UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

INFORME DE EXAMEN PROFESIONAL

"MONITOREO DE PERFORADORAS PIT -VIPER DESDE SALA DE CONTROL PARA MEJORAR LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES"

PRESENTADO POR:

Bach. KAREN SUSANA HUAMANTUMA VILDOZO

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

INFORME DE EXAMEN PROFESIONAL

“MONITOREO DE PERFORADORAS PIT -VIPER DESDE SALA DE CONTROL PARA MEJORAR LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES”

Examen Profesional aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N°505-2022-UNAM, de fecha 15 de julio de 2022.

ASESOR .....
Dr. Arquímedes León Vargas Luque

BACHILLER .....
Karen Susana Huamantuma Vildozo

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
FEDATARIO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Folio N° 033

ACTA DE TITULACIÓN

I. Modalidad:

Examen Profesional

II. Documento de aprobación:

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N° 505 - 2022 - UNAM

Fecha: 15-07-2022

III. Título de Informe de Examen Profesional:

"MONITOREO DE PERFORADORAS PIT-VIPER DESDE SALA DE CONTROL PARA MEJORAR LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES"

Bachiller: KAREN SUSANA HUAMANTUMA VILDOZO

Asesor Principal: DR. ARQUIMEDES LEÓN VARGAS LUQUE

Co-Asesor :

IV. Se dictamina con las siguientes notas:

Examen Escrito: 14 Entrevista: 4 Promedio: 18

Promedio en letras: DIECIOCHO por lo que: Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de INGENIERO DE MINAS.

Siendo las 12:00 horas, del 02 de NOVIEMBRE del año 2022 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado.

Dr. Marcos Luis Quiste Perez
Presidente del comité de grados y títulos
de Examen Profesional
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

DR. ARQUIMEDES LEÓN VARGAS LUQUE
Director
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

KAREN SUSANA HUAMANTUMA VILDOZO
BACHILLER

DR. ARQUIMEDES LEÓN VARGAS LUQUE
Asesor
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia por el apoyo incondicional que siempre me brindaron, a mis amigos y aquellas personas que siempre confiaron y creyeron en mí, pero sobre todo dedico este trabajo a mi madre que me enseño desde pequeña sobre el esfuerzo, perseverancia y constancia ya que sin sus consejos no lo hubiera logrado, sé que desde donde está me guía y hace de mí una gran profesional.

AGRADECIMIENTO

A la universidad de Moquegua, por haber contribuido en mi formación académico- profesional, a mis docentes y educadores que han contribuido en la enseñanza de mi profesión quiero agradecer los increíbles años de formación académica que significaron muchas horas y días de esfuerzo por conseguir la meta deseada, hoy puedo decir orgullosa que logre cumplir las expectativas de mi alma mater ya que sin su aporte en mi vida no lo hubiera podido conseguir.

Agradecer también de forma especial a mi familia y amigos que siempre estuvieron conmigo en cada paso académico que daba, por creer y confiar en mí, pero sobre todo por hacerme ver cuan capaz podía llegar a ser, gracias por estar en cada paso que daba en mi formación profesional y por siempre perseverar a mi lado, pero sobre todo quiero dedicar este agradecimiento especial al ser que me dio la vida, mi madre una mujer integra y perseverante que me enseño los principales valores que una persona puede tener, me enseño de integridad, dedicación y perseverancia, hoy este grado académico le pertenece a ella, gracias madre por hacer de mi la persona y la profesional que ahora soy, sé que desde donde estas te sentirás orgullosa de este y los muchos logros que llegue tener.

RESUMEN

El presente informe de Examen Profesional se realizó en función a la problemática que existe con la seguridad al realizar la perforación de pre corte y producción, donde se compromete la integridad de los colaboradores de Stracon S.A, Empresa que presta servicios de preminado a AngloAmerican en la unidad minera Quellaveco. Teniendo como objetivo principal evitar la exposición a ruido y polvo del personal al realizar la perforación de taladros mediante la implementación de las perforadoras autónomas que se controlan a distancia. Para poder materializar el objetivo se recolecto información de las operaciones con perforadoras autónomas, para la ejecución de los trabajos en mina Quellaveco .Finalmente se pudo realizar los trabajos de perforación desde una sala de control un punto seguro garantizando la integridad física de los trabajadores de la empresa.

Palabras clave: perforadoras autónomas,seguridad, perforación, ruido, operaciones,.

ABSTRAC

This Professional Examination report was carried out based on the problems that exist with safety when carrying out pre-cut and production drilling, where the integrity of the collaborators of Stracon S.A, a company that provides pre-mining services to AngloAmerican in the Quellaveco mining unit. Having as main objective to avoid exposure to noise and dust of personnel when drilling holes through the implementation of autonomous drilling machines that are controlled remotely. In order to materialize the objective, information was collected on the operations with autonomous drilling machines, for the execution of the works in the Quellaveco mine. Finally, it was possible to carry out the drilling work from a control room, a safe point, guaranteeing the physical integrity of the company's workers.

Keywords: Autonomous drills, safety, drilling, noise, operations.

INDICE

DEDICATORIA II
AGRADECIMIENTO III
RESUMEN IV
ABSTRAC V
INDICE VI
INDICE DE FIGURAS VIII
INDICE DE TABLAS IX
LISTA DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS X
INTRODUCCION 11
CAPÍTULO I 12
ASPECTOS GENERALES 12
1.1 Descripción de la Empresa/Institución 12
1.1.1 Ubicación 12
1.1.2 Accesibilidad 14
1.1.3 Visión, misión de la empresa 15
1.1.4 Historia 15
CAPÍTULO II 19
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD 19
2.1 Capacitación fundamentos de operación para perforadoras autónomas 20
2.1.1 Ingreso a mina autónoma (AOZ) 21
2.1.2 Uso correcto de dispositivo A-STOP 22
2.1.3 Capacitación técnica con empresa Epiroc 23
2.2 Entrenamiento teórico y práctico ADS PV-351: 23
2.3 Operación de perforadora Pit Viper 351 25
2.4 Revisión de columna de perforación 28
2.5 Monitoreos de parámetros 28
2.6 Operación de Smart rock D65 29
2.6.1 Aplicación y operación 31
2.6.2 Operación desde Bench Remote 33
2.6.3 Beneficio de BenchRemote 34

2.7 Uso de surfacemanager para almacenar data de perforación 35
2.7.1 Códigos de demoras (herramienta de eventos) 36
2.7.2 Mallas de perforación 37
2.7.3 Reportes diarios por flotas 38
2.8 Reuniones de plan semanal 40
CAPITULO III 42
ANTECEDENTES Y OBJETIVOS 42
3.1 Antecedentes 42
3.1.1 Antecedentes Internacionales 42
3.1.2 Antecedentes Nacionales 44
3.2 Objetivos 45
3.2.1 Objetivo General 45
3.2.2 Objetivo Especifico 45
CAPITULO IV 46
DISCUSIÓN Y APORTES 46
4.1 Discusiones 46
4.2 Mejoras en la operación 46
4.3 Mejora en la supervisión 47
4.4 Mejoras en el control de aceros 47
4.5 Ventajas de perforadora autónoma 48
CONCLUSIONES 49
RECOMENDACIONES 50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 51

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de Ubicación del Proyecto Quellaveco 14

Figura 2 *Área del proyecto Quellaveco* 18

Figura 3 *Uso de A-STOP* 22

Figura 4 *Capacitación técnica por Epiroc* 23

Figura 5 *Operación autónoma desde sala de control P&V* 25

Figura 6 *Pantalla de perforación* 26

Figura 7 *Menú genral de perforación autónoma* 27

Figura 8 *Revisión columna de perforación* 28

Figura 9 *TAG Control de seguridad* 29

Figura 10 *Operación a distancia desde BenchRemote* 31

Figura 11 *Distancias de operación* 32

Figura 12 Pantalla de perforación -SmartRoc D65 33

Figura 13 *Pantalla ACMS de SmartRock D 65* 34

Figura 14 *Perforacion desde becnh remote* 35

Figura 15 *Ingreso de demoras en Surface Manager* 37

Figura 16 *Gestión de planos de perforación* 38

Figura 17 *Ingreso a Dashboard de perforación* 39

Figura 18 *Dashboard de flota Pit Viper* 40

Figura 19 *Inventario de material Volado* 41

Figura 20 *Control de aceros* 48

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Coordenadas unidad minera Quellaveco: Coordenadas UTM WGS84 – Zona 19K* 15

Tabla 2 *Datos técnicos de perforadora Pit Viper* 24

LISTA DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

CCI: Interfaz de comunicación común.

MWD: Sistema de Medición durante perforación

RRA: Sistema de Acceso remoto al equipo

GPS: Sistema de posicionamiento global

PTZ: Pan tilt zoom (Paneo, Inclinación y Ampliación)

S.A: Sociedad Anónima

INTRODUCCION

Quellaveco es uno de los yacimientos mineros que explotara Anglo American, siendo uno de los más importantes en el país, este yacimiento está ubicado en la región Moquegua. En la actualidad se viene preparando para iniciar operaciones comerciales a mediados del 2022 y se proyecta a poner al Perú a la vanguardia de la tecnología minera de América Latina y del mundo. Los avances en comunicaciones y tecnologías digitales han permitido el desarrollo de equipos inteligentes, capaces de realizar de manera autónoma y más eficiente la perforación de tiros siguiendo un diagrama diseñado.

El presente trabajo está distribuido de la siguiente manera:

En el capítulo I encontramos podemos encontrar los aspectos generales, tales como la descripción de la empresa, ubicación, accesibilidad, la visión y misión de la empresa que estamos estudiando.

En el capítulo II se describe la actividad realizada en la mina, misma que tiene perforadoras autónomas funcionando, se habla también del uso correcto y adecuado de los dispositivos autónomos y la capacitación de que la empresa EPIROC da a sus colaboradores, esta capacitación es constante para garantizar un trabajo de calidad.

En el capítulo III se revisan aspectos como los antecedentes nacionales e internacionales de minas autónomas, así como también se da a conocer los objetivos de nuestro estudio.

