UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

Informe de Suficiencia Profesional

"DISEÑO DE VOLADURA PARA REDUCIR IMPACTOS EN ZONA DE CRITICIDAD GEOTECNICA ZCG-02-19 MEDIANTE MODELO DE DUREZA A MEDIANO PLAZO EN MINA CONSTANCIA 2019"

PRESENTADO POR:

BACH. JORGE LUIS ECHENIQUE MAMANI

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA – PERÚ
2021

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

UNAM SECRETARIA GENERAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Folio Nº 005

ACTA DE SUSTENTACIÓN

I. Modalidad:

Tesis : ☐

Trabajo de Suficiencia Profesional : ☒

Otro: ..... : ☐

II. Documento de aprobación para la sustentación:
RESOLUCION PRESIDENCIAL

Fecha: 24 MAYO 2021

III. El Jurado ha dictaminado la (el) TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL, TITULADO:
"DISEÑO DE VOLADURA PARA REDUCIR IMPACTOS EN ZONA DE CRITICIDAD GEOTECNICA ZCG-02-19 MEDIANTE MODELO DE DUREZA A MEDIANO PLAZO EN MINA CONSTANCIA 2019"

Bachiller: JORGE LUIS ECHENIQUE MAMANI

Asesor Principal: Mgr. OSMAR CUENTAS TOLEDO

Co-Asesor : .....

IV. Se dictamina:

Como: APROBADO por UNANIMIDAD la sustentación de manera:

Presencial ☐ Virtual ☒

Con nota: TRECE (13) por lo que; Sí ☒ No ☐

Opta el Título Profesional de INGENIERO DE MINAS.

Siendo las 10:00 horas, del 25 de MAYO del año 2021 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

Presidente
MARCOS LUIS QUISPE PEREZ
(Nombres y Apellidos)

Primer Miembro
Arquímedes L. Vargas Luque
(Nombres y Apellidos)

Segundo Miembro
JESUS A. DURAN ESTUCO
(Nombres y Apellidos)

Bachiller
Jorge Luis Echenique Mamani
(Nombres y Apellidos)

RESUMEN

El presente proyecto tiene como principal objetivo el diseño de voladura para el cuidado de taludes en la zona de criticidad geotécnica denominada ZCG-02-19 en la mina Constancia propiedad de Hudbay Perú, dicha zona de criticidad se encuentra en la pared sur oeste fase II del tajo Constancia en donde se hicieron cambios en el diseño de voladura para reducir los impactos que generaban, esta zona critica presenta desplazamientos horizontales y verticales detectados por el monitoreo del radar e instrumentación geotécnica instalada. Esto representa un riesgo para la estabilidad de los taludes y por consecuencia se ve afectada la seguridad de las personas y equipos que interactúan en esa área. Se presume que la inestabilidad de la zona en mención se ha producido debido a la presencia de la falla geológica Yanak y a su propagación hacia la superficie a través de la roca adyacente.

Para la implementación del nuevo diseño de voladura fue necesario analizar diseños precedentes y recurrir al modelo de bloques de dureza a mediano plazo para tener definido con certeza la resistencia del macizo rocoso a ser volado asignando un factor de potencia que no cause daños a las paredes de la zona de criticidad geotécnica ZCG-02-19 y de la misma manera no sacrifique la fragmentación del material. Para la actualización constante de este modelo de dureza a mediano plazo se tiene como input las perforaciones especiales a doble banco (30m), las perforaciones diamantinas de exploración, la campaña de mapeo geomecánico realizado en el 2019 y el BWI/SPI (bond work index, SAG power index) que son datos constantes otorgados por planta y por último los tiempos de perforación. El modelo de dureza a mediano plazo emplea radios de búsqueda más cortos que hace que sea de mayor precisión y confiabilidad. El empleo del modelo de dureza a mediano plazo para el diseño de carguío, la iniciación electrónica y aplicación de tiempos más largos entre taladros permitieron realizar voladuras controladas que no sigan afectando negativamente la zona de criticidad geotécnica ZCG-02-19.

Palabras Clave: modelo de dureza, mediano plazo, doble blanco

ABSTRACT

The main objective of this project is the blasting design for the care of slopes in the geotechnical criticality zone called ZCG-02-19 in the Constancia mine owned by Hudbay Peru, said criticality zone is located in the south west wall phase II of the Constancia pit where changes were made in the blast design to reduce the impacts they generated, this critical zone presents horizontal and vertical displacements detected by radar monitoring and installed geotechnical instrumentation. This represents a risk for the stability of the slopes and consequently the safety of the people and equipment that interact in that area is affected. It is presumed that the instability of the mentioned area has occurred due to the presence of the Yanak geological fault and its propagation towards the surface through the adjacent rock.

For the implementation of the new blasting design, it was necessary to analyze previous designs and resort to the medium-term hardness block model to have the resistance of the rock mass to be blown defined with certainty, assigning a power factor that does not cause damage to the walls of the the zone of geotechnical criticality ZCG-02-19 and in the same way do not sacrifice the fragmentation of the material. For the constant updating of this hardness model in the medium term, the input is the special double bench drilling (30m), the diamond exploration drilling, the geomechanical mapping campaign carried out in 2019 and the BWI / SPI (bond work index , SAG power index) which are constant data provided by plant and finally the drilling times. The medium-term hardness model employs shorter search radii which makes it more accurate and reliable. The use of the medium-term hardness model for loading design, electronic initiation, and the application of longer times between holes allowed for controlled blasting that does not continue to negatively affect the ZCG-02-19 geotechnical criticality zone.

Keywords: hardness model, medium term, double bench

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN i
ABSTRACT ii
I. INTRODUCCIÓN. 1
1.1. Trayectoria del autor. 2
1.2. Descripción de la empresa. 2
1.2.1. Estrategia HBP 5
1.2.2. Valores HBP 5
1.2.3. Misión 6
1.2.4. Visión 6
1.2.5. Historia 6
1.3. Organigrama de la empresa. 12
1.4. Áreas y funciones desempeñadas. 13
1.4.1 Desde diciembre 2019 a la actualidad 13
1.4.2 Desde agosto 2018 a diciembre 2019 14
1.4.3 Desde febrero 2017 a agosto 2018 15
II. DESCRIPCION DE UNA ACTIVIDAD ESPECIFICA. 16
2.1 Antecedentes. 17
2.2 Objetivos 22
2.2.1 Objetivo general. 22
2.2.2 Objetivos específicos 22
2.3 Ubicación del proyecto. 23
2.3.1 Accesibilidad 24
2.3.2 Geología general. 24
2.3.3 Geología regional y local. 24
2.3.4 Geología estructural 25

2.3.4.1 Falla Baritina 26
2.3.4.2 Falla San José 27
2.3.4.3 Falla Yanak 27
2.3.5 Recursos y reservas. 28
2.4 Descripción de las operaciones mina. 30
2.4.1 Operaciones unitarias 30
2.4.1.1 Perforación 31
2.4.1.2 Voladura 31
2.4.1.3 Carguío 32
2.4.1.4 Acarreo 32
2.4.1.5 Equipos auxiliares 32
2.5 Actualización del modelo de dureza a mediano plazo 33
2.6 Diseño de Perforación y voladura 35
III. VIABILIDAD DEL PROYECTO 46
IV. PRODUCTO 47
4.1 Resultados 49
V. ASPECTOS COMPLEMENTARIOS 49
5.1 Recomendaciones 49
VI. REFERENCIAS 50
VII. ANEXOS 52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama de la empresa Hudbay unidad minera Constancia. 13
Figura 2 Zonas de criticidad geotécnica tajo Constancia. 19
Figura 3 Vista en planta del monitoreo del radar Ibis. 19
Figura 4 Vista de ZCG-02-19 en alerta roja monitoreada por radar Ibis. 20
Figura 5 Modelo precedente, diseño de carga taladro de producción I PY 031-4215 FII. 20
Figura 6 Modelo precedente, diseño de carga taladro de producción II PY 031-4215 FII. 21
Figura 7 Modelo precedente, diseño de carga taladro de buffer I PY 031-4215 FII. 21
Figura 8 Modelo precedente, diseño de carga taladro de buffer II PY 031-4215 FII. 22
Figura 9 Ubicación y accesibilidad mina Constancia. 23
Figura 10 Vista en 3D de litología de la unidad minera Constancia. 25
Figura 11 Fallas Principales en 3D, tajo Constancia. 28
Figura 12 Recursos minerales de mina Constancia. 29
Figura 13 Equipos de minado mina Constancia. 31
Figura 14 Vista en planta del modelo de dureza a mediano plazo. 33
Figura 15 Actualización del modelo geotécnico a mediano plazo agosto – noviembre. 34
Figura 16 Vista de sección del modelo de dureza a mediano plazo de agosto y su actualización de noviembre 2019. 34
Figura 17 Parámetros de perforación y voladura para ZCG-02-19 según modelo de dureza a mediano plazo. 35
Figura 18 Proyecto 028 4230 FII con modelo de dureza a mediano plazo. Nota: Recopilado del departamento de p&v (2019). 36
Figura 19 Diseño actual taladro de producción I PY 028-4230 FII. 36
Figura 20 Diseño actual taladro de producción II PY 028-4230 FII. 37
Figura 21 Diseño actual taladro de producción desmonte PY 028-4230 FII. 37
Figura 22 Diseño actual taladro de buffer mineral PY 028-4230 FII. 38
Figura 23 Diseño actual taladro de buffer desmonte PY 028-4230 FII. 38
Figura 24 Diseño actual taladro de pre-corte PY 028-4230 FII. 39
Figura 25 Distribución de cargas en PY031 4230 FII (ZCG-02-19). 39
Figura 26 Secuencia de programación PY 028-4230 FII. 40
Figura 27 Desplazamiento del material PY 028-4230 FII. 40
Figura 28 Halos de energía simulados PY 028-4230 FII. 41
Figura 29 Foto pre voladura PY 028-4230 FII. 42
Figura 30 Foto post voladura PY 028-4230 FII. 42
Figura 31 Punto de monitoreo de vibraciones PY 028-4230 FII. 44
Figura 32 Monitoreo de vibraciones PY 028-4230 FII. (Enaex). 44
Figura 33 Resultados de vibraciones PY 028-4230 FII. 45

Figura 34 Valoración de gases NOx (nivel 0) PY 028-4230 FII. 45
Figura 35 Resumen técnico PY 028-4230 FII..... 46
Figura 36 Parámetros de perforación y voladura según modelo de dureza a mediano plazo. 48
Figura 37 Monitoreo de radar en la ZCG-02-19 mes de agosto. 48
Figura 38 Monitoreo de radar en la ZCG-02-19 mes de noviembre..... 48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Concesiones mineras Hudbay Perú S.A.C. 3
Tabla 2 Valores de Hudbay 6
Tabla 3 Historia de Hudbay. 7
Tabla 4 Coordenadas UTM de límites geográficos de la unidad minera Constancia. 24
Tabla 5 Reservas de mineral de Constancia y Pampacancha. 29
Tabla 6 Origen de Muestras 33
Tabla 7 Cantidad de muestras DDH 34

I. INTRODUCCIÓN.

En el tajo Constancia se han ido identificando zonas de inestabilidad geotécnica en las diferentes fases de minado siendo la de mayor cuidado la ZCG-02-19 la cual presenta desplazamientos originando grietas de tracción que vienen siendo monitoreadas constantemente por el radar de mina, extensómetros y monitoreo robótico con estaciones totales y que se incrementa la inestabilidad en temporadas de húmedas que van desde el mes de noviembre a marzo. Las voladuras que se realizan cerca a esta zona con los diseños estándar para esta fase generan un impacto negativo por este motivo toma vital importancia el modelo de dureza a mediano plazo teniendo en cuenta la demanda del departamento de perforación y voladura en mejorar sus diseños y resultados que contribuya a mejora la cadena de valor de la compañía Hudbay, para lo cual se propuso un plan de trabajo integral para optimizar este proceso.

Una de las implementaciones como proceso de mejora continua del departamento de geotécnica e hidrogeología es el modelo de durezas a mediano plazo. Brindar una información confiable y certera hacia los demás departamentos de operaciones mina como lo es el departamento de perforación y voladura que utiliza esta data a fin de generar diseños de voladura acorde a la dureza del macizo rocoso y no generar daños colaterales hacia los taludes adyacentes.

Las medidas tomadas para los diseños de voladura en esta zona es una alternativa que puede ser replicada también en posibles futuras zonas de criticidad que muestren el mismo problema de inestabilidad geotécnica y represente un riesgo para la operación.

1.1. Trayectoria del autor.

Durante la experiencia adquirida desde el 2017 -2020 desempeñé cargos en compañías mineras de tajo abierto dedicadas a la fabricación y comercialización de accesorios de voladura electrónico, agentes de voladura y en empresas de extracción de cobre y molibdeno. Los cuales se detallan:

2019 (diciembre a la actualidad): Ingeniero Junior de voladura en ENAEX (Proyecto Quellaveco) Encargado de verificar y proponer diseños de carga, secuencia pirotécnica y electrónica de acuerdo a los requerimientos del cliente.

2018 a 2019 (agosto 2018 a diciembre 2019): Ingeniero Junior de Geotecnia e Hidrogeología en Hudbay unidad minera Constancia encargado de mapeo geomecánico, estructural, ejecución de ensayos, y elaboración de informes, reportes de estabilidad geotécnica de componentes como tajo, botadero y presa de relaves.

2017 a 2018 (febrero 2017 a agosto 2018): Practicante profesional en Orica Mining Services en sociedad minera Cerro Verde desarrollando funciones en el área de seguridad y operaciones en la programación de detonadores electrónicos I-kon II e informes de consumo de explosivos a granel y accesorios de voladura.

1.2. Descripción de la empresa.

Hudbay es una compañía minera canadiense que produce principalmente concentrado de cobre y contiene (cobre, oro, plata y zinc metálico) a través de sus subsidiarias posee tres minas polimetálicas, cuatro concentradores de mineral y una planta de producción de zinc en el norte de Manitoba y Saskatchewan (Canadá) y Cusco (Perú), y proyectos de cobre en Arizona y Nevada (Estados Unidos). El crecimiento de la compañía se centra en la exploración, el desarrollo, la operación y la optimización de las propiedades que ya controla, así como otros activos minerales que pueda adquirir que se ajusten a sus criterios estratégicos.

Para las actividades de construcción, así como para las futuras actividades de explotación la minera Hudbay cuenta con el estudio de impacto socio ambiental aprobado por resolución directoral Nº 390-2010 MEM-AAM. Este EIA cuenta con una primera modificación aprobada por su despacho mediante la resolución directoral Nº 309-2013-MEM-AAM. Así mismo con el objetivo de incluir cierta infraestructura al proyecto y asi concluir satisfactoriamente la etapa de construcción, Hudbay presente un informe técnico sustentatorio, al amparo del decreto supremo Nº 054-2013-PCM, el cual fue aprobado mediante resolución directoral Nº 454-2013-MEM-AAM.

Los yacimientos de la mina Constancia ubicados dentro de las concesiones mencionadas en la Tabla 1 fueron explorados desde los ochenta por Mitsui Mining Corporation (Mitsui) y minera Katanga. En el año 2003 los resultados de las exploraciones afirmaron recursos minerales de los yacimientos así mismo Mitsui se unía con la empresa Rio Tinto mediante un join venture con una participación de 30% y 70% respectivamente.

