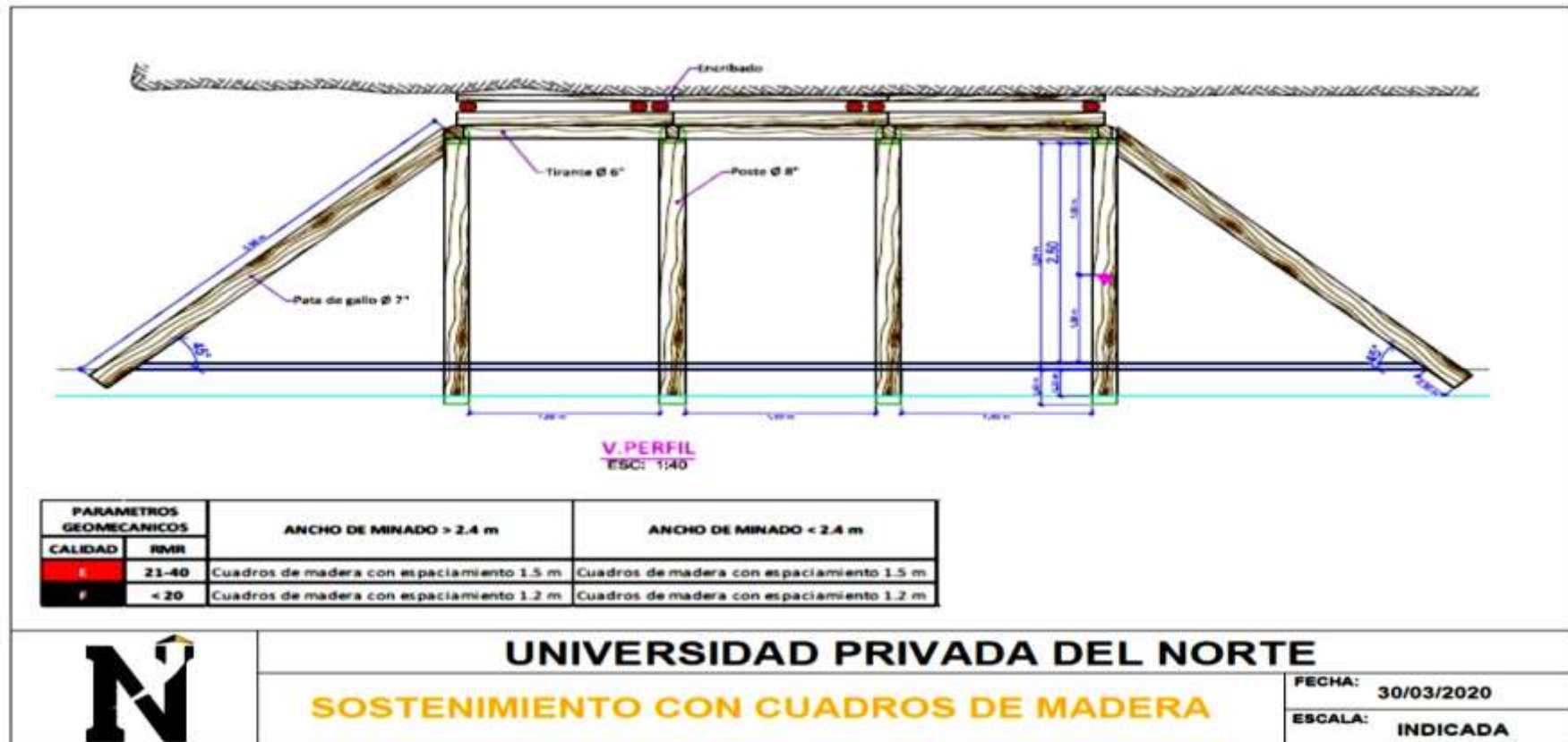
Figura 7:

Sostenimiento con cuadros de madera en Galerías y cortadas – Detalle de patillas y cuña de madera



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 8: Sostenimiento con cuadros de madera en Galerías y cortadas – Aseguramiento del cuadro con pata de gallo



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

3.1.2. Puntales y Jackpot

Los puntales son elementos más simples y de uso más frecuente en el sostenimiento de labores inclinadas, generalmente se emplean puntales de madera. (cuartones de 5”x 6”, 6” x 8”, 8” x 9”) o redondos de 8” a 9” de diámetro con longitud de 3 metros. El Jackpot es un dispositivo de pre - tensionamiento hidráulico para puntales de madera (gatos hidráulicos de uso único). El procedimiento para colocar puntales es el siguiente:

- Colocar y marcar el sitio.
- Desatar el techo.
- Desquinchar el piso.
- Hacer la plantilla en la caja piso.
- Cortar la plantilla.
- Medir el largo del puntal.
- Preparar el puntal.
- Colocar el puntal.

El sostenimiento con puntales y jackpot, serán determinados de acuerdo al estudio geomecánico del método de explotación en los tajos, en calidad de roca de regular mala a muy buena, con RMR mayores a 41. 4.2 Para el sostenimiento con puntales de madera con jackpot, se utilizará puntales de madera eucaliptos derechos sin rajaduras.

Figura 9: Sostenimiento con puntal y jackpot en el tajo - Instalación del puntal y jackpot



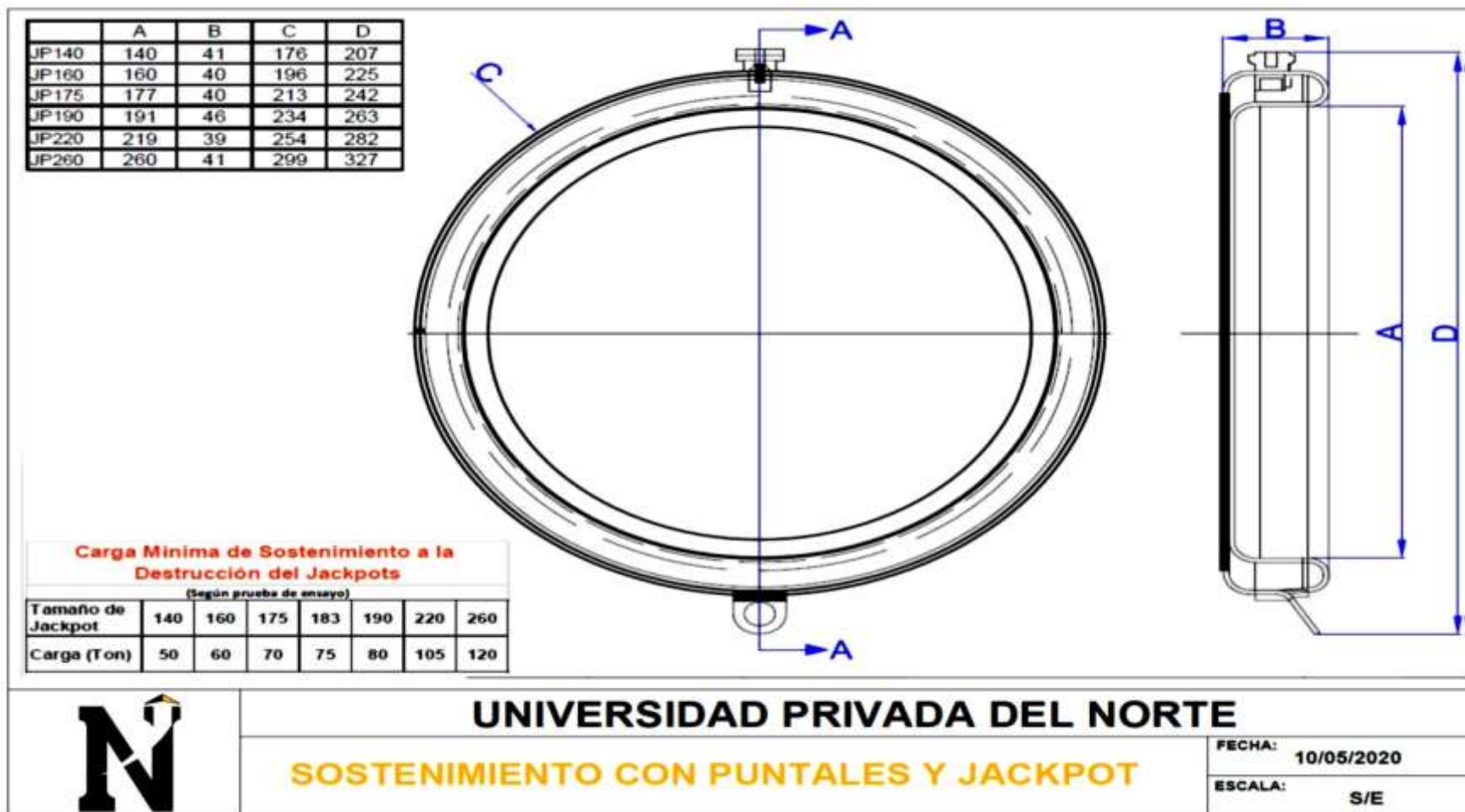
Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 10: Sostenimiento con puntal y jackpot en el tajo - Distribución de espaciamiento entre puntales



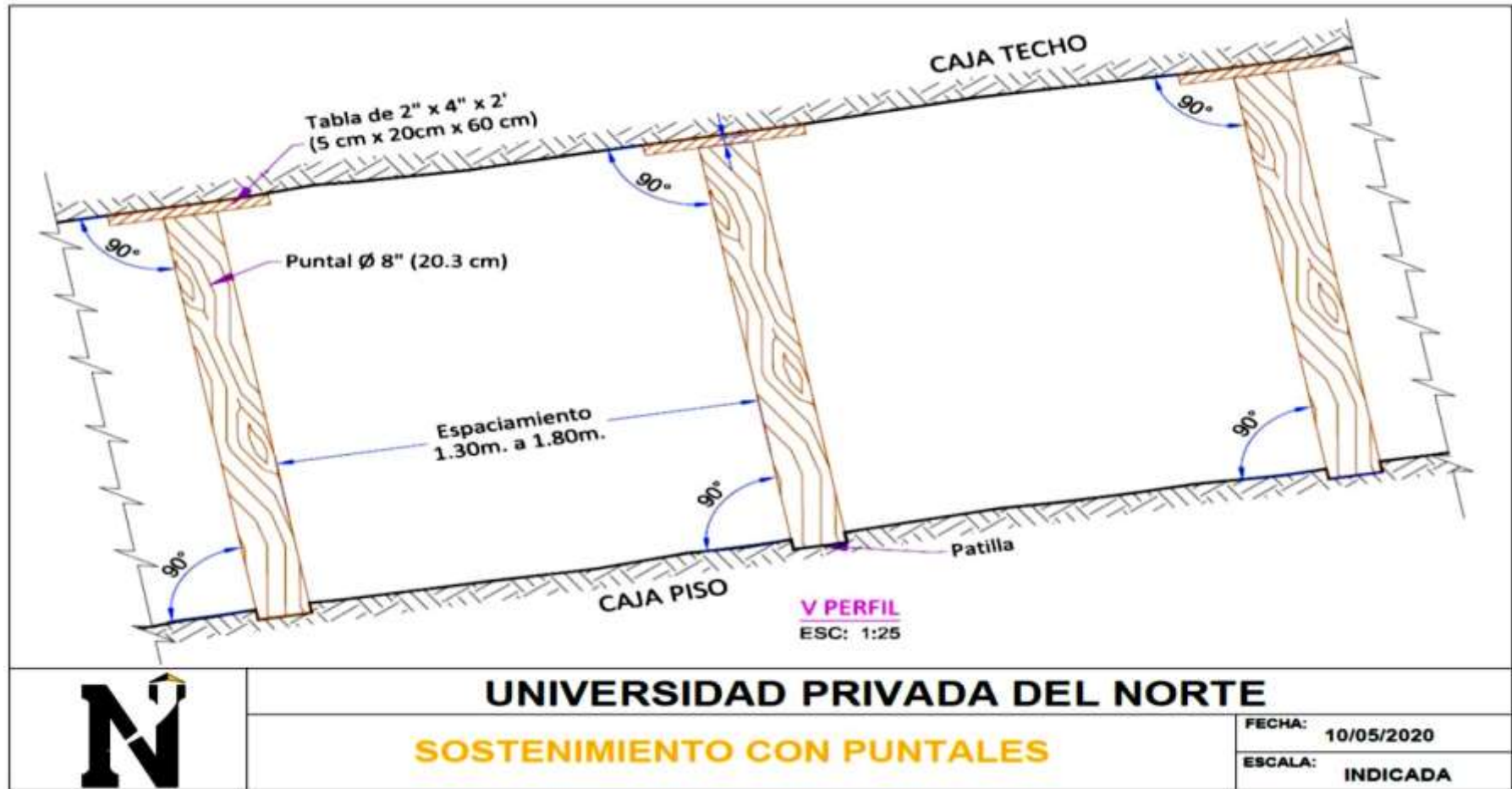
Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 11: Sostenimiento con puntal y jackpot en el tajo - Especificaciones del jackpot



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 12: *Sostenimiento con puntal y jackpot en el tajo - Instalación de puntal y tabla*



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

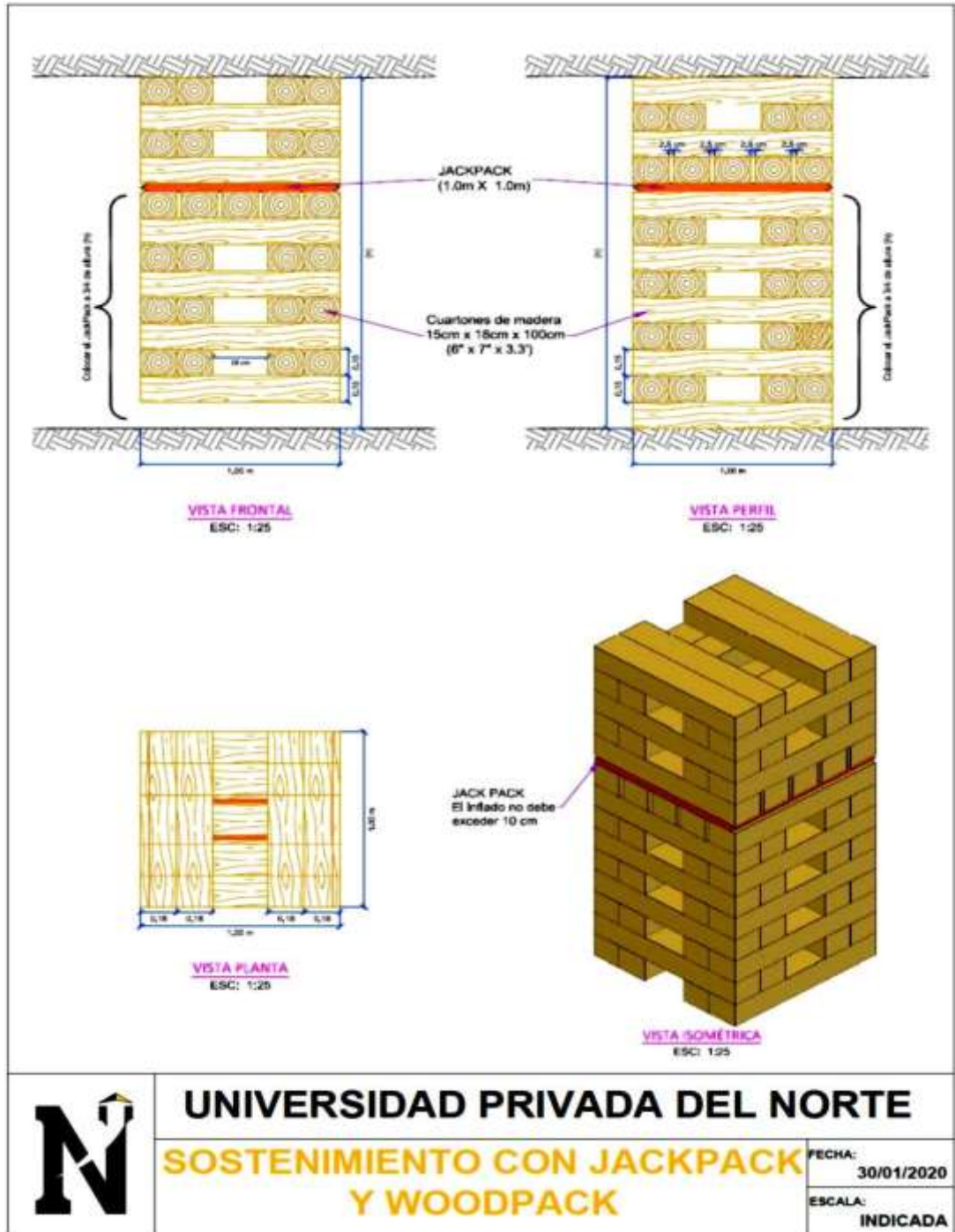
3.1.3. Wood pack y Jack pack

El Jackpack es un elemento pre - tensionado para el sostenimiento en minas subterráneas, trabaja en conjunto con los puntales de madera y/o el cribbing (woodpack) para prevenir la caída de rocas. Es colocado como base en el extremo inferior de los puntales de madera sin necesidad de “patilla”, o en la parte superior del cribbing. Una vez colocados en la posición más conveniente, se procede a inflarlos con agua a alta presión (2 MPa). Ya expandidos, quedan en forma permanente, otorgando un sostenimiento de hasta 170 toneladas. El Jackpack convierte a la madera en un sostenimiento activo e inmediato, que empieza a trabajar al instante de haber completado el inflado. Pueden llegar a reemplazar a los pilares y ser instalados cerca al frente de voladura (1.5m a 2.0m) porque como están sometidos a altas presiones no son removidos por la onda expansiva de la misma, por lo tanto, otorga mayor seguridad todo el tiempo a los trabajadores del interior de la mina y mayor eficiencia al ciclo de trabajo. Los accesorios del Jack pack son:

- La bomba de aire no utiliza lubricantes, su peso es de aproximadamente 12 Kilos sin las mangueras, lo que la hace fácil de transportar, necesita de entrada mínimo 3.5 bares de presión de aire y 2 bares de presión de agua.
- Pistola de seguridad de alta presión.
- Manómetro de presión Hydrabolt

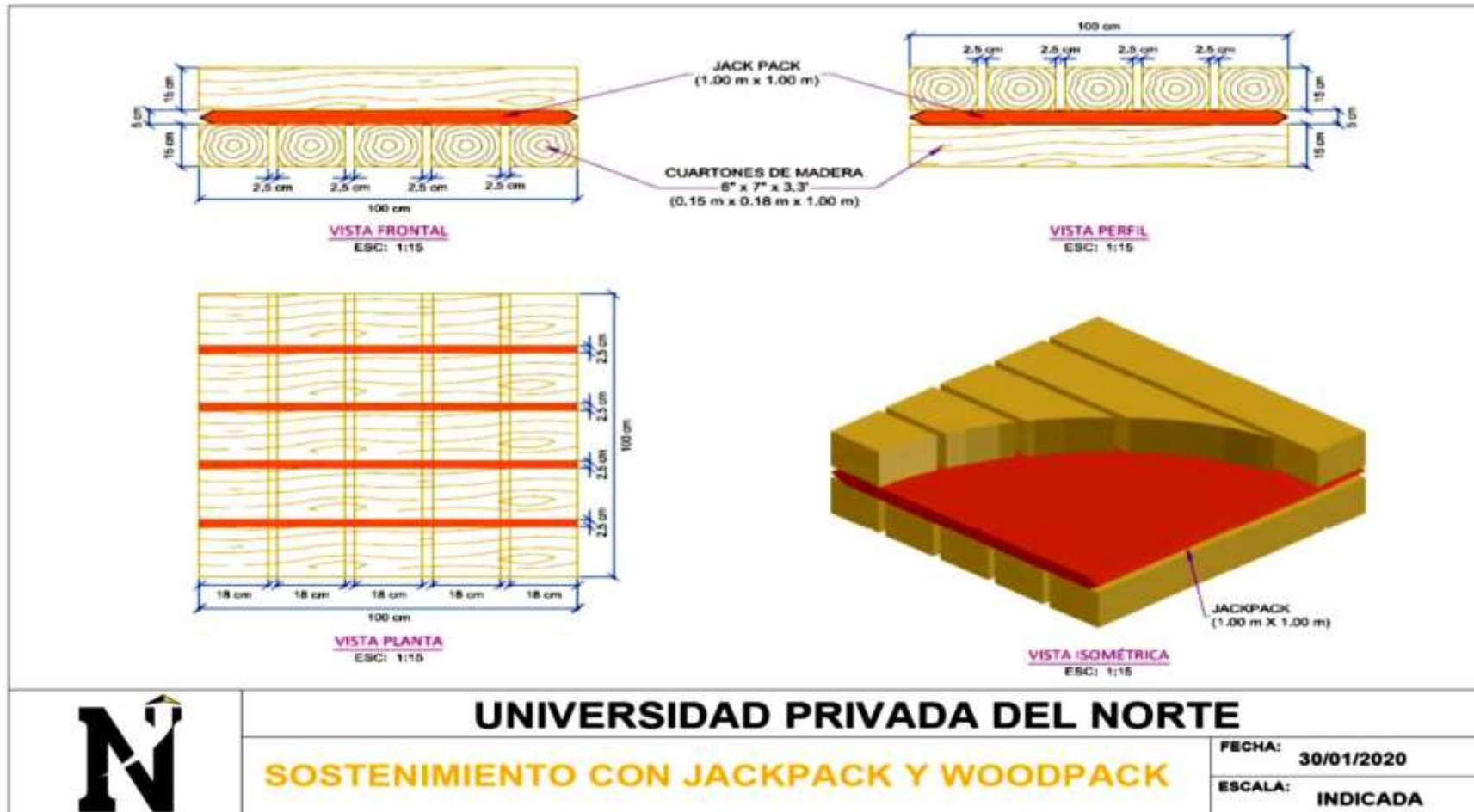
El sostenimiento con woodpack y jackpack, serán determinados de acuerdo al estudio geomecánico del método de explotación en los tajos, como en long Wall y otras labores abiertas, en calidad de roca regular, con RMR mayores de 40.

Figura 13: *Sostenimiento con Jack pack y Wood pack - Plano general*



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 14: *Sostenimiento con Jack pack y Wood pack - Detalles de instalación del Jack pack*



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 15: *Sostenimiento con Jack pack y Wood pack - Detalle de instalación en un tajo Long Wall*



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

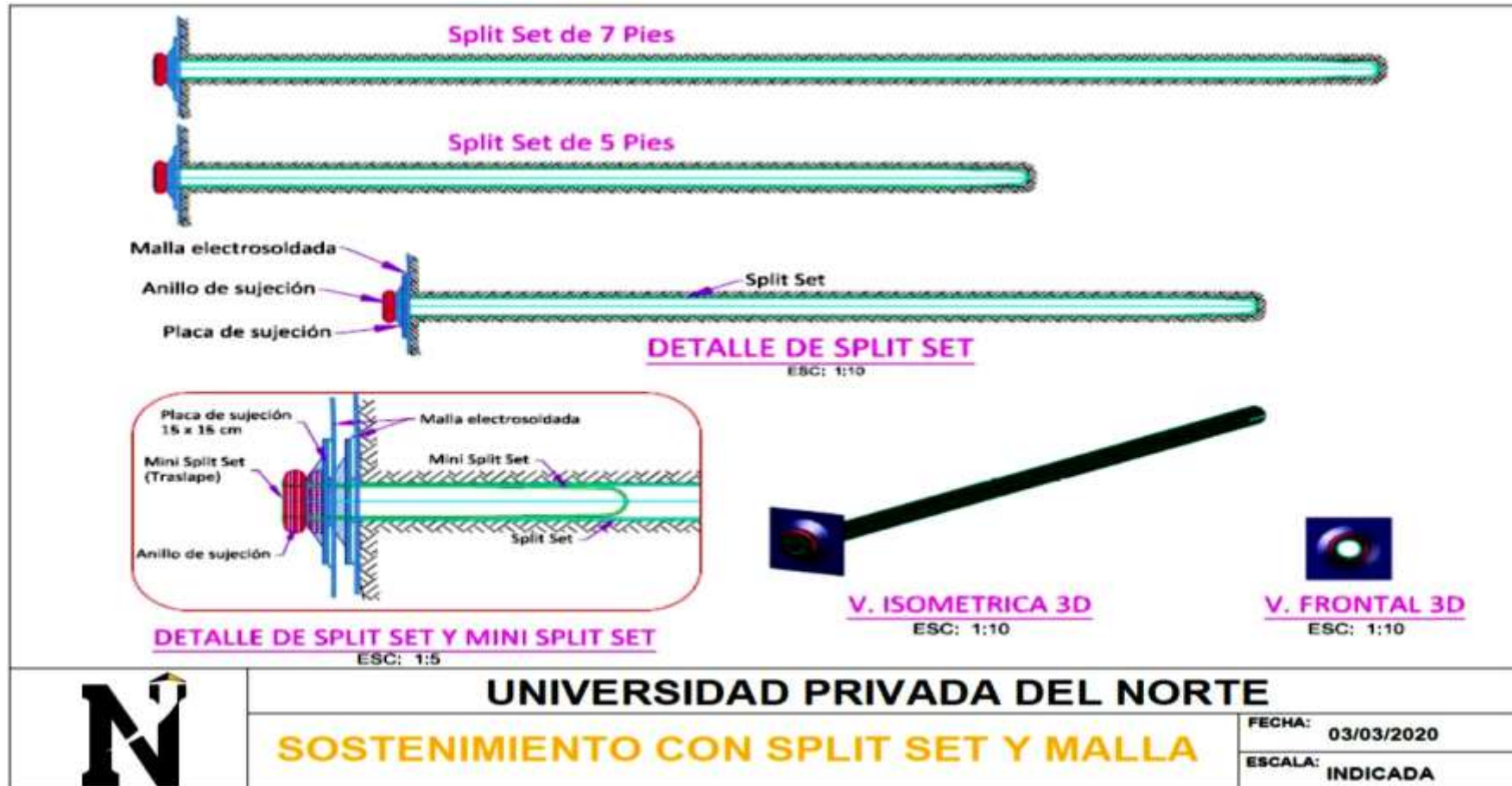
3.1.4. Split Set y Malla Electrosoldada

El Split set es un estabilizador de roca por fricción para fortificación de techos y paredes. Al ser introducido el perno a presión dentro de un taladro de menor diámetro, se genera una presión radial a lo largo de toda su longitud contra las paredes del taladro, cerrando parcialmente la ranura durante este proceso. La fricción en el contacto con la superficie del taladro y la superficie externa del tubo ranurado constituye el anclaje, el cual se opondrá al movimiento o separación de la roca circundante al perno, logrando así indirectamente una tensión de carga.

Las mallas electrosoldadas, son estructuras de acero formadas por barras dispuestas en forma ortogonal y electro-soldadas por fisión, es decir sin aporte de material en todos los puntos del encuentro, estos productos son fabricados bajo la norma IRAMIAS U 500-06, el acero utilizado es de calidad T-500 (1), es decir laminado en frío y con una tensión de fluencia característica de 500 MPa, se presentan en una amplia variedad de secciones, cuadrículas y diámetros de alambres según su aplicación final.

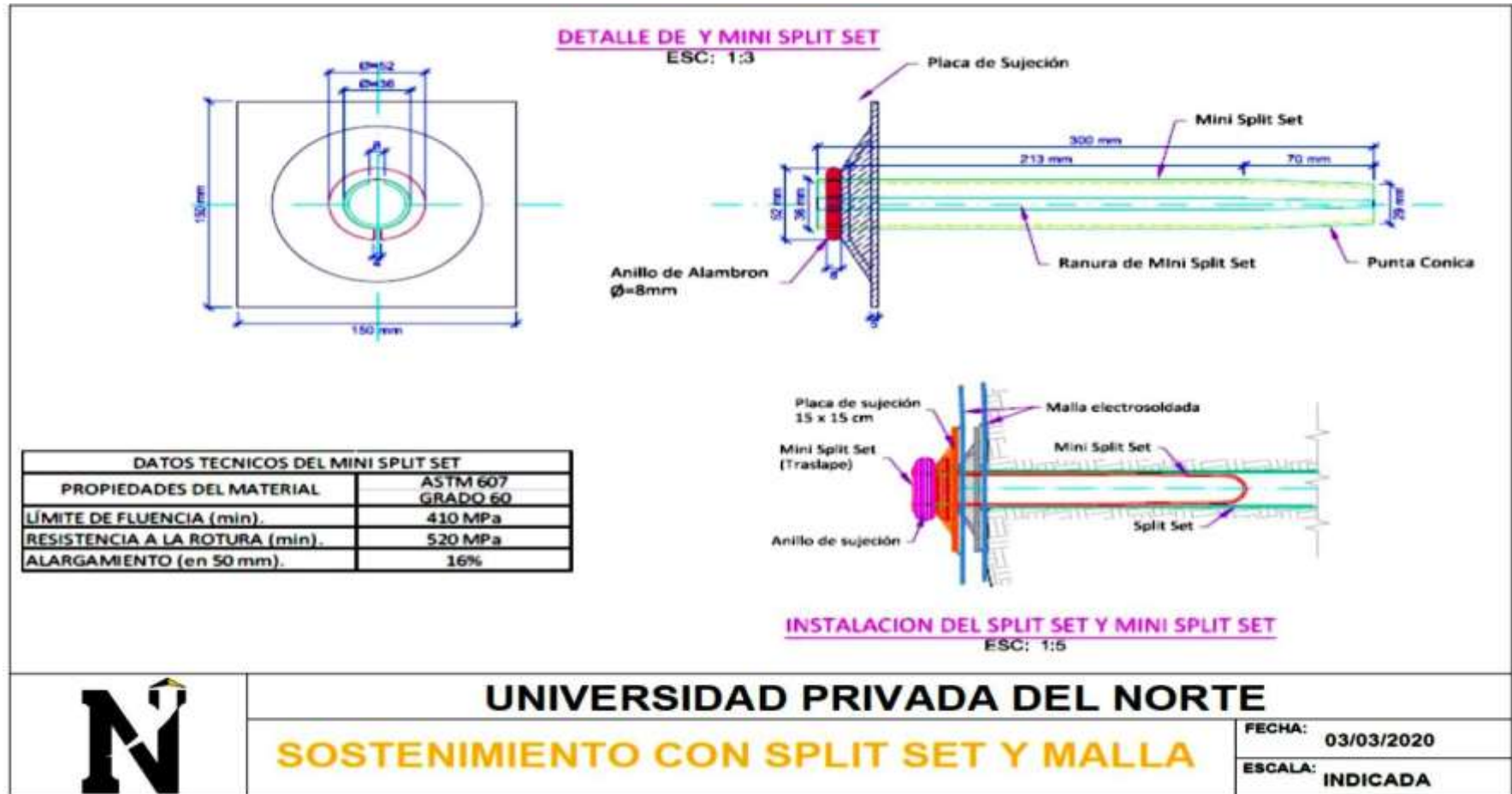
El sostenimiento Split set y malla electro soldada, se utilizará en calidad de roca regular, rango de RMR entre 51 - 60, según la cartilla geomecánica y de acuerdo al mapeo geomecánico diario por labor. Los Split set con malla electro soldada serán utilizados solo en labores de corta duración o temporales.