Por último, presentamos en el capítulo IV la discusión del presente trabajo, así como también los aportes y contribuciones que queremos dar al realizar la investigación.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 Descripción de la Empresa/Institución

Razón Social	: STRACON S.A.
Tipo de Contribuyente	: SOCIEDAD ANÓNIMA
RUC	: 20546121250
Dirección	: Av. Rivera Navarrete 762,oficina 501, Lima.
Página Web	: http://www.stracon.com
Horario de Atención	: 08:00 am – 04:00 pm

1.1.1 Ubicación

Quellaveco es un proyecto minero de cobre ubicado al sur de Perú, a 34 kilómetros de la ciudad de Moquegua en los distritos de Torata y Samegua, provincia de Mariscal Nieto, se puede visualizar la ubicación grafica en la Figura 1. (Piesold, 2014)

- **Ubicación Política.**

  Departamento : Moquegua.

  Provincia : Mariscal Nieto

  Distrito : Torata

- **Ubicación Geográfica**

  Latitud Sur : 17° 6′ 15.48″

  Latitud Oeste : 70° 37′ 11.64

  Altitud : 3500 msnm.

- **Coordenadas UTM.**

  Zona :19

  Banda : L

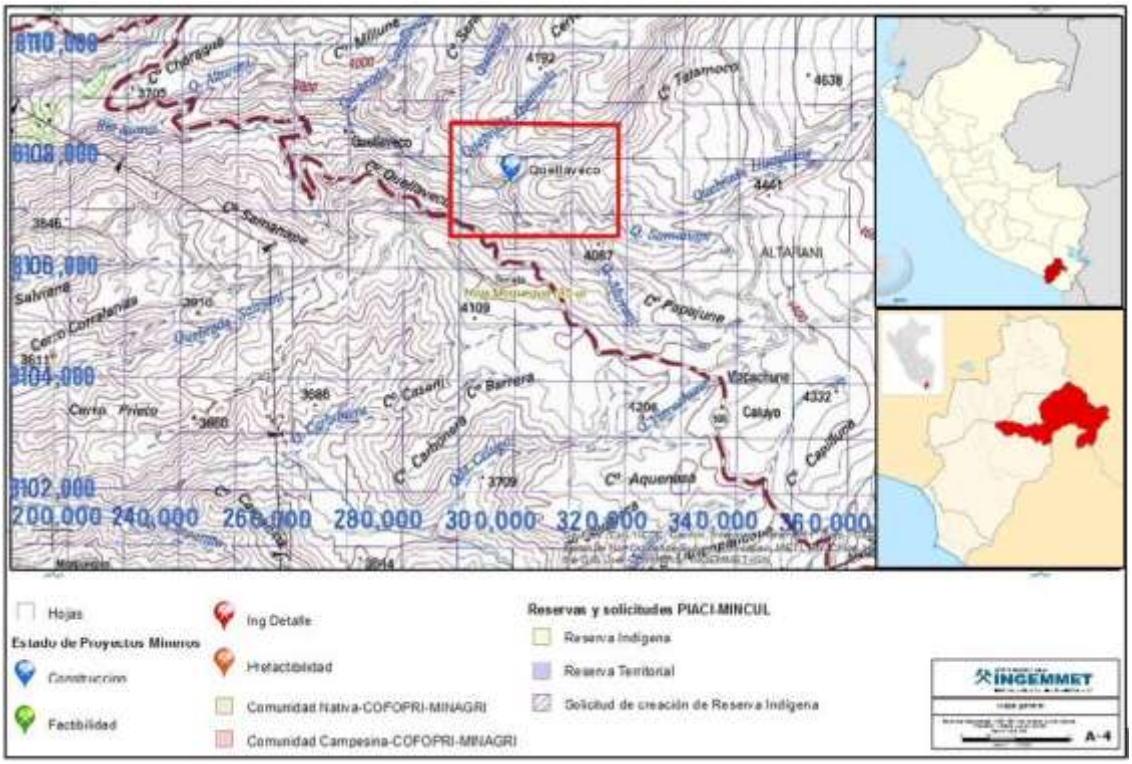
  Este :327649

  Norte : 8108190

  Altitud :3500 msnm

Figura 1

Mapa de Ubicación del Proyecto Quellaveco



Nota. (INGEMMET, 2019)**.**

1.1.2 Accesibilidad

La unidad minera Quellaveco se ubica en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, se ubica aproximadamente a 100 Km. al noreste de la ciudad de Tacna, y a unos 37 Km. al noreste de la ciudad de Moquegua, cerca de dos operaciones de Southern Copper Perú, Cuajone y Toquepala. El yacimiento está ubicado entre 3.400 y 3.900 metros sobre el nivel del mar en el valle del Río Asana, en la provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua. Desde la ciudad de Moquegua Quellaveco está a 2:30 horas por la vía de acceso a la unidad minera.

Tabla 1

Coordenadas unidad minera Quellaveco: Coordenadas UTM WGS84 – Zona 19K

Vértice	Norte	Este
1	8,108,312.57	327,466.78
2	8,108,405.32	326,471.69
3	8,108,803.36	326,508.79
4	8,108,710.61	327,503.89

Nota: *Recopilado de INGEMMET (2020).*

1.1.3 Visión, misión de la empresa

Visión

Ser el proveedor líder a nivel mundial de servicios de mineríay construcción.

Misión

Construimos un mundo mejor brindando servicios seguros, eficientes e innovadores, ofreciendo carreras retadoras y agregando valor a nuestros grupos de interés.

1.1.4 Historia

Stracon S.A., empresa constructora del Grupo Graña y Montero deciden unirse en el 2012 y crear Stracon GyM.

La empresa se convierte en la contratista de servicios mineros de grupo Graña y Montero, especializada en la construcción y operaciones mineras de proyectos a tajo abierto y subterráneos.

STRACON GyM es una empresa líder dedicada a la prestación de servicios mineros en Perú y Latinoamérica con más de 15 años en el mercado. Sus servicios cubren todas las etapas de un proyecto minero, desde la planificación, desarrollo, construcción, operación, hasta el cierre de la mina. Con numerosos proyectos exitosamente desarrollados en la región, STRACON ha construido un negocio sostenible basado en la prestación de servicios eficientes e innovadores, manteniendo los más altos estándares de seguridad, medio ambiente y relaciones con las comunidades. (Stracon, 2022)

En el año 2018 Stracon es adquirido por Ashmore Group, como accionistas mayoritarios, con lo cual deja de formar parte del grupo GyM y nace una nueva etapa "STRACON, Fuerza que construye", y es en ese mismo año que Anglo American, ha adjudicado la ejecución de diversos trabajos: construcciones varias, preminado y la operación minera durante sus primeros años, a la empresa Stracon.

Stracon, contratista minero de clase mundial viene trabajando de la mano con su cliente Anglo American, desarrollando la labor de pre- stripping o preminado en el proyecto Quellaveco, ubicado en la región Moquegua, Perú. Los trabajos se desarrollan con innovación e inclusión social.

Quellaveco es uno de los cinco yacimientos de cobre más grandes del mundo. Está localizado en la región Moquegua, al sur del Perú, y como proyecto viene siendo desarrollado por Anglo American, compañía minera global y diversificada, en sociedad con la Corporación Mitsubishi. Actualmente está en etapa de construcción y se espera la primera producción de cobre en el 2022. Es actualmente la mayor inversión minera en el Perú.

El proyecto Quellaveco tendrá 6 áreas de trabajo en las cuales se realizará diferentes construcciones e infraestructura para poder ejecutar y empezar la operación de este importante proyecto minero de gran envergadura. (Anglo American, 2019)

Sectores del Proyecto Quellaveco:

- ✓ Área 1000: En la zona conocida como Alta Montaña, a 4,500 metros de altitud, se construyen las obras más desafiantes de Quellaveco.
- ✓ Área 2000: Es la zona conocida como Operaciones Mina o el tajo de explotación, se construyeron obras como la barrera y el túnel para el desvió del rio asana. En la actualidad vienen culminando con la construcción de la chancadora primaria, las fajas transportadoras y el desbroce de mina con sus respectivas fases de minado.
- ✓ Área 3000: Se ubica la Planta de Papujune que tendrá la capacidad de procesar más de 127,500 toneladas de mineral al día. Está compuesta de molinos y celdas de flotación para separar el cobre. También estarán en esta zona el Centro Integrado de Operaciones (IOC).
- ✓ Área 4000: En la zona de Cortadera se encuentra el sistema de conducción de relaves que irá de la planta de Papujune hacia una presa de arranques, construido con altos estándares en presas de relaves.
- ✓ Área 5800: El punto final de la operación es la costa. En las instalaciones del puerto de Ilo se construyen un almacén de concentrados, una faja transportadora y un cargador para llevar el mineral a los barcos. (Figura.2)

Figura 2

Área del proyecto Quellaveco



Nota. (Anglo American, 2021)

Tiene una vida de reservas de 30 años. Utilizará proceso minero de tajo abierto y flotación para producir concentrados de cobre, así como molibdeno y plata como subproductos. La planta concentradora tendrá la capacidad de procesamiento 127,500 toneladas de mineral por día y se espera que Quellaveco produzca en promedio 300 mil toneladas de cobre por año en sus primeros 10 años de operación. (Anglo American, 2019).

El Centro de Operaciones Integradas de Quellaveco será el cerebro que recogerá toda la data que genere la mina, pero su centro de actividad será en el tajo.

Con el preminado concluido, Quellaveco tendrá el terreno preparado para la extracción del cobre. El objetivo es retirar en toda la excavación 45 millones de toneladas de desmonte, esto equivale al 30% del movimiento que tendría la mina en

un año de producción. Así como las grandes afirmaciones requieren de grandes pruebas, también los grandes proyectos requieren del apoyo de grandes empresas proveedoras, es por ello que Anglo American le ha encargado esta vital tarea a Stracon, la cual se encarga de retirar las capas de material que se encuentran cubriendo el mineral, llevándolos a lugares de almacenamiento y poniendo los equipos a punto con el objetivo de dejar todo listo para la explotación del mineral.

Quellaveco será la primera mina digital del Perú, actualmente para el proceso de preminado vienen utilizando para el carguío y transporte de desmonte cuatro camiones autónomos y su primera pala eléctrica de las tres que tendrán para arrancar la producción de cobre en el 2023.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

En el área de perforación y voladura en la empresa Stracon S.A se realizó actividades relacionadas a la perforación de acuerdo al diseño de malla del área de planeamiento con los diámetros y especificaciones solicitadas, Así como también se apoyó al área de geología en realizar muestras para poder determinar si las áreas son de mineral o desmonte estas actividades son de gran importancia para la producción.