En el 2007 Norsemont Mining Inc. Adquirió el 30% de la participación de la empresa Mitsui, al año siguiente adquirió el 70% de Rio Tinto teniendo asi el control absoluto del 100% de su participación en el proyecto. En el 2011 Hudbay Minerals Inc. Adquirió la totalidad de participación de Norsemont Mining Inc. y por consecuencia la subsidiaria peruana Norsemont Peru S.A.C.; por lo cual modifico la razón social a Hudbay Peru S.A.C. actual titular del proyecto.

Tabla 1
Concesiones mineras Hudbay Perú S.A.C.

Ítem	Nombre de la concesión	Hectáreas
1	Constancia 17	700
2	Constancia 18	400
3	Constancia 19	700
4	Constancia 20	600
5	Constancia 21	700
6	Constancia 22	600

7	Constancia 23	1000
8	Constancia 24	800
9	Constancia 25	800
10	Constancia 26	600
11	Constancia 27	800
12	Constancia 10	100
13	Constancia 11	1000
14	Constancia 12	1000
15	Constancia 13	1000
16	Constancia 14	1000
17	Constancia 15	1000
18	Constancia 16	300
19	Constancia 5	1000
20	Constancia 6	1000
21	Constancia 7	1000
22	Constancia 8	900
23	Constancia 9	1000
24	Katanga J	400
25	Katanga K	300
26	Katanga Q	150
27	Katanga T	100
28	Katanga V	100
29	Peta 17	49.5
30	Peta 5	934.52
31	Peta 6	1000
32	Peta 7	351.7
33	Santiago 3	800
34	Santiago 4	600
35	Santiago 5	1000
36	Santiago Apóstol	1000

Nota: recopilado del departamento de medio ambiente HBP.

1.2.1. Estrategia HBP

Hudbay ha implementado una estrategia consistente de crecimiento a largo plazo para generar valor sostenible para nuestros accionistas y los países y comunidades en los que operamos. Aprovechamos nuestra experiencia en exploración, desarrollo de proyectos, disciplina de capital y ESG (ambiental, social y de gobierno) para construir minas de larga duración y bajo costo en jurisdicciones amigables para la minería en las Américas. Nuestra intención es construir una base de activos de clase mundial con una escala significativa que aumente las reservas e impulse el crecimiento a través de múltiples ciclos. Nuestra estrategia está inextricablemente vinculada a nuestros valores y nuestro profundo compromiso con la minería responsable y el desarrollo sostenible. Esto se traduce en relaciones sólidas y basadas en la confianza con nuestra comunidad y socios gubernamentales, generando beneficios mutuos y permitiéndonos construir y operar nuestras minas sin obstáculos por conflictos sociales.

1.2.2. Valores HBP

En Hudbay, nuestro éxito se define por lo que hacemos y cómo lo hacemos, es por eso que hemos fortalecido y mejorado nuestra cultura organizacional en todas nuestras operaciones. La clave de este esfuerzo ha sido la introducción de valores actualizados que ayudan a guiar nuestra toma de decisiones y acciones, nuestros valores reflejan cómo queremos que nuestra gente se relacione entre sí con los residentes de nuestras comunidades de acogida y con todos nuestros interesados, vivir nuestros valores requiere un enfoque en las personas, la compasión y la empatía (la capacidad de ponerse en el lugar del otro). A medida que nuestro negocio crece, es importante dar voz a nuestros valores presentados en la Tabla 2 respaldan todo lo que hacemos y estos son nuestros valores:

Tabla 2

Valores de Hudbay

Nuestros Valores	
Dignidad y Respeto. Nos tratamos mutuamente de manera que sacamos lo mejor de cada uno de nosotros.	**Cuidando.** Sostenemos y contribuimos al bienestar de las personas y el entorno en el que operamos.
Franqueza. Hablamos libremente y escuchamos con cuidado sobre oportunidades, problemas y preocupaciones	**Integridad.** Podemos contar el uno con el otro para hacer lo correcto y seguimos nuestros compromisos.

Nota: https://hudbayminerals.com/

1.2.3. Misión

La misión de Hudbay es crear valor sostenible a través de la adquisición, desarrollo y operación de alta calidad

1.2.4. Visión

La visión de Hudbay es ser un operador responsable y de primer nivel de minas de larga duración y bajo costo en las Américas.

..

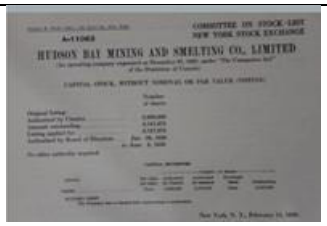
1.2.5. Historia

Durante más de 90 años, Hudbay se ha centrado en el descubrimiento, producción y comercialización de metales básicos y preciosos como se aprecia en la cronología de la Tabla 3.

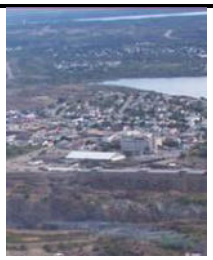
Tabla 3

Historia de Hudbay.

Año	Descripción	Foto
1915	Según la leyenda local, el prospector Tom Creighton registra un reclamo en tierras cercanas al paralelo 55 en el norte de Manitoba después de estar intrigado por "destellos amarillos de latón" en un afloramiento. Él llama a su huelga Flin Flon después de un personaje aventurero en una novela de ciencia ficción temprana, Josiah Flintabbatey Flonatin.	
1925	Después de esfuerzos fallidos para desarrollar la mina compleja, Creighton y sus socios venden su participación en la mina Flin Flon. En 1925, un grupo respaldado por la familia Whitney de Nueva York escogió la propiedad..	
1927	Después de las pruebas de factibilidad que incluyen la construcción de una fábrica piloto en Flin Flon, Hudson Bay Mining and Smelting (HBMS) es incorporado por un grupo de inversión formado por la familia Whitney, Newmont Mining Corp.	

1930	En junio de 1930, la producción comienza en Flin Flon. En ese momento, Flin Flon era uno de los proyectos de desarrollo industrial más grandes del hemisferio occidental. Se ha dicho que solo fue superado por el Canal de Panamá en términos de escala.	
1938	Hudbay cotiza en la Bolsa de Nueva York con el símbolo HBM.	
1939	Mientras 1.380 ciudadanos de Flin Flon se unen al esfuerzo de guerra, las mujeres de Flin Flon deben reemplazar a los hombres en la fuerza laboral.	
1942 1946	Durante la Segunda Guerra Mundial, cuando los hombres se fueron al extranjero para servir, las mujeres ingresaron a la fuerza laboral para llenar los vacíos. HBM & S vio a las mujeres comenzar a unirse a su fuerza laboral en grandes cantidades en 1942, y en 1945, dos de cada cinco empleados de la compañía eran mujeres.	

1947	Hudbay ingresó a dos equipos de 4 hombres en la competencia provincial de primeros auxilios. Casi 60 años después, Hudbay Flin Flon se llevó los máximos honores en la Competencia de rescate minero de Manitoba.	
1955	La exploración comienza en la cuenca del cincel. Desde 1955, la Cuenca ha albergado cinco minas productoras: Chisel Lake, Chisel Open Pit, Chisel North, Photo y Ghost-Lost	
1958	La minería comienza en Snow Lake, a 215 kilómetros al este de Flin Flon. Desde 1928, Hudbay ha desarrollado y operado 28 minas en el Flin Flon Greenstone Belt..	
1961	Anglo American se convierte en un importante inversor en HBMS.	ANGLO AMERICAN
1982	La producción comienza en Trout Lake, ubicado a seis kilómetros al noreste de Flin Flon.	

1992	El yacimiento mineral 777 se descubre mediante exploración subterránea	
1993	Se abre la nueva planta de zinc.	
1999	Hudbay comienza a desarrollar su mina emblemática 777 en Flin Flon.).	
2003	Hudbay adopta el sistema de gestión ambiental ISO 14001.	
2004	Se establece una política oficial de Medio Ambiente, Salud y Seguridad (EHS). Hudbay está certificado según el estándar de la Serie de Evaluación de Seguridad y Salud Ocupacional (OHSAS 18001).	

2007	Se descubre el depósito Lalor, ubicado en el Cinturón Greenstone de Flin Flon.	
2008	Hudbay se inscribe en el Carbón Disclosure Project (CDP). Hudbay adquiere Skype Resources Inc. Y su proyecto Fenix en Guatemala.	
2009	Las pautas de Global Reporting Initiative (GRI) se incorporan por primera vez al Informe de responsabilidad social corporativa de Hudbay.	
2010	El programa CDP Water se usa para medir, monitorear y divulgar los impactos del agua de Hudbay.	
2011	Hudbay comienza a cotizar en la Bolsa de Nueva York con el símbolo de cotización HBM, el mismo símbolo de cotización con el que se cotizaron las acciones originales de la Compañía en 1938.	

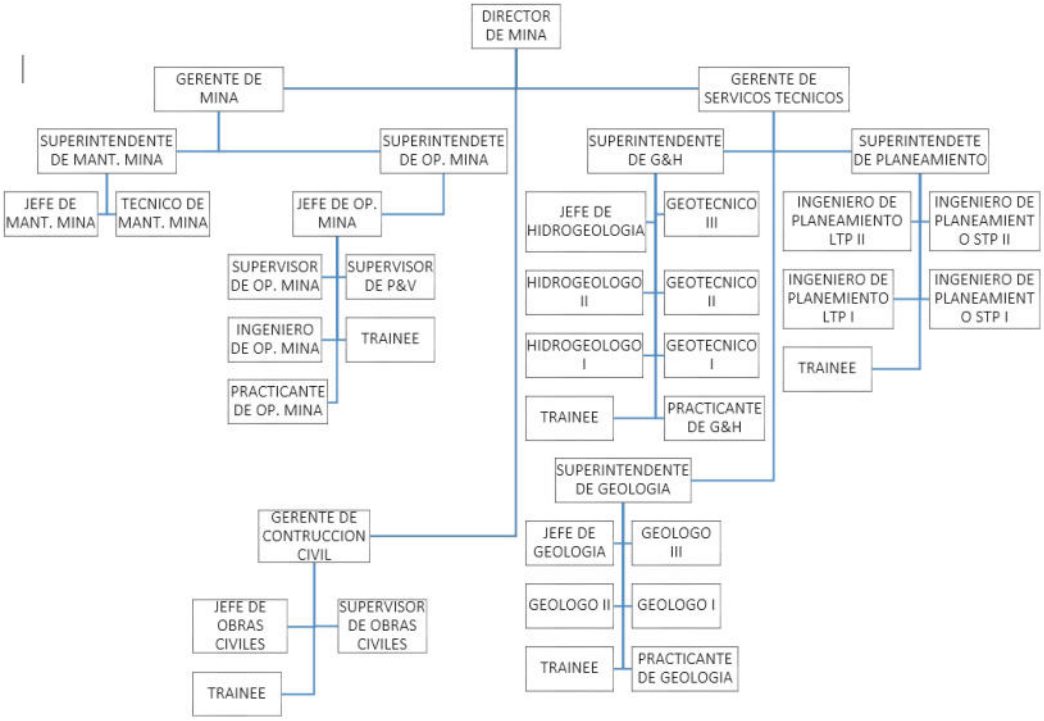
2011	Se introduce una política oficial de derechos humanos, que incluye compromisos formales con los directores voluntarios de seguridad y derechos humanos.	
2011	Hudbay adquiere Norsemont Mining Inc. y su proyecto de pórfido de cobre Constancia, de propiedad absoluta, ubicado en el sur de Perú.	
2014-2015	La producción inicial comienza en la mina Constancia. La producción comercial comienza en la mina Constancia.	

Nota: https://hudbayminerals.com/about-us/history/default.aspx

1.3. Organigrama de la empresa.

La empresa Hudbay en unidad minera Constancia tiene distintas gerencias como son la gerencia de mina, construcción civil, y servicios técnicos siendo esta última en donde me desempeñe y se encuentra estructurada jerárquicamente como se observa en la Figura 1.

Figura 1
Organigrama de la empresa Hudbay unidad minera Constancia.



Nota: Elaboración propia con datos la empresa Hudbay.

1.4. Áreas y funciones desempeñadas.

1.4.1 Desde diciembre 2019 a la actualidad

En la empresa ENAEX S.A.C como Ingeniero Junior de voladura en el proyecto Quellaveco. Responsable de las siguientes funciones.

Voladura

- Diseños de Secuencia Pirotécnica y electrónica de acuerdo a los requerimientos del Cliente.

- Ajuste de diseños de perforación y voladura de acuerdo a los resultados.

- Programación de detonadores electrónicos usando la Unidad de Programación (PU), así como el amarre y conexión de los mismos al cable de conexión M35 listos para ser testeados, contados y detonados.

- Instalación de equipos para el monitoreo y medición de vibraciones, velocidad de detonación. Elaboración de informes de voladura diarios semanales.

- Instalación, monitoreo, análisis, modelamiento campo cercano, simulación e informe de Ensayo de Cross Hole. Realizo diseño de pre-cortes, Buffer con la información geotécnica.

- Elaboración de reportes post voladura, así como reportes semanales y mensuales para el cliente.

1.4.2 Desde agosto 2018 a diciembre 2019

En la empresa Hudbay unidad minera Constancia como Ingeniero Junior de Geotecnia e Hidrogeología. Responsable de las siguientes funciones.

Geotécnia

- Mapeo geomecánico y estructural, gestión e interpretación de la data recolectada, desarrollo de modelo estructural.

- Ejecución de ensayos geomecánicos.

- Gestión de programa de instrumentación y monitoreo geotécnico-geodésico e hidrogeológico del tajo y componentes mineros como depósitos de desmonte, presa de relaves.

- Soporte en investigación geotécnica, preparación y envió de muestras para laboratorio.

- Ejecución de análisis cinemático, análisis de estabilidad de los diferentes componentes mineros (tajo, depósitos de desmonte, canteras, presa de relaves, accesos, entre otros).

- Realizar inspecciones de campo y análisis de data para la identificación de zonas de criticidad geotécnica en el tajo, comunicación y elaboración de planes de acción inmediato, a mediano y largo plazo.

- Supervisión de componentes y/o estructuras geotécnicas de la operación minera como tajos, botaderos, otros.

- Ingeniería asociada a la construcción de estructuras de mina y su operación (tajo, presa de relaves, depósitos de desmonte, estructuras de manejo de aguas). Revisión de estudios de ingeniería de consultorías, elaboración de estudios de ingeniería para el tajo y los diversos componentes mineros.

- Soporte en el monitoreo y diseño de proyectos de voladura en tajo superficial, monitoreo de vibraciones, análisis y reporte de los mismos.

- Encargado de operatividad de Radar Ibis, monitoreo de zonas de criticidad geotécnica, hazard maps, informes de monitoreo.

1.4.3 Desde febrero 2017 a agosto 2018

En la empresa Orica Mining Services como practicante profesional en la mina Cerro Verde donde se prestaba servicio integral de voladura. Responsable de las siguientes funciones:

Seguridad

- Control de reportes: Ocurrencias Anormales(OA) y (TK5).

- Encargado de programación y cumplimiento de inspecciones mensuales, capacitaciones y charlas de 5 minutos.

- Control e Inventariado de EPP.

- Informes semanales GPS e IVMS para el control de camionetas y camiones fabrica.