Figura 16: *Sostenimiento con Split set y malla - Instalación de Split set y mini Split set*



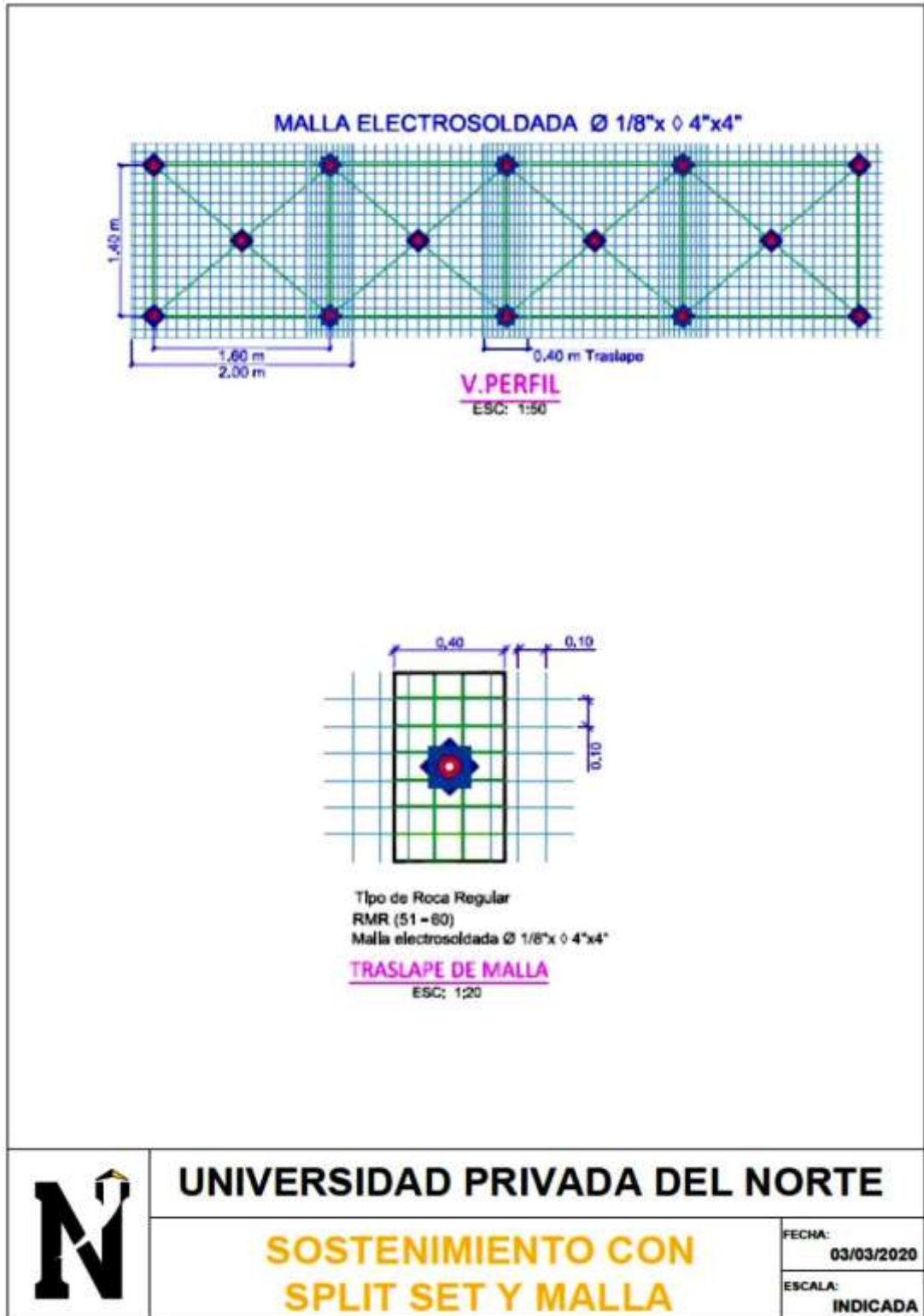
Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 17: Sostenimiento con Split set y malla - Detalles de mini Split set



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

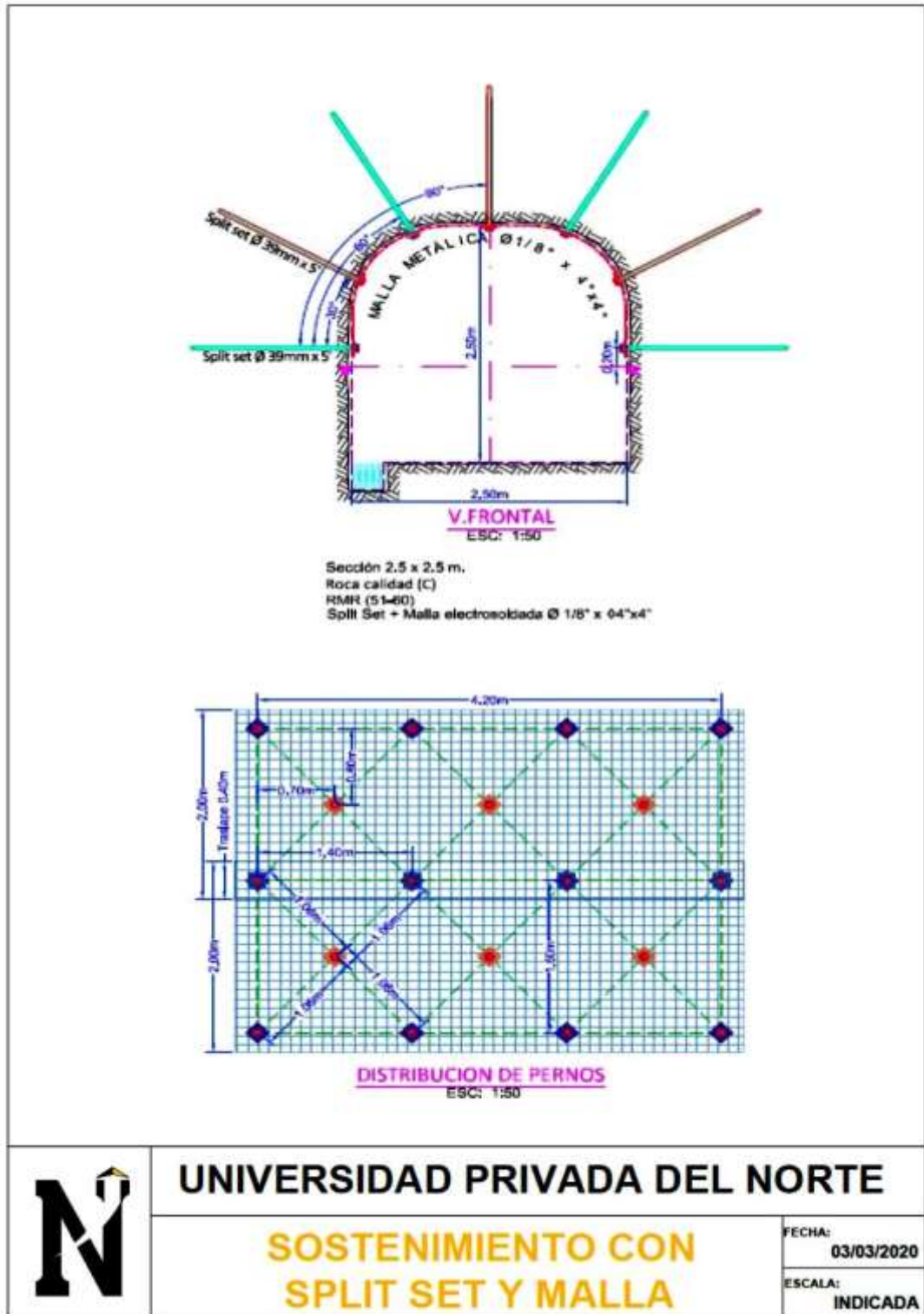
Figura 18: *Sostenimiento con Split set y malla - Instalación de Split set y malla de 2.00 m*



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 19:

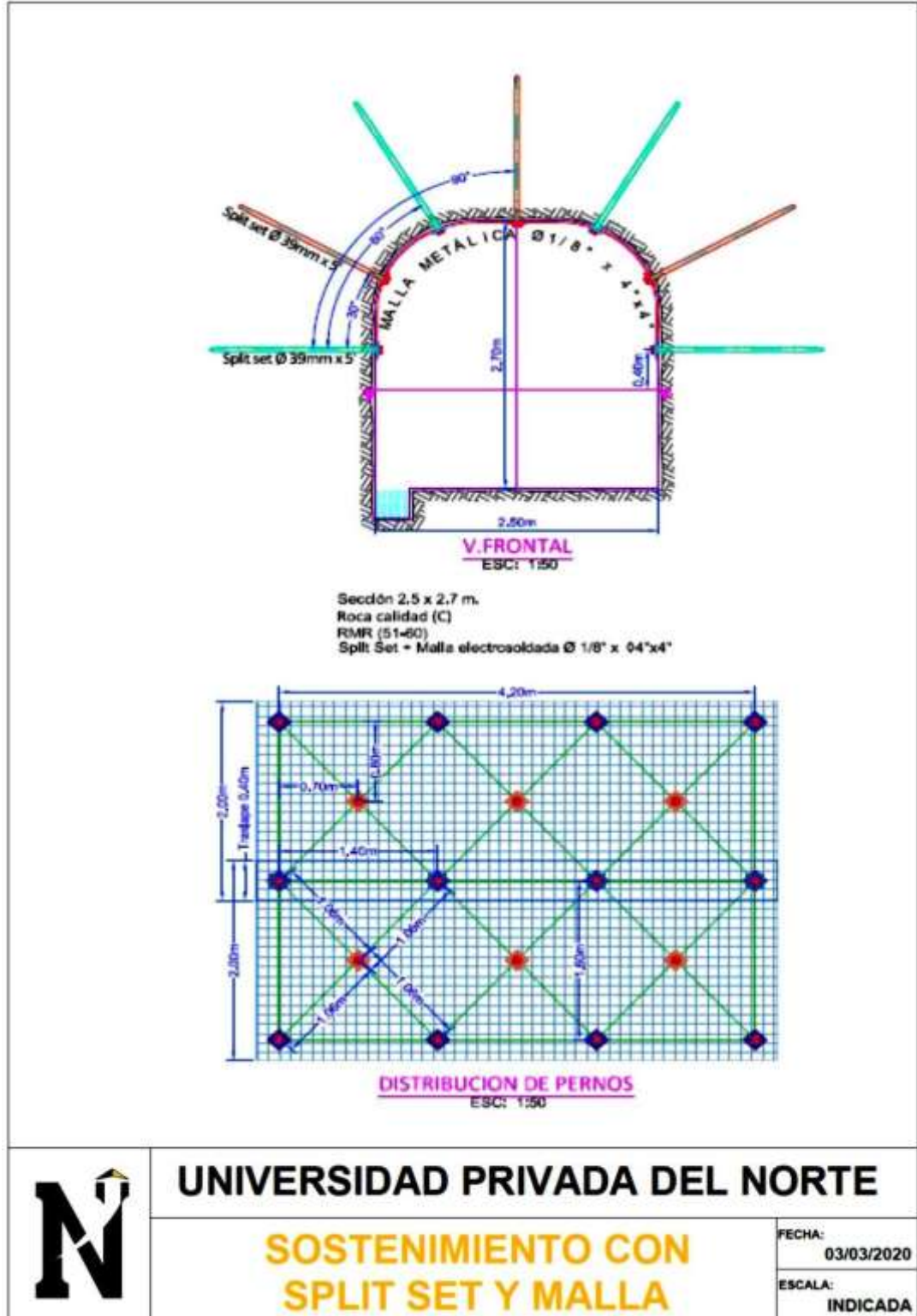
Sostenimiento con Split set y malla - Sección 2.50 x 2.50 m, malla de 2.00 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 20:

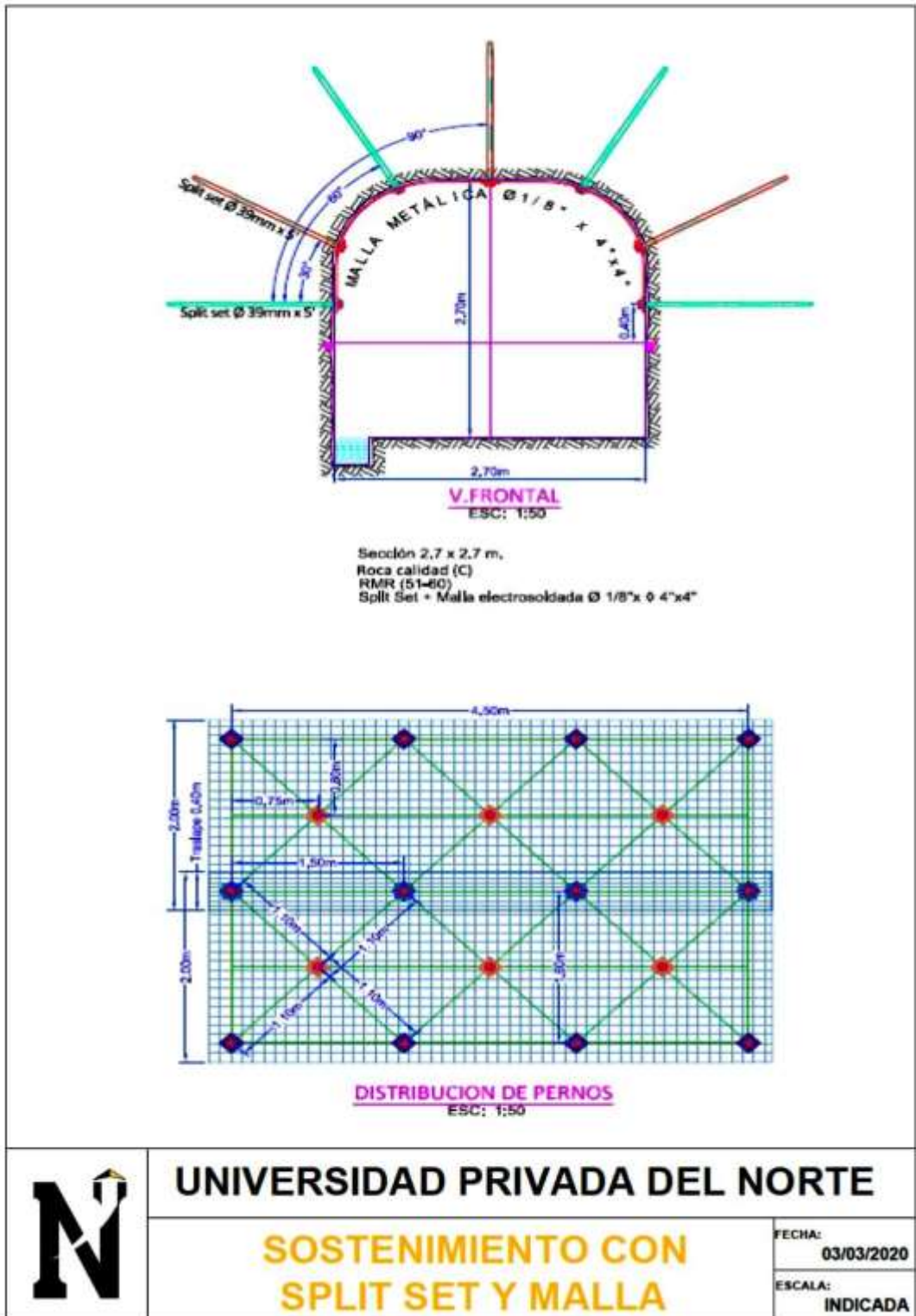
Sostenimiento con Split set y malla - Sección 2.50 x 2.70 m, malla de 2.00 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 21:

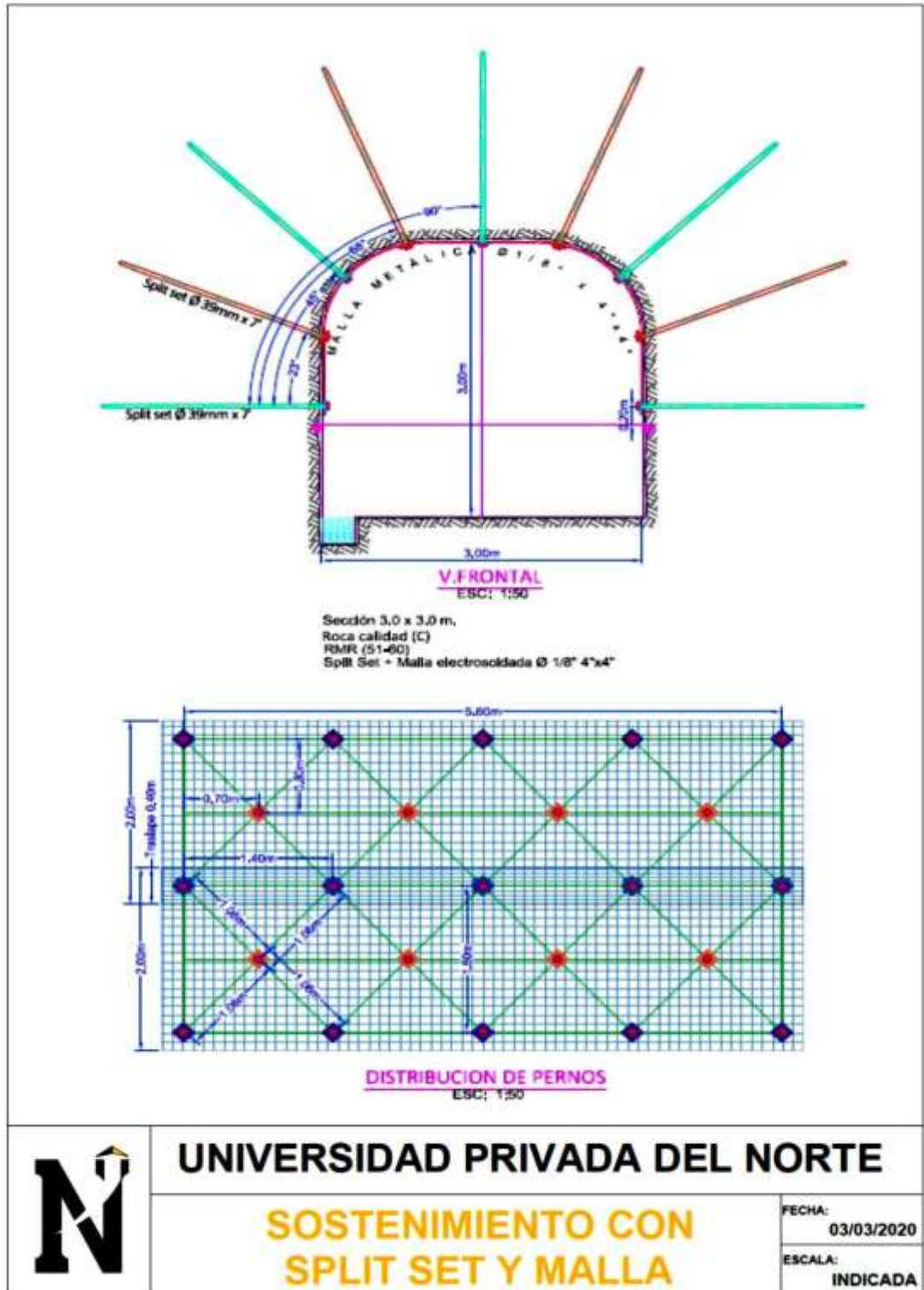
Sostenimiento con Split set y malla - Sección 2.70 x 2.70 m, malla de 2.00 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 22:

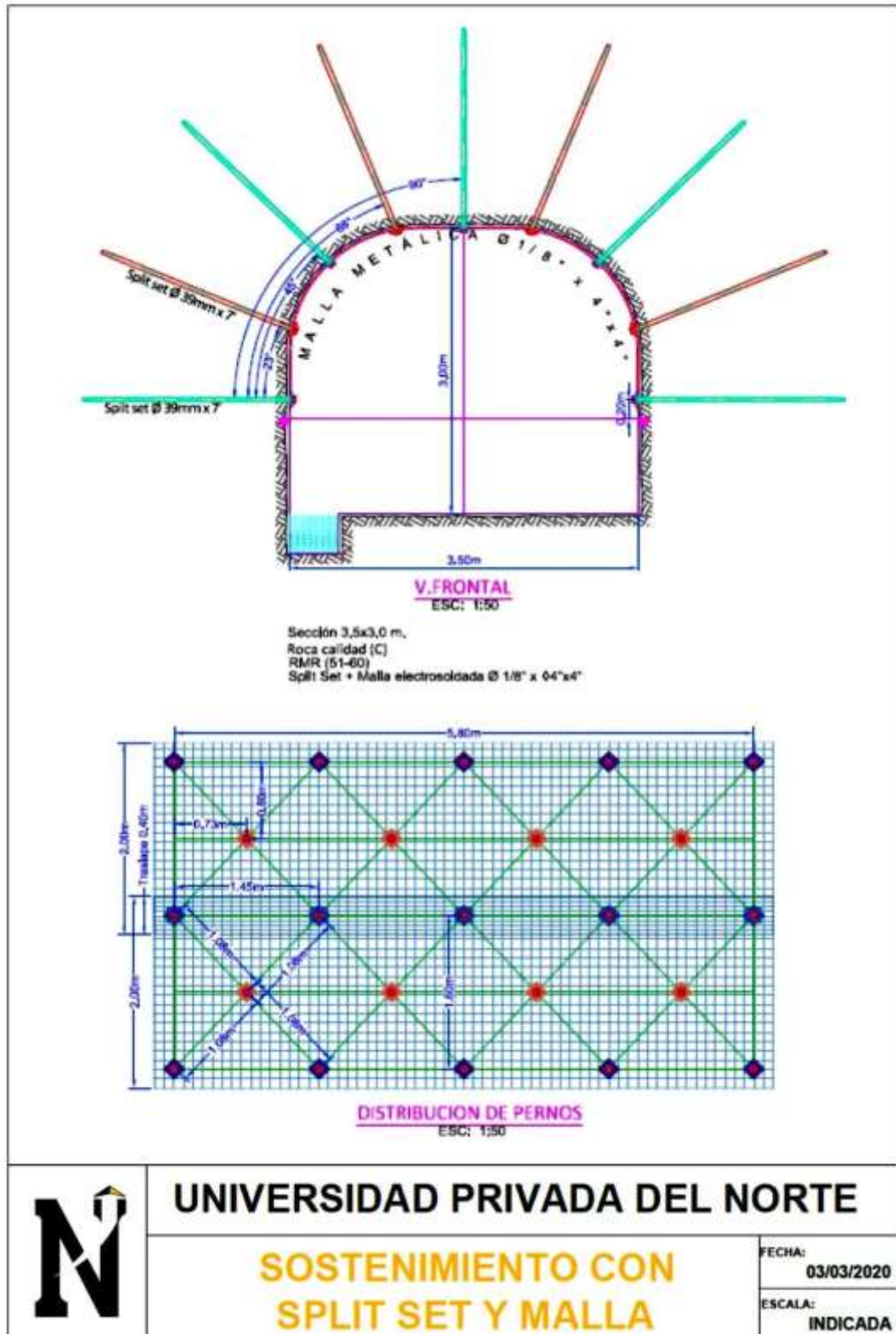
Sostenimiento con Split set y malla - Sección 3.00 x 3.00 m, malla de 2.00 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 23:

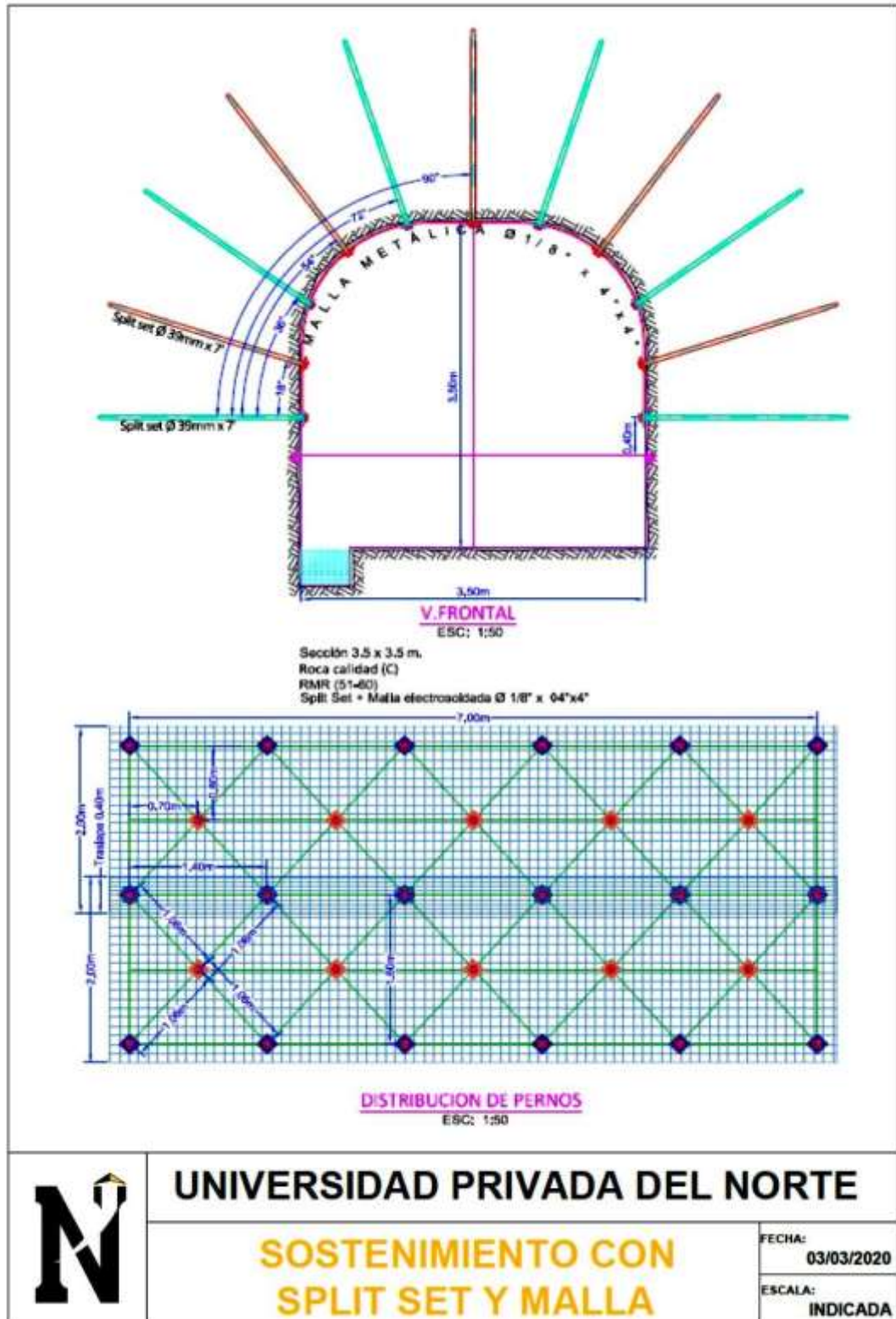
Sostenimiento con Split set y malla - Sección 3.50 x 3.00 m, malla de 2.00 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 24:

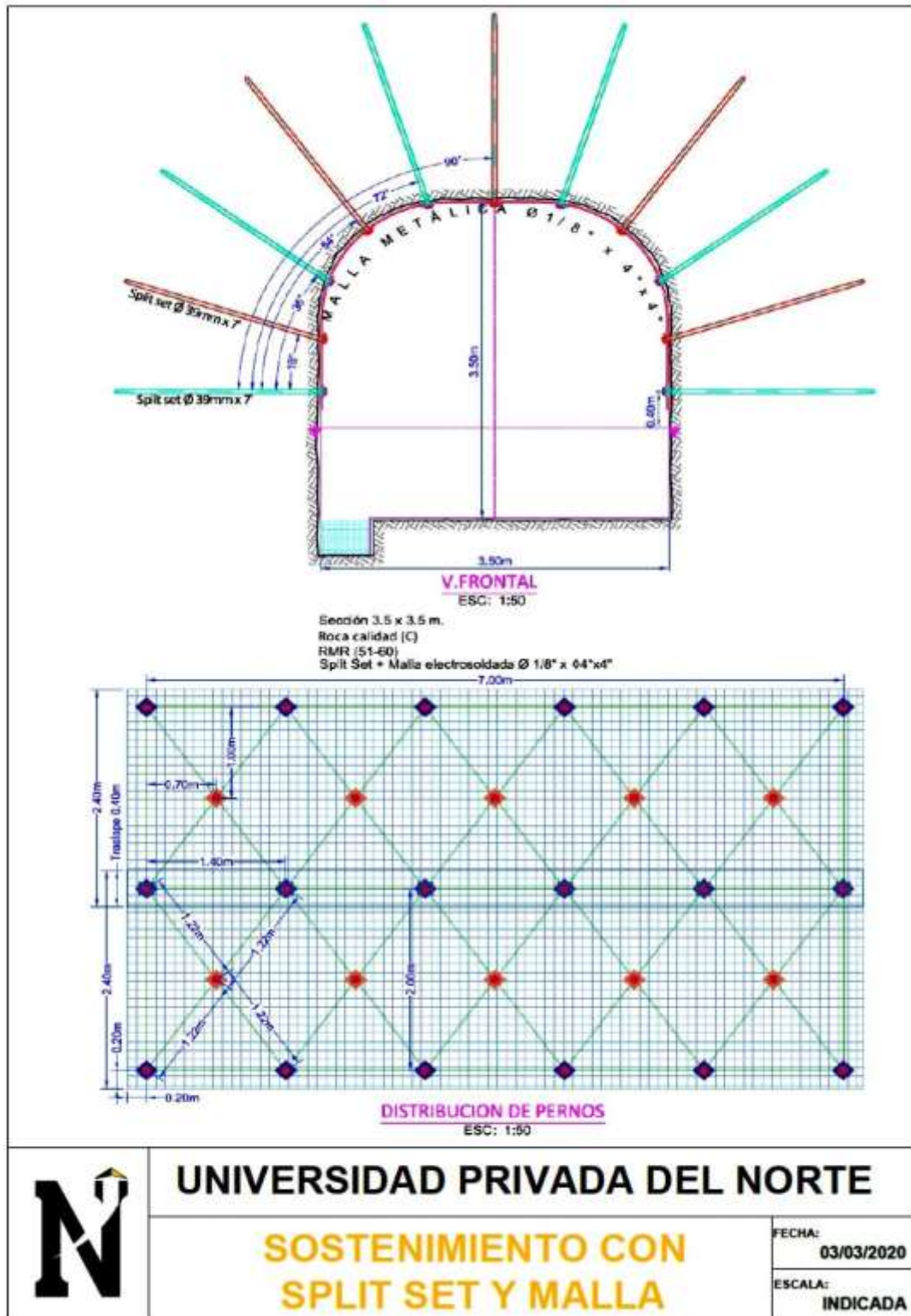
Sostenimiento con Split set y malla - Sección 3.50 x 3.50 m, malla de 2.00 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 25:

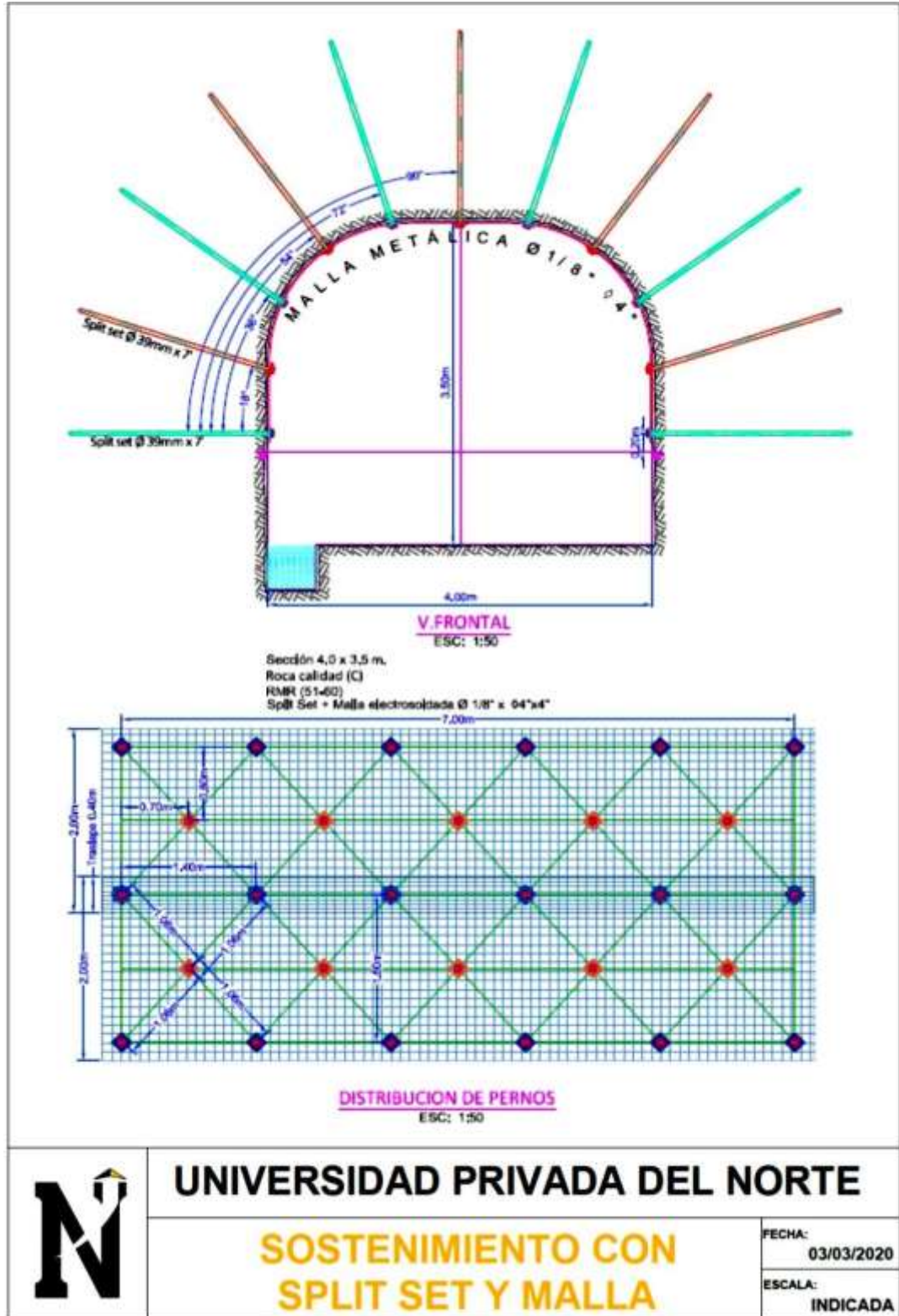
Sostenimiento con Split set y malla - Sección 3.50 x 3.50 m, malla de 2.40 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 26:

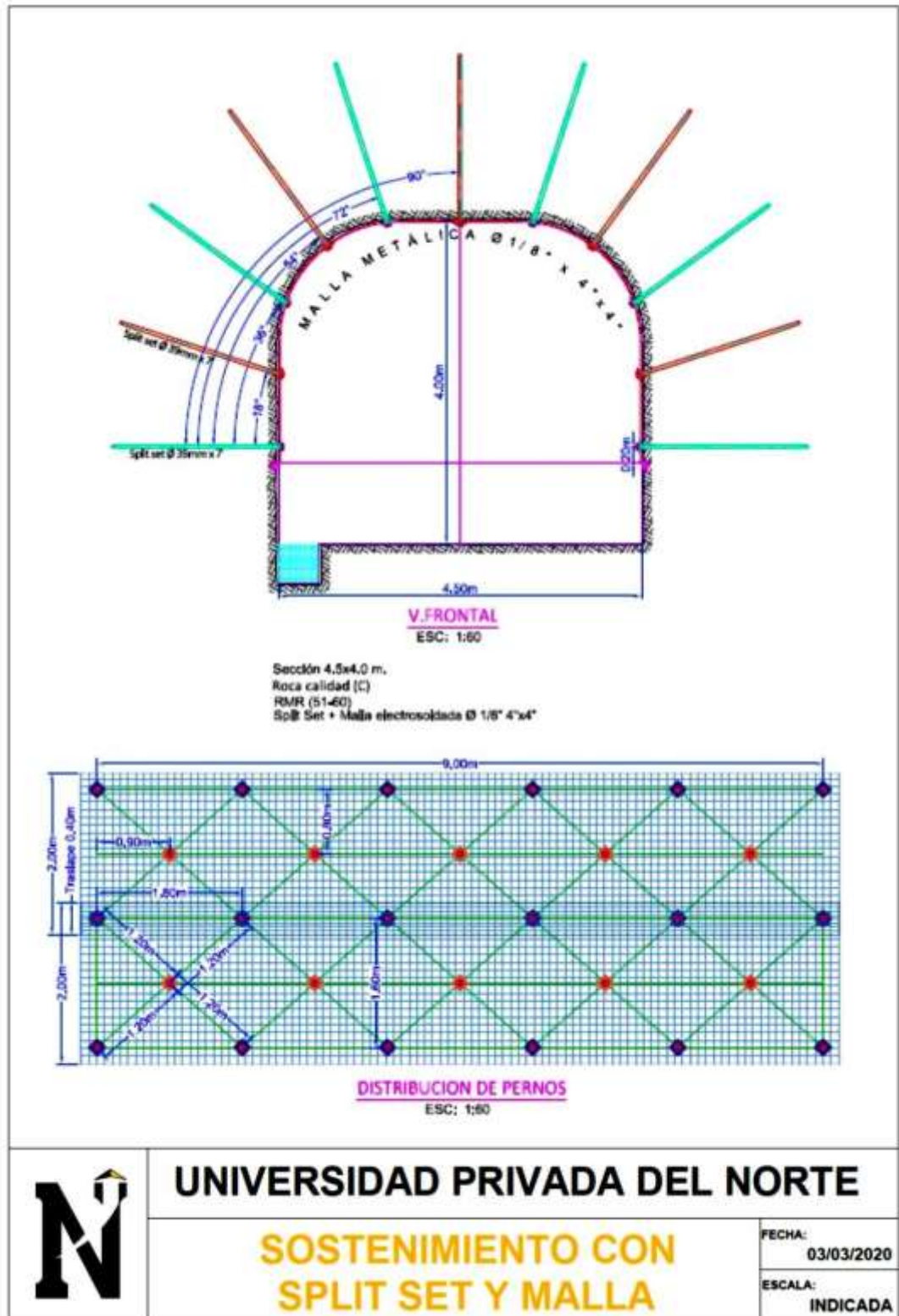
Sostenimiento con Split set y malla Sección 4.00 x 3.50 m, malla de 2.00 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 27:

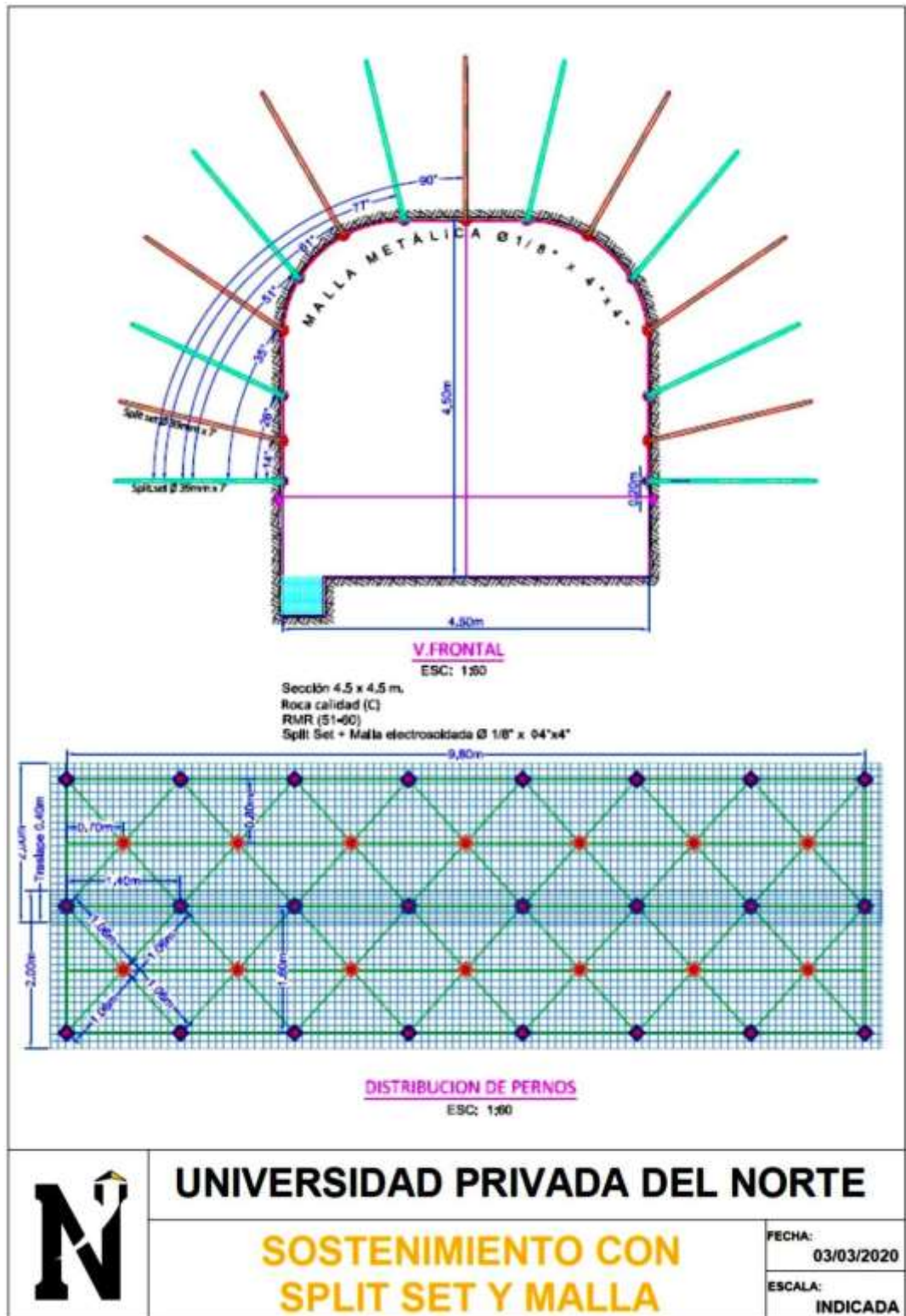
Sostenimiento con Split set y malla - Sección 4.50 x 4.00 m, malla de 2.00 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 28:

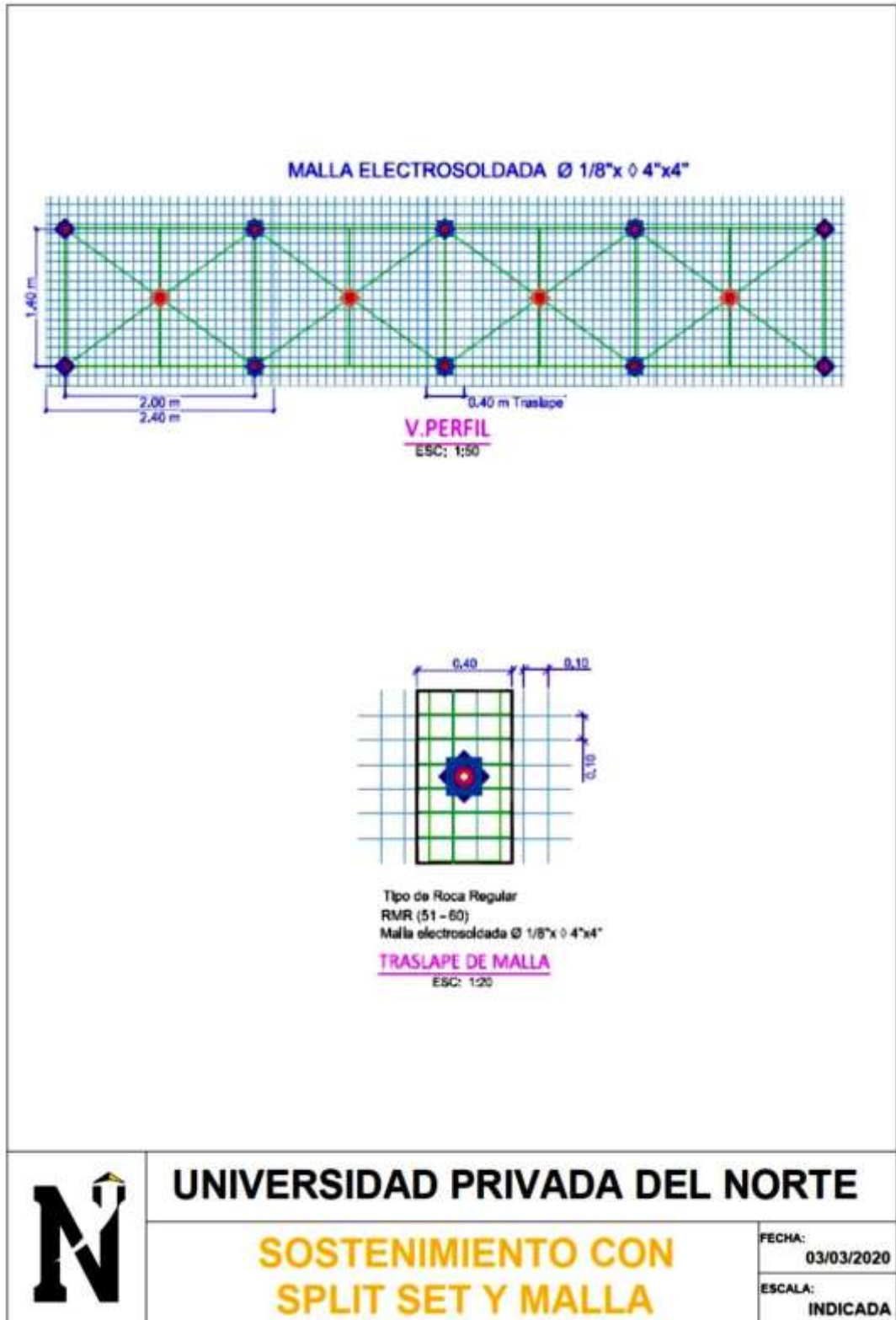
Sostenimiento con Split set y malla - Sección 4.50 x 4.50 m, malla de 2.00 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 29:

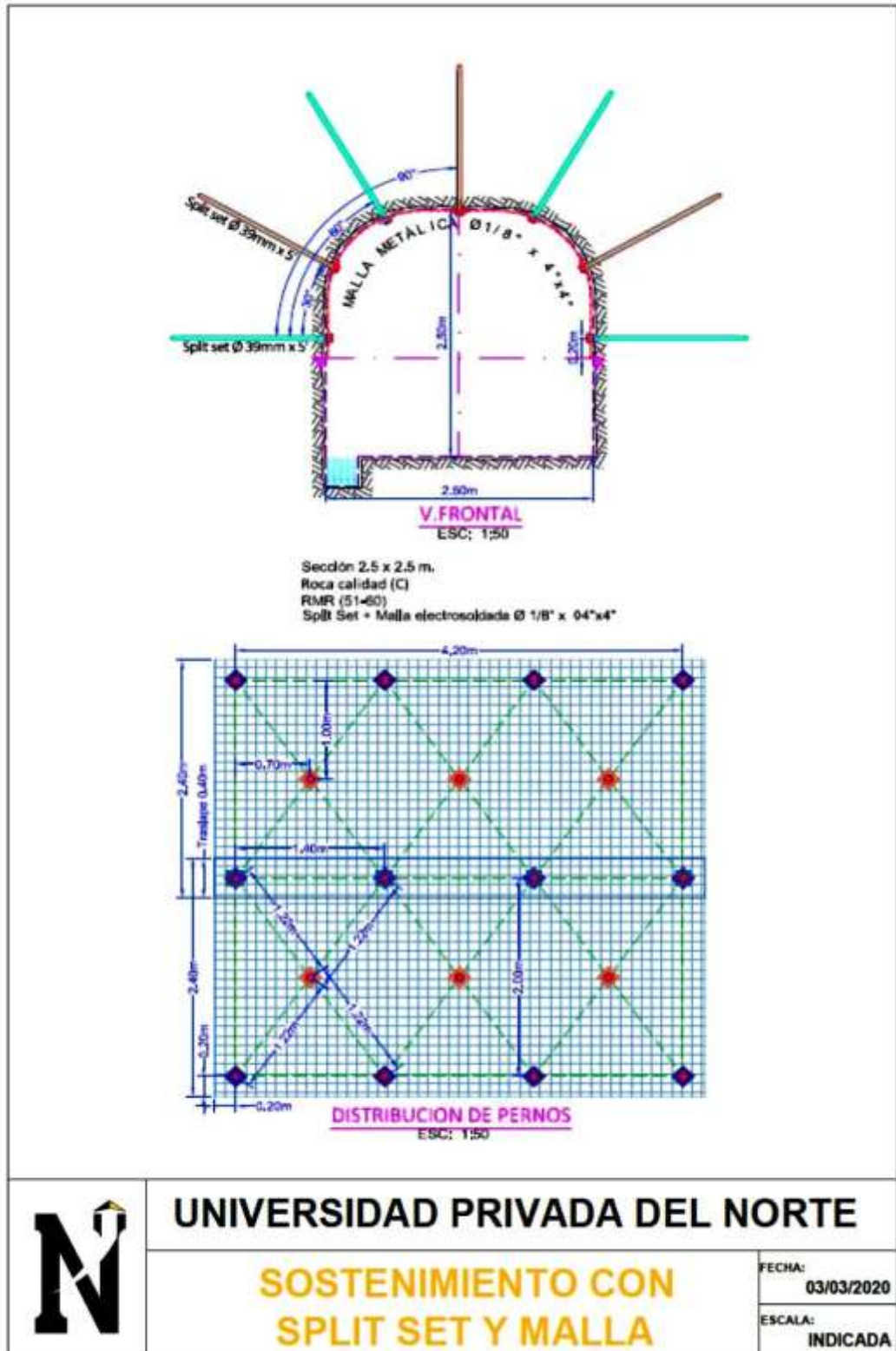
Sostenimiento con Split set y malla – Instalación de Split set y malla de 2.40 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 30:

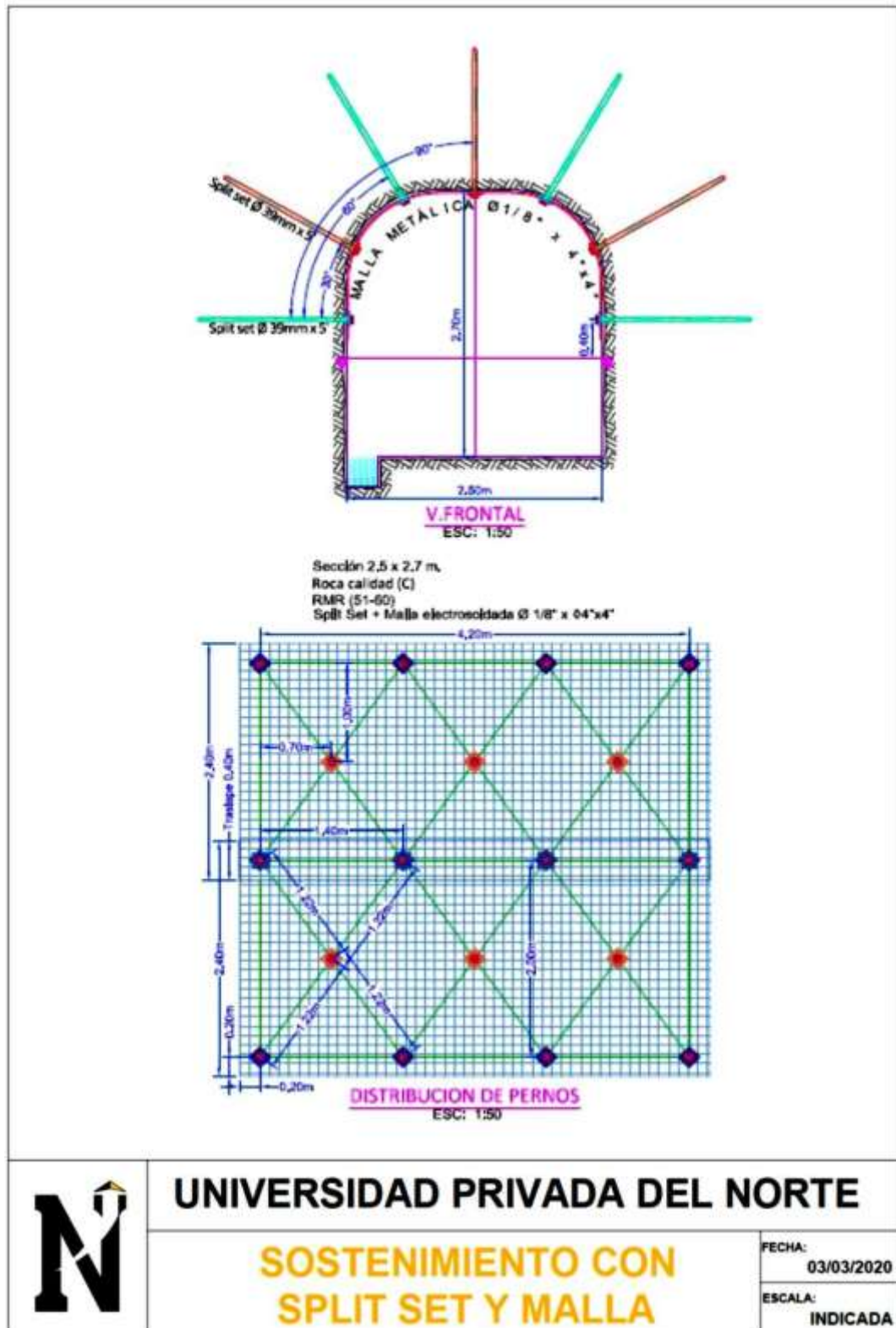
Sostenimiento con Split set y malla - Sección 2.50 x 2.50 m, malla metálica 2.40 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 31:

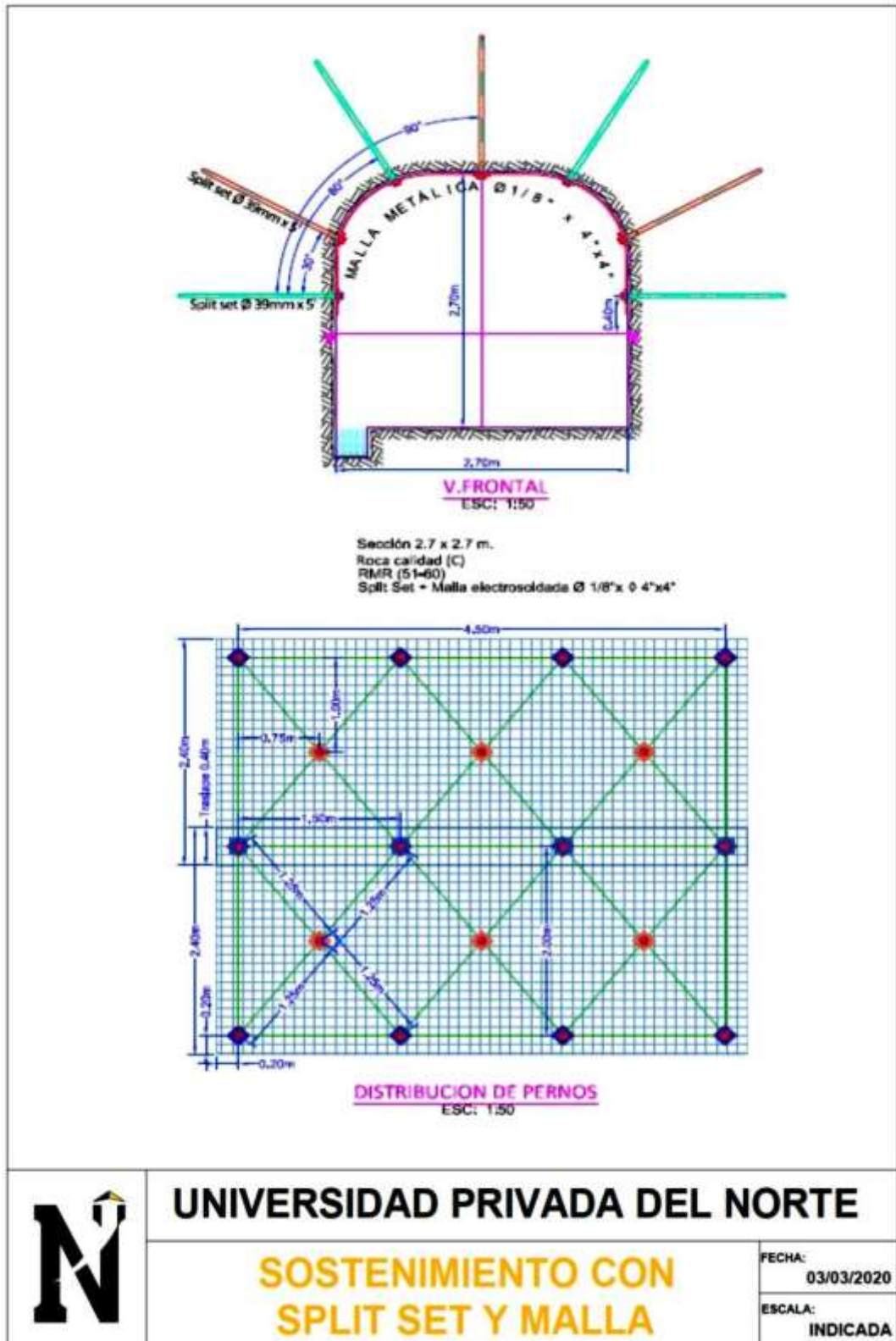
Sostenimiento con Split set y malla - Sección 2.50 x 2.70 m, malla metálica 2.40 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 32:

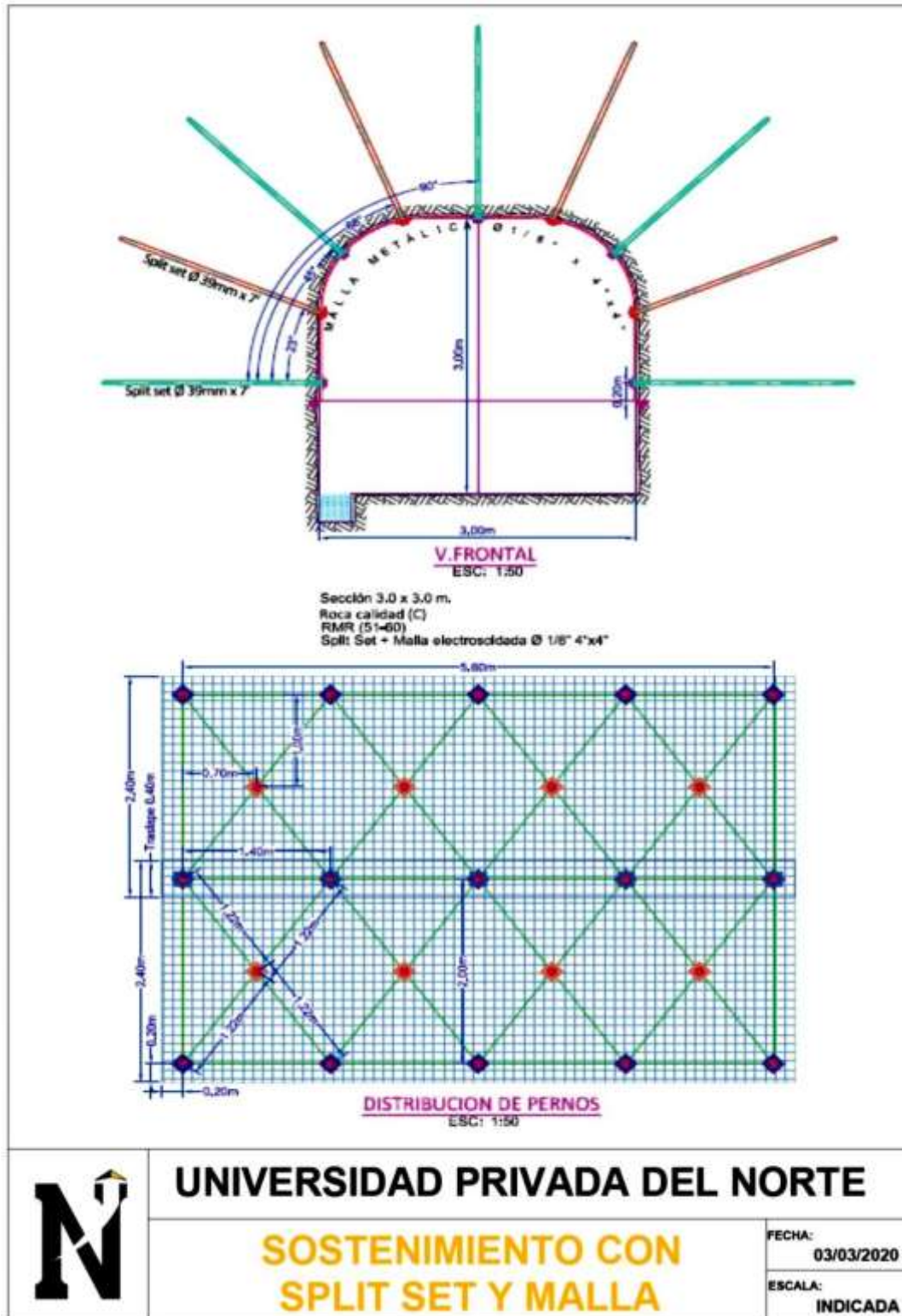
Sostenimiento con Split set y malla - Sección 2.70 x 2.70 m, malla metálica 2.40 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 33:

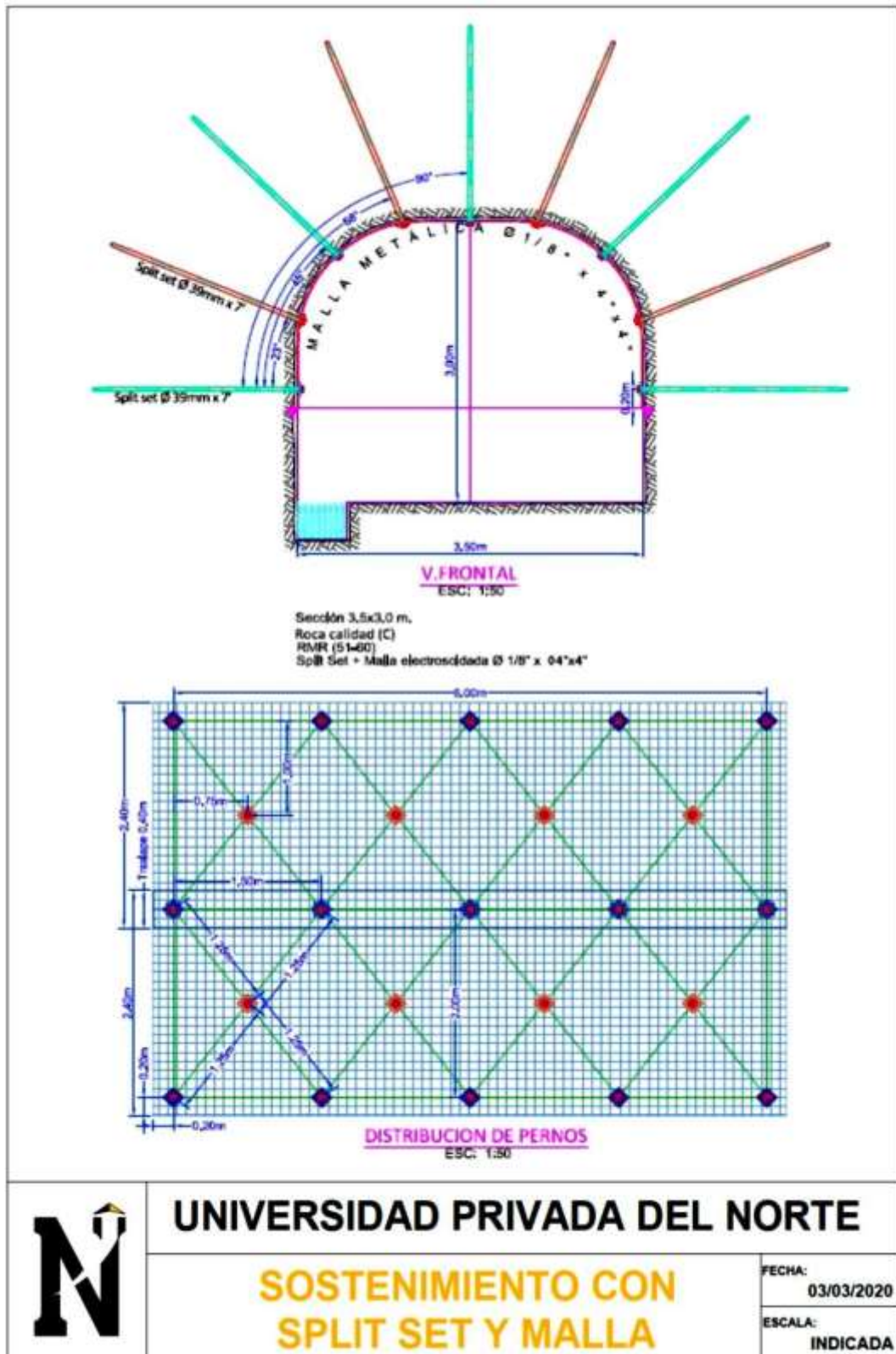
Sostenimiento con Split set y malla - Sección 3.00 x 3.00 m, malla metálica 2.40 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 34:

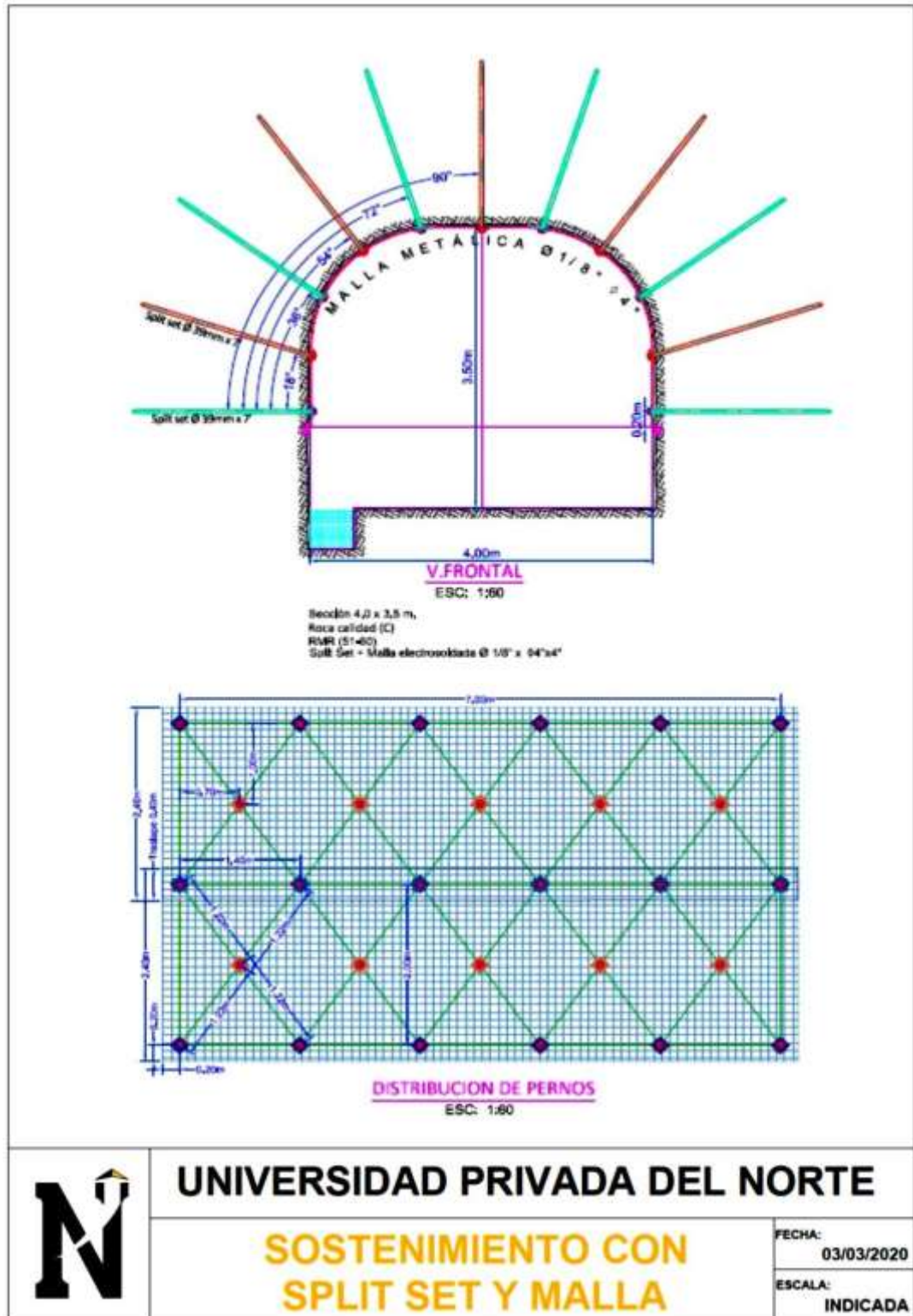
Sostenimiento con Split set y malla - Sección 3.50 x 3.00 m, malla metálica 2.40 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 35:

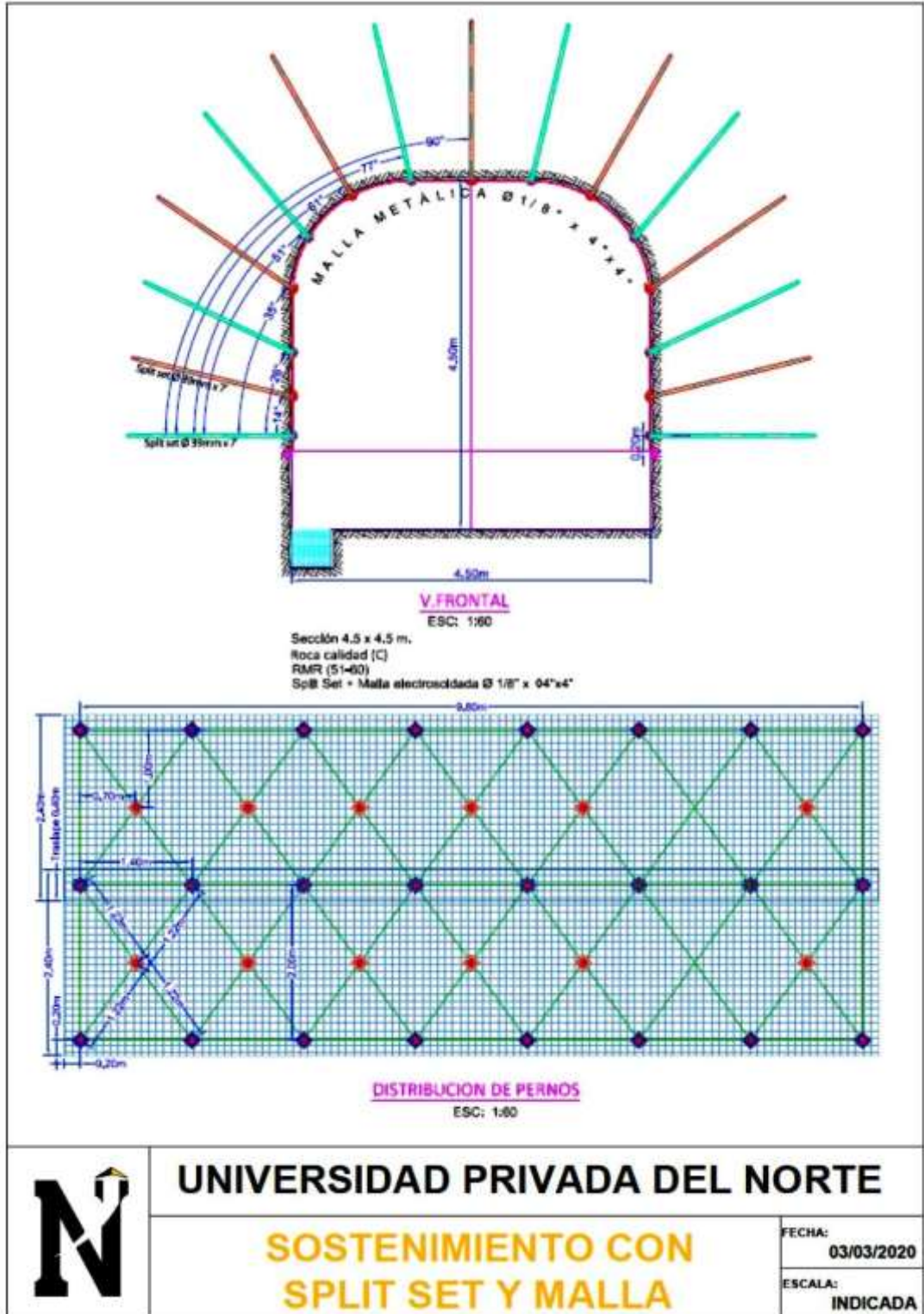
Sostenimiento con Split set y malla - Sección 4.00 x 3.50 m, malla metálica 2.40 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 36:

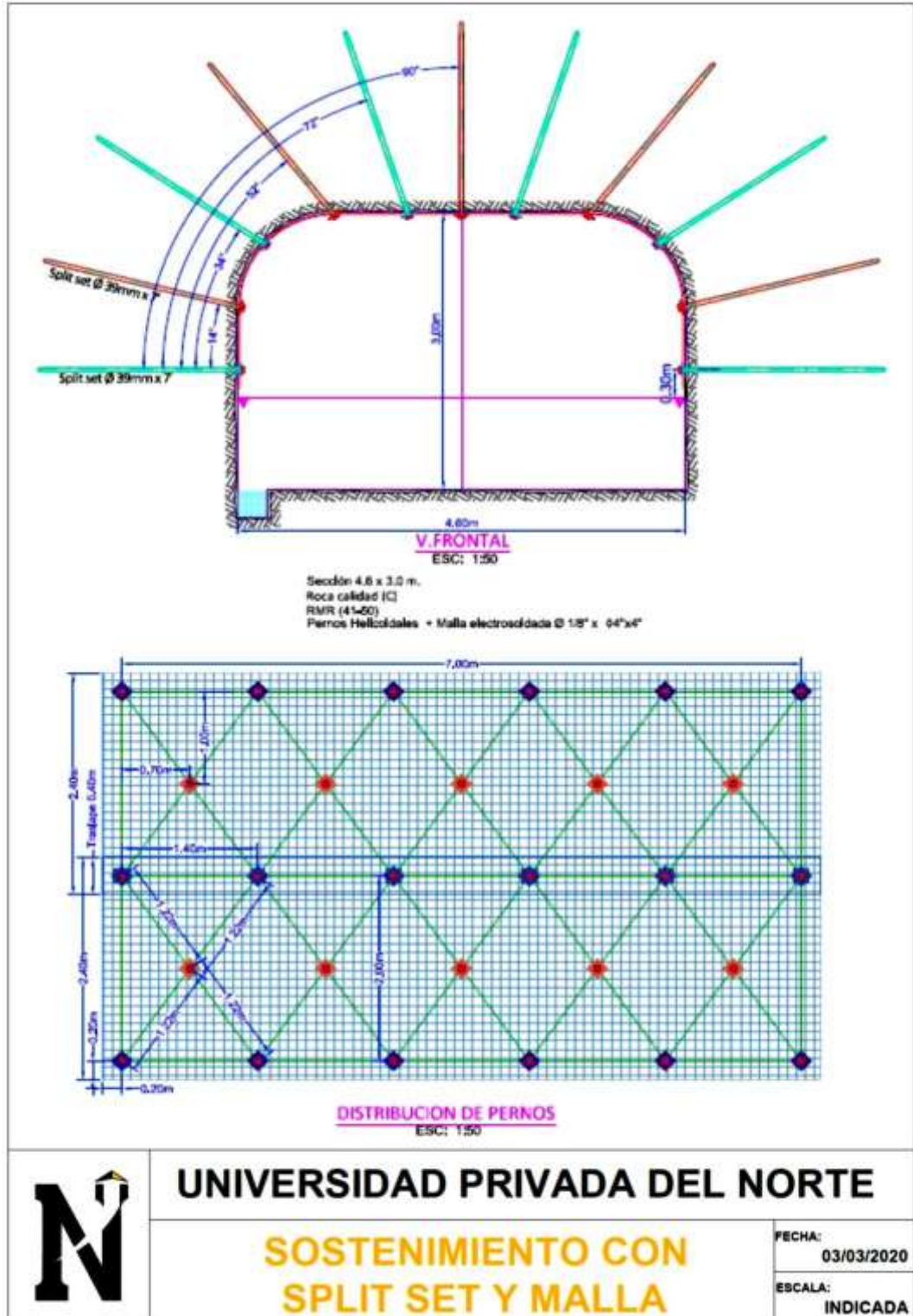
Sostenimiento con Split set y malla - Sección 4.50 x 4.50 m, malla metálica 2.40 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 37:

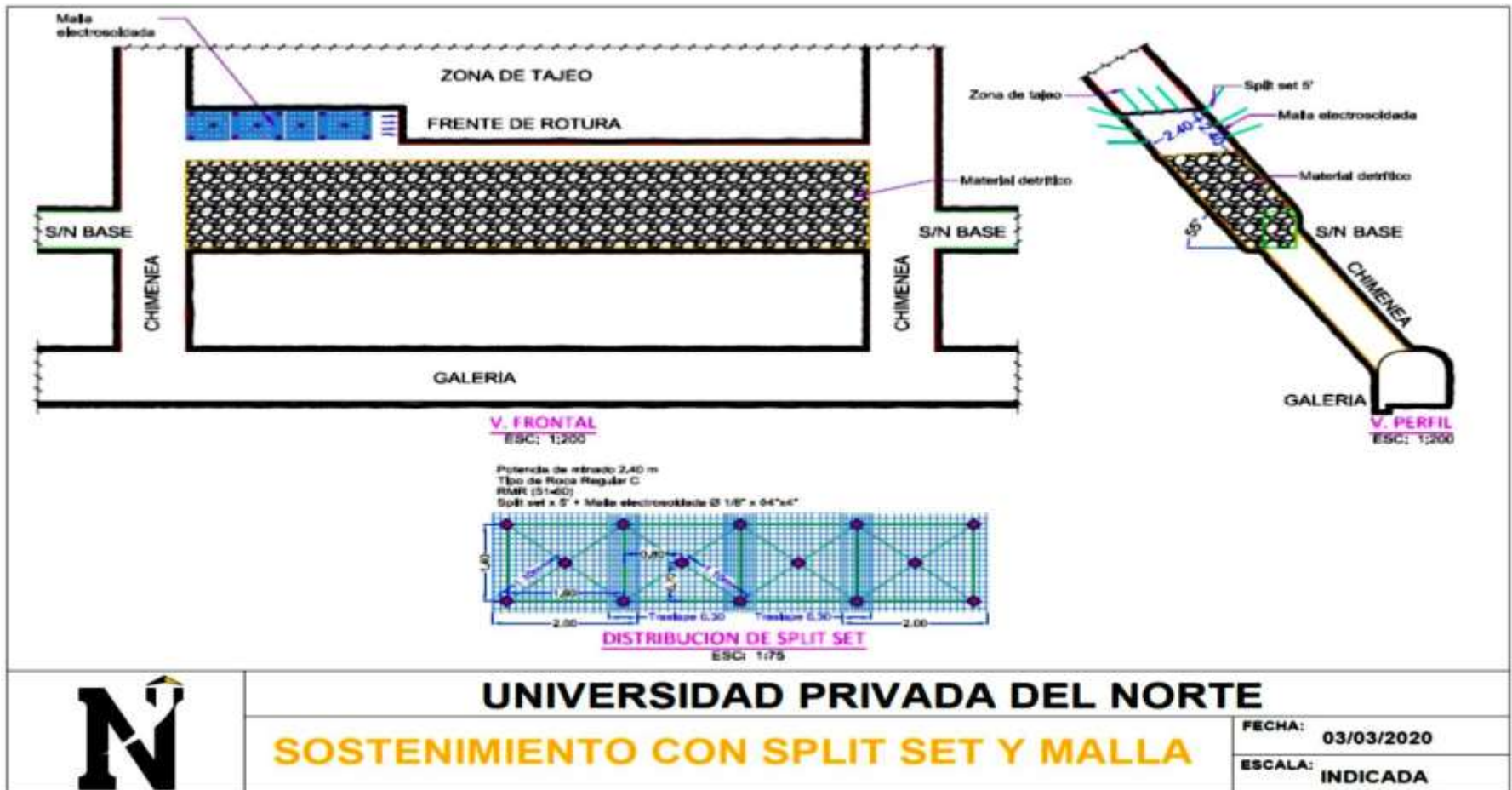
Sostenimiento con Split set y malla - Sección 4.60 x 3.00 m, malla metálica 2.40 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 38:

Sostenimiento con Split set y malla - Sección 2.40 x 2.40 m a 3.00 m x 3.00 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 39:

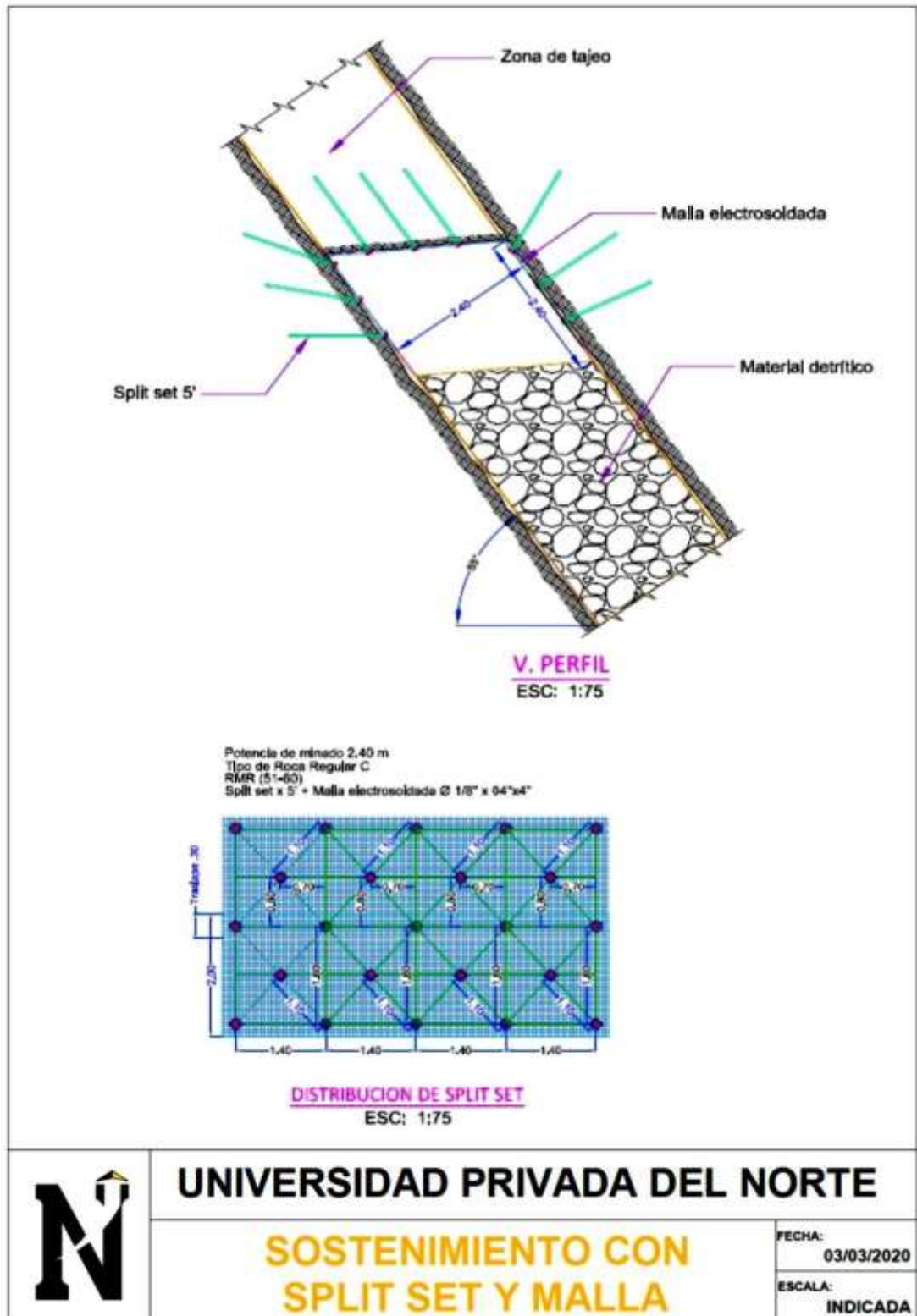
Sostenimiento con Split set y malla - Sección 3.00 x 3.00 m a 4.50 m x 4.50 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 40:

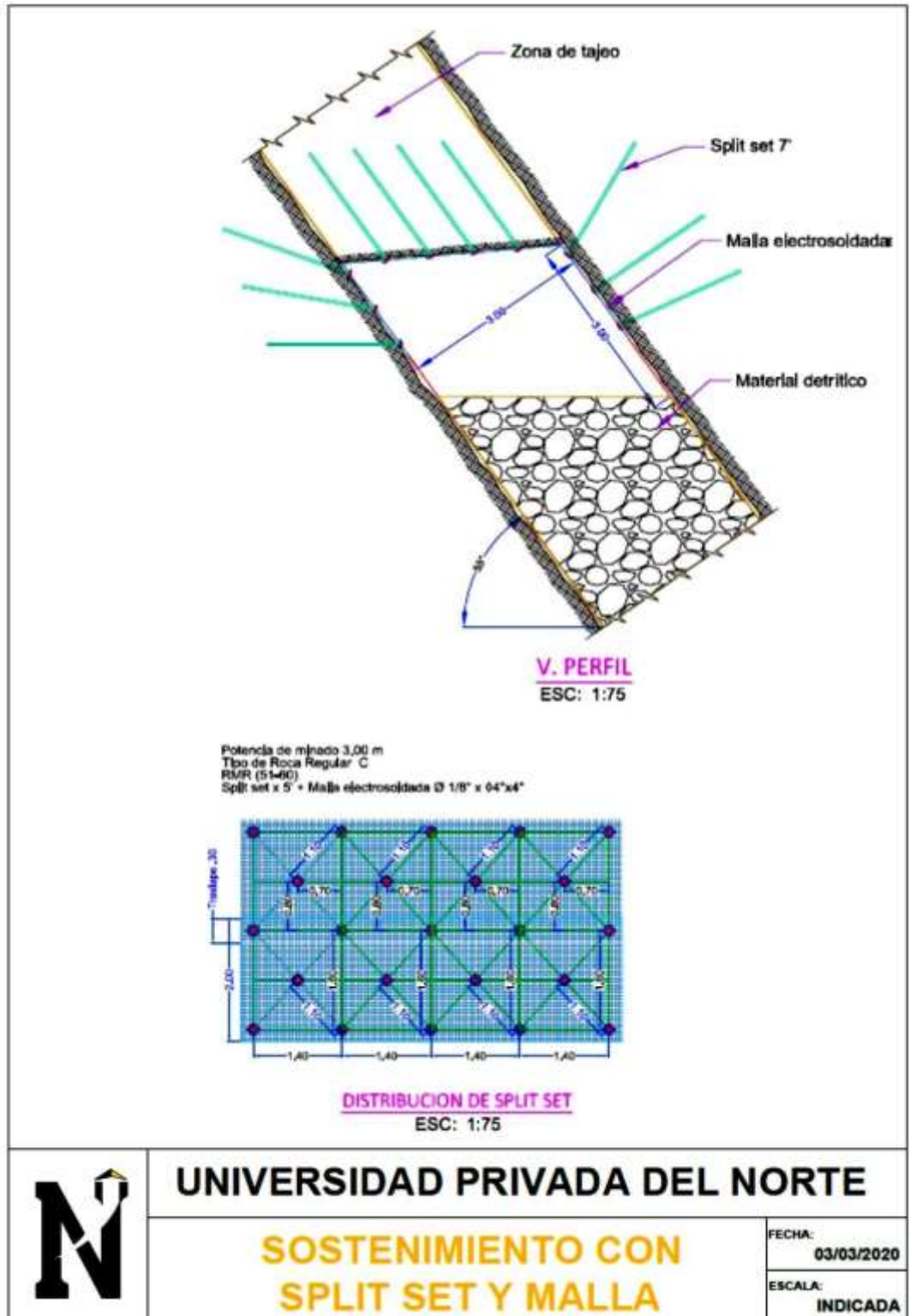
Sostenimiento con Split set y malla – Distribución de Split set, sección 2.40 x 2.40 m a 3.00 m x 3.00 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 41:

Sostenimiento con Split set y malla – Distribución de Split set, sección 3.00 x 3.00 m a 4.50 m x 4.50 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

3.2. Diseños de sostenimiento activo y pasivo en las labores de avance permanentes en una mina de oro subterránea de la Libertad

A continuación, se presenta los diferentes diseños de sostenimiento activo y pasivo aplicados en las labores de avance permanentes (son aquellos que van a perdurar en la vida de la mina). En el proyecto minero se ha considerado como labores permanentes las siguientes: Niveles, rampas, chimeneas de ventilación principal, galería principal, etc. En la mina de estudio se determinó trabajar las labores permanentes con la excepción de algunas temporales (dependiendo calidad de roca) con sostenimiento activo ya que le brinda mayor estabilidad al macizo rocoso, para la aplicación de sostenimiento de dichas labores se ha empleado:

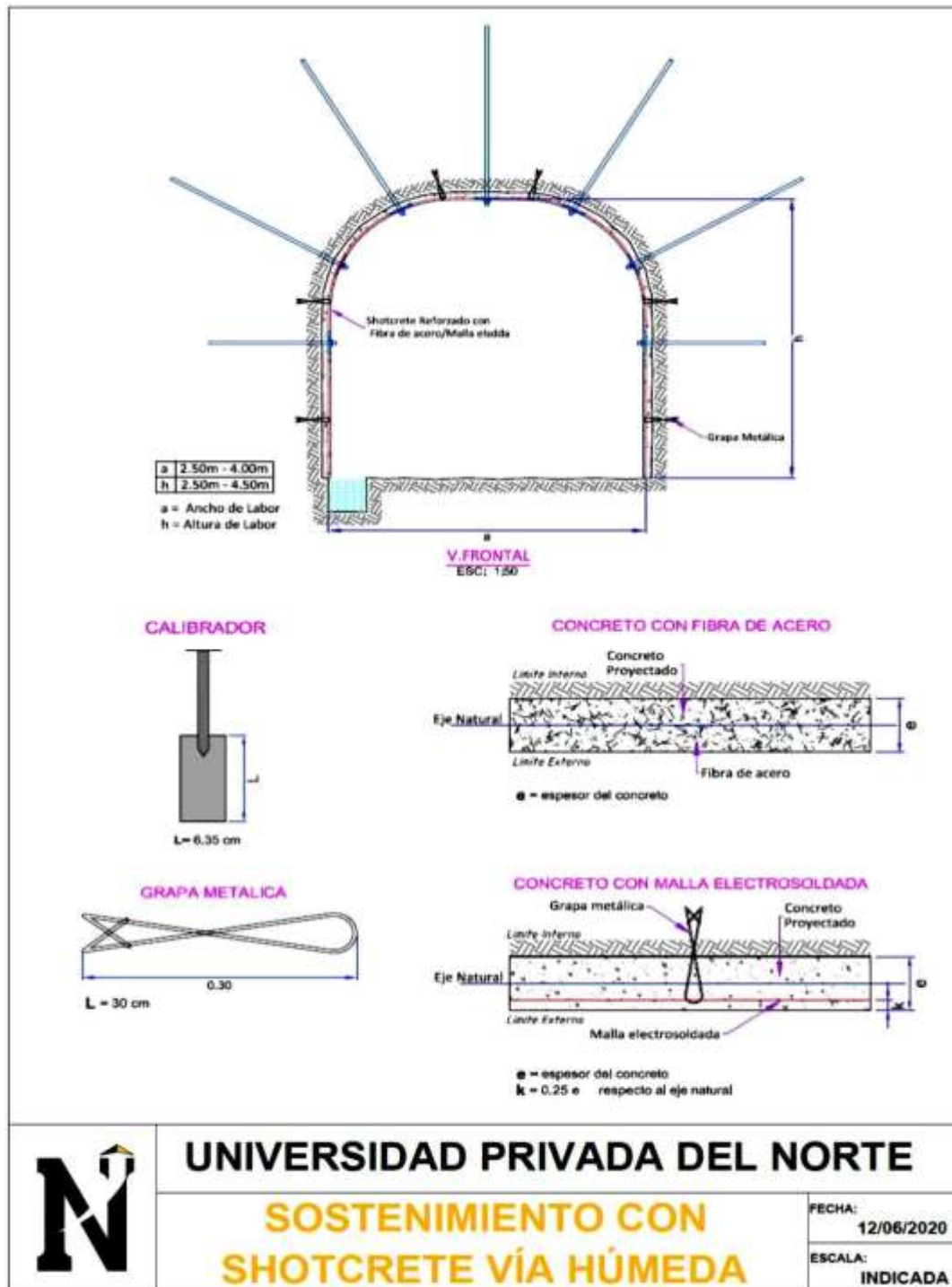
3.2.1. Shotcrete vía húmeda

La Gunita o Shotcrete de mezcla húmeda posee propiedades específicas que se manifiestan a través de la naturaleza del método de colocación. Este método consiste en mezclar previamente el cemento, los agregados y el agua en una planta de mezclado o en un camión mezclador para alimentar a la Gunitadora; con este método no se puede regular la cantidad de agua respecto a la distancia y el ángulo de aplicación; también no es el adecuado para regular la cantidad de el aditivo acelerante. Razón por la cual, al aplicarse en las paredes y techos de galerías generan alto porcentaje de desperdicios.

El sostenimiento con shotcrete vía húmeda, serán determinados de acuerdo al estudio geomecánico de las labores mineras, en calidad de roca mala, con RMR de rango 21a 40. El espesor será de 2 pulgadas (5 centímetros), 3 pulgadas (7.5 centímetros) y 4

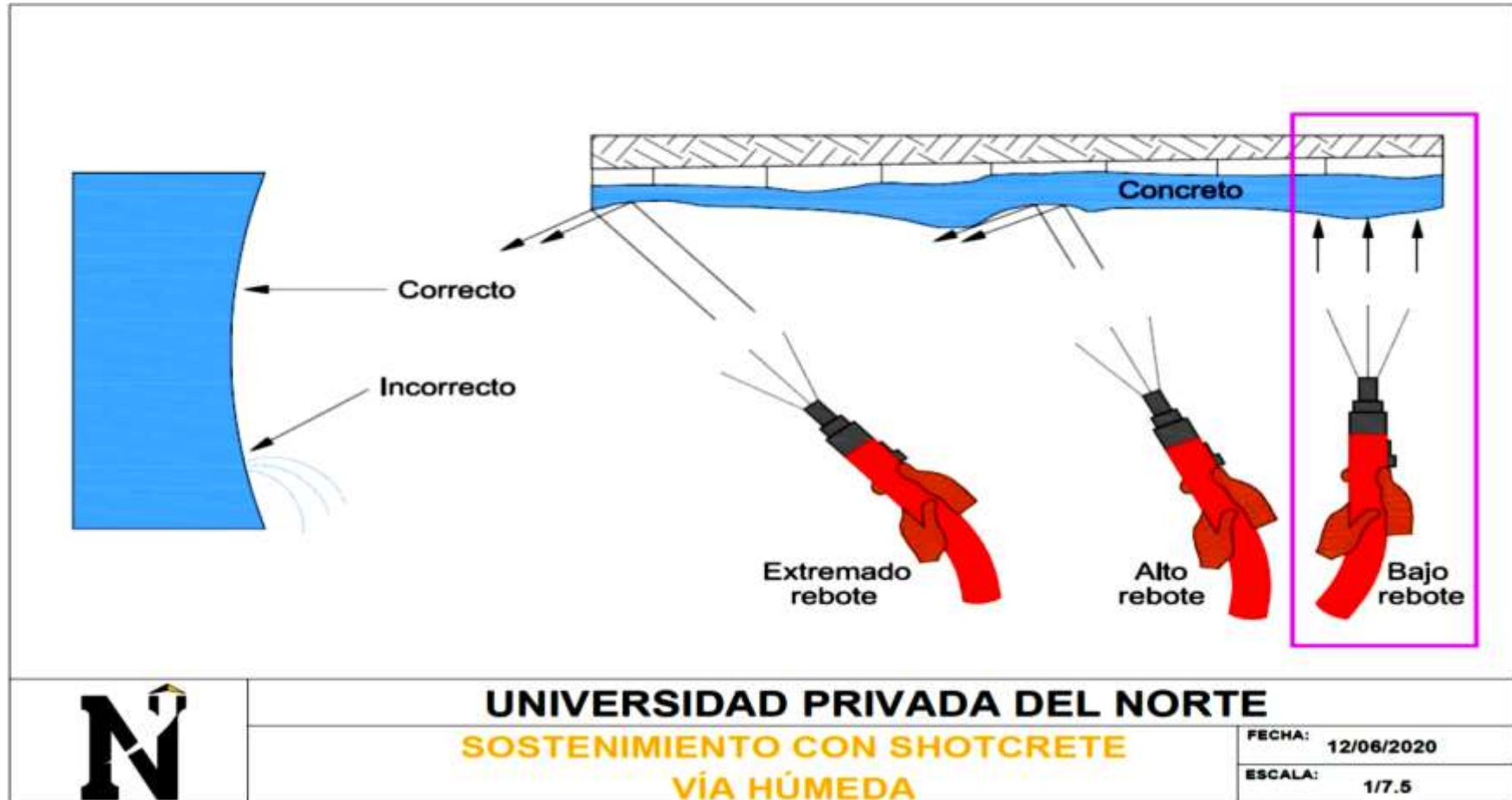
pulgadas (10 centímetros), según evaluación geomecánica.

Figura 42: *Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda - Detalles técnicos*



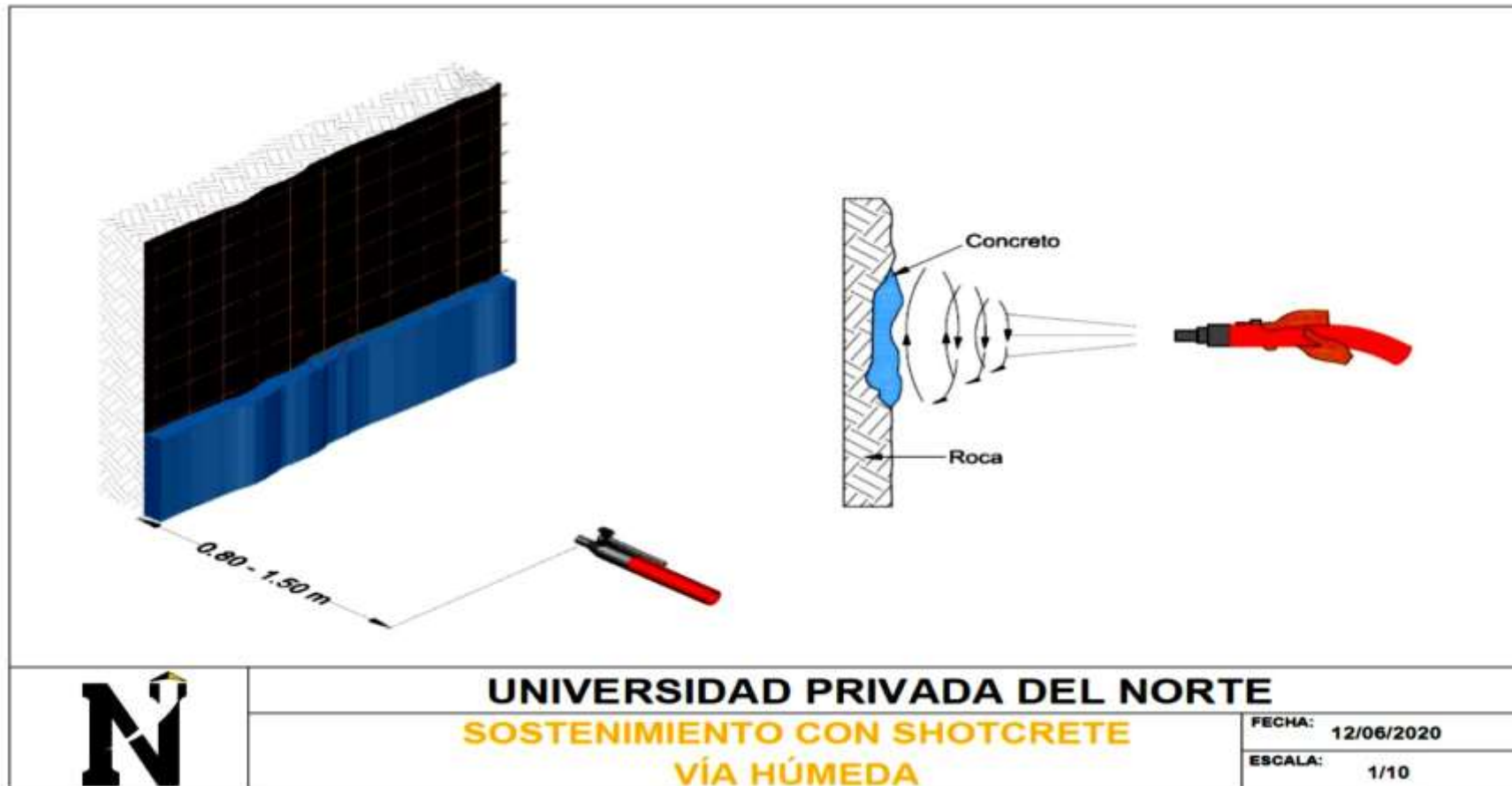
Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 43: *Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda - Ángulo de lanzado*



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

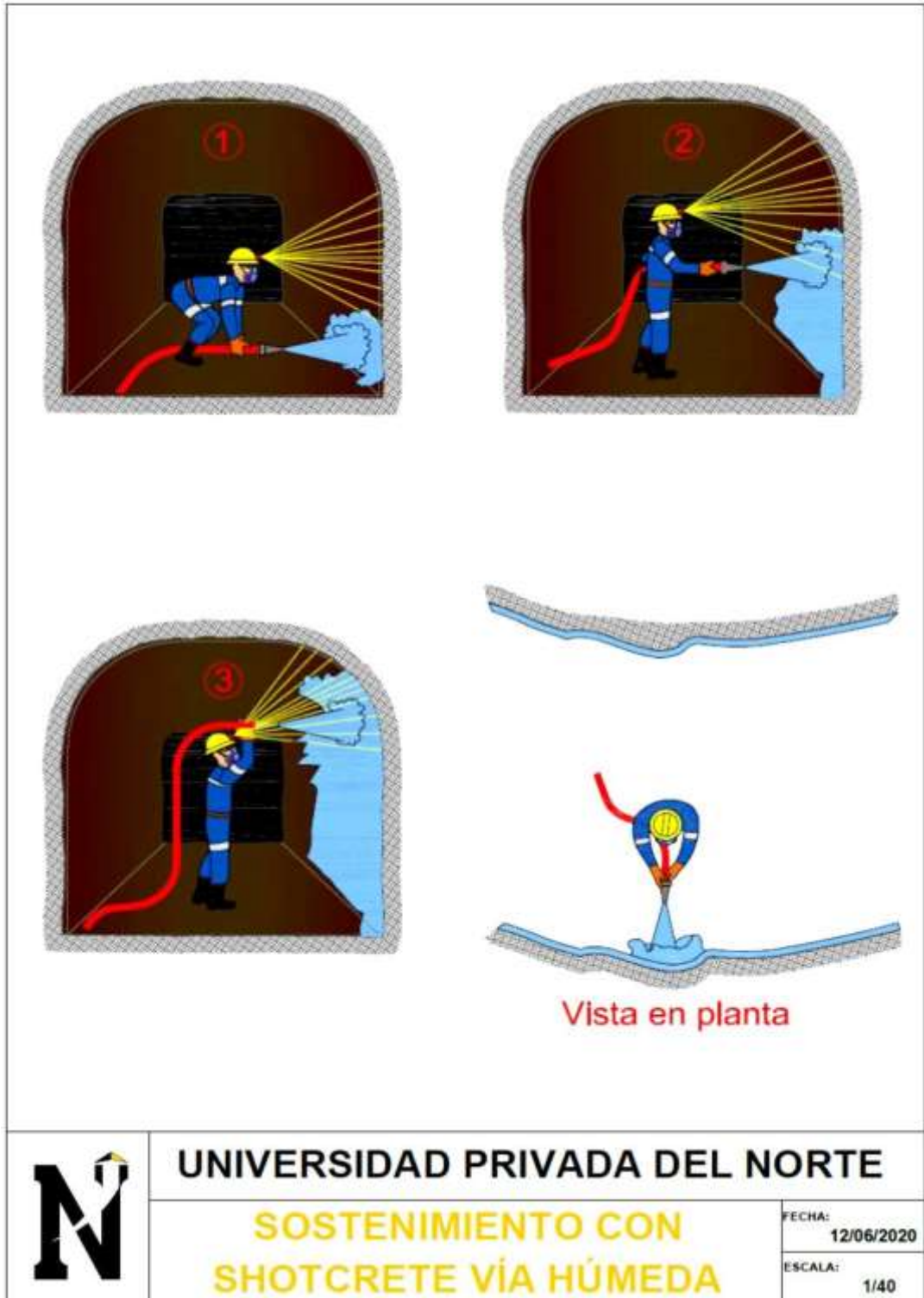
Figura 44: *Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda - Distancia de boquilla a la pared y modo de aplicación*



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 45:

Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda - Posición correcta para aplicar el shotcrete



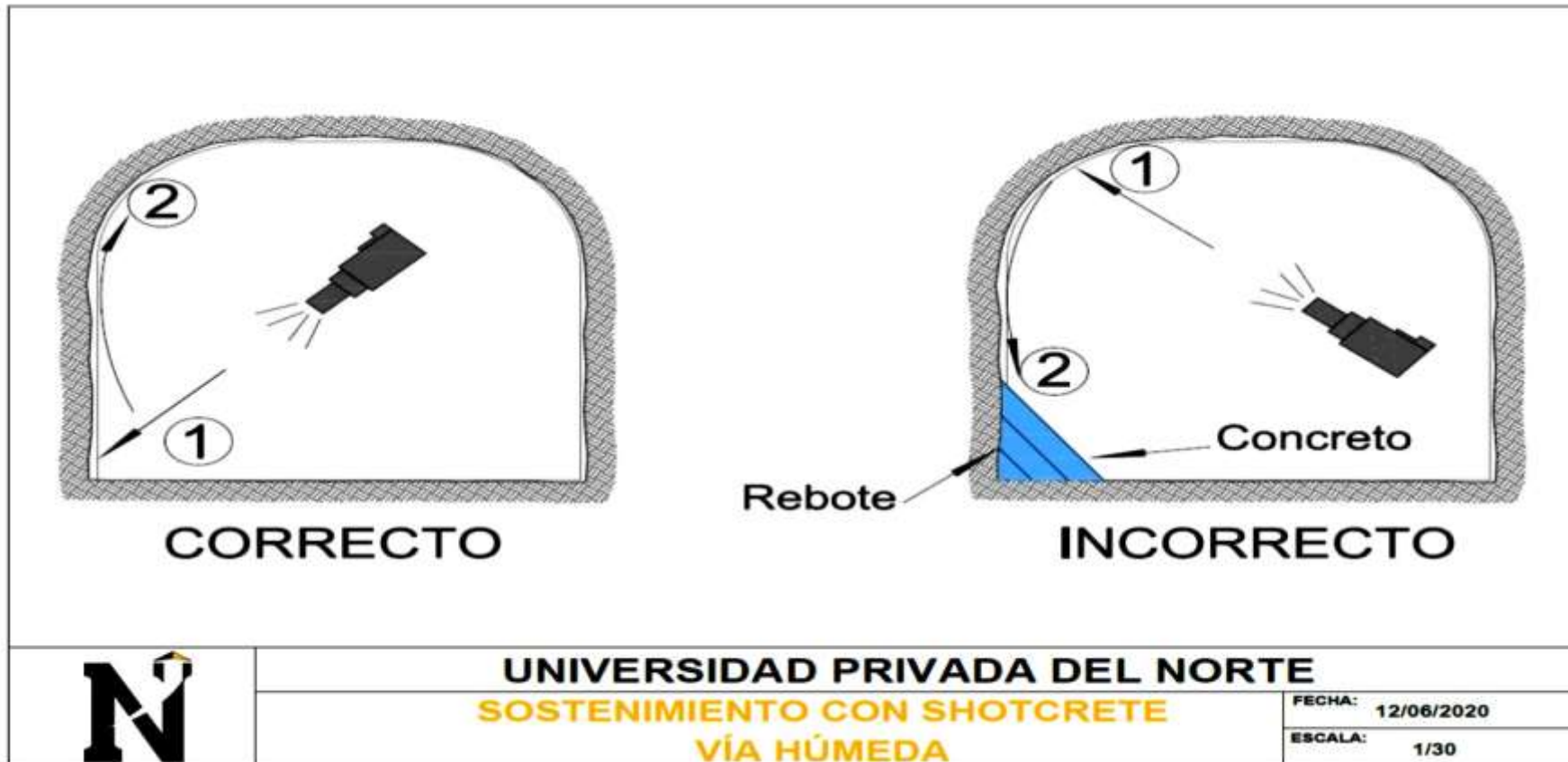
Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 46: *Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda - Instalación de tubos de drenaje en zonas de agua*



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 47: *Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda - Secuencia de aplicación de Shotcrete*



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

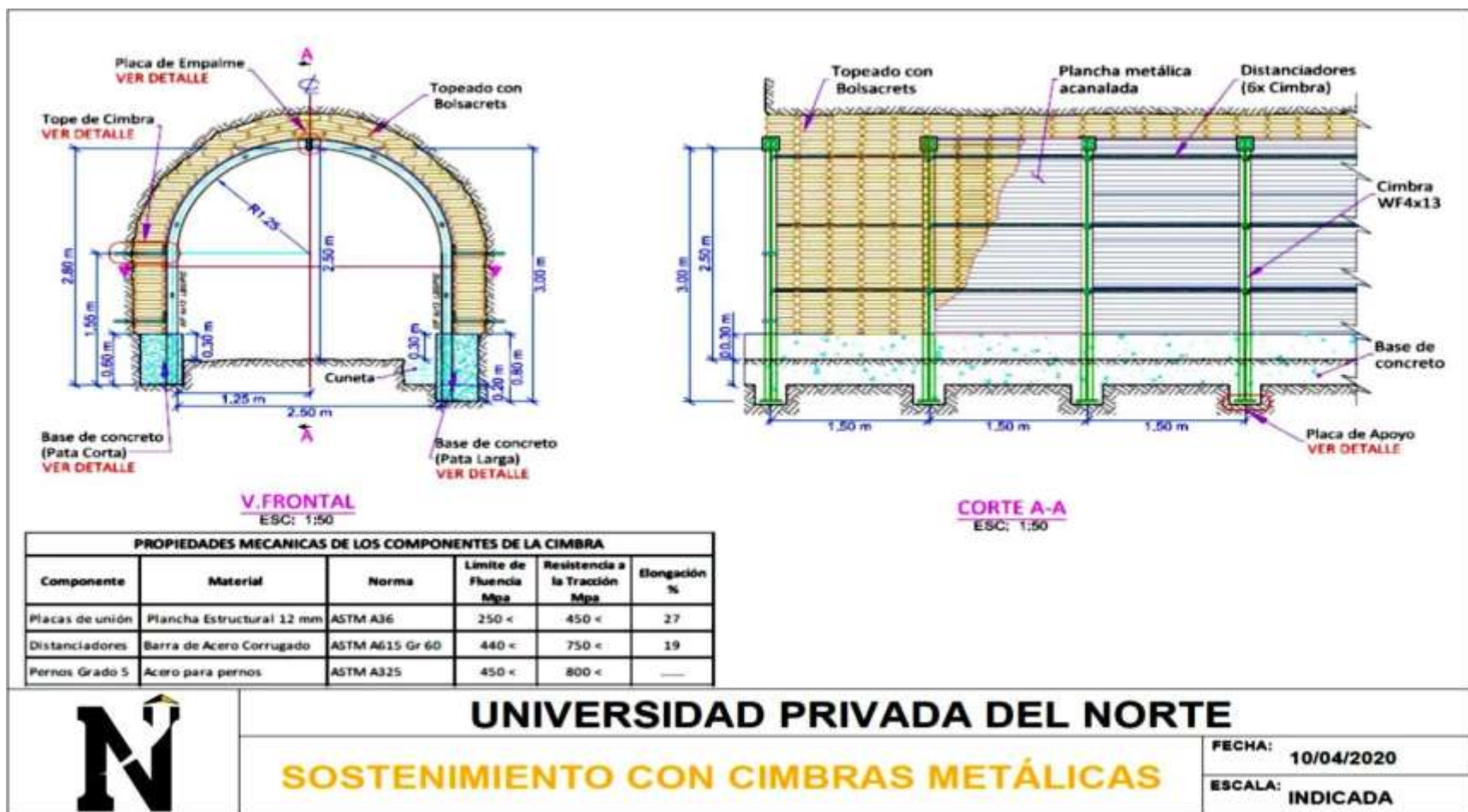
3.2.2. Cimbras metálicas

Este típico sostenimiento pasivo o soporte es utilizado generalmente para el sostenimiento permanente de labores de avance, en condiciones de masa rocosa intensamente fracturada o muy débil, que le confieren calidad mala a muy mala, sometida a condiciones de altos esfuerzos.

Para lograr un control efectivo de la estabilidad en tales condiciones de terreno, las cimbras son utilizadas debido a su excelente resistencia mecánica y sus propiedades de deformación, lo cual contrarresta el cierre de la excavación y evita su ruptura prematura. La ventaja es que este sistema continúa proporcionando soporte después que hayan ocurrido deformaciones importantes. Las cimbras son construidas con perfiles de acero, según los requerimientos de la forma de la sección de la excavación, es decir, en forma de baúl, herradura o incluso circulares, siendo recomendable que éstos sean de alma llena. Hay dos tipos de cimbras, las denominadas "rígidas" y las "deslizantes o fluyentes".

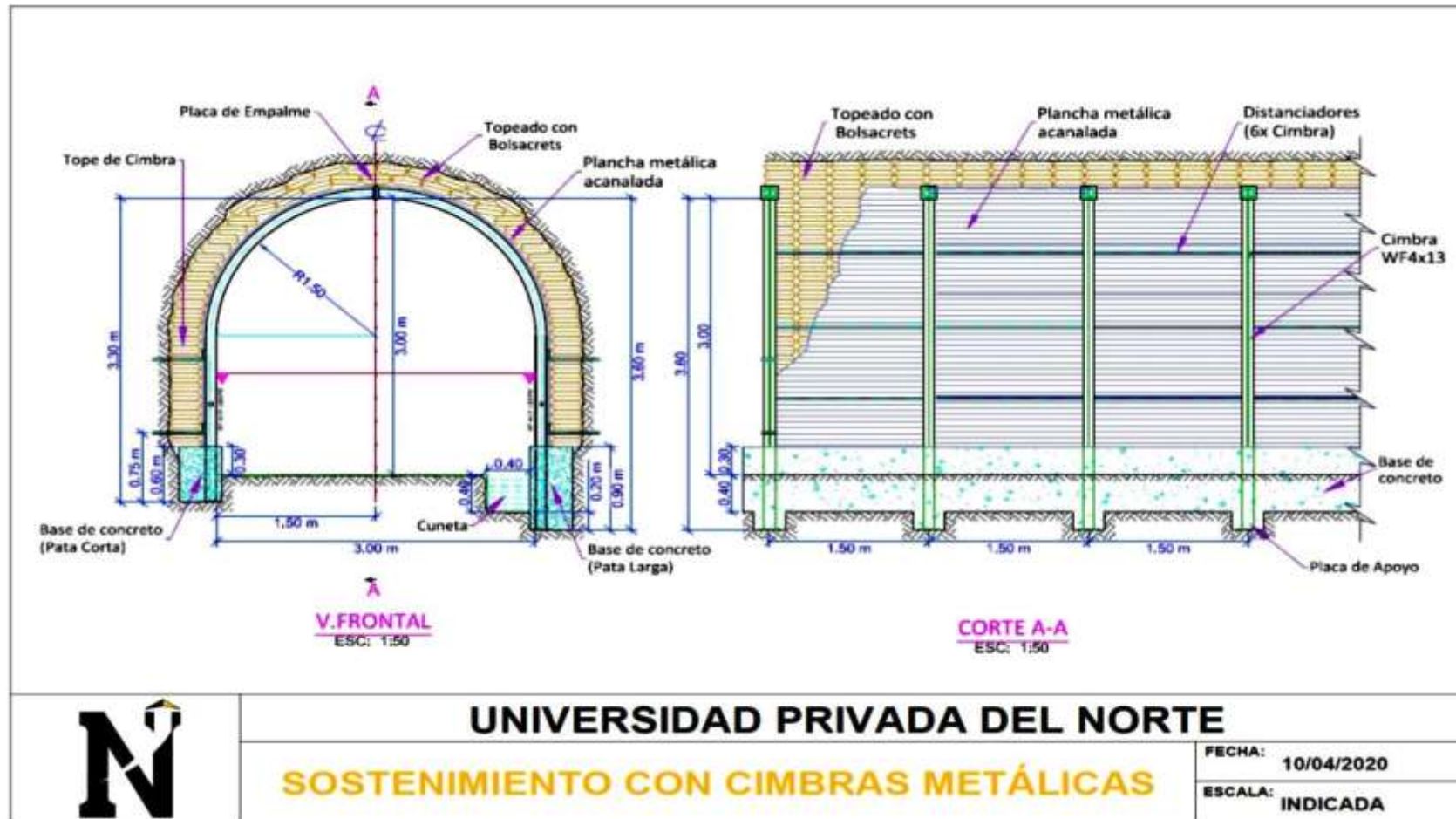
Los arcos de acero “cimbras” deben ser utilizados en terrenos malos y muy malos, con RMR menores a 40. Los arcos de acero serán de viga H-4 ó H-6, de dos cuerpos, cualquier cambio en su diseño, será evaluado y autorizado por el geomecánico.