Las actividades del área de perforación y voladura se realizaron principalmente en tres frentes en la fase sur donde se encuentran zona de mineral y desmonte, las perforadoras Pit viper TD04,TD01 y la perforada TD12 Smart rock D65.Fase 1Norte donde se encuentran las perforadoras TD05,TD02 y la perforada TD11 Smart rock D65 y la Fase 2Norte distribuidas las perforadoras TD06,TD03 y la perforada TD13.Para poder ser operadas de cuerdo al plan semanal y a disposición de planeamiento mina,

Todas las actividades se realizan con dos controladores en sala que se encargan de las perforadoras Pit Viper 351 y dos controladores de Smart Rock D65 que se encuentran en campo para poder controlar desde la bench remote que se encuentra unos 50 metros de distancia de la perforadora estando así los controladores en zona segura y sin estar expuestos a ruido y polvo.

2.1 Capacitación fundamentos de operación para perforadoras autónomas

La empresa Stracon S.A. y AAQ. organizaron un programa de capacitación con especialistas del Instituto TECSUP para fortalecer nuestros conocimientos (Ver Figura 7), este curso se denominó "Fundamentos de Operación para Perforadoras" y tuvo una jornada que comprendía desde las 08:00 a 12:10 h. y de 13:30 a 17:40 h, a cargo del Ing. Carlos Cahuana Cuba, donde se desarrolló temas como:

- Introducción a operaciones mina.
- Procesos unitarios en operaciones mina.
- Fundamentos de perforación.
- Equipos y herramientas de perforación.
- Funcionamiento de la perforadora.

Como se sabe, la empresa AAQ. Es la primera mina de Perú que ha impulsado la automatización para mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la seguridad de todos sus trabajadores. Por esta razón, Stracon y la división "Training Stracon" antes del ingreso a mina para poder operar las perforadoras Smart rock D65 y Pit Viper 351 se han desarrollado cursos de capacitación esenciales para ingresar al campo de las operaciones mineras.

2.1.1 Ingreso a mina autónoma (AOZ)

Para el ingreso a la zona autónoma se debe considerar:

- Siempre el tránsito en mina AOZ Quellaveco será por la izquierda de rutas físicas y virtuales.
- Los camiones autónomos siempre tendrán la preferencia (Excepción Emergencias).
- Para vehículos sin kit Site Awareness, siempre serán escoltados dentro de AOZ, de acuerdo al protocolo.
- Durante la conducción los vehículos con sistema o kit Site Awareness, deben seguir las líneas de los carriles indicados en la pantalla Minestar.
- para todo el personal que ingresa a AOZ, es indispensable el conocer e identificar las luces de los camiones autónomos y su estado.

Para el ingreso a operaciones mina, solo se permitirá el ingreso a personal autorizado ya que se encuentran los camiones autónomos los cuales tienen varios sistemas de seguridad uno de ellos el uso del a-stop.

2.1.2 Uso correcto de dispositivo A-STOP

Se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

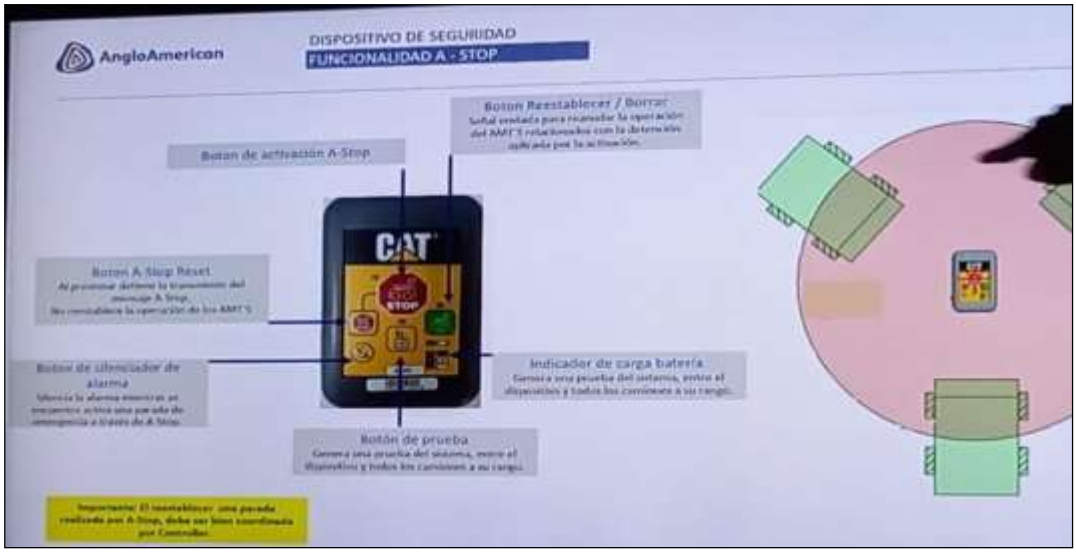
Es un dispositivo de mano el cual permite al personal que se encuentra dentro de AOZ pueda usar este dispositivo en caso de emergencia, el cual detiene de forma remota las operaciones de los camiones autónomos que están en cercanía al dispositivo A- STOP (300 m aproximado).

Cada vehículo que ingresa al AOZ y su ocupante debe tener el dispositivo A-STOP en Funcionamiento y haber sido capacitado para su uso (Figura 3).

Cualquier persona que se encuentre a pie o fuera de su vehículo, debe contar con su dispositivo A-STOP.

Figura 3

Uso de A-STOP



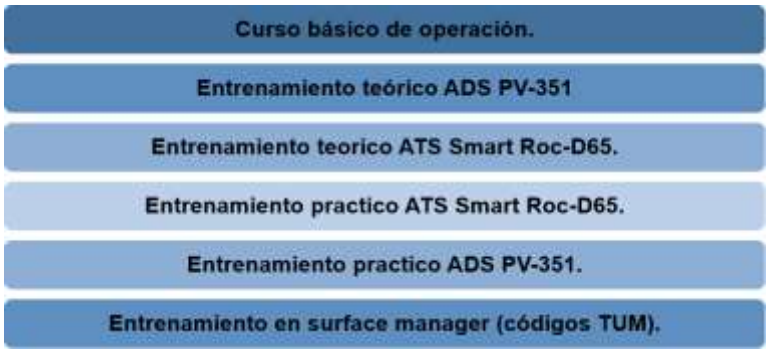
Nota. Elaborado por el autor.

2.1.3 Capacitación técnica con empresa Epiroc

La empresa Stracon S.A. y Anglo American Quellaveco organizaron una capacitación técnica que estuvo a cargo de la empresa EPIROC – Perú (Figura 4), profesionales en manejo de perforación autónoma y TeleREMOTE, la cual se llevó a cabo al área 2000- Campamento Quellaveco en Operaciones Mina, esta capacitación técnica comprendía:

Figura 4

Capacitación técnica por Epiroc



Nota. (Stracon, 2021)

2.2 Entrenamiento teórico y práctico ADS PV-351:

La perforadora a Diesel Pit Viper 351 de Soluciones de Perforación Atlas Copco es una perforadora de barreno con unidad en la parte superior, montada para sobre transportador de orugas, diseñada para perforación giratoria de orificios de diámetro de 10-5/8 a 16" (270 mm a 406.4 mm) a profundidades de 65 pies (19.8 m) en una sola pasada. (Ver Anexo 1). Un carrusel estándar, que tiene además dos barras adicionales de 35 pies (10.66m), aumenta la capacidad de profundidad a bordo a 135 pies (41.15m). El sistema de alimentación por cable hidráulico es capaz de cargar 125,000 libras (38,100kg) de carga de broca. El peso total de la máquina es aproximadamente 380,000 libras (115,824 kg). Las funciones de perforación son

energizadas hidráulicamente. Se utiliza aire comprimido para limpiar el orificio. Las bombas hidráulicas y el compresor están controlados por un motor diésel. Los sistemas que soportan las funciones de perforación y de impulso de la perforadora son controlados por componentes neumáticos, hidráulicos y eléctricos. (Epiroc,2021)

La perforadora PV351 a Diesel está diseñada exclusivamente para perforación de barreno de producción, por acción rotatoria, a profundidades de 135 pies (41.15m)

Todas las perforadoras Epiroc están equipadas con un sistema de control de sobrepresión que expulsará presión de alimentación si los gatos niveladores del extremo de la perforadora no soportan el peso de la misma. Para asegurarse de que nadie haya deshabilitado el sistema, cada operador debe realizar el procedimiento de revisión operativa del sistema de control de sobrepresión diariamente

Tabla 2

Datos técnicos de perforadora Pit Viper

DATOS TÉCNICOS	
Main application area	Perforación rotativa de barrenos para voladura
Drilling method	Rotativa
Product family	Pit Viper
Single-pass depth	19,8 m
Maximum hole depth	41,1 m
Weight on bit	56 700 kg
Pulldown capacity	0 kN - 534 kN
Pullback capacity	0 kN - 267 kN

Nota. Elaborado por el autor.

Su operación es autónoma desde una sala de control y tiene un controlador (operador) este equipo trabaja en su ciclo de perforación de forma autónoma se puede llegar a controlar hasta tres perforadoras desde un OPS (Figura 5).

Figura 5

Operación autónoma desde sala de control P&V



Nota. Elaborado por el autor.

2.3 Operación de perforadora Pit Viper 351

El Sistema de control del equipo (RCS) es una representación de interfaz gráfica de usuario de todos los parámetros útiles para el operador. El sistema consiste en una computadora central (CC) y varios módulos electrónicos que se comunican con la CC por medio de tecnología de red de área de controlador (Figura 6).

Figura 6

Pantalla de perforación



Nota. Elaborado por el autor.

El RCS proporciona las siguientes ventajas: Desplegado en pantalla de:

- Todas las presiones de operación
- Posición de cabezal giratorio
- Datos de motor

Interbloqueos de seguridad y operatividad automática. Identificación automática y visualización de advertencias y fallas del sistema.

Acceso a menús de diagnóstico y capacidades de solución de problemas que se ven directamente desde la pantalla (Figura 7).