- Informes de gestión de seguridad y salud ocupacional IGSSO.

- Realizar la gestión de documentos necesarios tanto para el personal, vehículos y equipos requeridos en la unidad.

Operaciones

- Evaluación y control de calidad de agentes y accesorios de voladura.

- Controlar la operatividad de camiones fabrica para asegurar la producción.

- Asegurar cumplimientos de KPI establecidos.

- Amarre de mallas de voladura con sistema electrónico I-kon II.

II. DESCRIPCION DE UNA ACTIVIDAD ESPECIFICA.

La actividad específica consiste en el diseño de mallas de voladura para los proyectos adyacentes a la zona de criticad geotécnica ZCG-02-19 con el objetivo de reducir vibraciones e impactos negativos en los taludes de mediante la utilización del modelo de dureza a mediano plazo.

2.1 Antecedentes.

El desarrollo del presente trabajo da a conocer la situación de la unidad minera Constancia ubicada en el departamento de Cusco y pertenece a la compañía Hudbay, que se dedica a la producción de concentrados de cobre donde se explota a tajo abierto.

La inestabilidad de la zona de criticidad geotécnica ZCG-02-19 y ubicada la pared suroeste del tajo Constancia como se muestra en la Figura 2 se presume que se ha producido debido a la presencia de la falla geológica Yanak y a la propagación hacia la superficie, a través de la roca sobre yacente a Yanak, el origen esta inestabilidad se confirmó mediante un retro análisis de las características topográficas existentes, al momento de la aparición de agrietamientos semi-circulares en la cresta SO del tajo Constancia. Actualmente esta zona viene siendo monitoreada por el radar de mina y se muestra en las Figuras 3 y 4. Por consiguiente, el uso los modelos de bloques de dureza para el diseño de carguío de taladros es de vital importancia, para obtener una mejor caracterización de la mina por cada dominio, así mismo es relevante las actualizaciones mensuales del modelo de dureza a mediano plazo mediante los ensayos de las muestras extraídas de perforaciones a doble banco para verificar la continuidad de la roca en profundidad, (Ramos, 2015, p. 72) a fin que al momento de compartir dicho modelo con el departamento de perforación y voladura sea el más real.

Durante el desarrollo del trabajo se implementó una metodología para la actualización del modelo de durezas a mediano plazo de por parte del área de geotecnia, los ensayos de resistencia UCS por parte del laboratorio de la empresa Stracon, perforaciones de doble banco y diseños de columna de carga por parte del área de perforación y voladura, los diseños precedentes para mineral se presenta en la Figura 5 para el caso de producción mineral 1, Figura 6 para buffer mineral 1, Figura 7 para producción mineral 2 y Figura 8 para buffer mineral 2.

Es por eso que para el desarrollo del presente informe se revisó bibliografía y trabajos relacionados, los cuales fueron empleados de guía al tener

como objetivo la optimización de mallas de perforación y voladura y diseño de carguío para el cuidado de los taludes y de la misma manera no afectar la fragmentación de la roca.

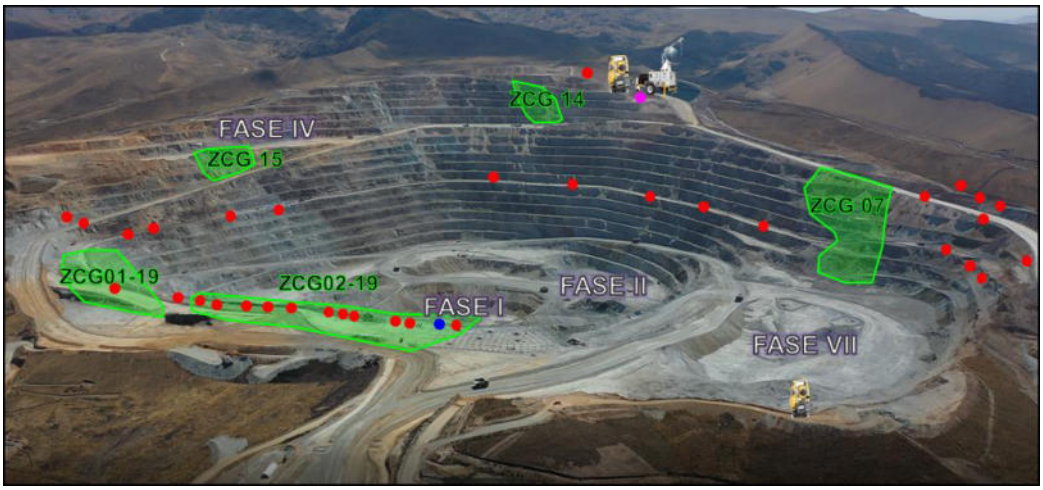
Los parámetros para el diseño de mallas de perforación se basan en la calidad de la roca a través de la realización de estudios técnicos para su clasificación geomecánica en la labor minera de estudio. Se mejoró el diseño de malla, la distribución de taladros y factor de potencia, por ende, la fragmentación de la roca la cual facilita las labores de limpieza, carguío, acarreo y trasporte. Se aplicó el método de causa efecto para la evaluación de la fragmentación de la roca. (Depaz y Caceres, 2018, p. 3).

Para alcanzar objetivos se implementó cambios en el factor de potencia, en el tipo y longitud del taco, tiempo de salida entre taladros y filas y reducción de malla de perforación. La aplicación de estos cambios a permitido llegar a un valor mensual de P80 del material roto optimo lo que significa una reducción del 28% respecto al valor inicial. Alcanzar tal resultado de fragmentación genero un incremento de 3% en la recuperación del mineral. (Chávez, 2014, p.4).

Para la obtención de buenos resultados en la operación de voladura, es muy importante que el diseño de perforación sea el adecuado, en términos de guardar los espaciamientos diseñados, profundidades requeridas, geometría adecuada de diseño, y finalmente, el número de taladros, a mayor número de taladros mejores resultados en cuanto fragmentación, debido a que se cuenta con una mejor distribución de los tiempos de retardo que permiten el aprovechamiento de las ondas de choque y el efecto de colisión de la roca. (Mamani, 2018, p. 10).

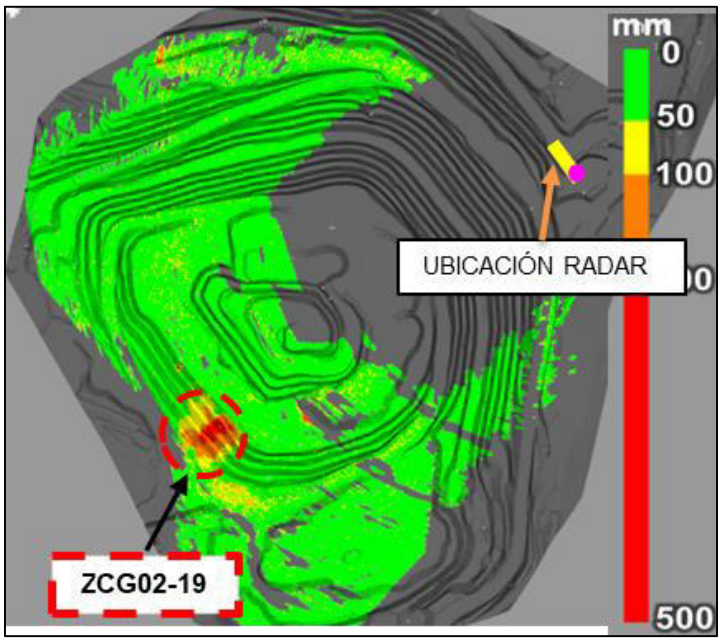
A continuación, se muestra la zona de criticidad geotécnica identificada por el monitoreo de la instrumentación geotécnica, ZCG-02-19 en fase II y los diseños precedentes que se hacían en esta zona.

Figura 2
Zonas de criticidad geotécnica tajo Constancia.



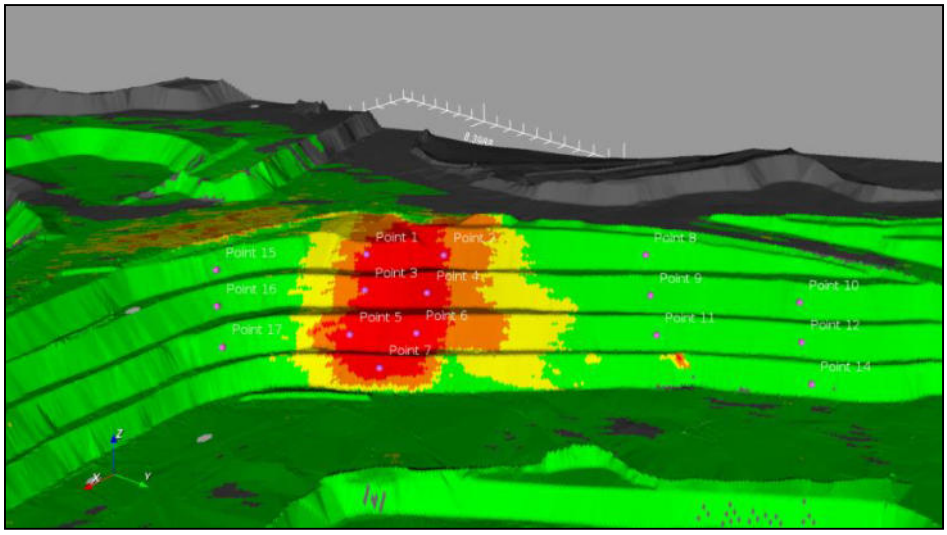
Nota: Recopilado del departamento de geotecnia - servicios técnicos (2019).

Figura 3
Vista en planta del monitoreo del radar Ibis.



Nota: Recopilado del departamento de geotecnia - servicios técnicos (2019).

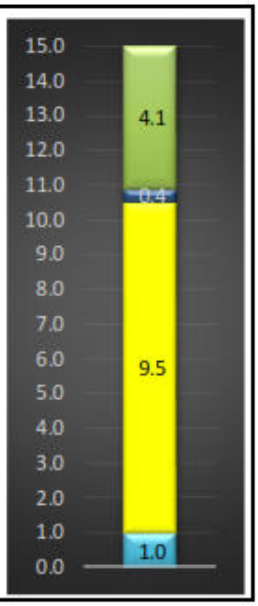
Figura 4
Vista de ZCG-02-19 en alerta roja monitoreada por radar Ibis.



Nota: Recopilado del departamento de geotecnia - servicios técnicos (2019).

Figura 5
Modelo precedente, diseño de carga taladro de producción I PY 031-4215 FII.

PRODUCCIÓN MINERAL			
Densidad de Roca	2.5		
Diámetro (Pulg.)	11		
Burden (m)	6.0		
Espaciamiento (m)	6.0		
Altura de banco (m)	15.0		
Sobreperforación (m)			
Aire Superior (m)			
Aire Inferior (m)	1.0		
Carga de Fondo (m)	9.5	Explo. Gasific	HA-55
Kg. Carga de Fondo	**813**		
Esponjamiento (m)	0.4	**Explosivo G**	
Taco (m)	4.1		
Factor de Potencia	0.60		

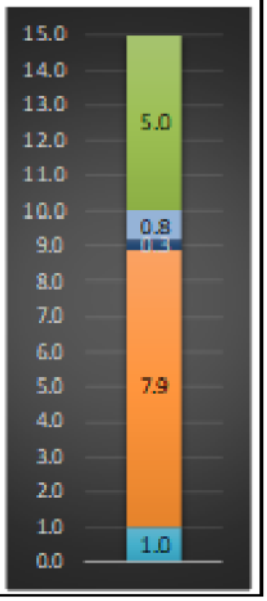


Nota: Recopilado del departamento de p&v (2019).

Figura 6

Modelo precedente, diseño de carga taladro de producción II PY 031-4215 FII.

PRODUCCIÓN MINERAL			
Densidad de Roca	2.5		
Diámetro (Pulg.)	11		
Burden (m)	5.0		
Espaciamiento (m)	6.0		
Altura de banco (m)	15.0		
Sobreperforación (m)			
Aire Superior (m)	0.8		
Aire Inferior (m)	1.0		
Carga de Fondo (m)	7.9	Explo. Gasificado	HA-55
Kg. Carga de Fondo	676		
Esponjamiento (m)	0.3	Explosivo G	
Taco (m)	5.0		
Factor de Potencia	0.60		

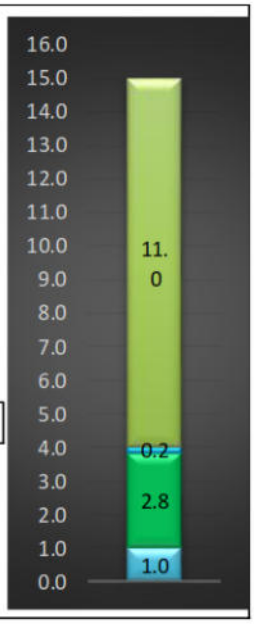


Nota: Recopilado del departamento de p&v (2019).

Figura 7

Modelo precedente, diseño de carga taladro de buffer I PY 031-4215 FII.

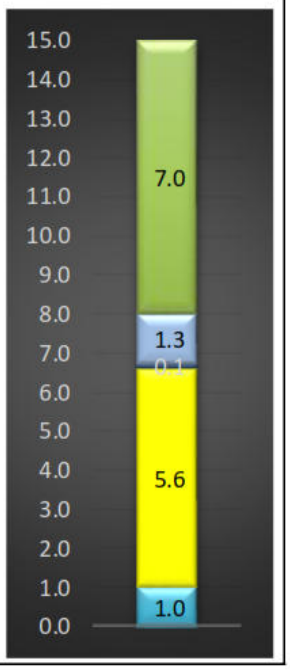
BUFFER FILA 1			
Densidad de Roca	2.5		
Diámetro (Pulg.)	11		
Burden (m)	6.0		
Espaciamiento (m)	6.0		
Altura de banco (m)	15.0		
Sobreperforación (m)			
Aire Superior (m)			
Aire Inferior (m)	1.0		
Carga de Fondo (m)	2.8	Explo. Gasificado	HA-73G
Kg. Carga de Fondo	250		
Esponjamiento (m)	0.2		
Taco (m)	11.0		
Factor de Potencia	0.19		



Nota: Recopilado del departamento de p&v (2019).

Figura 8
Modelo precedente, diseño de carga taladro de buffer II PY 031-4215 FII.

		MEDIA
BUFFER MINERAL 2 FILA		
Densidad de Roca	2.5	
Diámetro (Pulg.)	11	
Burden (m)	6.0	
Espaciamiento (m)	5.5	
Altura de banco (m)	15.0	
Sobreperforación (m)		
Aire Superior (m)	1.3	
Aire Inferior (m)	1.0	
Carga de Fondo (m)	5.6	HA-73
Kg. Carga de Fondo	500	
Esponjamiento (m)	0.1	
Taco (m)	7.0	
Factor de Potencia	0.40	



Nota: Recopilado del departamento de p&v (2019)

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo general

- Diseñar mallas de perforación y voladura para reducir vibraciones e impactos negativos en la estabilidad de la zona de criticidad geotécnica ZCG-02-19 mediante el modelo de dureza a mediano plazo en mina Constancia.