Figura 48: Sostenimiento con cimbras metálicas - Instalación de cimbras sección 2.50 m x 2.50 m



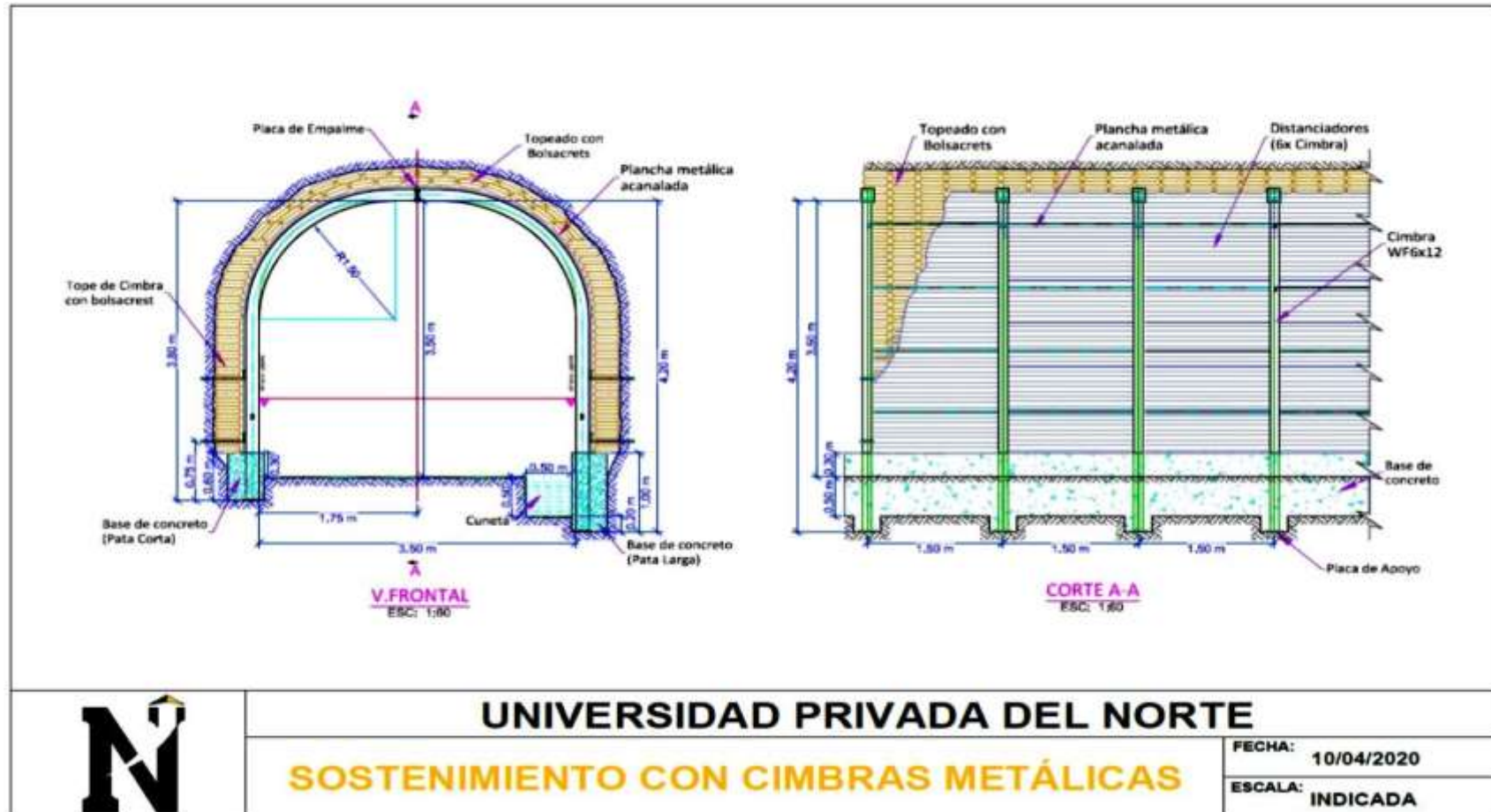
Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 49: Sostenimiento con cimbras metálicas - Instalación de cimbras sección 3.00 m x 3.00 m



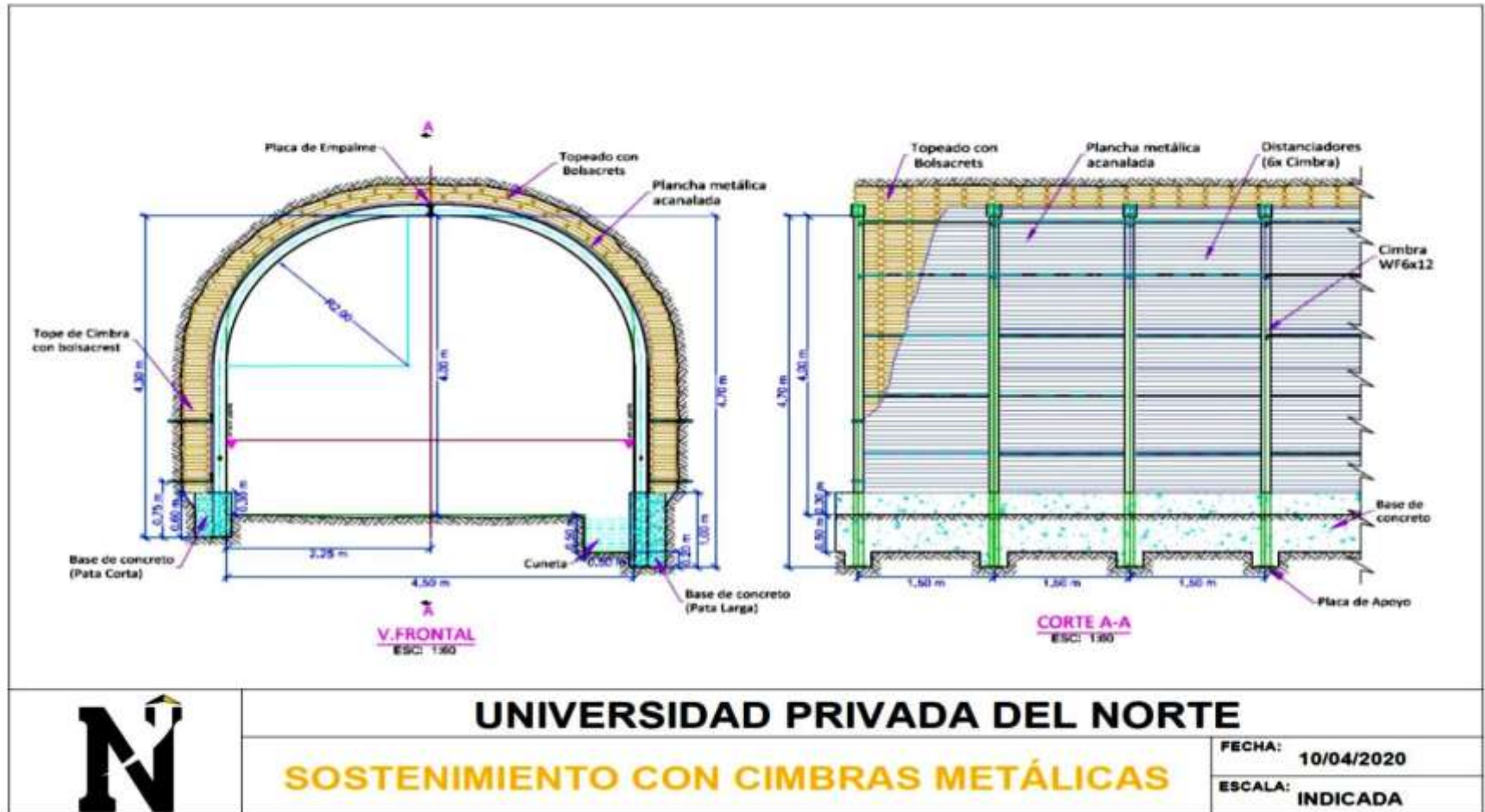
Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 50: *Sostenimiento con cimbras metálicas - Instalación de cimbras sección 3.50 m x 3.50 m*



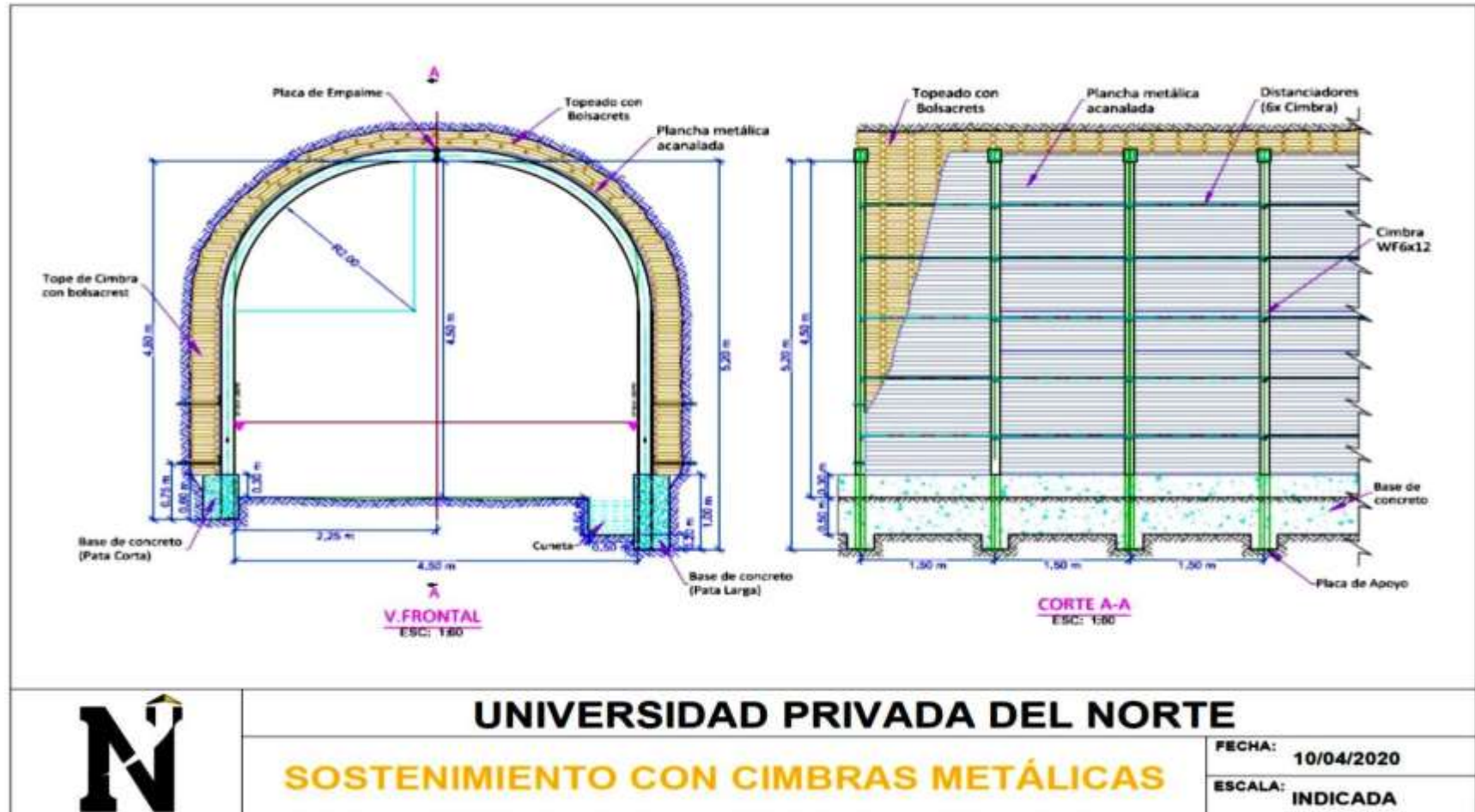
Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 51: *Sostenimiento con cimbras metálicas - Instalación de cimbras sección 4.50 m x 4.00 m*



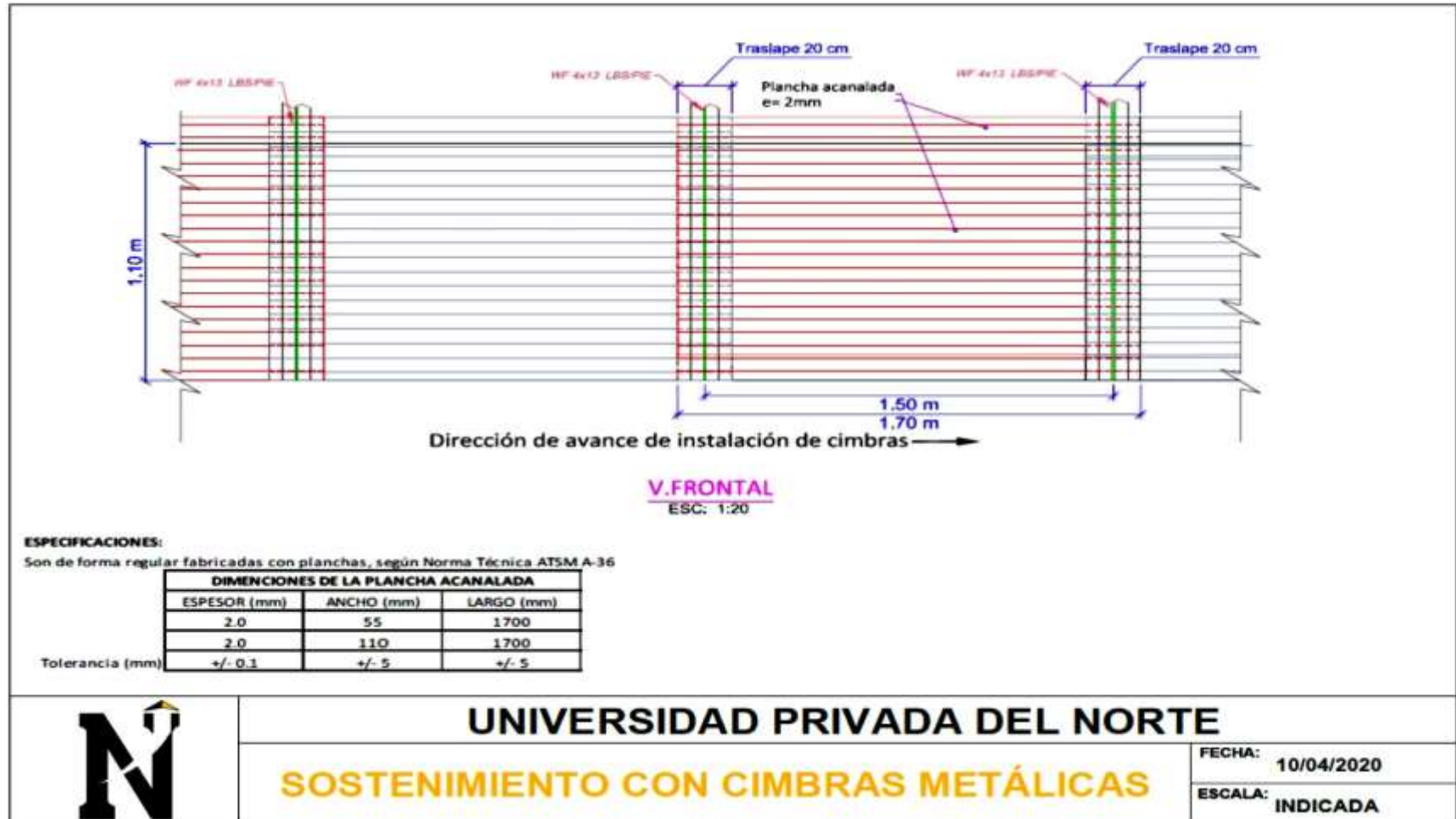
Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 52: *Sostenimiento con cimbras metálicas - Instalación de cimbras sección 4.50 m x 4.50 m*



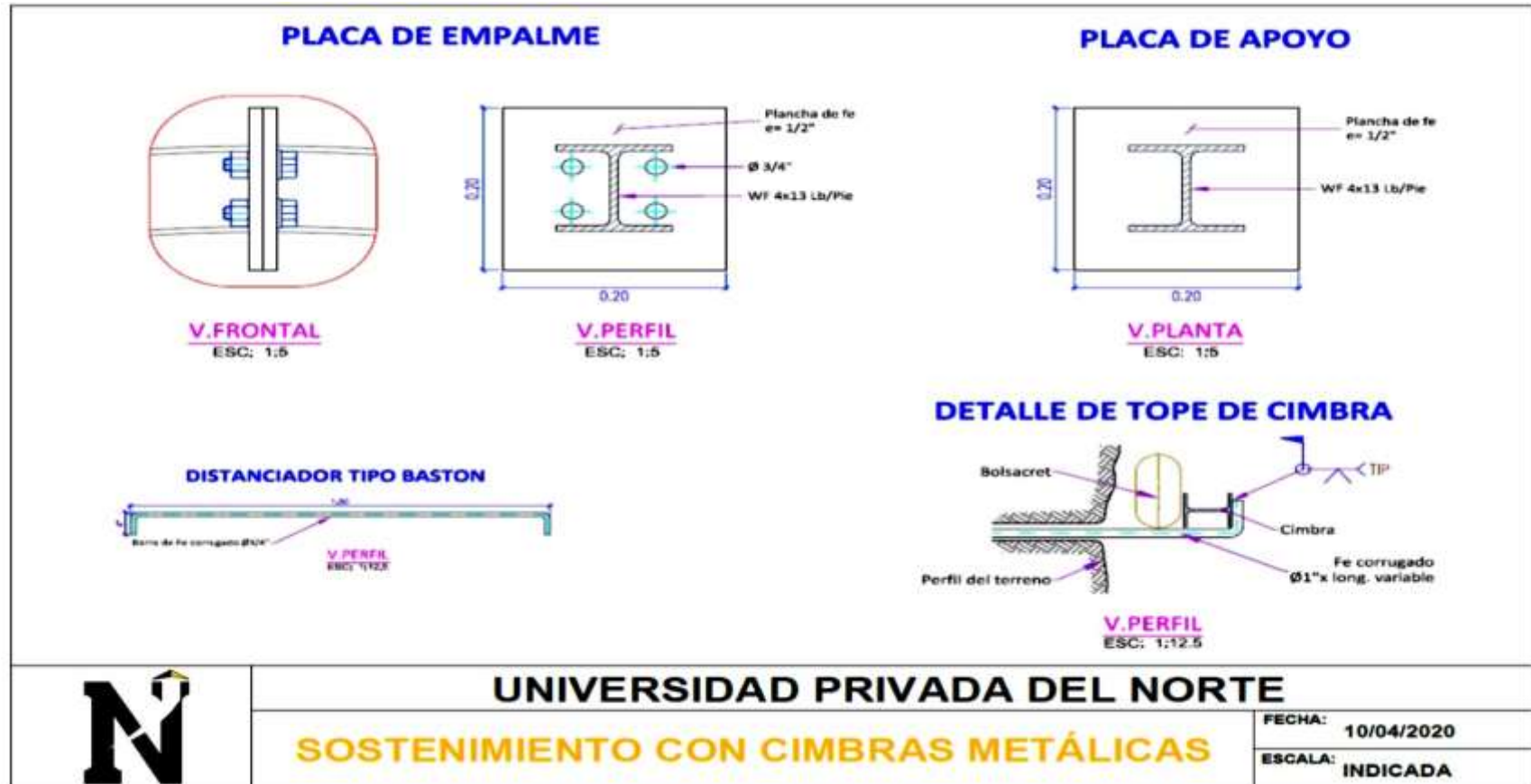
Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 53: *Sostenimiento con cimbras metálicas - Instalación de plancha metálica*



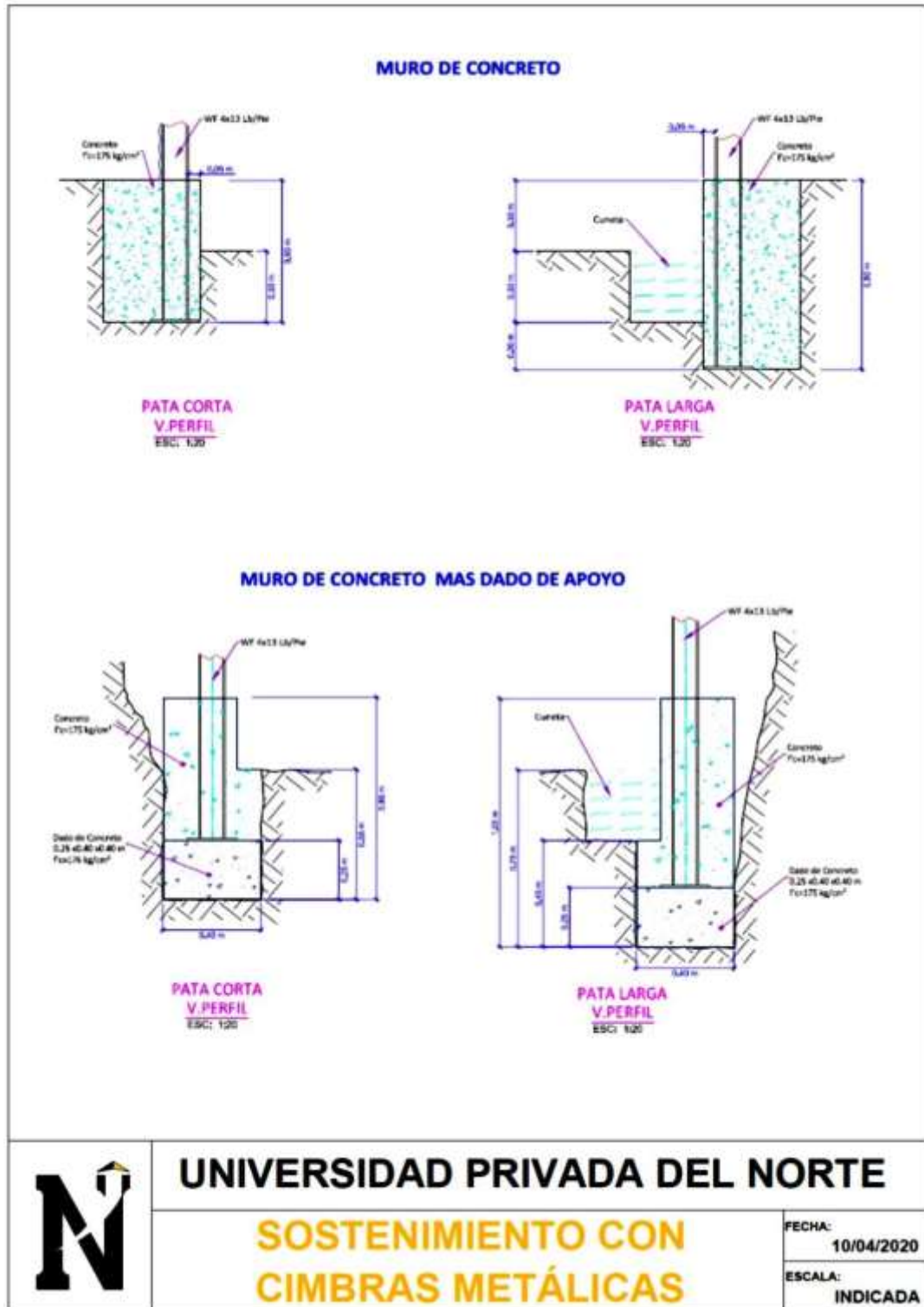
Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 54: *Sostenimiento con cimbras metálicas - Detalles de instalación de cimbra*



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

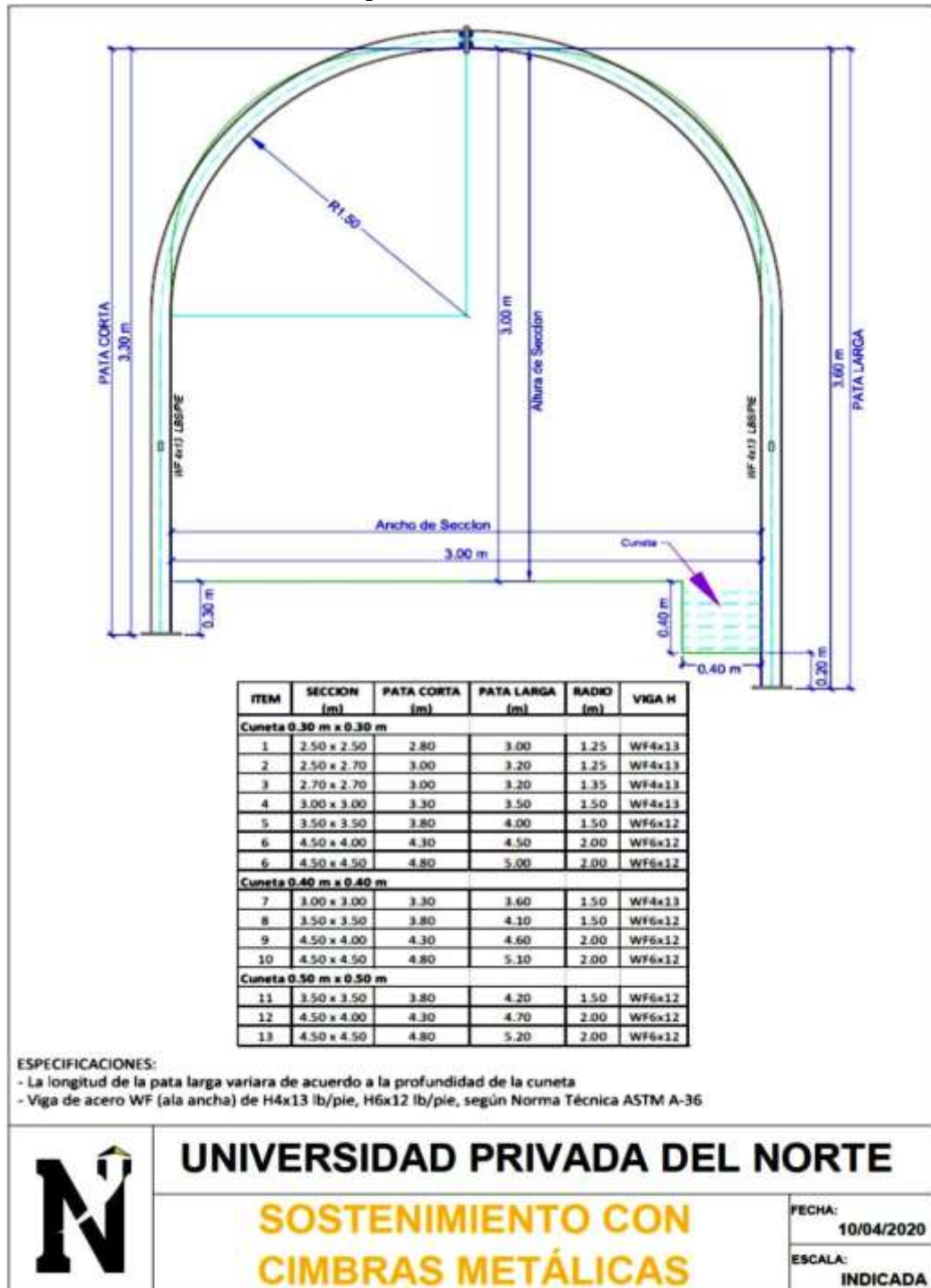
Figura 55: Sostenimiento con cimbras metálicas - Detalles de muro y dado de concreto



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 56:

Sostenimiento con cimbras metálicas - Especificaciones de las cimbras



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

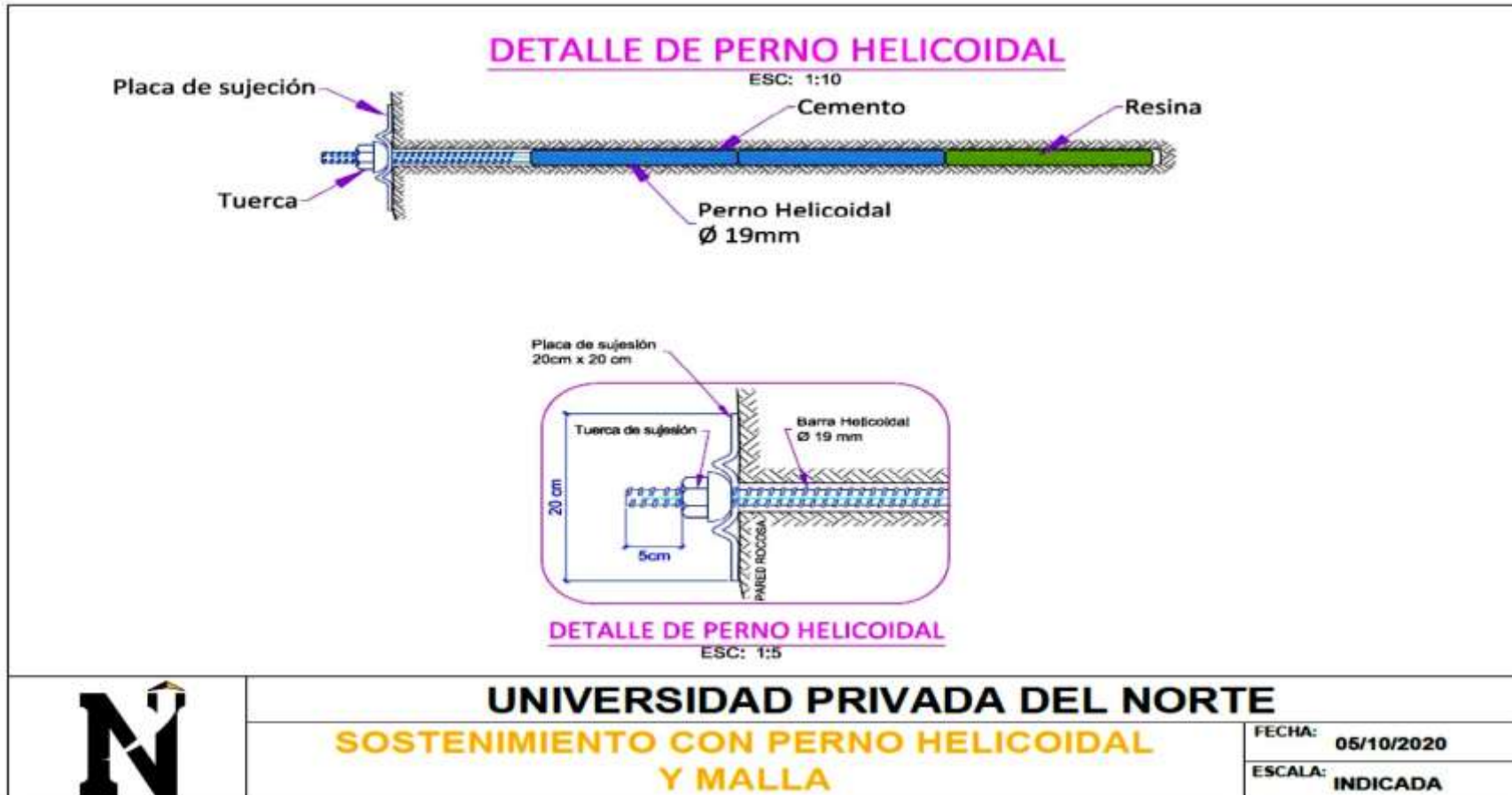
3.2.3. Pernos helicoidales y malla

El perno helicoidal es una barra de acero helicoidal cuya sección transversal es ovalada, con resaltes en forma de un hilo helicoidal izquierdo, que actúa en colaboración con un sistema de fijación formado por una placa de acero perforada y una tuerca de fundición nodular, las cuales actúan de forma complementaria para reforzar y preservar la resistencia natural del macizo rocoso.