Figura 7

Menú genral de perforación autónoma



Nota. Elaborado por el autor

Las opciones incluyen:

- Nivelación automática
- Sistema de perforación automática
- Interfaz de comunicación común (CCI)
- Sistema de Medición durante perforación (MWD)
- Sistema de Acceso remoto al equipo (RRA)
- Sistema de posicionamiento global (GPS)
- Control remoto

2.4 Revisión de columna de perforación

Antes de iniciar la guardia y empezar con la perforación de los taladros se realiza una inspección visual a través de las cámaras PTZ para poder ver el estado de la columna de perforación e iniciar con el trabajo hasta que Ferreyros encargado de la inspección del equipo llegue al lugar. (Figura 8)

Figura 8

Revisión columna de perforación



Nota. Elaborado por el autor.

2.5 Monitoreos de parámetros

Un desafío común de perforación es perforar los agujeros designados en forma exitosa, sin agrietar o doblar permanentemente la barra de perforación, así como evitar el atasco de dichas barras porque esto supondría un retraso con el proyecto y por ende afectaría la producción, es por ello que existen ciertos parámetros como: velocidad de rotación, pull dow ,torque, presión de aire ,nivel de agua, índice de agresividad,

atascos. que el controlador de perforación debe tomar suma importancia para una perforación adecuada y para la entrega de taladros de calidad.

Cuenta con capas de protección “TAG” detección de proximidad. El Sistema de proximidad detecta los TAG´s (Figura 9) es de uso obligatorio para el personal que interactúa en el área de perforación, así proporcionar una zona Segura, de Advertencia y de Parada en el área de la máquina. Los transmisores generan continuamente un campo magnético alrededor del equipo. El sistema detecta cuando un TAG de Proximidad ingresa dentro del campo. En la pantalla RCS se visualiza cuando se detecta un TAG dentro de las 3 zonas.

Figura 9

TAG Control de seguridad



Nota. Elaborado por el autor.

2.6 Operación de Smart rock D65

El SmartROC D65 está construido para hacer frente a las condiciones más duras. Cuenta con un gran número de funciones inteligentes que mejorarán sus operaciones, aumentarán la seguridad e impulsarán la productividad. Este equipo de

perforación ha evolucionado constantemente desde su lanzamiento para garantizar que su inversión ofrezca una mayor producción y rentabilidad con cada relevo. El nuevo y eficiente SmartROC D65 permite realizar de forma constante barrenos de alta calidad con precisión y exactitud. Incluye varias características inteligentes, como la perforación y la manipulación automáticas de la barra. La plataforma lista para la automatización también incluye una función Auto Feed Fold. Con un solo movimiento, Auto Feed Fold permite al operario descargar la deslizadera en la posición de desplazamiento o de perforación, lo que resulta muy útil cuando se accionan uno o varios equipos de perforación de forma remota con la opción BenchREMOTE. Con la deslizadera extralarga con tubos de 8°metros es posible perforar barrenos de producción de 16°metros con una sola barra. También es posible perforar barrenos de 229 mm (9 pulgadas) gracias a la potencia del martillo COP M7. Todas estas características y opciones se incluyen en un equipo de perforación económico gracias al control inteligente del compresor y de las rpm del motor. El SmartROC D65 también utiliza 300 litros menos de aceite hidráulico que las versiones anteriores e incluye menos mangueras y bombas. Esto ayuda a reducir aún más los costes y facilita el mantenimiento, a la vez que aumenta la sostenibilidad y reduce el impacto ambiental de la plataforma. SmartROC D65 se controla mediante un sistema de control avanzado que se muestra en una pantalla táctil situada en el interior de la cómoda cabina con aire acondicionado y certificación de FOPS y ROPS. La pantalla muestra absolutamente todo, desde los parámetros de perforación hasta los datos de medición durante la perforación (MWD) en tiempo real (Figura 10)

El equipo de perforación SmartROC de Epiroc puede aumentar significativamente la calidad de toda la operación.

Figura 10

Operación a distancia desde BenchRemote



Nota. Elaborado por el autor.

2.6.1 Aplicación y operación

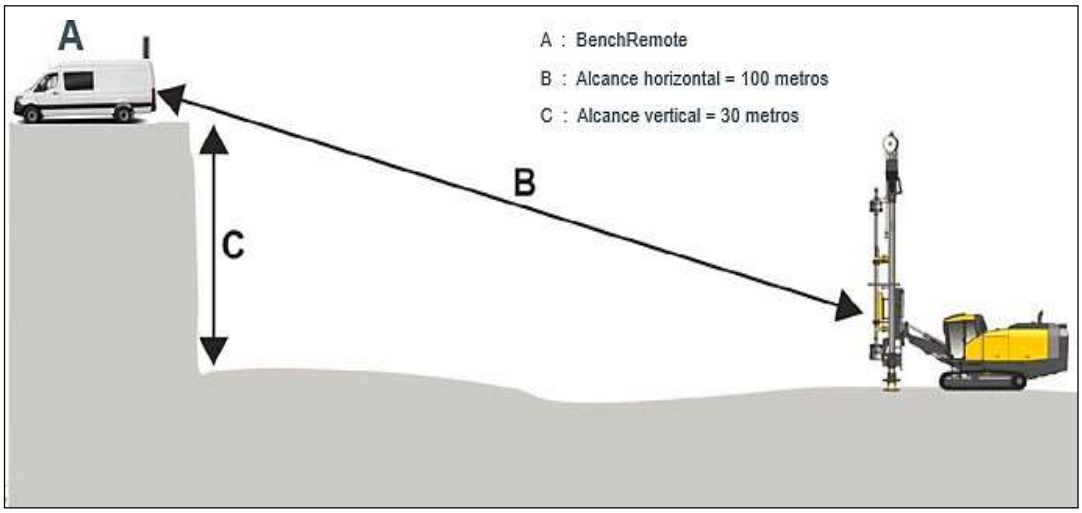
Es una estación de aplicación remota, la cual permite la operación inalámbrica de los equipos SmartRoc D65.

Su alcance es de 100 metros horizontales y 30 metros verticales, en la Figura 11 podemos visualizar una gráfica con los parámetros establecidos.

Puede instalarse en plataforma móviles, tales como Buses o vans. Fueron diseñadas pensando en la seguridad de los operadores así evitar la exposición a polvo – ruido.

Figura 11

Distancias de operación



Nota. (Epiroc, 2021)

El RCS proporciona las siguientes ventajas: Desplegado en pantalla de:

- Todas las presiones de operación.
- Posición de configuración y ajustes.
- Datos de motor (horómetros).
- Niveles de combustibles agua y temperatura.
- Acceso a menús de diagnóstico y capacidades de solución de problemas que se ven directamente desde la pantalla (Figura 12).

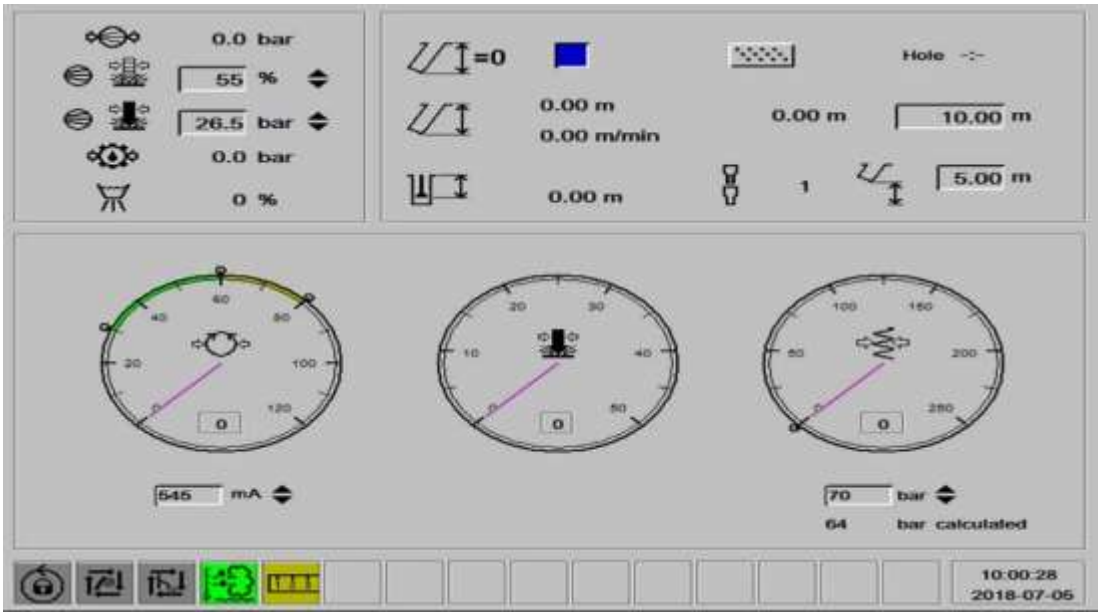
Las opciones incluyen:

- Nivelación automática.
- Perforar en ángulo
- Sistema de perforación automática.
- Emboquillado automático.
- La opción consumibles ayuda al conductor a mantener el control de la condición de: trépano, martillos de perforación y barras de perforación

El operador ingresa una lista de consumibles en el RCS de la máquina. El sistema realiza un seguimiento y muestra cuántos metros perforados ha realizado cada consumible.

Figura 12

Pantalla de perforación -SmartRoc D65



Nota. (Epiroc, 2021)

2.6.2 Operación desde Bench Remote
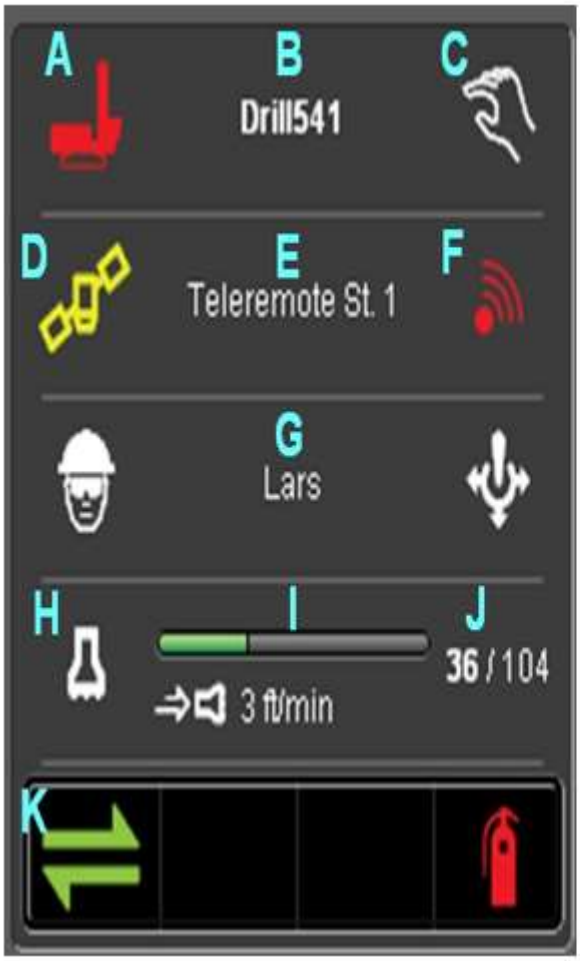
Para poder operar desde el Bench Remote se necesita tener una conexión desde el equipo y la bench Remote la cual cuanta con componentes como la Pantalla ACMS (Autonomous Common Machine Server), dicha pantalla se puede apreciar en la Figura 13 con sus respectivos comandos e indicadores.