2.2.2 Objetivos específicos

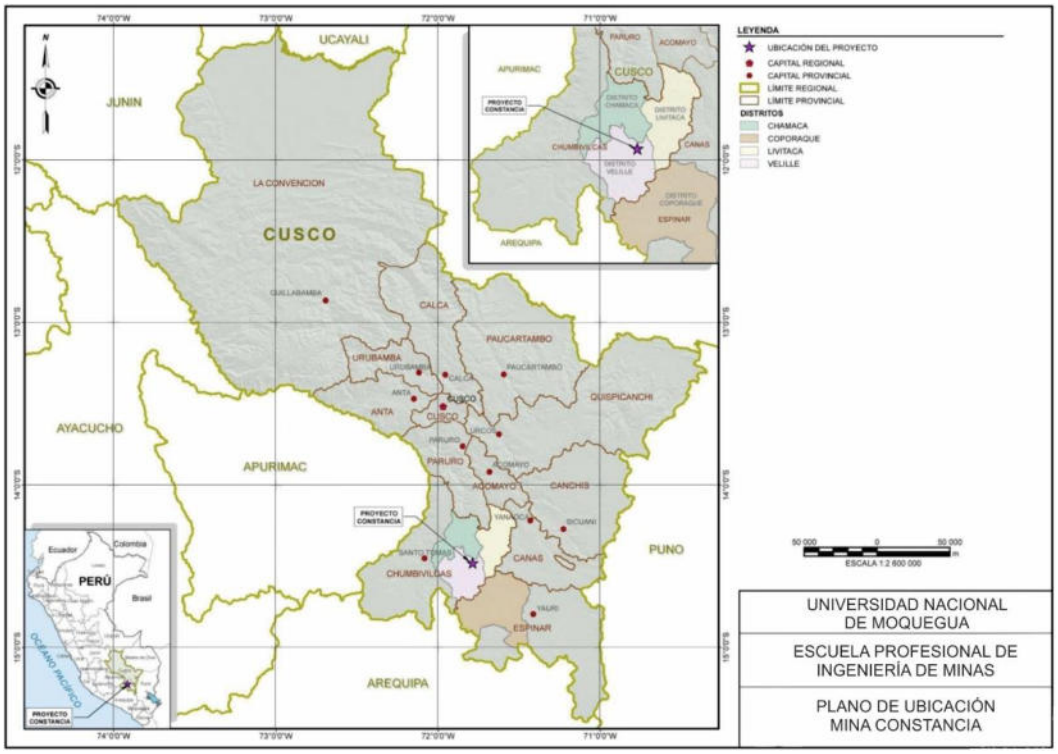
- Optimizar y ajustar las mallas de perforación y voladura en las zonas influencia a ZCG-02-19 de acuerdo al modelo de dureza a mediano plazo.
- Sectorizar la mina en función a la dureza de la roca según el modelo de dureza a mediano plazo.

- Analizar la reducción de vibraciones inducidos por voladura en la zona de criticidad geotécnica ZCG-02-19.

2.3 Ubicación del proyecto.

La unidad minera Constancia políticamente se ubica en los distritos de Velille, Chamaca y Livitaca, provincia de Chumbivilcas, departamento de Cusco ver Figura 9. Esta aproximadamente a 112 km al Sur de la ciudad de Cusco y a 634 km al sureste de la ciudad de Lima, a una altitud que varía entre los 4 000 y 4 500 m.s.n.m. La ubicación geográfica se muestra en las coordenadas de la Tabla 4 (Golder Associates 2016, p. 20).

Figura 9
Ubicación y accesibilidad mina Constancia.



Nota: Recopilado del departamento de geotecnia (2019).

Tabla 4
Coordenadas UTM de límites geográficos de la unidad minera Constancia.

COTA	COORDENADAS ESTE	COORDENADAS NORTE
4000-4500 msnm	197,036	8,393,167
	203,812	8,393,198
	203,806	8,400,860
	197,045	8,400,908

Nota: recopilado de INGEMMET (2020), UTM (WGS 84 Zona 19S)

2.3.1 Accesibilidad

Existen dos opciones para acceder a la unidad minera Constancia. La primera es desde la ciudad de Arequipa, a través del camino Arequipa – Imata – Yauri – unidad minera Constancia, con un recorrido total de 362 Km. La segunda ruta, a través del camino Cusco – Sicuani – Yauri, siguiendo después el camino hacia Velille – Santo Tomas hasta el desvío de Livitaca y finalmente unidad minera Constancia, con un recorrido total de 308 Km. El acceso por carretera hacia Constancia se realiza desde Arequipa (7 horas) o Cusco (6.5 horas).

2.3.2 Geología general.

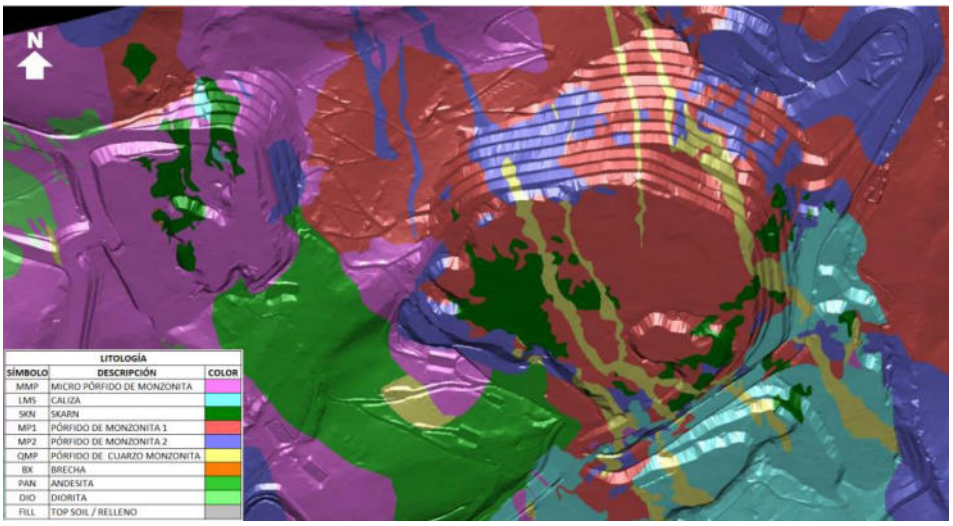
Geología general se presentan principalmente rocas ígneas intrusivas del batolito de Apurímac, rocas volcánicas de las formaciones Alpabamba, Orcopampa, Casanuma y Huaycha, cuyas edades se encuentran entre el cretáceo inferior al cretáceo superior. así como rocas sedimentarias de limonitas, areniscas y calizas de las formaciones Chilloroya y Arcurquina; (Gomez, 2017, p. 41).

2.3.3 Geología regional y local.

La unidad minera Constancia se encuentra emplazado en la margen este del batolito Andahuaylas – Yauri. La Formación Arcurquina descansa de manera discordante sobre la Formación Chilloroya y se correlaciona con la Formación Ferrobamba del Cretácico Superior (Huamani, 2018, p. 41). La litología se puede

observar en la Figura 10. El pórfido de monzonita es la principal rocas huéspedes de la mineralización porfídica de cobre de Constancia. Se han reconocido al menos cuatro fases principales de intrusión, y la segunda más antigua se encuentra asociada con el evento de mineralización principal del más antiguo al más reciente Los patrones del afloramiento de las monzonitas sugieren que estas intrusiones son mayormente planas, parcialmente de tipo sill y se encuentran en contacto con unidades de roca calcárea que ocurren con frecuencia como colgantes. (Zeballos, 2019, p. 16).

Figura 10
Vista en 3D de litología de la unidad minera Constancia.



Nota: Recopilado del área de geología mina (2019).

2.3.4 Geología estructural

De igual manera que ocurre con la mayor cantidad de complejos de cobre porfídico, la actividad estructural en Constancia ha jugado el papel más relevante en la preparación y localización de la alteración hidrotermal y en el acompañamiento de la mineralización de cobre, molibdeno, plata, oro, incluyendo la formación de skarn (Knight Piesold 2013, p. 25).

Los sistemas principales de diaclasamiento inter-mineral y post- mineral en el área del yacimiento tienen rumbo noreste. Uno de los mejor conocidos es la "Falla de Barita", y se hace referencia a la dirección de la "Barita". El sistema estructural de la Falla Barita está formado por un número de fallas de vetas casi paralelas que transportan sulfatos de metal base y barita. Estas vetas han sido explotadas mediante trabajos mineros artesanales en toda la propiedad. Este sistema es claramente visible en los mapas magnéticos de suelos, controlando las características principales incluyendo los cambios topográficos y cortes en la zona de San José.

Un segundo sistema importante dirección de norte a sur. Éste parece ser más reciente que el sistema de Barita, controlando parte del yacimiento San José y la mayor parte de las brechas silicificadas (algunas de ellas mineralizadas) en el sistema. Éste tiene la misma dirección que los diques post-minerales, y puede haberse originado en la medida que existen cortes de tensión hacia la dirección de la Barita.

Al final de la secuencia se encuentra el sistema de fallas con orientación norte-noroeste a sur-sureste, cuyo principal ejemplo es la Falla Yanak mostada en la Figura 11. Estas fallas generan extensas áreas de salbanda y roca molida, algunas de las cuales muestran altas pendientes hidráulicas.

2.3.4.1 Falla Baritina

La Falla de Barita es una estructura de formación tardía, con rumbo noreste-suroeste entre las zonas de Constancia y 50 San José. La zona de falla tiene por lo general de 5 a 10 m. de ancho, y se caracteriza por óxidos brechados de monzonita-barita-cuarzo-cobre y galena. En detalle, la veta muestra una estructura escalonada, con secciones ajustadas al noreste seguidas de cortes de tensión este-noreste e incluso este-oeste, las cuales contienen mineralización de mejor ley.

Varios tajos y túneles de exploración se encuentran ubicados a lo largo de esta estructura en más de 1000 m. Ocurren vetas paralelas, las cuales

muestran rumbo y mineralización similar. Debido a la escasez de afloramientos y al rumbo cambiante, la Falla de Barita se define como una zona con fallas simples definidas en oposición a la zona de corte, donde las fallas / vetas individuales no han sido definidas.

La Falla de Barita tiene movimiento de cobre post-Hipógeno tardío que difiere y limita la zona de Constancia en su lado noroeste. El sistema de fallas puede asimismo controlar la zona de San José en su lado sur.

Es posible que las zonas de San José y Constancia puedan tener desplazamiento horizontal equivalente a lo largo de una Falla de Barita lateral izquierda.

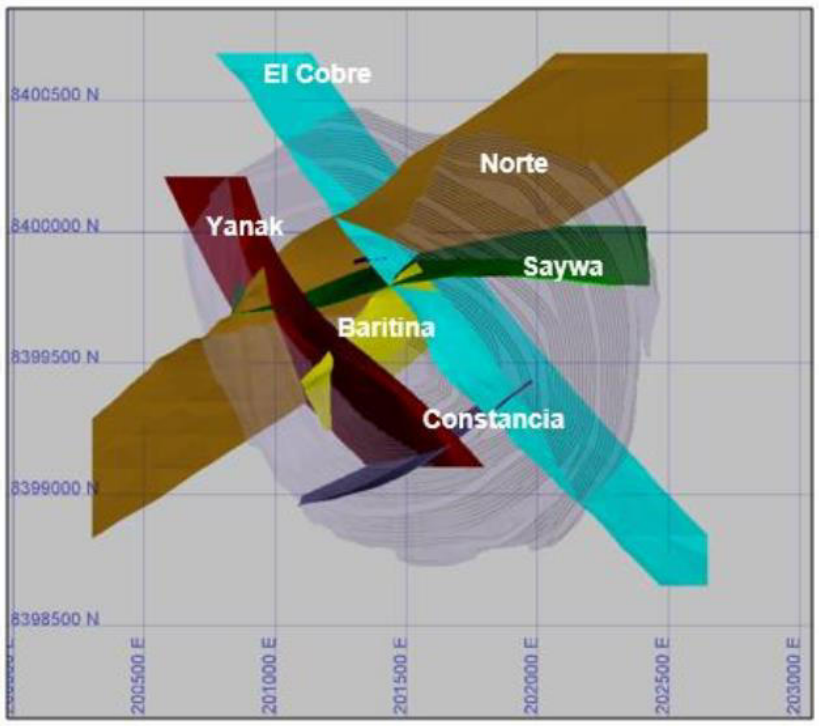
2.3.4.2 Falla San José

Esta es una falla que está ligada al lado oriental del tajo San José. Tiene rumbo norte-sur; sin embargo, serpentea en su extensión norte, donde puede estar asociada con las zonas de silicificación de Yanaccaca.

2.3.4.3 Falla Yanak

Esta falla pertenece al evento estructural más reciente en el área. La estructura presenta rumbo norte-noroeste a sur - sureste y se encuentra ubicado entre los yacimientos Constancia y San José. Ha sido reconocida por aproximadamente 3 km y ha desarrollado una zona de influencia de hasta 50 m de ancho donde se encuentran presentes la salbanda y roca molida.

Figura 11
Fallas Principales en 3D, tajo Constancia.

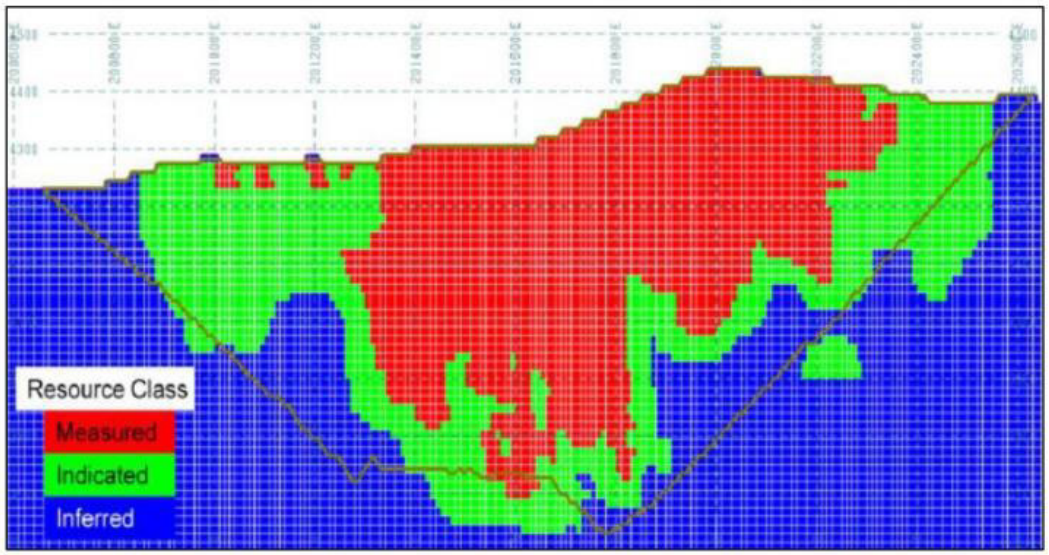


Nota: Recopilado del departamento de geotecnia (2019).

2.3.5 Recursos y reservas.

Los recursos minerales para el depósito de Constancia se muestran en la Figura 12 y se clasificaron bajo los Estándares de Definición de Recursos Minerales y Reservas Minerales de la CIM 2016 mediante la aplicación de una ley de corte de acuerdo al *Net Smelter Return* (NSR) que refleja el beneficio combinado de producir cobre, molibdeno y plata además de los costos operativos, procesales de la mina. Los recursos minerales, clasificados como Medidos, Indicados e Inferidos, se resumen en la Tabla 5 Los recursos minerales se informan utilizando los precios de los metales a largo plazo y tienen una fecha de vigencia del 30 de junio de 2016. Los recursos minerales que no son reservas minerales no tienen viabilidad económica demostrada. Debido a la incertidumbre que puede estar asociada con los recursos minerales inferidos, no se puede suponer que la totalidad o parte de los recursos inferidos se actualizará a un recurso indicado o medido. (Huamani, 2018, p. 57).