Son estructuras de acero formadas por barras dispuestas en forma ortogonal y electro-soldadas por fisión, es decir sin aporte de material en todos los puntos del encuentro, estos productos son fabricados bajo la norma IRAM-IAS U 50006, el acero utilizado es de calidad T-500 (1), es decir laminado en frío y con una tensión de fluencia característica de 500 MPa, se presentan en una amplia variedad de secciones, cuadrículas y diámetros de alambres según su aplicación final. La soldadura por fisión eléctrica permite lograr uniones más sólidas y terminaciones de alta calidad.

El sostenimiento con pernos helicoidales y malla electrosoldada, se utilizará en calidad de roca regular a regular mala, rango de RMR entre 30 a 50, según la cartilla geomecánica y de acuerdo al mapeo geomecánico diario por labor. Los pernos helicoidales con malla electro soldada serán utilizados solo en labores de larga duración o permanentes.

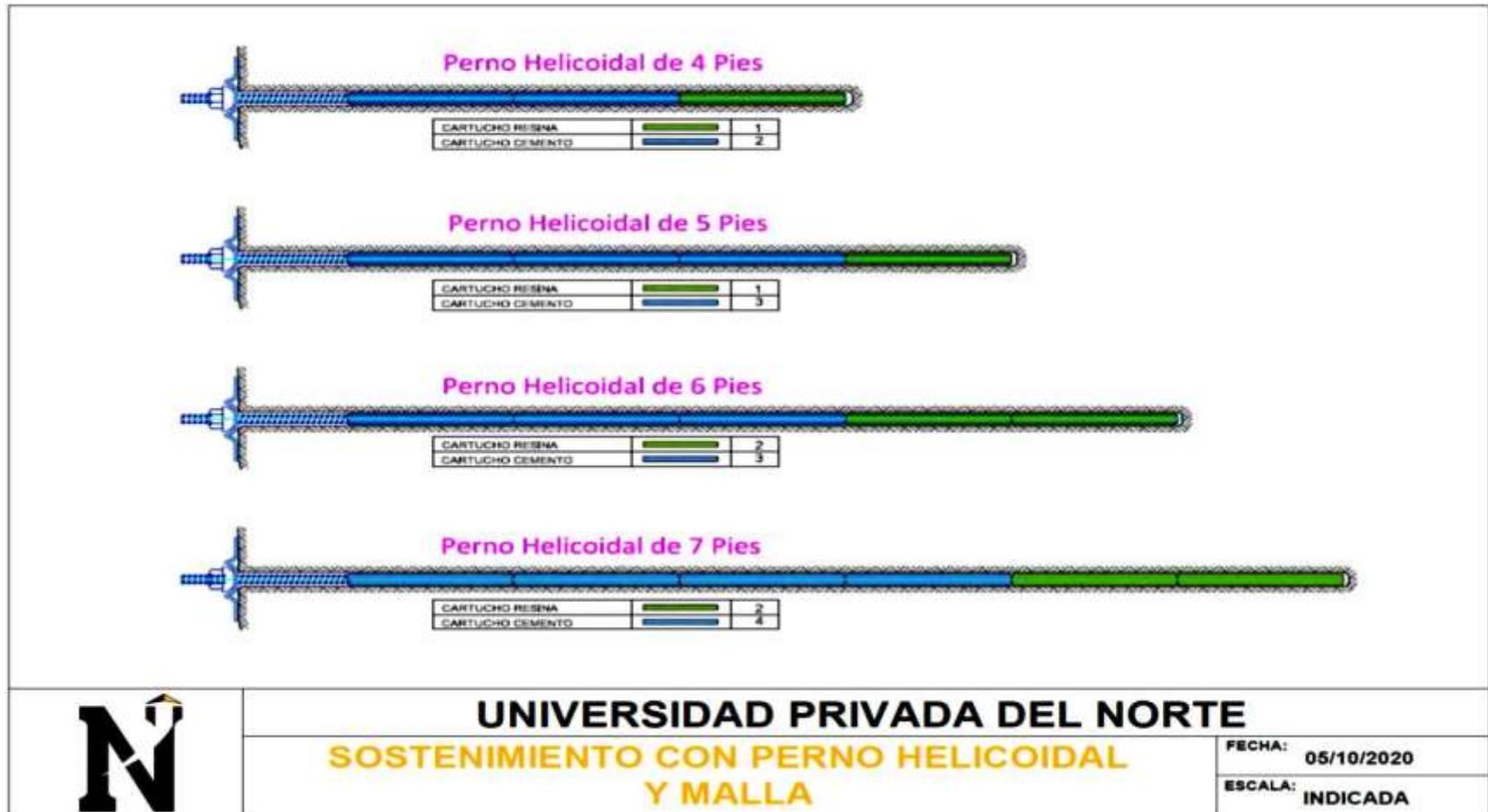
Figura 57:
Sostenimiento con perno helicoidal y malla Detalles de perno helicoidal



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 58:

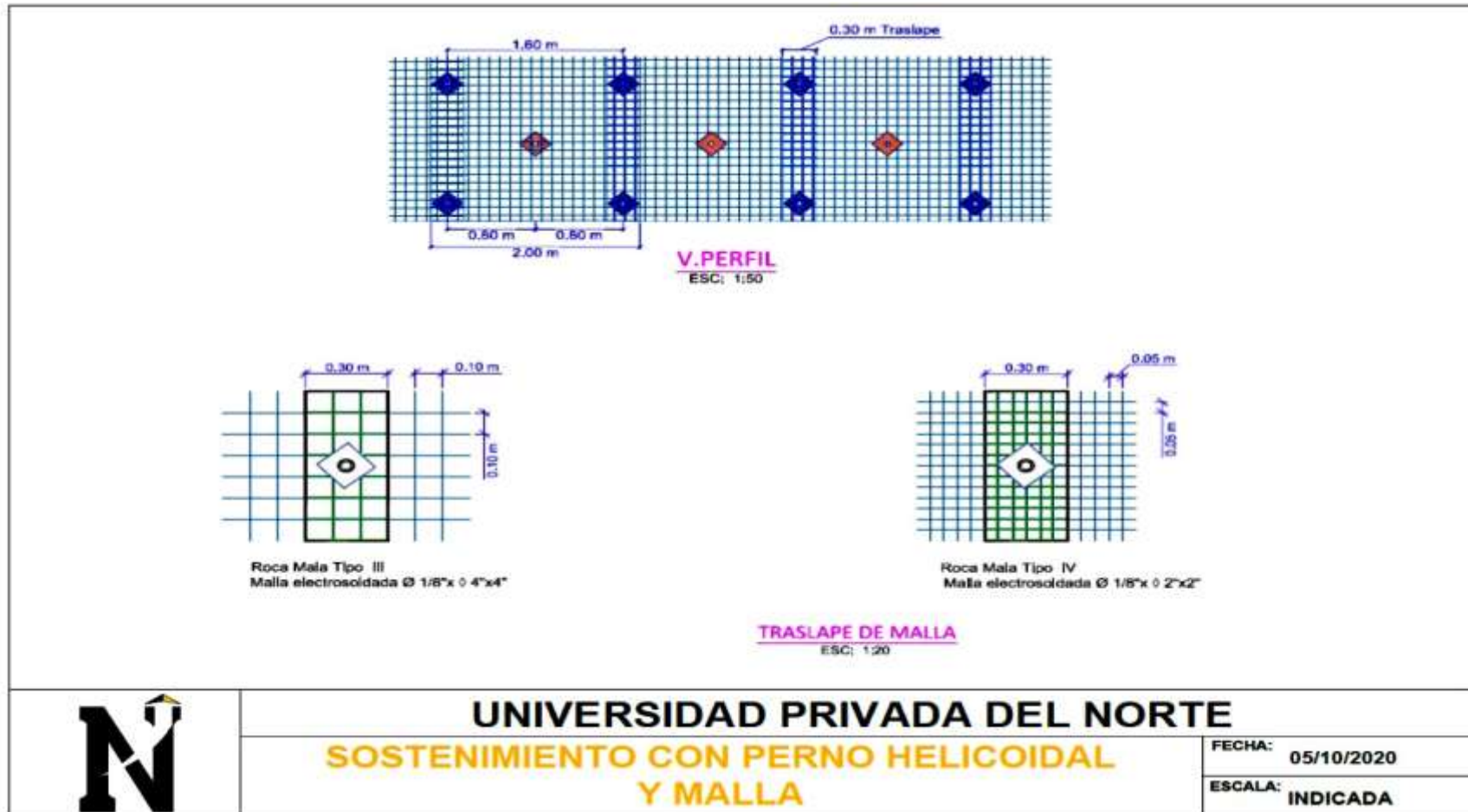
Sostenimiento con perno helicoidal y malla Cartuchos de resina y cemento por longitud de perno



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 59:

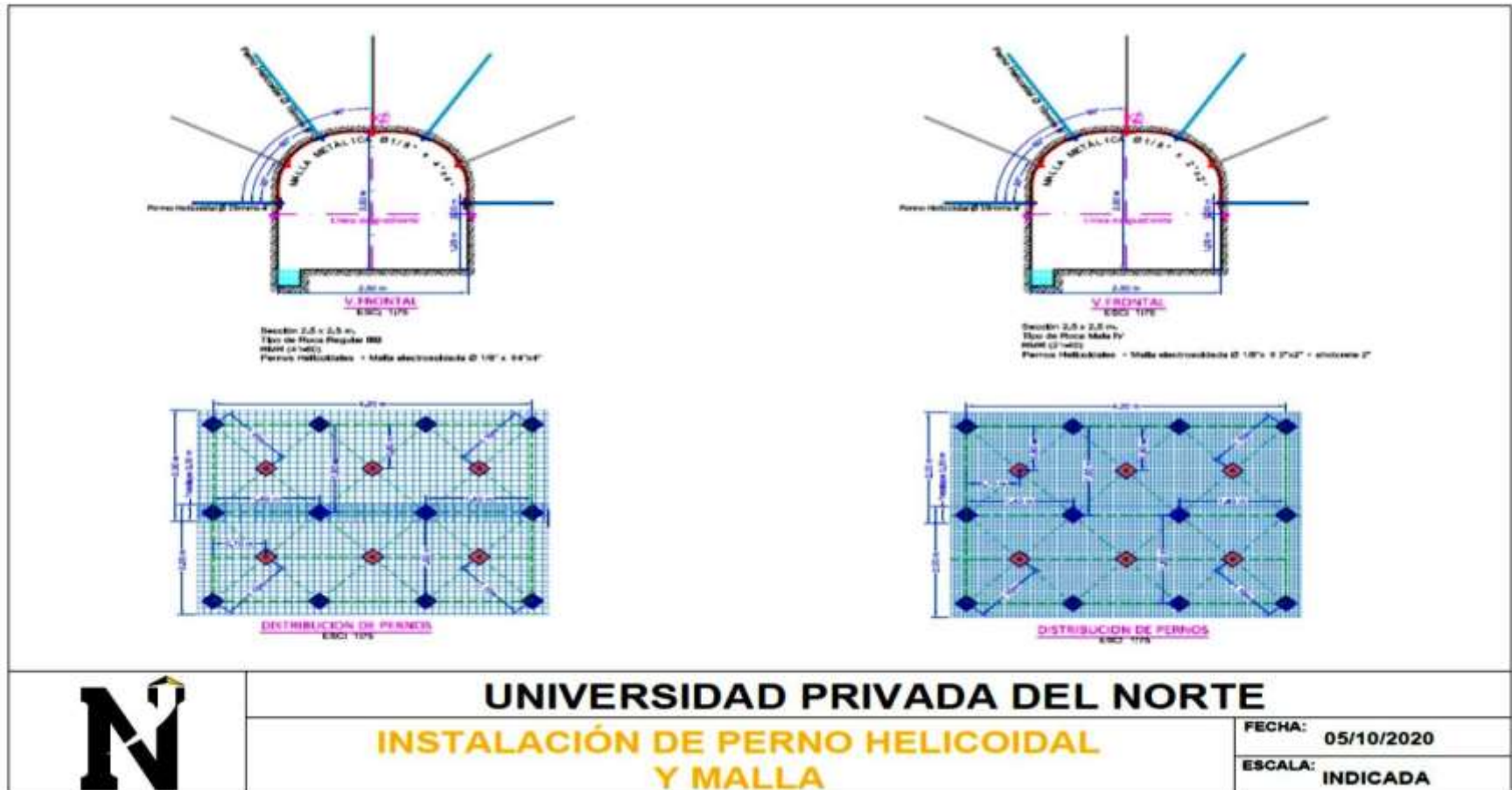
Sostenimiento con perno helicoidal y malla Instalación de malla metálica



Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 60:

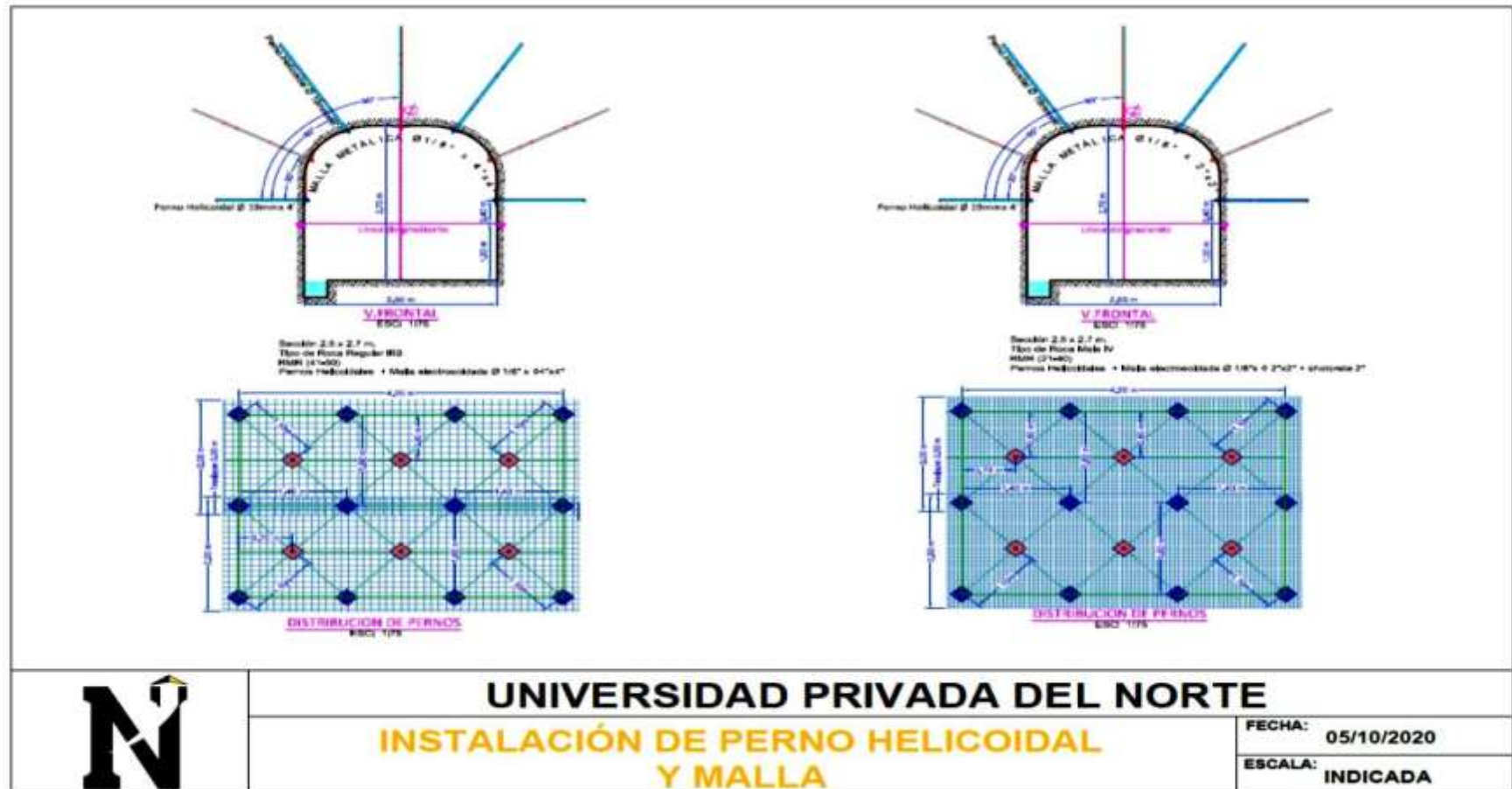
Sostenimiento con perno helicoidal y malla - Distribución de pernos sección 2.50 m x 2.50 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 61:

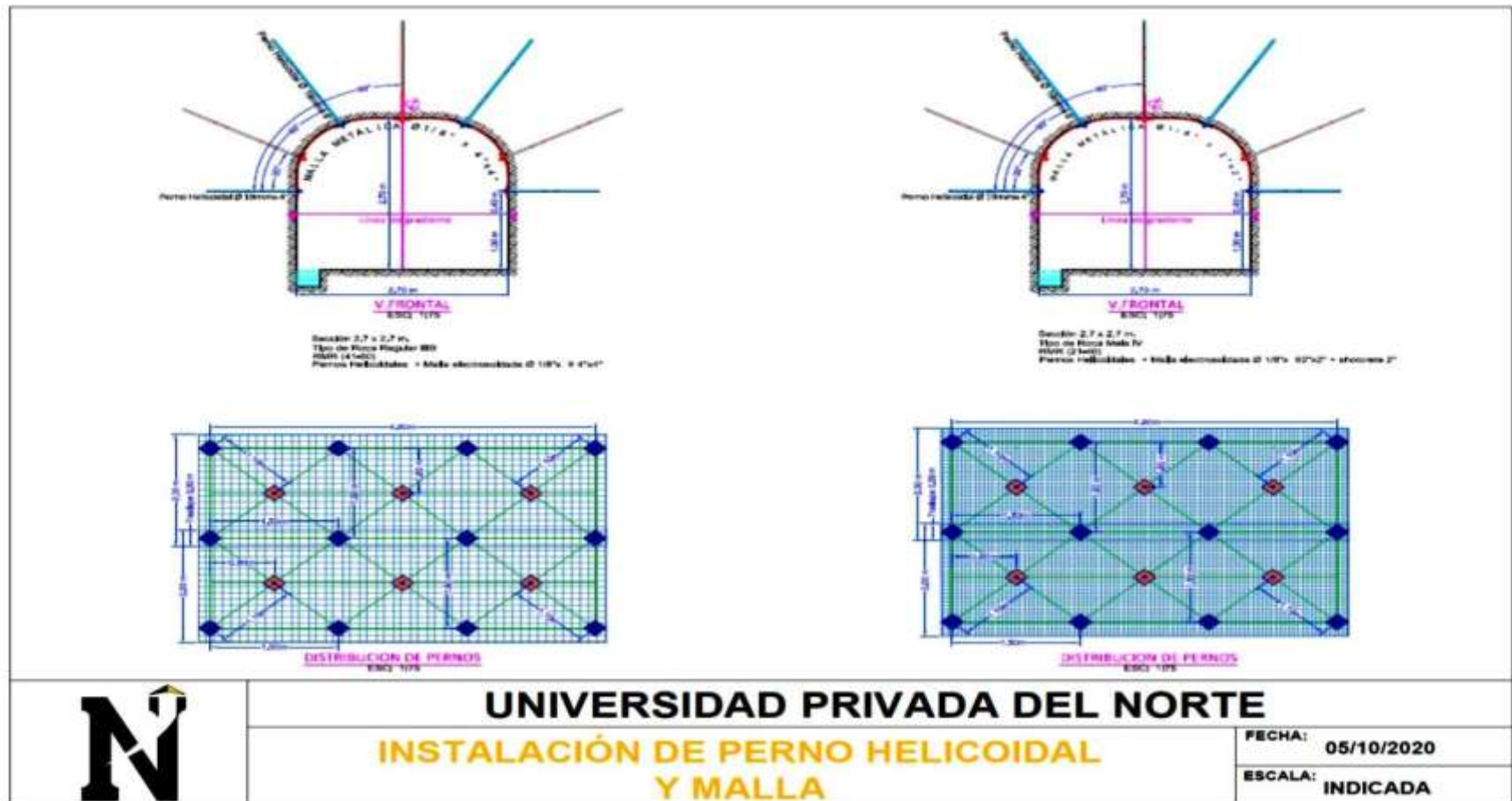
Sostenimiento con perno helicoidal y malla - Distribución de pernos sección 2.50 m x 2.70 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 62:

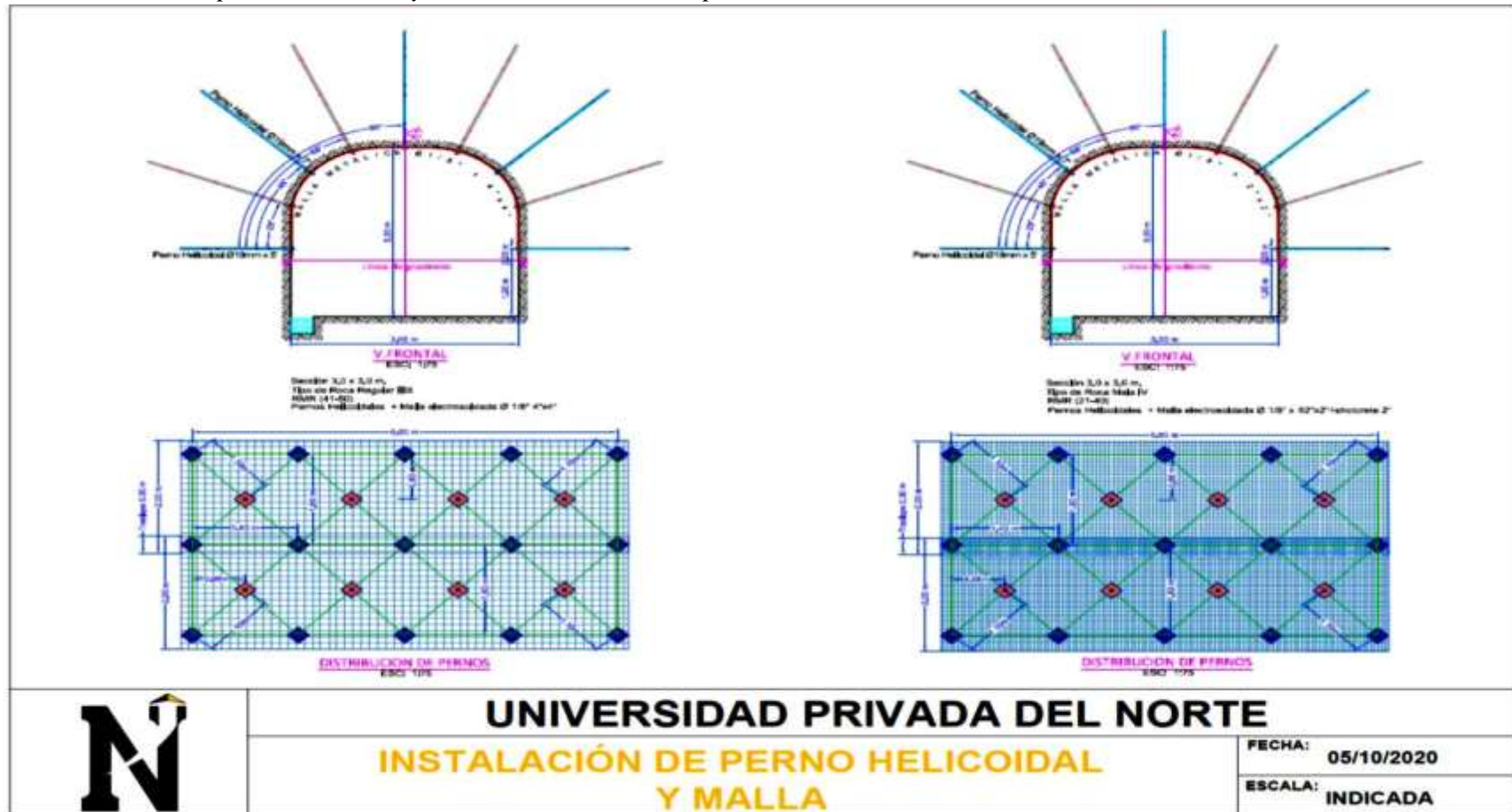
Sostenimiento con perno helicoidal y malla - Distribución de pernos sección 2.70 m x 2.70 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

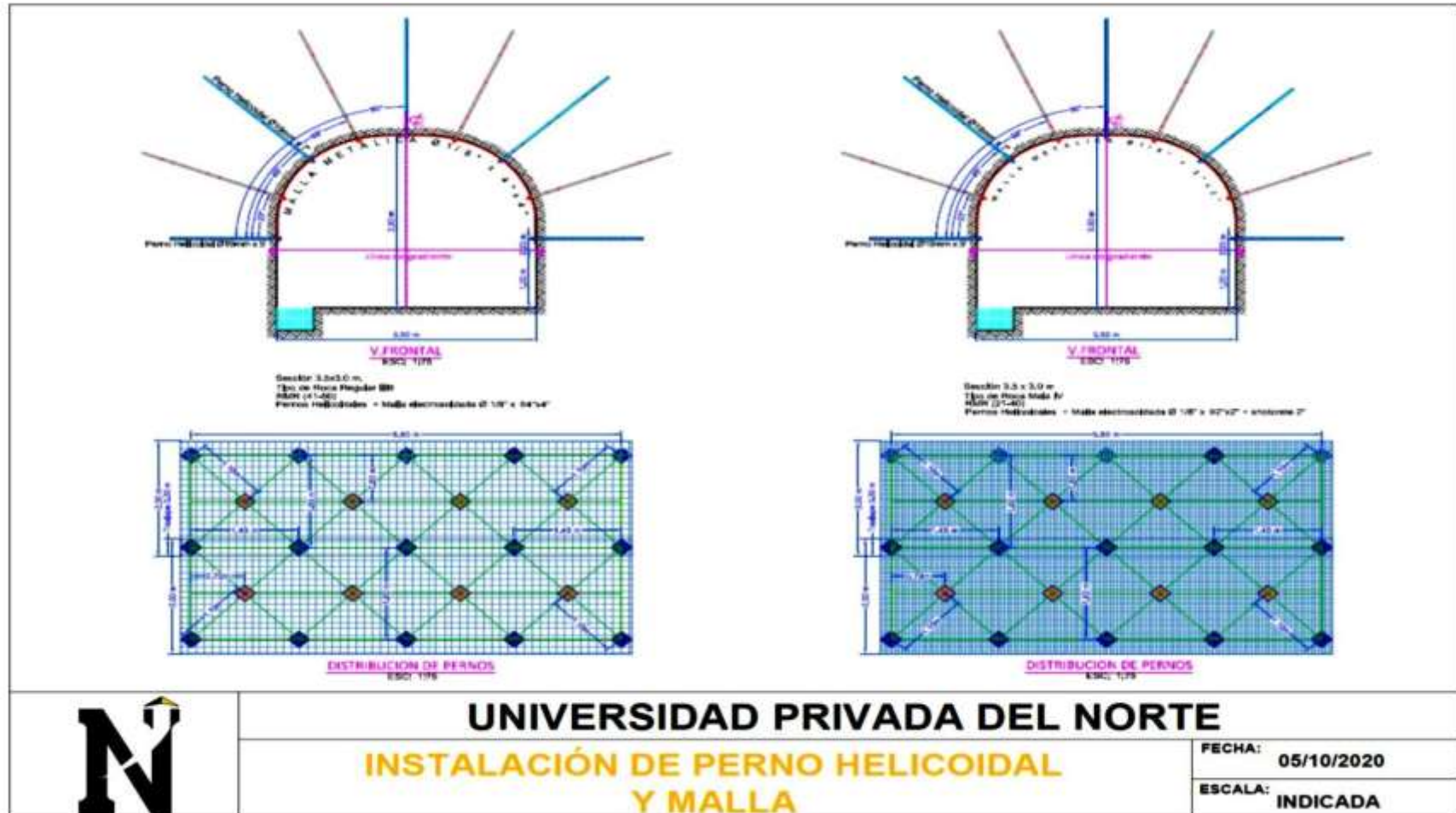
Figura 63:

Sostenimiento con perno helicoidal y malla - Distribución de pernos sección 3.00 m x 3.00 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