- ACMS significa servidor autónomo de máquina común.
- El ACMS es el componente central del sistema de gestión de flotas TeleREMOTE de Epiroc.
- La función principal del ACMS es negociar la asignación de simulacros

TeleREMOTE y autónomos a operadores remotos a través del OPS.

Figura 13

Pantalla ACMS de SmartRock D 65



A. Identificación del estado del Equipo. Verde: No se tiene problemas a bordo
B. Nombre de la perforadora nombrado por el administrador. Por defecto se muestra el número de serie
C. Muestra como el equipo está siendo operado
D. Estado del GPS. Directamente relacionado al GPS actual: Rojo=1 Amarillo=2 Verde=3
E. N/A para equipos SED
F. Estado de la conexión de red al ACMS. Rojo=Sin conexión Amarillo= Conectado, pero con problemas Verde: Buena Conexión.
G. Operador: En manual: Operador registrado en la máquina TeleREMOTE: Operador asignado
H. Modo/Estado de la perforadora: Posicionamiento / Perforación / Estacionado
I. Progreso de la perforadora en el pozo actual.
J. Profundidad objetivo del pozo
K. Alarmas y advertencias a bordo en la perforadora.

Nota. (Epiroc, 2021)

2.6.3 Beneficio de BenchRemote

- Seguridad en la operación: Perforación sin tener que ingresar al área de peligro. El Operador tiene una visión general completa. Entorno seguro con reducción de polvo y ruido. (Figura14)

- Red Cerrada: La comunicación no depende de la red local y la infraestructura en la mina. Red segura entre el BenchRemote y el equipo.
- Incremento de equipos controlados: Un operador puede controlar hasta 3 equipos de forma simultánea.

Figura 14

Perforacion desde becnh remote



Nota. Elaborado por el autor.

2.7 Uso de surfacemanager para almacenar data de perforación

Surface Manager es una herramienta creada para la generación de informes de las perforadoras de superficie Epiroc y sus procesos asociados. Esto incluye la conversión de archivos CSV al plan de perforación estándar de las perforadoras de superficie Epiroc y sólidas funciones de exportación. El controlador de perforación está debidamente capacitado para el uso de este software y es parte de sus obligaciones poder hacer uso correcto de esta herramienta para llevar la data adecuada de

perforación, así también poder hacer seguimiento a los planos de perforación con el propósito de saber si se está cumpliendo con el plan destinado para cada proyecto.

2.7.1 Códigos de demoras (herramienta de eventos)

Todos los códigos TUM se encuentran asignados a categorías TUM.

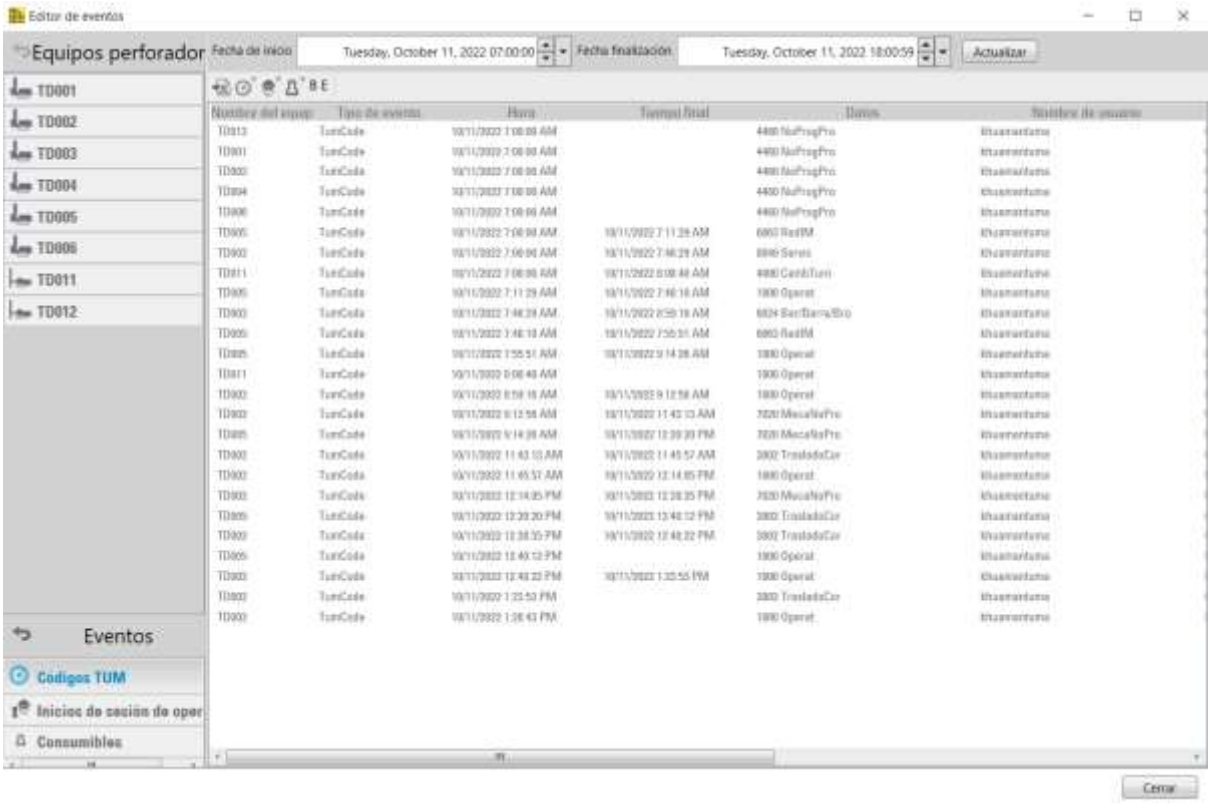
Siempre se debe tener un código activo en la perforadora. La diferencia con los códigos de demora, donde estos solo se registraban cuando se tenía retrasos e interrupciones en la producción.

El registro de códigos de demora es responsabilidad del controlador de perforación y se realiza a través de la pantalla en cabina RCS, desde la estación de operación OPS en sala de control y desde el Surface Manager (Ver Anexo 2).

Es posible agregar, editar, y Eliminar eventos de los datos de producción en las categorías de códigos TUM, inicios de sesión del operador y cambios de consumibles (Figura 15)

Figura 15

Ingreso de demoras en Surface Manager



Nota. Elaborado por el autor.

2.7.2 Mallas de perforación

La gestión de planos de perforación son responsabilidad del controlador de perforación, en cada proyecto se sube la malla y geofence a surfacemanager para luego enviar mediante la red a los equipos de perforación.

La lista de planos de perforación contiene todos los planes de perforación del sistema; nombre, cuándo se creó (importó) el plan de perforación, cuándo se modificó el plan de perforación, el autor y si el plan de perforación es un plan de perforación autónomo o manual. (Figura 16).

Figura 16

Gestión de planos de perforación



Nota. Elaborado por el autor.

2.7.3 Reportes diarios por flotas

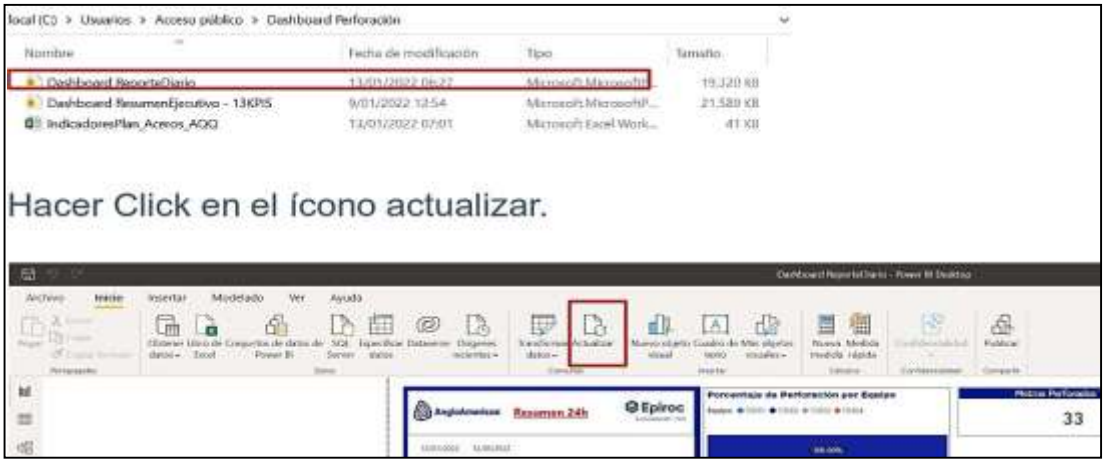
Se verifico y analizó reportes de 24h para ambas flotas en relación a los códigos TUM, entre lo planeado y lo actual.

Este Dashboard de Perforación nos ayudara a identificar en tiempo real como estamos en disponibilidad (%), uso de disponibilidad (%), eficiencia operacional y velocidad (m/p200).

Se debe cerradas todas las demoras de cada perforadora, luego se realiza el reporte diario ingresando a la carpeta Dashboard (Figura 17).

Figura 17

Ingreso a Dashboard de perforación



Nota. Elaborado por el autor.

El controlador debe indicar la fecha que se desea obtener para el reporte. La fecha de inicio y fin deben ser la misma para el reporte de 24 horas. Al modificar la fecha en una pestaña, todas las demás pestañas se actualizan automáticamente (Figura 18).

En base a este reporte que se hace cada 24 horas podemos ver con más detalle cuantos metros perforados se hizo en el día, así como el uso de disponibilidad y la eficiencia operacional por flotas de equipos de perforación (Pit Viper y SmartRoc), con la finalidad de saber si se llegó a la meta del plan semanal.