Figura 12
Recursos minerales de mina Constancia.



Nota: recopilado del departamento de geología mina (2019)

Tabla 5
Reservas de mineral de Constancia y Pampacancha.

	Categoría	Mt	CU(%)	Mo(g/t)	Ag(g/t)	Au(g/t)
Constancia	Probado	442.3	0.30	99	2.99	0.037
	Probable	109.4	0.23	64	2.66	0.035
	Total 2P	551.7	0.29	92	2.93	0.037
Pampacancha	**Probado**	22.8	0.53	149	4.44	0.299
	Probable	20.2	0.44	164	3.85	0.250
	Total 2P	43	0.49	156	4.17	0.276
Stockpile	Probado	3.5	0.50	115	4.53	0.075
	Probado	468.6	0.32	101	3.08	0.05
	Probable	129.6	0.26	80	2.85	0.068
Total		598.2	0.30	97	3.03	0.054

Nota: Área planeamiento unidad minera Constancia (2019)

Parámetros de diseño.

Se realiza un método de minado convencional de tajo abierto con la aplicación de perforación y voladura, palas y camiones de gran tonelaje

- Ancho de la vía de acarreo: 32.5 m
- Gradiente de la vía: 10%
- Ancho de minado: 60 m en promedio
- Gradiente inter-rampa: 45°-47°
- Talud de banco: 60°-65°
- Talud final: 37°-42°
- Altura de banco: 15 m
- Capacidad de la planta: ±29 Mt/año

Plan de vida de mina.

La mina tendrá una vida aproximada de 17 años, desde su inicio de la operación que fue en el 2015.

Parámetros de la operación mina.

- Rendimiento 28.1Mt
- Concentrado promedio (toneladas):
- Años 1-5: 118 000
- Años 6-16: 77 000
- Costo por libra:
- Años 1-5: US$/Lb 0,66
- Años 6-16: US$/Lb 1,11
- Gasto de capital inicial: USD 1 546 M

2.4 Descripción de las operaciones mina.

2.4.1 Operaciones unitarias

Las operaciones para el minado del tajo Constancia están basadas en las técnicas de minado convencional de tajo abierto como el uso de perforación & voladura, palas, cargadores y camiones mineros mostrados en la Figura 13.

Figura 13
Equipos de minado mina Constancia.



Nota: Operaciones unidad minera Constancia (2019).

2.4.1.1 Perforación

La perforación primaria se realiza con hasta tres perforadoras PIT VIPER 271 o equivalente, con un diámetro de perforación de 10 5/8” y una velocidad de perforación de 27 m/h aproximadamente.

2.4.1.2 Voladura

Para los taladros húmedos o secos, se utiliza el Heavy ANFO 73 (70% emulsión y 30% ANFO). Basado en productividad operativa y a los parámetros de roca, el factor de potencia varia de 0.16 Kg/t a 0.30 Kg/t para mineral y desmonte.

Los principales insumos que se utilizan son:

- Nitrato de amonio.
- Emulsión matriz.

- Altos explosivos (booster, emulsiones encartuchadas y cordón detonante).
- Accesorios de voladura (detonadores electrónicos y pirotécnicos)

2.4.1.3 Carguío

El carguío considera como equipos principales 03 palas hidráulicas Hitachi EX 5600-6 y un cargador de ruedas CAT 994H las capacidades de estos equipos son de 27m3 y 19m3 respectivamente.

2.4.1.4 Acarreo

El mineral y desmonte de Constancia se trasporta en camiones mineros de la marca CAT modelo 793F de 227 toneladas de capacidad. El uso de estos camiones reduce la congestión vial, requerimiento de operadores, mano de obra y por ende costos operativos. Estos camiones requieren vías de 32 metros de ancho como mínimo. Las vías de acarreo fueron diseñadas con el objetivo de optimizar la productividad.

2.4.1.5 Equipos auxiliares

Los equipos auxiliares son requeridos para el mantenimiento de vías de acarreo, banco de mina, control de pisos en el tajo, depósitos de desmonte y presa de relaves.

Estos equipos han sido estimados para la vida de la mina en función de la productividad y requerimientos de los equipos principales de mina, los cuales son:

- Tractor de oruga CAT D10
- Tractores de ruedas CAT 824 / 854
- Motoniveladoras 14H
- Tanque de agua 777G

2.5 Actualización del modelo de dureza a mediano plazo

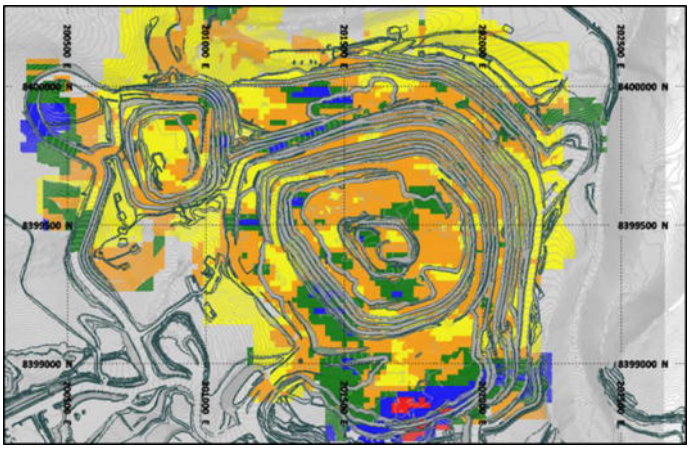
Para la actualización del modelo de dureza mostrado en los planos de planta y perfil de las Figuras 14, 15 y 16 se tenía 05 fuentes de datos de entrada que son, perforaciones diamantinas de exploración, campaña de mapeo geomecánico de Stracon 2018, perforaciones de doble banco y BWI / SPI de planta y por último los tiempos de perforación de los blast hole, la naturaleza de estos datos se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6
Origen de Muestras

Origen	Ejecutor	Naturaleza de la data
Muestras de perforaciones diamantinas	Diferentes contratas y HBP en diferentes años	Según estándar y regular
Muestras superficiales	Campaña de mapeo Stracon 2019	Según estándar e irregular
BWI / SPI	Planta Mina HBP	Según estándar e irregular
Detritus de perforación a doble banco	P&V HBP	No estándar e irregular
Tiempos de perforación	P&V HBP	Según estándar e irregular

Nota: Recopilado del departamento de geotecnia (2019).

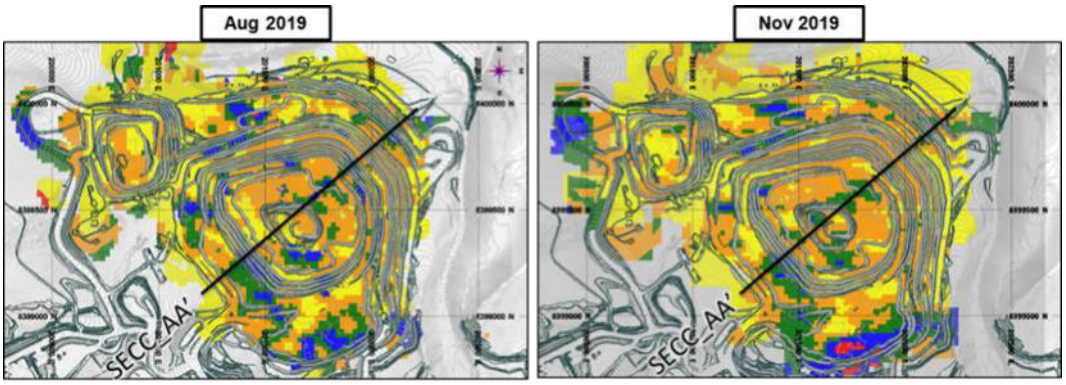
Figura 14
Vista en planta del modelo de dureza a mediano plazo.



Nota: Recopilado del departamento de geotecnia (2019).

Figura 15

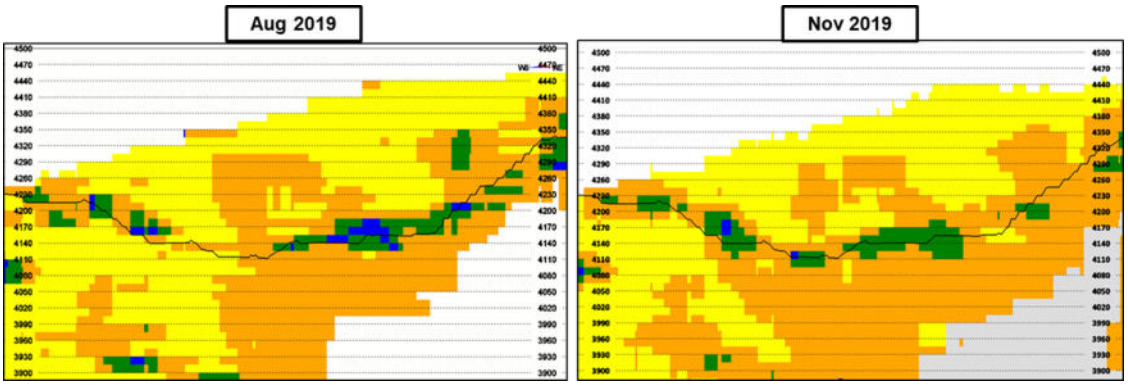
Actualización del modelo geotécnico a mediano plazo agosto – noviembre.



Nota: Recopilado del departamento de geotecnia (2019).

Figura 16

Vista de sección del modelo de dureza a mediano plazo de agosto y su actualización de noviembre 2019.



Nota: Recopilado del departamento de geotecnia (2019).

Tabla 7

Cantidad de muestras DDH

Ano	Cantidad	Metros perforados
2008	10	2,387
2011	03	1,176
2014	10	1,264
2015-2016	21	3,448

Nota: Recopilado del departamento de geotecnia (2019).

2.6 Diseño de Perforación y voladura

Una vez actualizado el modelo de dureza a mediano plazo se comparte con el área de perforación y voladura para el diseño de carguío en los bancos adyacentes a la ZCG-02-19, en el software Minesight hacemos un corte del modelo de dureza a el nivel del banco donde se va a realizar el proyecto de voladura y se sobrepone la malla de perforación de tal forma que se identificara cual es rango de dureza en que se encuentra cada taladro según la Figura 17, se considera taladros de precorte, buffer con cargas desacopladas y taladros de producción siendo esta un tipo de voladura amortiguada asignando valores de factor de potencia de acuerdo a su dureza.

Otras consideraciones para el cuidado de los taludes de la ZCG-02-19 son, el tiempo entre filas y taladros, direccionamiento de vibraciones, tipo de mezcla explosiva y uso de detonadores electrónicos sea el caso de desmonte o mineral.

Figura 17
Parámetros de perforación y voladura para ZCG-02-19 según modelo de dureza a mediano plazo.

Ensanchamiento 10% — ρroca= 2.5 — Mineral (version 02 2021)

SPI	e (m)	b (m)	h (m)	ton x taladro	Tipo de Explosivo	Ø'' (pulg)	SP (m)	F.P. Kg/t	Kg / tal Explosiva	h carga (m)	Aire (m) Inf	Aire (m) Sup	Taco (m)
< 30	7	7	15	1,838	HA 45	9 7/8"	0	**0.34**	**625**	9.7	1.0	0.0	4.3
30	7	7	15	1,838	HA 46	9 7/8"	0	**0.34**	**625**	9.7	1.0	0.0	4.3
60	6.5	6.5	15	1,584	HA 47	9 7/8"	0	**0.38**	**602**	9.3	1.0	0.0	4.7
80	6.5	6.5	15	1,584	HA 55	10 5/8"	0	**0.44**	**697**	8.6	1.0	1.0	4.4
90	6.5	6.5	15	1,584	HA 55	10 5/8"	0	**0.48**	**761**	9.4	1.0	0.0	4.6
110	6.5	6.5	15	1,584	HA 55	11"	0	**0.51**	**808**	9.4	1.0	0.0	4.6
> 110	6.5	6.5	15	1,584	HA 55	11"	0	**0.53**	**840**	9.7	1.0	0.0	4.3

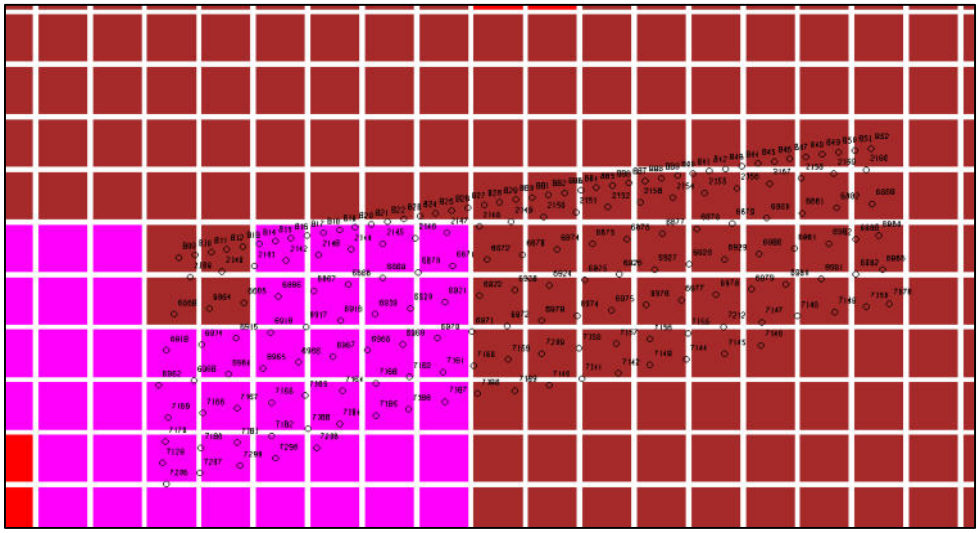
Nota: Recopilado del departamento de geotecnia (2019).

A continuación, se muestra el diseño completo de voladura del proyecto de voladura 028 nivel 4230 fase II, la malla se muestra en la Figura 18, el diseño de carga de producción 1 en la figura 19, diseño de carga de producción 2 en la figura 20, diseño de carga de producción desmonte en la Figura 21, diseño de carga de buffer 1 en la Figura 22, diseño de carga de buffer 2 en la Figura 23, diseño de carga de pre-corte en la Figura 24, distribución de cargas se encuentra en la Figura 25, la secuencia de programación en la Figura 26, desplazamiento

del material se muestra en la Figura 27, simulación de halos de energía en la Figura 28, y el resumen técnico del proyecto se muestra en la Figura 35.

Figura 18

Proyecto 028 4230 FII con modelo de dureza a mediano plazo.

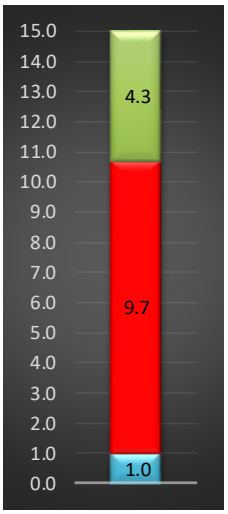


Nota: Recopilado del departamento de p&v (2019).