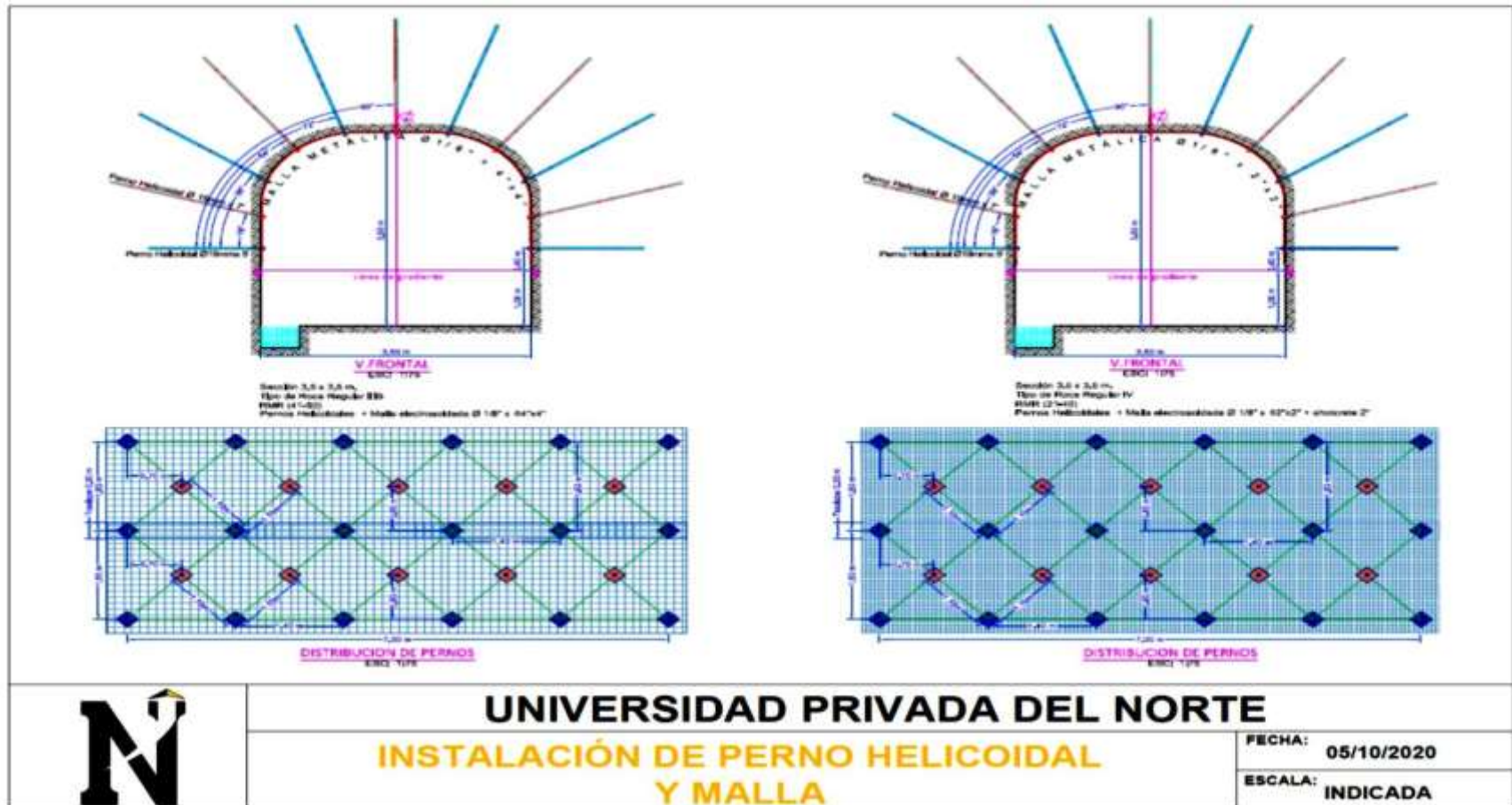
Figura 64: *Sostenimiento con perno helicoidal y malla - Distribución de pernos sección 3.50 m x 3.00 m*



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

65:

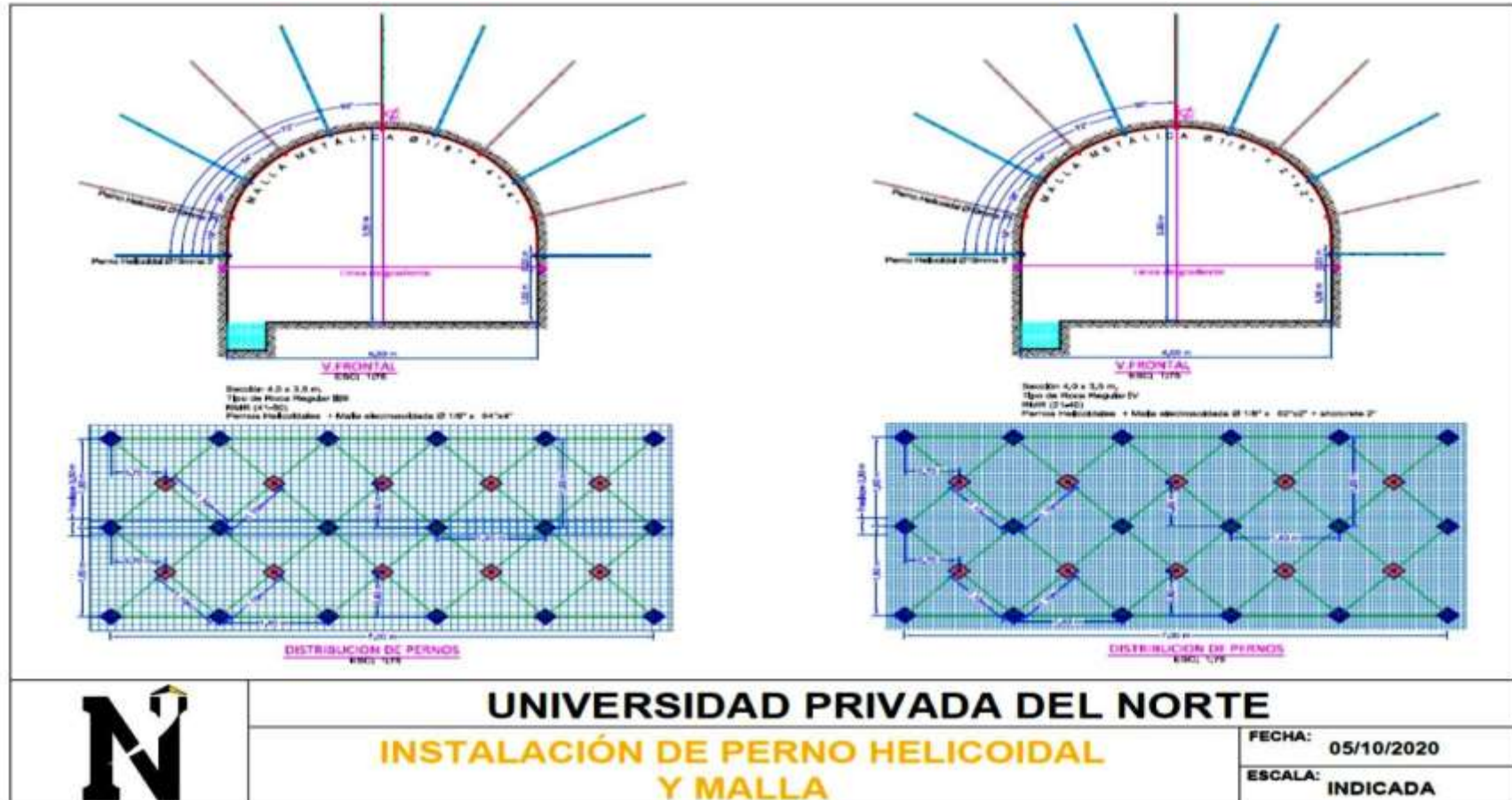
Sostenimiento con perno helicoidal y malla - Distribución de pernos sección 3.50 m x 3.50 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 66:

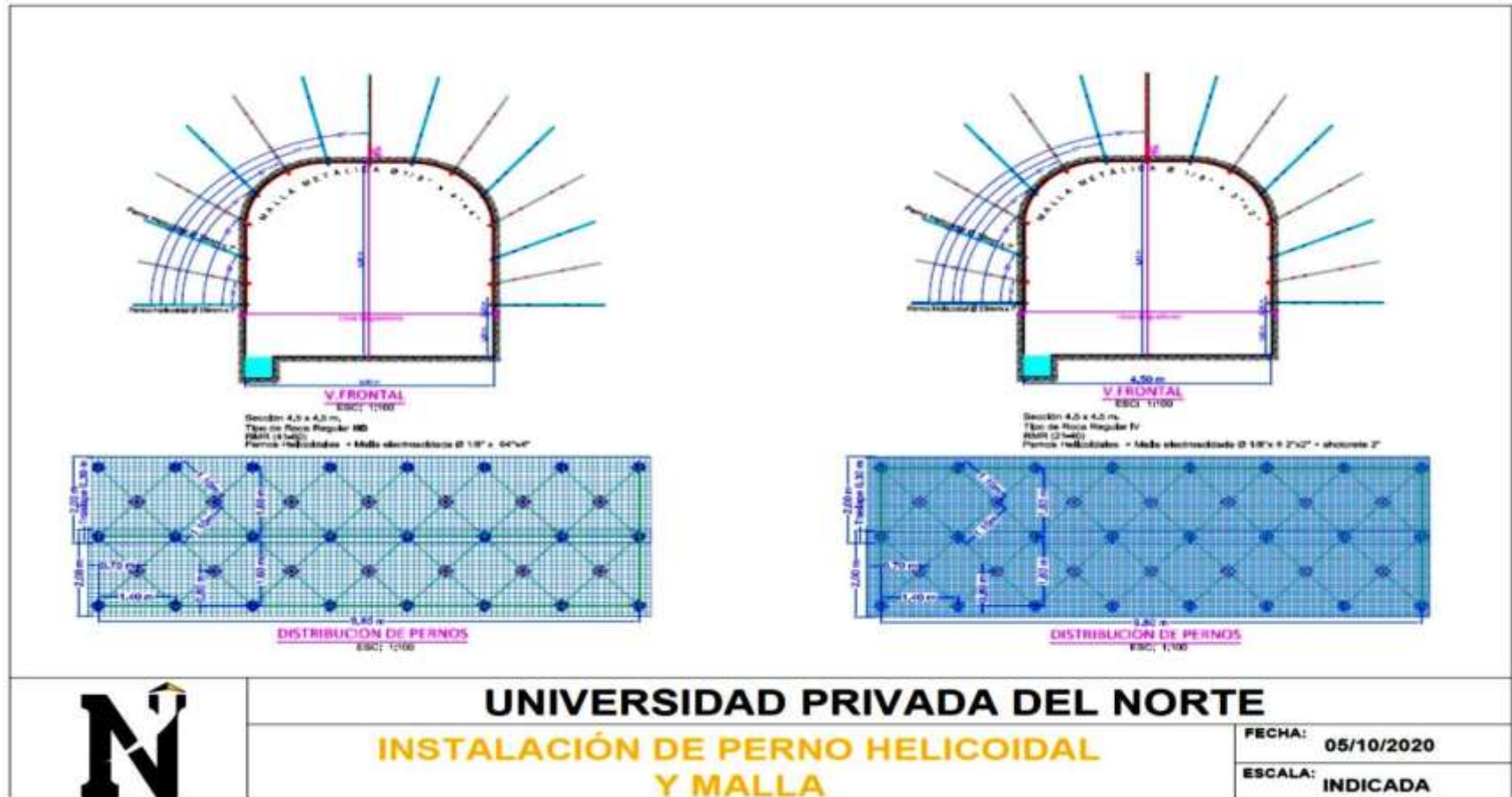
Sostenimiento con perno helicoidal y malla - Distribución de pernos sección 4.00 m x 3.50 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

Figura 67:

Sostenimiento con perno helicoidal y malla - Distribución de pernos sección 4.50 m x 4.50 m



Fuente: Área de Ingeniería & Planeamiento.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

En los resultados presentados se observa los diseños de sostenimiento activo y pasivo con los cuales se viene trabajando las labores de avance temporales y permanentes en la mina de oro en estudio, estos diseños han sido considerados en base a la calidad de roca presente en el macizo rocoso y duración de la labor (temporal y permanente).

En las labores de avance temporales se viene aplicando sostenimiento por: cuadros de madera, puntales de madera – Jackpot, WoodPack – JackPack, Split Set y malla electrosoldada. Los diseños se centraron en base a la calidad de la roca presente en específico rocas incompetentes con RMR:<40 (roca muy mala), RMR:>41 (roca buena), RMR: >40 (roca buena), RMR: 51 – 60 (roca muy buena) respectivamente. Actualmente el mas usado en las labores es el sostenimiento con Split Set y malla electrosoldada, ya que ha demostrado mayor eficiencia en comparación con los mencionados anteriormente. Estos resultados permiten apoyar lo indicado por Escalante (2017) en su trabajo de investigación titulado Mejoramiento del Sistema de Sostenimiento con Madera mediante la aplicación de pernos split set y malla electrosoldada en labores de explotación de la Minera Aurífera Cuatro de Enero S.A. – Arequipa, tiene como objetivo principal, reducir los costos de sostenimiento, con el sistema de cuadros de madera y puntales en las labores de explotación. En su etapa inicial se ha analizado las deficiencias del uso de la madera en todos los procesos del sistema de sostenimiento, analizando y evaluando los factores que influyen en los costos de explotación del yacimiento orientado a mejorar y reducir los costos de

explotación, y posteriormente en base a pruebas se ha seleccionado un nuevo sistema de sostenimiento de los pernos split set y malla electrosoldada, según las características geológicas y geomecánicas del macizo rocoso del yacimiento aurífero de Cuatro de Enero- MACDESA. La Minera aurífera Cuatro de Enero S.A. con el sostenimiento de cuadros de madera y puntales, en las labores de explotación utiliza un costo total de 20.27 U\$/TM y con el sistema de sostenimiento mecanizado de los pernos split set y malla electrosoldada utiliza un costo total de 19.04 U\$/TM de mineral, cuya diferencia es de 1.23 US\$/TM de mineral explotado.

En las labores de avance permanentes se viene aplicando sostenimiento por: Shotcrete vía húmeda, Cimbras metálicas y Pernos helicoidales con mallas electrosoldadas. Los diseños se centraron en base a la calidad de la roca presente en específico rocas incompetentes con RMR: 21 – 40 (roca mala), RMR: < 40 (roca mala), RMR: 30 – 50 (roca regular) respectivamente. Estos hallazgos permiten apoyar lo señalado por Lazo (2020), en su tesis Optimización del sistema de sostenimiento de las labores subterráneas para una mina con problemas de altos esfuerzos, el objetivo principal de este proyecto de tesis frente a la problemática de los altos esfuerzos es evaluar las condiciones geológicas, geomecánicas de la mina y la actividad sísmica presente, con el propósito de optimizar el diseño de los sistemas de sostenimiento de las labores de una mina subterránea. En la zona Inferior, la zona Superior y las vetas Jorge, Mariano y Kimberly se propone la instalación de pernos hydrabolt, pernos helicoidales con resina más una y doble malla electrosoldada, según el tamaño de labor evaluado. El sistema de sostenimiento para labores con condiciones críticas de sismicidad (Zona Central y Zona Inferior) que se propone es la instalación de pernos hydrabolt más doble capa de malla electrosoldada y el

sistema de sostenimiento para las labores con condiciones no críticas de sismicidad (Zona Superior y las vetas Jorge, Mariano y Kimberly) es de pernos hydrabolt más una capa de malla electrosoldada.

4.2. Conclusiones

- Se describió los diseños de sostenimiento activo y pasivo en las labores de avance temporales en una mina de oro subterránea en la Libertad. Los tipos de sostenimiento que se vienen aplicando en estas labores son: Cuadros de madera, Puntales de madera y Jackpot, WoodPack – JackPack y Split Set con malla electrosoldada.
- Los diseños de sostenimiento se basaron principalmente en la calidad de la roca presente en el macizo rocoso, en las labores temporales se tiene presencia de roca mala, regular, buena y muy buena con RMR de <40, >40, >41 y 50 – 60 respectivamente.
- Se describió los diseños de sostenimiento activo y pasivo en las labores de avance permanentes en una mina de oro subterránea de la Libertad. Los tipos de sostenimiento que se vienen aplicando en estas labores son: Shotcrete vía húmeda, Cimbras metálicas y Pernos helicoidales con mallas electrosoldadas.
- Los diseños de sostenimiento al igual que en las labores temporales se basaron en la calidad de la roca presente en el macizo rocoso, en las labores permanentes se tiene presencia de roca muy mala, mala y regular con RMR de 21 – 40, <40 y 30 – 50 respectivamente.

REFERENCIAS

- Adco, A. (2018). *“Control de inestabilidad de la masa rocosa con la aplicación de refuerzo por método numérico en galería de avance nivel 2640 Contrata New Horus Mina Atahualpa-Compañía Minera Poderosa S.A”*. (tesis pre grado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Champi, J. & Lopez, S. (2015). *“Estudio comparativo de eficiencia de uso de puntales de seguridad simple y con el uso adecuado del jackpot en los tajeos de explotación del nivel 4430 de la Cia. Minera Caudalosa Chica S.A.A.”*. (tesis pre grado). Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica. Perú.
- Gutiérrez, E. (2019). *“Aplicación de sostenimiento activo y pasivo en etapas iniciales de la operación para mejorar la estabilidad y la seguridad, unidad minera el Porvenir Empresa Incimmet”*. (tesis pre grado). Universidad de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú.
- Duran, R. (2019). *“Análisis del macizo rocoso y la determinación de sostenimiento para el control de zonas críticas propensas al estallido de rocas”*. (tesis pre grado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

Escalante, H. (2017). *“Mejoramiento del Sistema de Sostenimiento con Madera mediante la aplicación de pernos split set y malla electrosoldada en labores de explotación de la Minera Aurífera Cuatro de Enero S.A. – Arequipa”*. (tesis pre grado). Universidad Nacional del Altiplano.

Puno, Perú.

Guzmán, E. & Orozco, R. (2011). *“Cálculo del sostenimiento para la explotación de carbón en la mina La Cabaña, municipio de Mongua – Boyacá”*. (tesis pre grado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Sogamoso, Colombia.

Lazo, R. (2020). *“Optimización del sistema de sostenimiento de las labores subterráneas para una mina con problemas de altos esfuerzos”*. (tesis pre grado).

Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

Martínez, R. (2013). *“Sostenimiento preventivo en los frentes de las labores subterráneas en condiciones de relajamiento rocoso”*. (tesis pre grado).

Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Apurímac, Perú.

Matamorros, J. (2019). *“Mejoramiento del sostenimiento con Shotcrete de labores permanentes con equipo robotizado en Cuerpo Esperanza - Compañía Minera Casapalca S.A.”*. (tesis pre grado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.

Mejía, Y. (2020). “*Sistema de Sostenimiento para mejorar la Producción en la Galería*

Principal del Nivel 2650 de la Concesión Séptima Maravilla II, Chalamarca”. (tesis pre grado). Universidad César Vallejo.

Chiclayo, Perú.

Suasnabar, P. (2019). “*Análisis técnico para la optimización del sostenimiento en los frentes*

de la compañía minera Casapalca S.A.”. (tesis pre grado).

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Pasco, Perú.

Uchamaco, W. (2019). “*Evaluación geomecánica para determinar el diseño de*


sostenimiento en minería subterránea: caso Ana María –

Rinconada”. (tesis pre grado). Universidad Nacional del Altiplano.

Puno, Perú.

ANEXOS

Anexo N° 01: Cartilla Geomecánica para Tajos y Avances

CARTILLA GEOMECÁNICA				
				
LABORES DE EXPLOTACIÓN Y AVANCES				
Indice de Resistencia Geológica (GSI)	Condición Superficial (Golpes de picota)			
	Se Rompe	Se Rompe	Se Indenta	Se Indenta
ESTRUCTURA Grado de fracturamiento	Con 3 o mas Golpes de Picota	Con 1 o 2 Golpes de Picota	Superficialmente con golpes de Picota	Más de 5 mm.
	B	R	P	MP
Condición Estructural - Fracturas/m ²	2 a 5 LF Levemente Fracturada	LF/B	LF/R	-
	6 a 11 F Moderadamente Fracturada	F/B	F/R	F/P
	12 a 20 MF Muy Fracturada	MF/B	MF/R	MF/P
	>20 IF Intensamente Fracturada	-	IF/R	IF/P

TIPOS DE SOSTENIMIENTO LABORES DE EXPLOTACIÓN (TJ, CH, SN) (TEMPORALES) U.P. SANTA MARÍA		
PARAMETROS GEOMECANICOS CALIDAD	RMR	ANCHO DE MINADO > 2.4m.
A	81-100	Split Set sistemático espaciado a 1.8m
B	61-80	Split set sistemático espaciado a 1.5m
C	51-60	Split set sistemático esp. a 1.2m + malla electrosoldada
D	41-50	Hydrabolt sistemático espaciado a 1.2m + malla electrosoldada
E	21-40	Cuadros de madera esp. 1.5 con guarda cabeza en dirección al minado
F	<20	Cuadros de madera esp. 1.1 con marchavantes en dirección al minado

TIPOS DE SOSTENIMIENTO LABORES DE AVANCE (TEMPORAL - PERMANENTE) U.P. SANTA MARIA - U.P. MARAÑÓN		
PARAMETROS GEOMECANICOS CALIDAD	RMR	LABORES DE AVANCE (CH, MP, RA, GL, VEN, ESCVA)
A	81-100	Perno ocasional
B	61-80	Perno ocasional
C	51-60	Perno sistemático espaciados a 1.5m de acuerdo al estándar
D	41-50	Perno sistemático + malla electrosoldada de acuerdo al estándar
E	21-40	Cimbras metálicas espaciados a 1.5m ó shotcrete de 2" a 3" más perno más malla electrosoldada
F	<20	Cimbras metálicas espaciados de 0.8 a 1.0m con marchavantes

U.P. MARAÑÓN		
PARAMETROS GEOMECANICOS CALIDAD	RMR	ANCHO DE MINADO < 2.4m.
A	81-100	Perno ocasional o puntal ocasional
B	61-80	Perno ocasional o Puntal ocasional en dirección al minado
C	51-60	Puntales de madera sistemático espaciados a 1.5m en dirección al minado
D	41-50	Puntales de madera sistemático espaciados a 1.2m en dirección al minado
E	21-40	Cuadros de madera espaciados a 1.5m con guarda cabeza en dirección al minado
F	<20	Cuadros de madera espaciados a 1.2m con marchavantes en dirección al minado

ELECCION DEL TIPO DE EXPLOSIVO		
CLASIFICACION DE RIEDE	TRAJE	AVANCE
100	TRAJE 100	AVANCE 100
90	TRAJE 90	AVANCE 90
80	TRAJE 80	AVANCE 80
70	TRAJE 70	AVANCE 70
60	TRAJE 60	AVANCE 60
50	TRAJE 50	AVANCE 50
40	TRAJE 40	AVANCE 40
30	TRAJE 30	AVANCE 30
20	TRAJE 20	AVANCE 20
10	TRAJE 10	AVANCE 10

FACTORES INFLUYENTES	
100 FACTORES INFLUYENTES	100 FACTORES INFLUYENTES
90 FACTORES INFLUYENTES	90 FACTORES INFLUYENTES
80 FACTORES INFLUYENTES	80 FACTORES INFLUYENTES
70 FACTORES INFLUYENTES	70 FACTORES INFLUYENTES
60 FACTORES INFLUYENTES	60 FACTORES INFLUYENTES
50 FACTORES INFLUYENTES	50 FACTORES INFLUYENTES
40 FACTORES INFLUYENTES	40 FACTORES INFLUYENTES
30 FACTORES INFLUYENTES	30 FACTORES INFLUYENTES
20 FACTORES INFLUYENTES	20 FACTORES INFLUYENTES
10 FACTORES INFLUYENTES	10 FACTORES INFLUYENTES

Fuente: Área de Geomecánica.

Anexo N° 02: Manual de uso de JackPack



Jackpack

USO DEL JACKPACK CON PUNTALES DE MADERA



Válvula de alivio de presión.

Válvula check de inyección de agua.



Tiene incorporado una válvula de alivio que controla la liberación de agua a alta presión permitiendo al sostenimiento soportar las cargas del macizo rocoso y no colapsar y volver a adquirir su capacidad.



Jackpack

INSTRUCCIONES PARA SU INSTALACION CON PUNTALES DE MADERA

- 

1. Ubicar la zona a sostener, limpie el piso y prepare una superficie plana y sólida antes de instalar el Jackpack.
- 

2. Coloque el Jackpack en la superficie seleccionada.



Jackpack

- 

3. Mida la distancia entre las cajas (con el Jackpack incluido). Utilice un flexómetro metálico y asegurese de obtener 90° con el techo.
- 

4. Cortar los puntales necesarios exactamente a la medida, la cantidad dependerá del diámetro de los puntales y de las dimensiones del Jackpack, lo que se trata es de cubrir con los puntales lo más que se pueda la superficie del Jackpack. El corte debe ser lo más perpendicular posible al eje del redondo, para una correcta instalación.



Jackpack

- 

5. Coloque el puntal sobre el Jackpack y martille hasta que esté colocado a 90° con la caja techo y piso.
- 
- 

6-7 Desde una posición segura coloque los demás puntales siguiendo el procedimiento anterior.

Jackpack



8



9

8 – 9. Una los puntales en la parte superior e inferior utilizando un alambre.

Verifique que los puntales hayan sido instalados correctamente, ellos deben estar bien topeados antes de proceder con el inflado del Jackpack.

Jackpack



10

10. Retire la protección plástica de la válvula. Revise que la válvula esté limpia y libre de cualquier contaminación. De ser necesario lávela.



11



12

11 – 12. Posicione la boquilla en la válvula.

Jackpack

13. Presione el gatillo en la pistola de seguridad y empiece a bombear el agua al Jackpack. Retírese a una distancia segura y continúe presurizando.



13

El Jackpack no debe alcanzar más de 10 cm. de altura o grosor como máximo de inflado.



14

14. Continuar bombeando hasta que se libere el agua por la válvula de alivio lo que nos indicara la correcta instalación del Jackpack. Una manera de verificar la correcta instalación es ir probando con golpes de combo hasta escuchar un sonido sólido y metálico característico de un puntal de madera bien tensionado.

Jackpack

JACKPACK INSTALADO CON PUNTALES DE MADERA




Jackpack


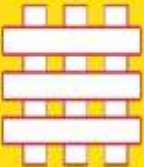
USO DEL JACKPACK CON CRIBBING (WOODPACK)

Las dimensiones de la madera estarán sujetas a las condiciones del terreno y en función del tamaño del Jackpack a utilizarse. Se hace referencia que la altura del cribbing no debe exceder el doble de uno de sus lados. Eso quiere decir si se coloca un jackpack de 55cm. x 55cm., lo recomendable es no sobrepasar los 1,10m. si sobrepasamos esta altura, hay la alternativa de colocar dos Jackpack.

El Jackpack de 55cm. x 55cm. nos garantiza un soporte de 110 ton. el de 75cm. x 75cm. 170 ton. estos sostenimientos están regidos a las normas de trabajo de la mina y estas cifras son tomadas de pruebas de laboratorios certificados.

Jackpack

INSTRUCCIONES PARA SU INSTALACION CON CRIBBING (WOODPACK)


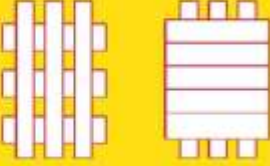



1. Limpie el piso y prepare una superficie sólida y plana. Comience a armar el Cribbing intercalando la madera como indica la figura.


Jackpack

2. Colocar el Jackpack luego de alcanzar las $\frac{3}{4}$ partes de la altura total del cribbing, tratando de cubrir toda el área del cribbing con los cuarterones, pero si se diera el caso de tener un cribbing de mayor tamaño lo que se puede hacer es colocar dos Jackpack cruzados de manera diagonal en cada esquina.


La base donde se colocará el jackpack debe ser en forma de "cama" de modo que al instalarlo e inyectarle el agua, se infle uniformemente en toda su superficie y trabaje haciendo presión en todo el espacio por igual.


Jackpack



3-4. Desde una posición segura coloque los Jackpack, deberá hacerlo con las válvulas boca abajo y un tanto sobre-salidas, dejando espacio para insertar la boquilla del dispositivo de inyección de agua.





Jackpack




5

5. Seguir armando el cribbing colocando la madera en forma de cama hasta cubrir totalmente el Jackpack, esto evitará que al momento de inflarse el Jackpack se deforme.





Jackpack



6

6. Al terminar de armar el cribbing, se deberá tener en cuenta que este debe estar lo mas topeado posible con la caja techo antes de empezar el inflado.



7

7. Colocar la boquilla en la válvula de inyección de agua del Jackpack.

Jackpack

INFLADO DEL JACKPACK



8

A- Instalación utilizando la bomba de aire.
Colocada la boquilla, presione el gatillo en la pistola de seguridad y empiece a bombear el agua al Jackpack. Cuando el Jackpack empiece a inflarse retirese a una distancia segura y continúe presurizando.

B- Instalación utilizando la conexión directa con agua de mina.
Para esto se necesita como mínimo dos bares o 30 libras de presión de agua de la línea de abastecimiento (tener en cuenta que el inflado demorará más que con la bomba de aire).
Colocada la boquilla, conectar la manguera a la troncal de la manguera de agua de mina y dejar que ingrese el agua hasta alcanzar el inflado correcto del Jackpack.

Jackpack

INFLADO DEL JACKPACK CON CRIBBING



No debe exceder 10 cm.

Jackpack

JACKPACK INSTALADO CON PUNTALES DE MADERA Y CRIBBING



Consejos y Sugerencias para su Seguridad:

1. SIEMPRE TRABAJE DESDE UNA POSICIÓN SEGURA Y SOSTENIDA.
2. Asegúrese de usar guantes y lentes de seguridad cuando instale los Jackpack.
3. Los puntales deben ser medidos y cortados con precisión, y martillados en posición (antes de inflar el Jackpack) para obtener mejores resultados.
4. Una medición y corte preciso también reduce la cantidad de bombeo requerida ya que la presión correcta es alcanzada más rápidamente.
5. Revise la presión de alivio diariamente. Esto asegurará que el sostenimiento sea instalado tan sólido como sea posible.