Una vez actualizada la aplicación, esta información será presentada mediante un Power Point copiando toda la información obtenida del dashboard, Si al realizar el reporte los parámetros están en rojo se debe añadir algún comentario justificando los motivos por los cuales no se está cumpliendo con el plan programado, esto debe ser revisado con los líderes de perforación y voladura.

Figura 18

Dashboard de flota Pit Viper



Nota. Elaborado por el autor.

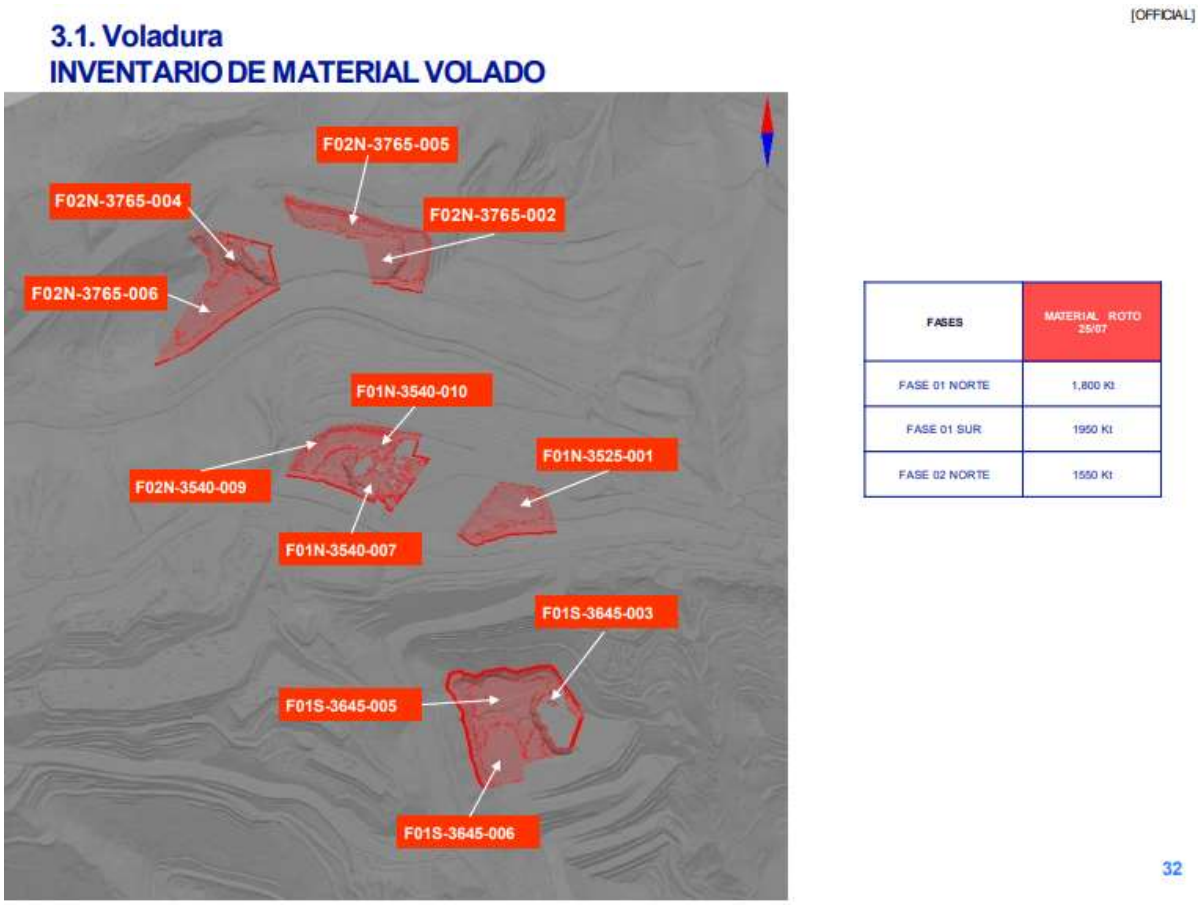
2.8 Reuniones de plan semanal

El plan P&V es el punto de partida del proceso operativo que entrega la información de preparación y limpieza de las áreas para la perforación y voladura, de esta manera secuenciar el minado. Es muy importante el cumplimiento del presente plan pues nos permitirá llevar control necesario del material volado (Figura 19).

También se participó en reuniones de voladura indicando sobre los radios de evacuación, fecha y hora del disparo (Ver Anexo 3). Además, en las reuniones diarias se realiza una presentación de temas operativos mediante herramientas digítales como HoloBuider que sirve para visualizar la mina en tiempo real. (Ver Anexo 4).

Figura 19

Inventario de material Volado



Nota. Elaborado por el autor.

CAPITULO III

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

3.1 Antecedentes

3.1.1 Antecedentes Internacionales

El sistema Autónomo es una gran herramienta que ayuda en términos de seguridad en la operación. Gracias a este sistema se reduce la exposición del personal presente en el interior de mina a riesgos tales como posibles inestabilidades del terreno, reperforación de barrenos fallidos o la exposición a ruido y polvo. (Hernández,2018).

En la actualidad, la minería se ve enfrentada a condiciones desafiantes. Los nuevos yacimientos tienen menores leyes y son más profundos o de difícil acceso, las normativas ambientales son cada año más estrictas y las comunidades están muy atentas respecto a lo que sucede en la industria. Esto ha impulsado el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan reducir los costos operacionales, optimizando el consumo de energía e insumos y evitando la exposición del personal a riesgos innecesarios. (Cortés 2018)

En el último medio siglo, muchas técnicas han evolucionado con el fin de optimizar los parámetros clave durante la perforación para lograr ganancias de rendimiento y mejoras económicas. (Andeas.L& Lokkevik 2019).

Recientemente, con la llegada de los sistemas y controles informáticos, se han desarrollado diferentes enfoques para la optimización en tiempo real del rendimiento de la perforación en un intento de mejorar la rentabilidad general, con o sin éxito (Dupriest, 2011).

La compañía minera BHP Group en la mina Yandi en Pilbara ha implementado tecnologías de perforación automatizada utilizando equipos de perforación Pit viper, como resultado la eficiencia de perforación aumento un 20% en comparación con la perforación convencional, se incrementó el número de metros perforados por turno en un 10%, y se extendió la vida útil del tricono en 22%. Además de un impacto económico evidente en los costos laborales, se redujo el tiempo de inactividades, tales como tiempos de cambios de turno. (Dasha, 2021).

El más importante de los beneficios es un mejoramiento en términos de seguridad, al reducir el tiempo en que el operador debe estar en la plataforma de perforación realizando un trabajo repetitivo, logrando así minimizar la fatiga del personal y su exposición a situaciones de riesgo y mejorando sus condiciones laborales. También se espera un aumento en la productividad del equipo, al aumentar la utilización, reducir el riego de daño al equipo y aumentar la precisión de la perforación. Además, al contar con información en tiempo real de la operación y del funcionamiento del equipo, se espera que el proceso de perforación sea más inteligente, permitiendo mejoras en la toma de decisiones y en el mantenimiento de los equipos. (Magri,2014)

3.1.2 Antecedentes Nacionales

La perforación autónoma en minería superficial viene siendo una realidad, en tajo Quellaveco, está tecnología está aportando en la seguridad del personal alejándolos de polvo y ruido, actualmente las perforadoras Pit Viper autónomas operan mediante comunicación inalámbrica, empleando frecuencias de hasta 5.2 Hz. Al momento de realizar trabajos simultáneos en la malla de voladura, mientras la perforadora autónoma está operando se debe guardar una distancia mayor a 30 metros por seguridad. Caso contrario la perforada emitirá un sonido de alerta de proximidad. (Córdova, 2021)

La perforación y voladura es una operación elemental para el cumplimiento del programa de avance mensual, trabajando con seguridad y evitando los accidentes esto ayuda a tener un menor costo en los trabajos de desarrollo, para ello se determinó realizar un trabajo óptimo, donde se optimizarán los costos y se realizarán estándares en perforación y voladura. (Guillen, 2020)

En lo que respecta al tiempo de perforación se puede observar que existen demoras por concepto de maniobras entre taladro y taladro, esto se debe a que la superficie del frente no es uniforme producto de un mal avance y a que el operador tiene que calcular la posición del taladro, lo cual se evitaría con las perforadoras autónomas. Por otro lado, la velocidad de perforación no es la óptima, debido a la falta de precisión. Con una buena precisión del taladro se puede llegar a una velocidad de 70mp/h. (Jáuregui,2009)

La velocidad de perforación se ve afectado por las antigüedades de las perforadoras por lo que la implementación de perforadoras autónoma genera un beneficio en la velocidad de perforación ya que influye en la minimización de los costos de operación Minera Antamina, a mayor velocidad de perforación disminuye el tiempo en el que se concluye un pozo por ende se reducen los costos operativos y mayor ganancia para la empresa. (Camarena,2019)

3.2 Objetivos

3.2.1 Objetivo General

- Evaluar los beneficios del uso de las perforadoras PIT-VIPER en la mina Quellaveco.

3.2.2 Objetivo Especifico

- Contrastar los beneficios del uso de perforadoras PIT-VIPER en comparación a las perforadoras convencionales monitoreadas desde la sala de control en la unidad minera Quellaveco
- Analizar y comparar la perforación manual y la perforación autónoma, en la unidad mina Quellaveco.

CAPITULO IV

DISCUSIÓN Y APORTES

4.1 Discusiones

De acuerdo a lo planteado por los autores Sánchez y Cortes la implementación de equipos autónomos en mina contribuye a la disminución de riesgos de accidentes innecesarios de sus colaboradores.

Los autores Lubinski, Speer, Dupriest concuerdan en que la implementación de equipos autónomos dentro de mina contribuye a una disminución de costos y aumento de ganancias para la empresa explotadora de los diversos minerales.

Del mismo modo los autores Dasha y Magri coinciden en indicar que la implementación de equipamiento autónomo en las diversas minas aumenta tanto la productividad como el margen de ganancias que pueden tener las diversas empresas mineras.

4.2 Mejoras en la operación

De lo antes mencionado por los autores citados podemos indicar que la implementación de equipamiento autónomo en mina genera aportes y grandes cambios

en el desarrollo del crecimiento tanto tecnológico como de inversión en una empresa minera.