Figura 19

Diseño actual taladro de producción I PY 028-4230 FII.

VERTEX		SPI >110	
PRODUCCION MINERAL			
Densidad de Roca	2.5		
Diámetro (Pulg.)	11		
Burden (m)	6.5		
Espaciamiento (m)	6.5		
Altura de banco (m)	15.0		
Sobreperforación (m)			
Aire Superior (m)			
Aire Inferior (m)	1.0		
Carga de Fondo (m)	9.7	Explosivo	HA-55
Kg. Carga de Fondo	840		
Taco (m)	4.3		
Factor de Potencia	0.53		

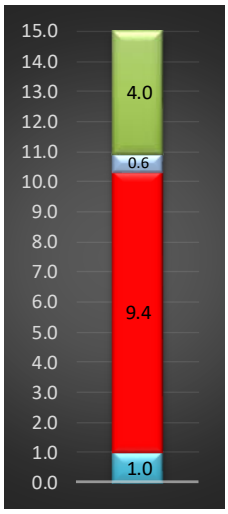


Nota: Recopilado del departamento de p&v (2019).

Figura 20

Diseño actual taladro de producción II PY 028-4230 FII.

VERTEX		SPI 110	
PRODUCCION MINERAL			
Densidad de Roca	2.5		
Diámetro (Pulg.)	11		
Burden (m)	6.5		
Espaciamiento (m)	6.5		
Altura de banco (m)	15.0		
Sobreperforación (m)			
Aire Superior (m)	0.6		
Aire Inferior (m)	1.0		
Carga de Fondo (m)	9.4	Explosivo	HA-55
Kg. Carga de Fondo	808		
Taco (m)	4.0		
Factor de Potencia	0.51		

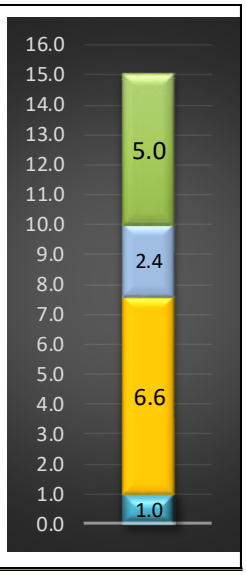


Nota: Recopilado del departamento de p&v (2019).

Figura 21

Diseño actual taladro de producción desmonte PY 028-4230 FII.

		DURA	
PRODUCCIÓN DESMONTE			
Densidad de Roca	2.5		
Diámetro (Pulg.)	11		
Burden (m)	6.5		
Espaciamiento (m)	6.5		
Altura de banco (m)	15.0		
Sobreperforación (m)			
Aire Superior (m)	2.4		
Aire Inferior (m)	1.0		
Carga (m)	6.6	Explosivo	HA-37
Kg. Carga de Fondo	476		
Taco (m)	5.0		
Factor de Potencia	0.30		



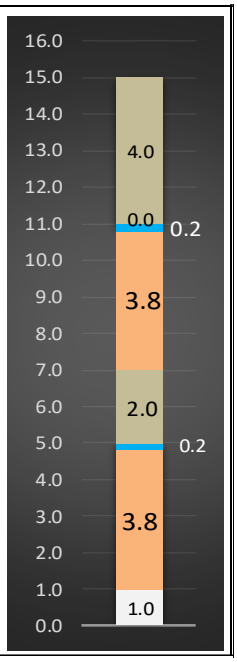
Nota: Recopilado del departamento de p&v (2019).

Figura 22

Diseño actual taladro de buffer mineral PY 028-4230 FII.

BUFFER MINERAL	
Densidad de Roca	2.5
Diámetro (Pulg.)	9 7/8
Burden (m)	6.0
Espaciamiento (m)	6.0
Altura de banco (m)	15.0
Sobreperforación (m)	0.0
Aire Superior (m)	0.0
Segunda Carga (m)	3.8
kg Carga intermedia	262
Taco intermedio (m)	2.0
Aire Inferior (m)	1.0
Carga de Fondo (m)	3.8
Kg. Carga de Fondo	262
Esponjamiento2 (m)	0.2
Esponjamiento 1 (m)	0.2
Taco (m)	4.0
Factor de Potencia	0.39

HA-55



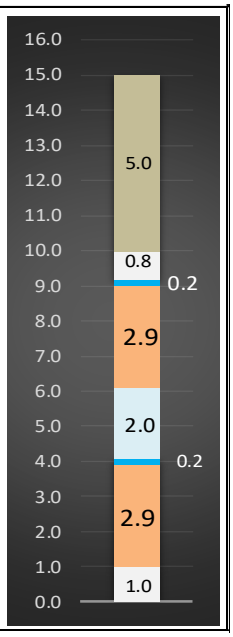
Nota: Recopilado del departamento de p&v (2019).

Figura 23

Diseño actual taladro de buffer desmonte PY 028-4230 FII.

BUFFER DESMONTE	
Densidad de Roca	2.5
Diámetro (Pulg.)	9 7/8
Burden (m)	6.0
Espaciamiento (m)	6.0
Altura de banco (m)	15.0
Sobreperforación (m)	0.0
Aire Superior (m)	0.8
Segunda Carga (m)	2.9
kg Carga intermedia	200
Taco intermedio (m)	2.0
Aire Inferior (m)	1.0
Carga de Fondo (m)	2.9
Kg. Carga de Fondo	200
Esponjamiento2 (m)	0.2
Esponjamiento 1 (m)	0.2
Taco (m)	5.0
Factor de Potencia	0.30

HA-55

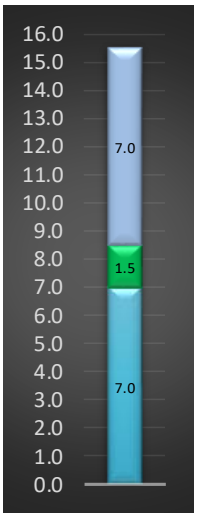


Nota: Recopilado del departamento de p&v (2019).

Figura 24

Diseño actual taladro de pre-corte PY 028-4230 FII.

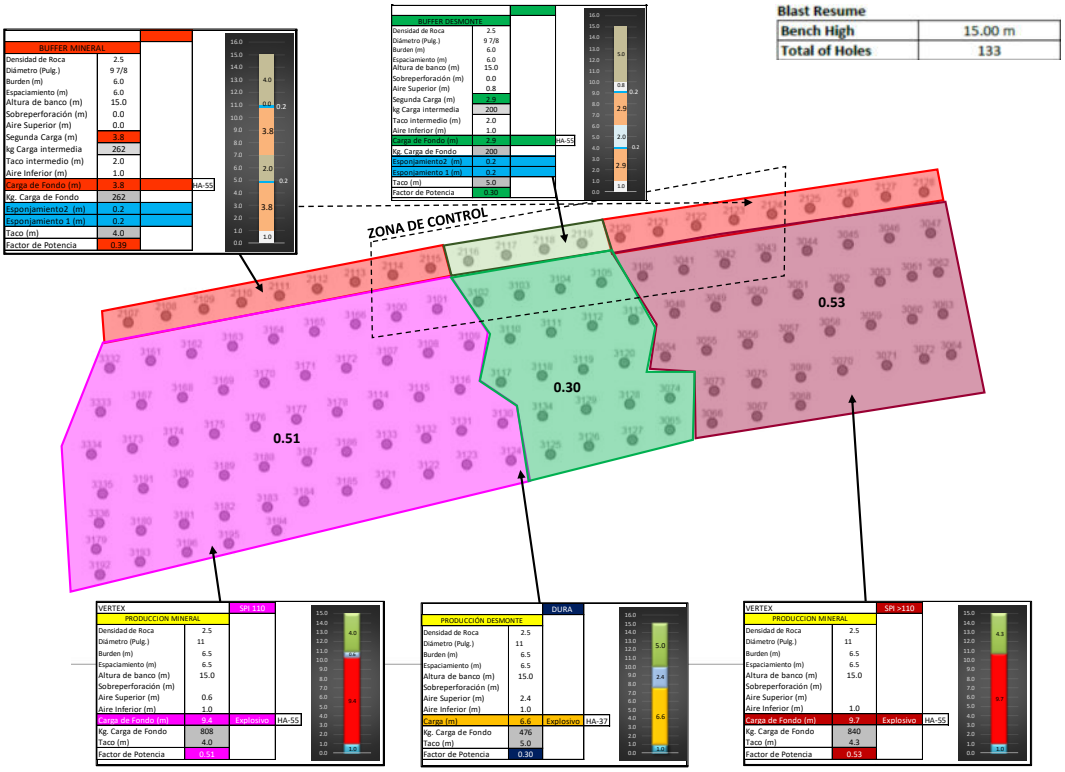
PRECORTE			
Densidad de Roca	2.5		
Diámetro (Pulg.)	5		
Burden (m)	1.0		
Espaciamiento (m)	2.0		
Altura de banco (m)	15.0		
Sobreperforación (m)	0.5		
Aire Superior (m)	7.0		
Aire Inferior (m)	7.0		
Carga de Fondo (m)	1.5	Explo. Gasificado	HA-37
Kg. Carga de Fondo	22		
Taco (m)	0.0		



Nota: Recopilado del departamento de p&v (2019).

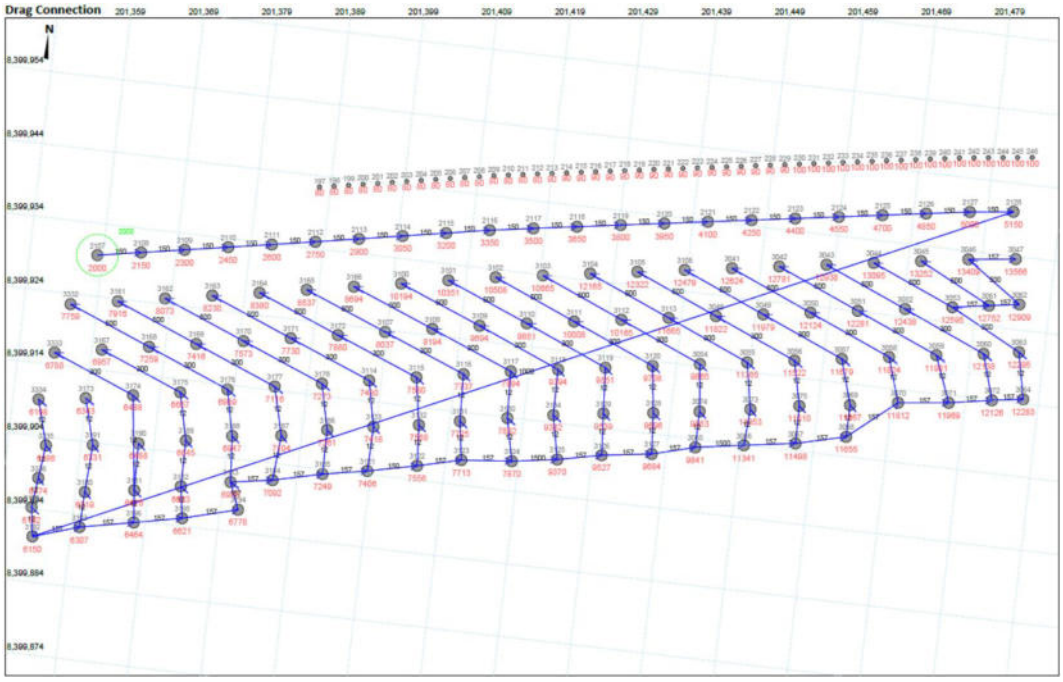
Figura 25

Distribución de cargas en PY031 4230 FII (ZCG-02-19).



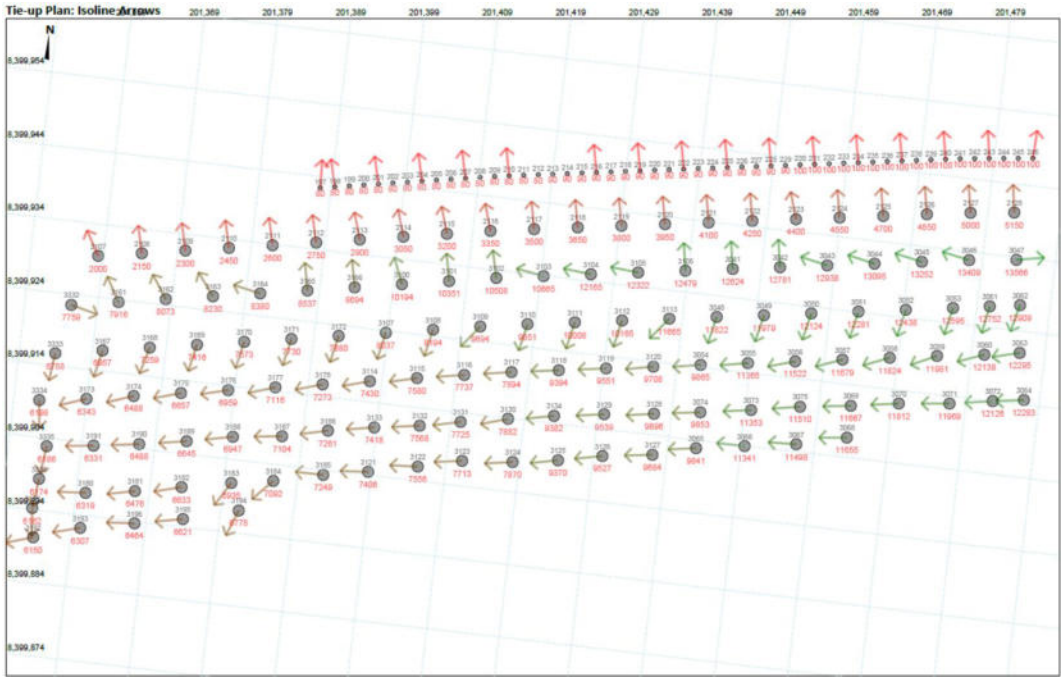
Nota: Recopilado del departamento de p&v (2019).

Figura 26
Secuencia de programación PY 028-4230 FII.



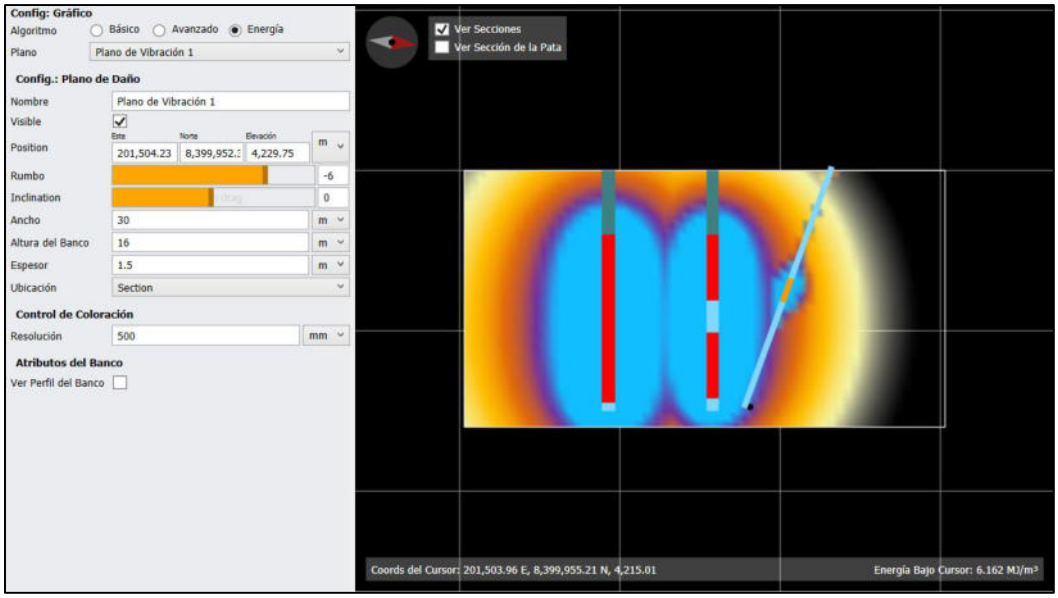
Nota: Recopilado del departamento de p&v (2019).

Figura 27
Desplazamiento del material PY 028-4230 FII.



Nota: Recopilado del departamento de p&v (2019).

Figura 28
Halos de energía simulados PY 028-4230 FII.



Nota: Recopilado del departamento de p&v (2019).

Es importante hacer simulaciones para verificar la secuencia de salida de los taladros, evitando posibles cortes de línea por mala distribución de tiempos en superficie. Una buena distribución de tiempos asegura un óptimo comportamiento de vibraciones y evita tiros cortados por secuencia de salida, Tanto el diseño de carga y secuencia de detonación se hacen en el programa O-Pitblast.

Ya en campo una vez finalizado el amarre y conexión de los taladros se realizan verificaciones como: cantidad de taladros de la malla, cantidad de detonadores electrónicos usados, cantidad de taladros cargados por camión fabrica y cantidad total de detonadores utilizados, toda deviación del plan debe llevar a una solución inmediata antes del disparo. El sistema electrónico detecta cuando un detonador no ha sido conectado e indica al operador del sistema del error, esto permite corregir las conexiones y evitar tiros quedados, los resultados de la voladura se reflejan en las Figuras 29 y 30.

Figura 29
Foto pre voladura PY 028-4230 FII.



Nota: Recopilado del departamento de p&v (2019).

Figura 30
Foto post voladura PY 028-4230 FII.



Nota: Recopilado del departamento de p&v (2019).

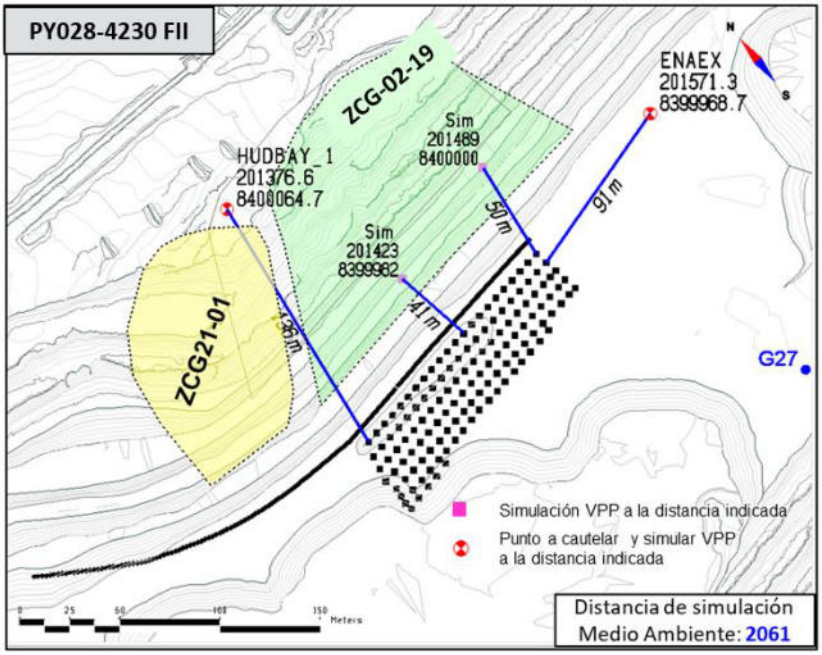
El departamento de geotecnia designa puntos de monitoreo de vibraciones y VPP en zonas estratégicas para la empresa Enaex y G&H ver Figura

31, los cuales instalan sismógrafos con geófonos minutos antes de la voladura, las vibraciones en la ZCG-02-19 no tiene que exceder los 40mm/s. El objetivo del monitoreo de vibraciones es obtener un registro cuantitativo del resultado del impacto al macizo rocoso, para asegurar una voladura optima y minimizar riesgos en la ejecución de las actividades en las diferentes zonas donde se realizan proyectos de voladura, los resultados del monitoreo se observan en las Figuras 32 y 33.

Proceso para monitoreo de vibraciones:

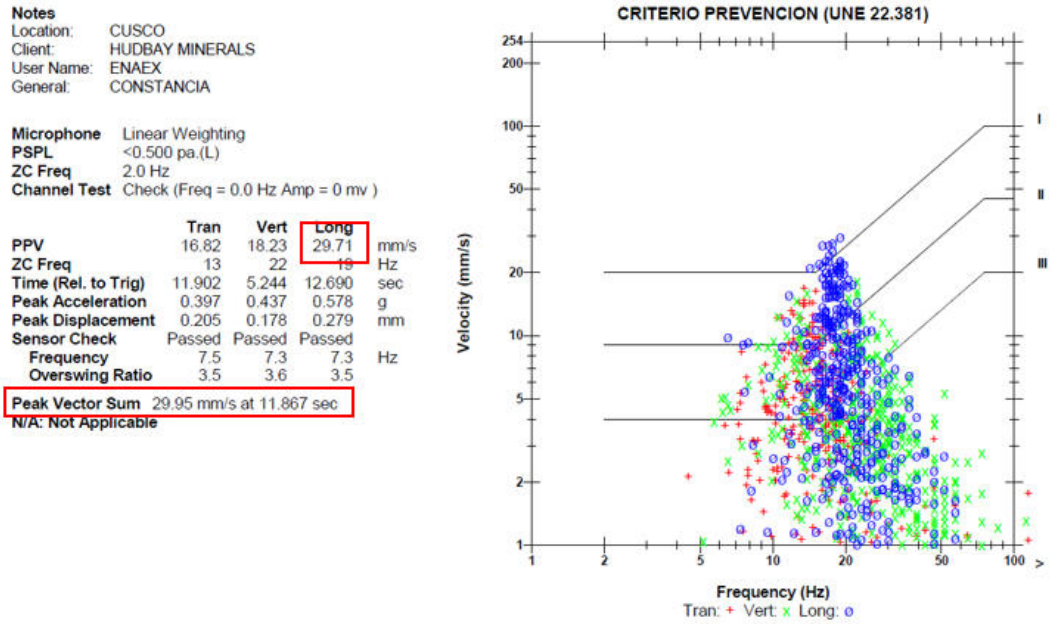
- El área de geotecnia comunica y coordina con área de asistencia técnica de Enaex la ubicación, proyecto y nivel de banco donde se instalará el equipo de registro de vibraciones. El área de topografía es la encargada de marcar la ubicación del punto de registro de vibraciones.
- Se debe planificar y estimar el tiempo que toma la instalación del equipo de registro de monitoreo de vibraciones en función de la distancia y retrasos operativos que pudieran suscitarse.
- Al momento de llegar al lugar de instalación se debe estacionar el vehículo en un lugar seguro respetando los procedimientos alejado de equipos mayores como palas, camiones, perforadoras y tractores sobre orugas, realizar una inspección del área teniendo especial cuidado de taludes inestables y crestas.
- Demarcar y señalizar el área donde se instalará el equipo de registro de monitoreo con conos de seguridad, estos deben ser visibles a una distancia prudente.
- En el punto asignado instalar el equipo de registro de vibración con el geófono en dirección del proyecto de voladura y cubrir el equipo con una caja metálica para evitar cualquier daño por caída de roca.
- Retirarse hacia un punto de vigía reportando al encargado de la voladura que se encuentra fuera del radio de influencia del disparo
- Ingresar a la recoger el equipo cuando ya haya terminado el proceso de voladura y el área esta liberada.

Figura 31
Punto de monitoreo de vibraciones PY 028-4230 FII.



Nota: Recopilado del departamento de geotecnia (2019).

Figura 32
Monitoreo de vibraciones PY 028-4230 FII. (Enaex).



Notes
Location: CUSCO
Client: HUDBAY MINERALS
User Name: ENAEX
General: CONSTANCIA

Microphone Linear Weighting
PSPL <0.500 pa.(L)
ZC Freq 2.0 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	16.82	18.23	29.71	mm/s
ZC Freq	13	22	15	Hz
Time (Rel. to Trig)	11.902	5.244	12.690	sec
Peak Acceleration	0.397	0.437	0.578	g
Peak Displacement	0.205	0.178	0.279	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.3	7.3	Hz
Overswing Ratio	3.5	3.6	3.5	

Peak Vector Sum 29.95 mm/s at 11.867 sec
N/A: Not Applicable

Nota: Recopilado del departamento de geotecnia (2019).

Figura 33
Resultados de vibraciones PY 028-4230 FII.

SIMULACIÓN DE VIBRACIONES					
Punto de Monitoreo	Distancia (m)	Carga (Kg)	VPP Teórico (mm/s)	VPP Real (mm/s)	COORDENADAS
Punto 1	91	808	42.18	29.71	E: 201571.3 - N: 8399968.7 – Enaex
Punto 2	136	808	34.7	15.6	E: 201376.6 - N: 8400064.7 – Hudbay
Punto 3	50	808	37.10		E: 201489 - N: 8400000
Punto 4	41	808	38.78		E: 201423 - N: 8399982
Punto 5	2061	808	0.56		MEDIO AMBIENTE

Nota: Recopilado de asistencia técnica Enaex (2019).

Figura 34
Valoración de gases NOx (nivel 0) PY 028-4230 FII.



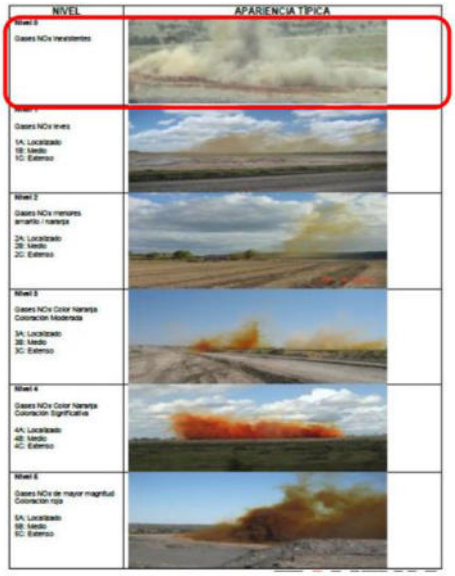


Figura 35
Resumen técnico PY 028-4230 FII.

Consumo PRODUCCION

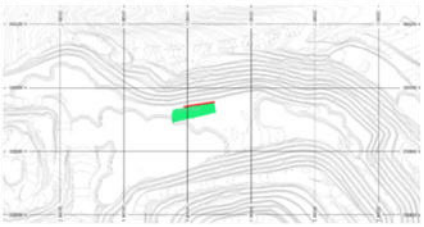
Dia de disparo	22/12/19
Proyecto	PY 028 4230 FII
Nro Tal	140
Malla (BxS)m Prod	6.5 x 6.5
HA37	9,234
HA46	0
HA55G	0
HA73G	4,760
HA55 VERTEX	67,981
Solución (I) L-4	24
Solución (I) N-17	0
Solución (I)	0
Emulsion VERTEX	33,991
Emulsion	6,102
Nitrato	39,369
D2 Kilos	2,513
Combustible Gls D	783
ACEITE Gls 60%	470
D2 Gls 40%	313
Booster (Und.)	140
Cordon Detonante (m)	
Conectores unidir EXSANEL 0ms de 12.2 m	
Conectores unidir EXSANEL 25ms de 12.2 m	
Conectores unidir EXSANEL 42ms de 12.2 m	
Conectores unidir EXSANEL 100ms de 12.2 m	
Conectores unidir 100ms de 12.2 m	
Det. No electrico EXSANEL 17/1000 msx30m	
Det. No electrico BRINEL 21MT 600MS	26
Det. Electronico M75(Und.)	140
Cable Amarre (m)	1000
Taponex (und)	176

Cantidad de Explosivo	81,975
Tonelaje	183,012.98
Volumen	73,205.19
Factor de Potencia	0.45
Densidad de Roca (g/cc)	2.50

SOLIDO	SG	BWI	SPI
Solido_4230_028F4_Precorte	2.540	18.520	123.310
Solido_4230_031F4	2.500	18.410	115.650

P4230_031 - FASE 4 **Producción**

- Volumen = 73,205.19 Cubic meters.
- Tonelaje = 182,641.29 Tonnes.



Nota: Recopilado de asistencia técnica Enaex (2019).

III. VIABILIDAD DEL PROYECTO

El trabajo desarrollado cumple con las características, condiciones técnicas y operativas, compilando información de campo y en base a la experiencia del personal de los departamentos de geotecnia y perforación y voladura, se logró realizar modelos para los diseños de perforación y voladura, que favorecen en la optimización de las voladuras circundantes a la zona de criticidad geotécnica ZCG-02-19, para así disminuir los posibles efectos negativos

desencadenantes de deslizamientos que compliquen las operaciones y ocasionen accidentes en el tajo Constancia.

IV. PRODUCTO

En la ZCG-02-19 anteriormente se realizaban voladuras de producción estándar que ocasionaban elevados valores de vibraciones en la pared aumentando la velocidad de desplazamiento según el monitoreo del radar ubicado en fase IV y gracias a su ubicación elevada y perpendicular logra captar todos los movimientos de esta zona critica, la alerta geotécnica antes de aplicar estos controles era nivel 04 con un tipo de riesgo alto con velocidades de desplazamiento mayores a 50 mm/día Figura 39. Actualmente el nivel de alerta es de nivel 02 con tipo de riesgo moderado bajo con una velocidad de desplazamiento de 05 a 10 mm/día Figura 40.

Según análisis retrospectivos de consultores externos si se seguían ejecutando voladuras estándar en esta zona era muy probable deslizamientos, para lo cual se requiere continua con un estricto control de voladuras para minimizar impactos.

Se ajustaron los parámetros como el factor de potencia, burden, espaciamiento y tipo de explosivo para voladuras en fase II cercanas a la zona de criticidad geotécnica ZCG-02-19 ver Figura 37.

Figura 36

Parámetros de perforación y voladura según modelo de dureza a mediano plazo.