El manejo de equipos autónomos en mina promueve la implementación de inteligencia artificial que brindará la oportunidad de propiciar más seguridad dentro del espacio de trabajo de todo el personal que está distribuido dentro de la mina.

4.3 Mejora en la supervisión

Al ser controladas las perforadoras de forma teleremota permitió supervisar las velocidades y dureza del terreno en tiempo real, lo cual ayuda a la supervisión a tomar decisiones más asertivas para la ejecución del trabajo.

4.4 Mejoras en el control de aceros

Con las herramientas de Surfacemanager se puedo llevar un control de aceros más exacto y tener inventarios mucho más ordenados, así evitamos perder piezas de los aceros lo cual ayudó a reducir los costos de consumibles. (Figura 20).

Figura 20

Control de aceros

CUADRO DE CONTROL DE BROCAS - PERFORADORAS SMART_ROC D65 / AAQ

								90515613
								QL 60
PERFORADORA SMART_ROC D65 TD-11	N° Cambio	Fecha Instalación	Metros Instalación	Fecha Desmontaje	Metros Desmontaje	Metros Perforados	Observaciones	Actualización de Metros
	0	15-jun	0	18-jul	954	954	Instala:	1052.71
	1	18-jul	954	19-oct	5305	4351	Sale: - Instala: 58743	3938.5
	2	19-oct	5305		8815	3510	Sale: 58743 - Instala: 58744	3821.1
PERFORADORA SMART_ROC D65 TD-12	N° Cambio	Fecha Instalación	Metros Instalación	Fecha Desmontaje	Metros Desmontaje	Metros Perforados	Observaciones	Actualización de Metros
	0	15-jun	0	06-jul	1200	1200	Instala: 90515613	1248
	1	06-jul	1200	23-oct	6928	5728	Sale: 90515613 - Instala: 2073746	5670.02
	2	23-oct	6928		9397	2469	Sale: 2073746 - Instala: 58734	2469.06

Nota. Elaborado por el autor.

4.5 Ventajas de perforadora autónoma

Actualmente el sistema instalado en la sala de control permite manejar con un mismo operador y un panel de control hasta un total de 3 equipos que estén operando de forma remota simultáneamente.

El sistema permite trabajar 24 h/día durante los 7 días de la semana, eliminando los tiempos muertos correspondientes a los cambios de relevo (bajadas y subidas a mina del personal).

El diseño robusto de la perforadora de grandes dimensiones hace que la Pit Viper sea muy productiva perforando muchos metros sin tener que cambiar de emplazamientos.

Los equipos recopilan y transmiten los parámetros de perforación registrados en el equipo durante la operación. Estos son utilizados como herramienta para analizar las características geomecánicas del terreno perforado o posibles desvíos en la perforación, de esta manera se tiene control sobre la voladura, evitando pérdidas de mineral o daños de cámaras próximas.

CONCLUSIONES

Se pudo evaluar los beneficios del uso de las perforadoras PIT-VIPER en la unidad minera Quellaveco, teniendo un aumento en la productividad de aproximadamente 10 %.

Se contrasto los beneficios del uso de perforadoras PIT-VIPER en comparación a las perforadoras convencionales en la unidad minera Quellaveco, se obtuvo que las perforadoras convencionales tienen un rango de pozos defectuosos del 3 al 12% mientras que una perforadora PIT-VIPER tiene un rango de entre 2 al 10%.

Se analizo y comparo la perforación manual y la perforación autónoma, las perforadoras autónomas generan una disminución de tiempo en la perforación de 20 min a un rango de 10 a 15 min lo cual beneficia a los metros perforados por turno en un 10% a más de producción.

Se comparo los Tiempos de inactividad asociados con el factor humano (almuerzos, cambios de turno, etc.); y se obtuvo que con la perforadora autónoma se redujo en un 15% los tiempos de inactividad por factor humano

De acuerdo a lo antes expuesto en el presente estudio, se ha observado mejoras en la velocidad de perforación ya que se ha podido exhibir que el manejo de perforadoras autónomas supera en velocidad a las perforadoras manuales, con un avance de 138.8 m/h en comparación de las perforadoras manuales que tiene un avance 91.8 m/h de esto influye en el nivel de producción de la empresa minera.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda promover la capacitación del personal en la operación con perforadoras autónomas para que esta sea operada de manera óptima y efectiva, así los datos obtenidos sean de confiabilidad.
- El software sea actualizado periódicamente para poder llevar un control real de información obtenida a través de surfacemanager y esto nos lleve hacer más exactos al realizar el informe que se proporciona a la supervisión.
- Contar con asesoría especializada para poder evitar problemas de conectividad, equipo base y deficiencia de partes autónomas.
- Es recomendable reiniciar el sistema cada cambio de guardia para así tener una fluidez en cuanto a la conectividad de red para las perforadoras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

STRACON (2021) "*Antecedentes y registros Historicos*" (Material informativo empresa STRACON)

http://www.stracon.com/quienes-somos/nuestra-empresa

Hernandez, C (2018). *"Análisis de costes de producción con implementación de equipos automatizados tomando como ejemplo Mina Magdalena"* (Tesis de Pregrado, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía.) España.

https://oa.upm.es/49610/1/PFG_Carlos_Andres_Hernandez_Fuenrealba.pdf

Cortés, Z (2018). *""Análisis de la implementación del control computarizado en la perforación para desarrollos horizontales"* (Tesis de Pregrado, Facultad de ciencias Físicas y Matemáticas.) Chile.

https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/170151

Andeas.L& Lokkevik(2019). *"Optimización de un Equipo de Perforación Autónomo Inteligente."* (Tesis de Maestría, Facultad de ciencias y tecnología.) Noruega.

http://hdl.handle.net/11250/2634127

Dupriest, K (2011). *"Optimización en Tiempo Real de Parámetros de Perforación por Métodos Empíricos Autónomos."* (Tesis de Maestría, Facultad de ciencias.) Noruega.

https://doi.org/10.2118/139849-MS

Dasha, O (2021). *"Impacto económico de la implementación de equipos robóticos y teleoperados en la minería a cielo abierto."* (Tesis de Maestría, Facultad de ciencias Físicas y Matemáticas.) Chile.

https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/180277/Impacto-economico-de-la-implementacion-de-equipos-roboticos-y-teleoperados-en-la-mineria-a-cielo-abierto.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Magri, J (2014) *"Efectos de la incorporación de tecnologías autónomas en el diseño y la planificación minera."* (Tesis de Pregrado, Facultad de ciencias físicas y matemáticas departamento de ingeniería de minas.). Chile.

https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/131395

Córdova, V (2021) *"Efectividad de la iniciación electrónica en zona de interacción con equipos autónomos empleando el sistema daveytronic evolution pack 48, mina Quellaveco - Moquegua - 2021."* (Tesis de Pregrado, Facultad de Ingeniería de Minas.). Perú.

http://repositorio.unam.edu.pe/handle/UNAM/268

Guillen, S (2020) *"Optimización del diseño de malla de perforación para la estimación de costos operacionales en la zona de Pucaurco -Unidad Minera Pachancoto - Minas de Pachancoto S.A. 2019."* (Tesis de Pregrado, Facultad de ingeniería.). Perú.

https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8425

Jáuregui, A (2009) *"Reducción de los costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura."* (Tesis de Pregrado, Facultad de ciencias e ingeniería) Perú.

http://hdl.handle.net/20.500.12404/696

Camarena, C (2019) *"Optimización de los rendimientos de perforación a partir del modelo geotécnico con fines de minimizar costos de perforación en la Compañía Minera Antamina."* (Tesis de Pregrado, Facultad de ingeniería de minas.). Perú.

http://hdl.handle.net/20.500.12894/4966

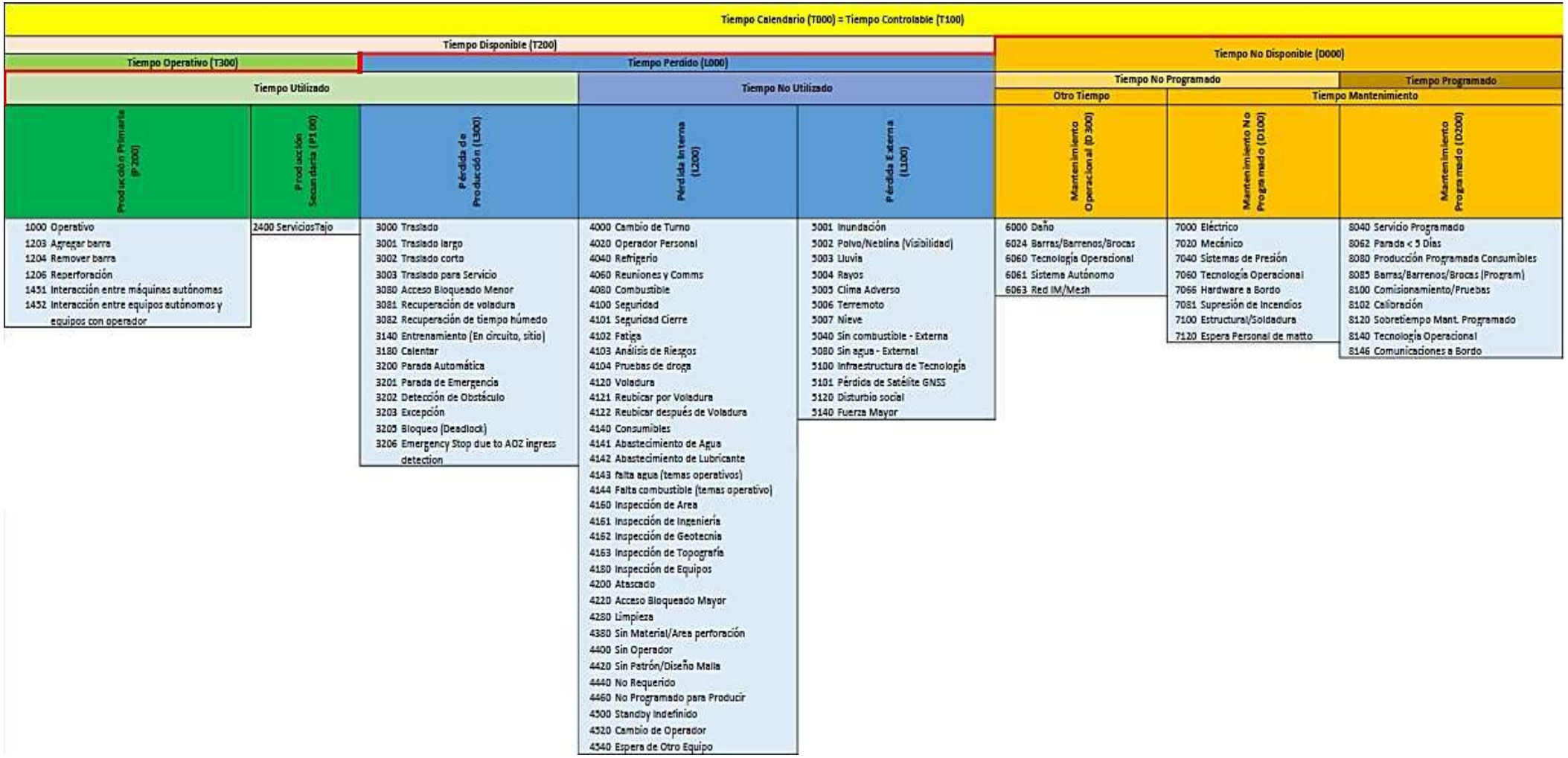
Quellaveco, A (2018). "Área *zona 2000: Zona de mina"* (Material informativo, mina Quellaveco).

https://peru.angloamerican.com/es-es/quellaveco/el-proyecto

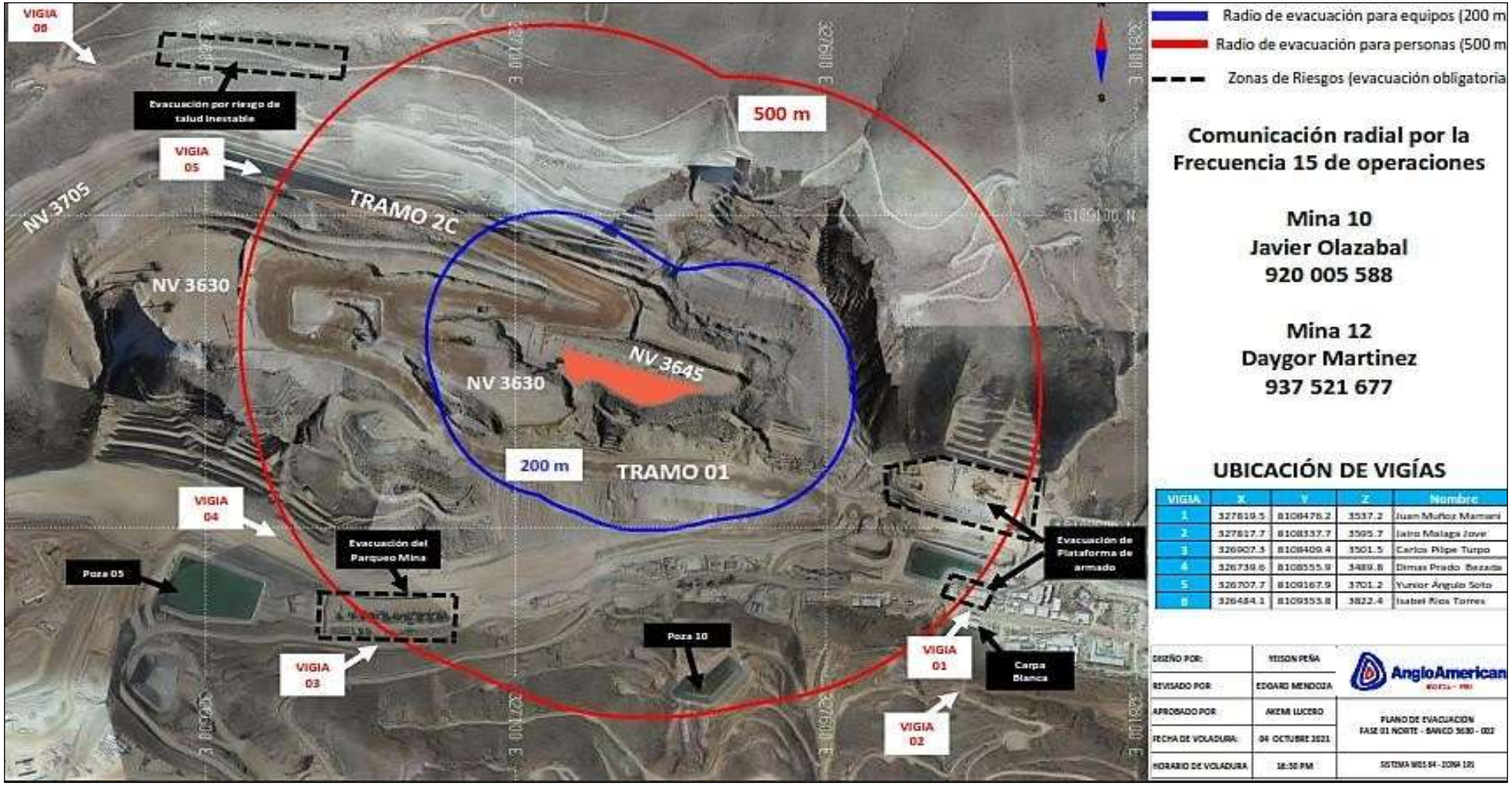
ANEXO 1: PERFORADORA PIT-VIPER



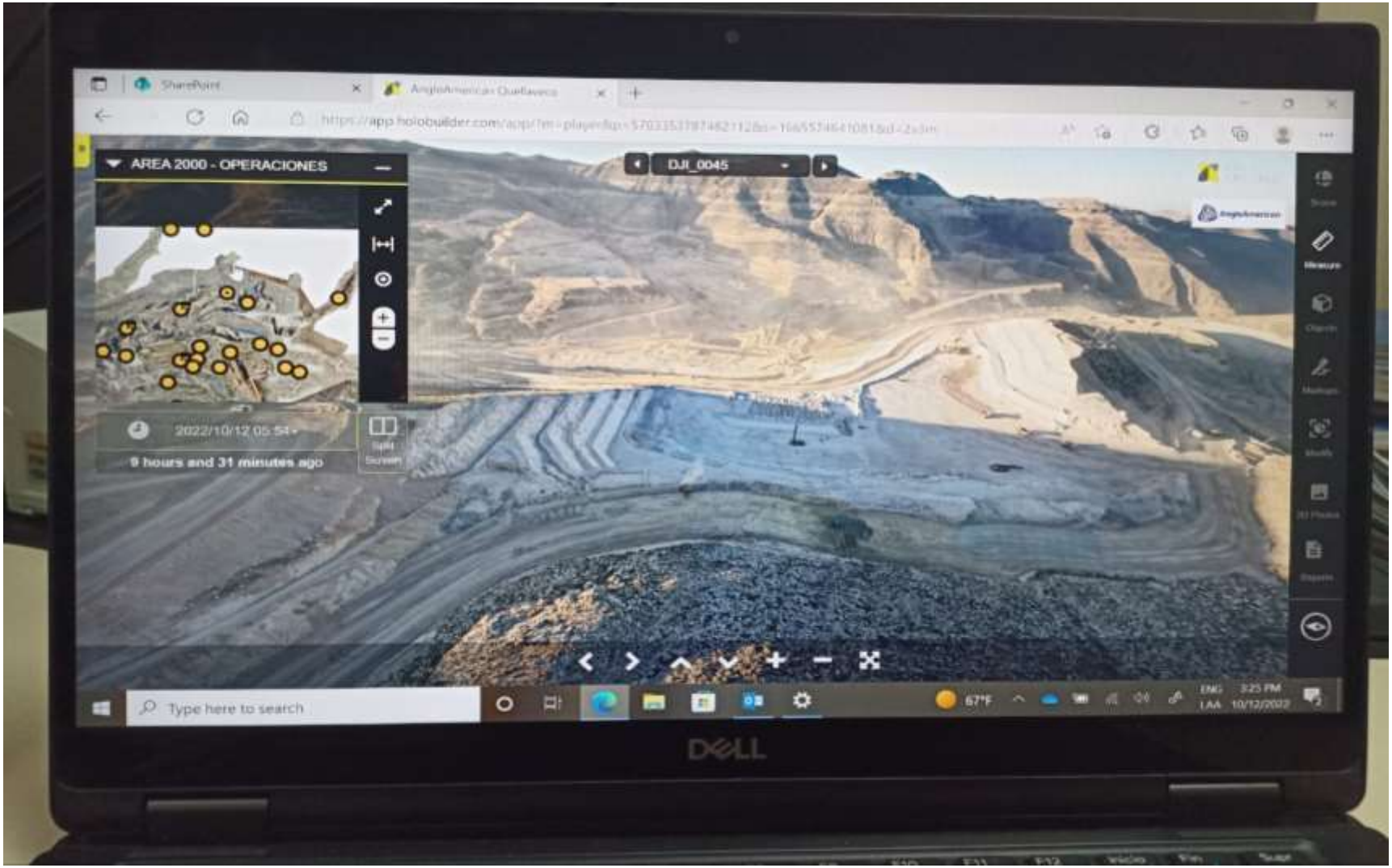
ANEXO 2: CÓDIGOS DE DEMORAS



ANEXO 3: PLANO DE VOLADURA



ANEXO 3: HOLOBUILDER



FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos	: Karen Susana Huamantuma Vildozo
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N°	: *72816606*
Correo electrónico	: Susanvildozo@gmail.com
Teléfono/Celular	: 937457428

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado ( )
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía (X)
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis ( )
b) Trabajo de Investigación ( )
c) Trabajo de suficiencia profesional ( )
d) Trabajo académico **(X)**

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título: "MONITOREO DE PERFORADORAS PIT -VIPER DESDE SALA DE CONTROL PARA MEJORAR LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES"

b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra: https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 2.11.00
c) Fecha de publicación: 11 de noviembre del 2022

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos: Arquímedes León Vargas Luque
b) DNI/Pasaporte/Cédula: 01309736
c) ORCID: 0000-0001-7619-2844

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 72816606
NOMBRES Y APELLIDOS : KAREN SUSANA HUAMANTUMA VILDOZO

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(X) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 72816606

NOMBRES Y APELLIDOS : KAREN SUSANA HUAMANTUMA VILDOZO

FECHA : 11 de noviembre del 2022