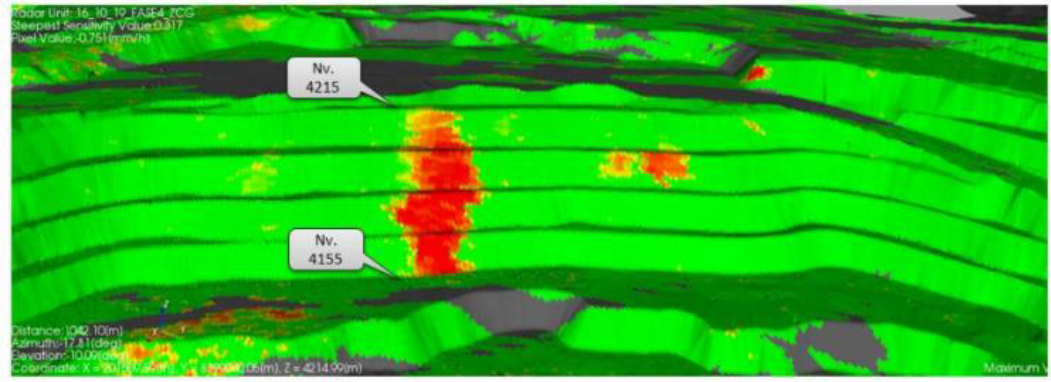
Ensanchamiento 10% | σroca= 2.5 | Mineral (version 02 2021)

SPI	e (m)	b (m)	h (m)	ton x taladro	Tipo de Explosivo	Ø'' (pulg)	SP (m)	F.P. Kg/t	Kg / tal Explosivo	h carga (m)	Aire (m) Inf	Aire (m) Sup	Taco (m)
< 30	7	7	15	1,838	HA 45	9 7/8"	0	**0.34**	**625**	9.7	1.0	0.0	4.3
30	7	7	15	1,838	HA 46	9 7/8"	0	**0.34**	**625**	9.7	1.0	0.0	4.3
60	6.5	6.5	15	1,584	HA 47	9 7/8"	0	**0.38**	**602**	9.3	1.0	0.0	4.7
80	6.5	6.5	15	1,584	HA 55	10 5/8"	0	**0.44**	**697**	8.6	1.0	1.0	4.4
90	6.5	6.5	15	1,584	HA 55	10 5/8"	0	**0.48**	**761**	9.4	1.0	0.0	4.6
110	6.5	6.5	15	1,584	HA 55	11"	0	**0.51**	**808**	9.4	1.0	0.0	4.6
> 110	6.5	6.5	15	1,584	HA 55	11"	0	**0.53**	**840**	9.7	1.0	0.0	4.3

Nota: Recopilado del departamento de p&v (2019).

Figura 37

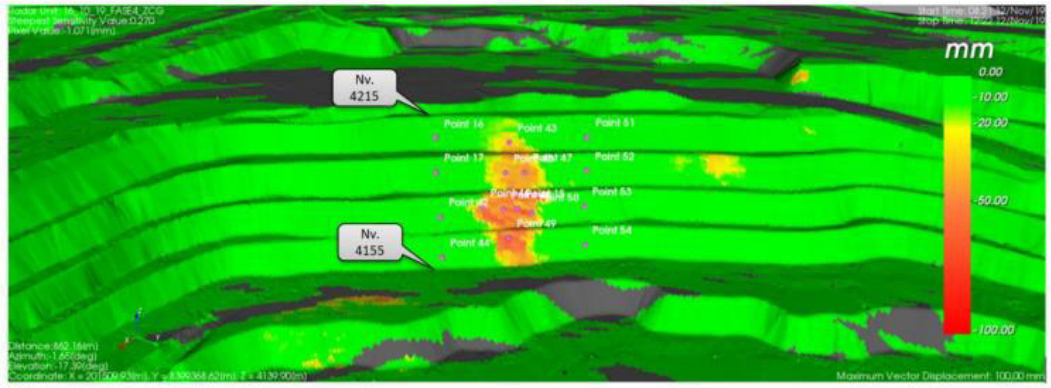
Monitoreo de radar en la ZCG-02-19 mes de agosto.



Nota: Recopilado del departamento de geotecnia.

Figura 38

Monitoreo de radar en la ZCG-02-19 mes de noviembre.



Nota: Recopilado del departamento de geotecnia.

4.1 Resultados

- Se logró optimizar mallas de perforación y voladura de acuerdo a la resistencia del material en la zona de criticidad geotécnica ZCG-02-19, ajustando el factor de potencia de 0.60 kg/tn a 0.53 kg/t, según la dureza de la roca como se muestra en la figura 36.
- Sectorización de la mina como se aprecia en la figura 14 de acuerdo a SPI en categorías (<30 muy suave, 30 suave, 60 media baja, 80 media alta, 90 dura, 110 muy dura y >110 extremadamente dura).
- Se consiguió minimizar el daño inducido a los taludes gracias a los nuevos diseños de carga evidenciando una desaceleración en el desplazamiento de la ZCG-02-19 de 50mm/día a menos de 10mm/día según el monitoreo del radar de mina y demás instrumentación geotécnica.

V. ASPECTOS COMPLEMENTARIOS

5.1 Recomendaciones

- Es conveniente aumentar la población de muestras obtenidas de perforaciones a doble banco para realizar mayor cantidad de ensayos con especial énfasis en la ZCG-02-19.
- Se requiere un estricto control de voladuras considerando las cargas, secuencia de salida, dirección de movimiento, y monitoreo de vibraciones los cuales no deben exceder valores de 40mm/s según recomendación del departamento de geotecnia.
- Seguir utilizando detonadores electrónicos por temas de dispersión para todas las voladuras en la ZCG-02-19 sea el caso de desmonte o mineral.
- Colocar mayor instrumentación geotécnica para medir desplazamientos y presiones de poros en la ZCG-02-19.

VI. REFERENCIAS

Chávez León, L. A. (2014). Tesis: *Optimización de la fragmentación en los proyectos de voladura primaria en la zona norte del tajo San Pedro Sur, Minera La Zanja*. Universidad Mayor de San Marcos, Lima - Perú.

Depaz, L. M. y Cáceres, C. M. (2018). Tesis: *Geomecánica aplicada al diseño de malla de perforación de la GA-47E del nivel 2050 en la Unidad Alpacay*, MYSA. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo,Huaraz - Perú.

Golder Associates. (2016). Investigacion Geotecnica y analisis de estabilidad del tajo Constancia: Fase I 2016 y Fase II 2017-2020.

Gomez, G. (2017). Tesis: Disponibilidad de equipos auxiliares para optimizar la productividad en el carguio y acarreo de las fases 01,02,07 del tajo Constancia Empressa Especializada Stracon GYM S.A. Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa, Arequipa-Perú.

Huamani, N. (2018). Tesis: *Estandarización de la distancia de descarga de camiones minero en botaderos de desmonte mina, mediante el análisis de estabilidad de taludes unidad minera constancia*. Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa, Arequipa-Perú.

Hudbay. (2019). Por que Hudbay. Obtenido de https://hudbayminerals.com/why-hudbay/default.aspx

Hudbay Perú SAC. (2019). *Informes del departamento de geotécnia. unidad minera Constancia, Cusco.*

Instantel. (2013). Manual de Operador Minimate Plus. Ottawa, Ontario, Cánada.

Instituto Geológico Minero Metalúrgico. (2020). *Ubicación de Mina Constancia. Obtenido de https://www.ingemmet.gob.pe/.*

Knight Piesold. (2013). Deposito de Desmonte de Mina, Informe de Ingenieria de Detalle.

Mamani Valdez, Y. D. (2018). Tesis "*Optimización de la fragmentación con el uso de detonadores electrónicos en la mina Toquepala*". Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna - Perú

Ramos, J. (2015). Tesis: *Evaluación Geotécnica mediante tomografía eléctrica y perforación del subsuelo de la zonas proyectadas del puente sibayo de la carretera vizcachani caylloma*. Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa, Arequipa-Perú.

Zeballos, C. (2019). Tesis: *Aseguramiento y control de la calidad del muestreo de blastholes y análisis químico el laboratorio primario, mina constancia-fase de minado 1 banco 4260.* Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa, Arequipa-Perú.

VII. ANEXOS

ANEXO 1: Plano de PY 019 Nv.4140 FII.

ANEXO 2: Modelo de dureza a mediano plazo PY 019 Nv.4140 FII.

ANEXO 3: Diseño de carga de taladros de producción PY 019 Nv.4140 FII.

ANEXO 4: Diseño de carga de taladros de buffer PY 019 Nv.4140 FII.

ANEXO 5: Diseño de carga producción y buffer desmonte PY019 Nv.4140 FII.

ANEXO 6: Plano de carguío PY 019 Nv.4140 FII.

ANEXO 7: Secuencia de detonación dirección de onda PY 019 Nv.4140 FII.

ANEXO 8: Secuencia de salida PY 019 Nv.4140 FII.

ANEXO 9: Secuencia de programación PY 019 Nv.4140 FII.

ANEXO 10: Pre y post voladura PY 019 Nv.4140 FII.

ANEXO 11: Predicción de VPP PY 019 Nv.4140 FII.

ANEXO 12: Registro de vibración Enaex PY 019 Nv.4140 FII.

ANEXO 13: Registro de vibración G&H PY 019 Nv.4140 FII.

ANEXO 14: Resumen de consumo PY 019 Nv.4140 FII.

ANEXO 15: Panel Fotográfico.

ANEXO 01

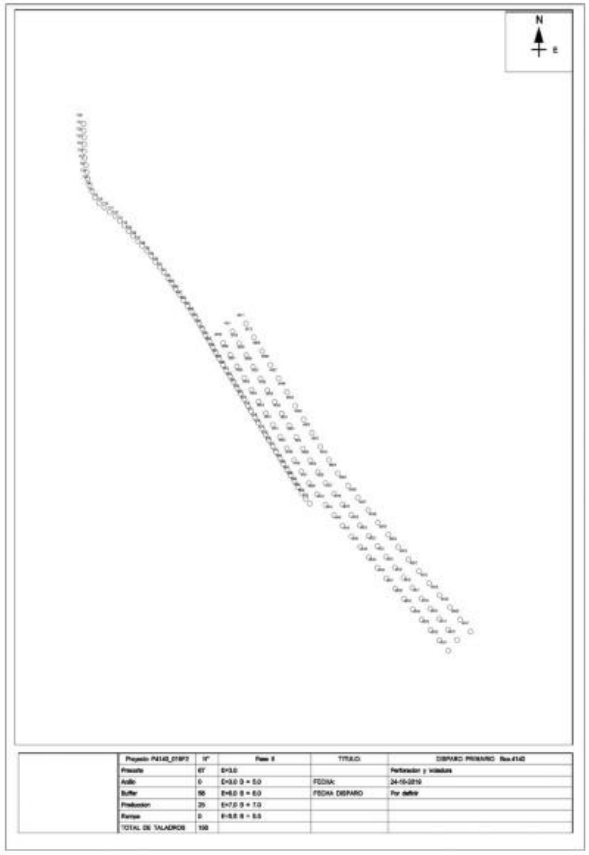
PROYECTO 4140-019 FASE II

26/10/2019

Davey Bickford
Igniting your Future

Enaex

PLANO DE PROYECTO



ÁREA: ASISTENCIA TECNICA DE VOLADURA

HUDBAY

ANEXO 02

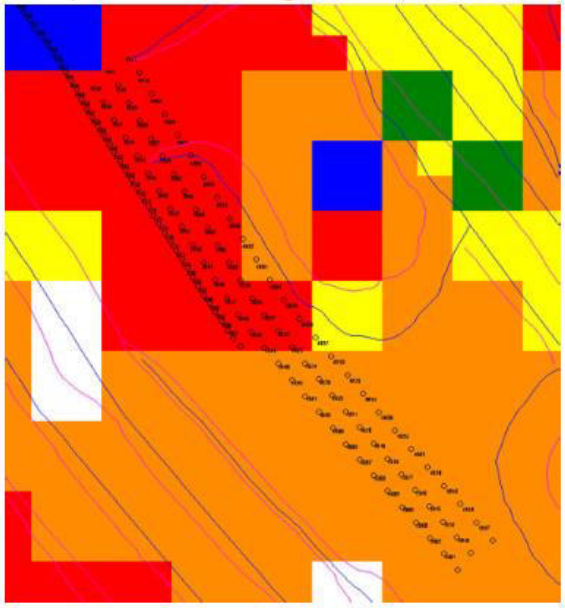
PROYECTO 4140-019 FASE II

26/10/2019

BWI

Davey Bickford
Igniting your Future

Enaex



FASE 2 / 4

Bva. versión ago 2019

Ensanchamiento 10% — droca= 2.5

BWI	e (m)	b (m)	h (m)	SP (m)	ton x taladro	Ø" (pulg)	Hipogeno Phy.Arg F.P.	Hipogeno hcarga (m)	Hipogeno Taco (m)	Hipogeno Potasico F.P.	Hipogeno hcarga (m)	Hipogeno Taco (m)	Hipogeno Propilitico F.P.	Hipogeno hcarga (m)	Hipogeno Taco (m)	Supergeno Phy.Arg F.P.	Supergeno hcarga (m)	Supergeno Taco (m)	Skarn Skarn F.P.	Skarn hcarga (m)	Skarn Taco (m)	TIPO DE CARGA
<12	7.5	7.5	15	0.5	2.109	9 7/8"	0.26	8.5	7.0	0.28	8.5	7.0	0.28	9.1	6.4	0.26	8.5	7.0	0.28	9.1	6.4	HA 46
<12 - 13]	7.5	7.5	15	0.5	2.109	9 7/8"	0.28	9.1	6.4	0.30	9.1	6.4	0.30	9.8	5.7	0.28	9.1	6.4	0.30	9.8	5.7	HA 46
<13 - 15]	7.5	7.5	15	0.5	2.109	10 5/8"	0.30	7.8	7.7	0.32	8.4	7.1	0.34	8.9	6.6	0.30	7.8	7.7	0.32	8.4	7.1	HA 55G
<15 - 17]	7.5	7.5	15	0.5	2.109	10 5/8"	0.33	8.6	6.9	0.36	9.4	6.1	0.38	9.9	5.6	0.32	8.4	7.1	0.34	8.9	6.6	HA 55G
<17 - 18]	7.5	7.5	15	0.5	2.109	10 5/8"	0.36	9.4	6.1	0.38	9.9	5.6	0.40	10.5	5.0	0.34	8.9	6.6	0.36	9.4	6.1	HA 55G
<18 - 19]	7.5	7.5	15	0.5	2.109	11"	0.38	9.3	6.2	0.40	9.8	5.7	0.42	10.3	5.2	0.37	9.0	6.5	0.38	9.3	6.2	HA 55G
>19	7.5	7.5	15	0.5	2.109	11"	0.40	9.8	5.7	0.42	10.3	5.2	0.44	10.7	4.8	0.38	9.3	6.2	0.40	9.8	5.7	HA 55G

Nota: Se gasificará el HA55 en todos los casos, considerar la camara de aire en la parte inferior excepto en casos que haya alturas de taco menores a 5.5mts.

ÁREA: ASISTENCIA TECNICA DE VOLADURA

HUDBAY

ANEXO 03

PROYECTO 4140-018 FASE II

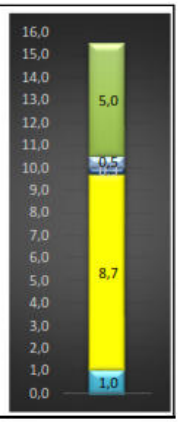
26/10/2019

Davey Bickford
Igniting your Future

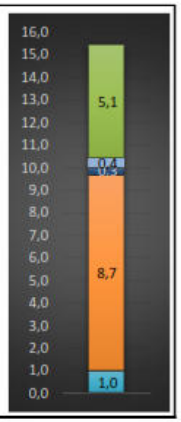
Enaex

Diseño de Carga Taladros de Producción Mineral (Gasificado)

SKN/SKN		BWI 15 -17	
PRODUCCIÓN MINERAL			
Densidad de Roca	2,8		
Diámetro (Pulg.)	10 5/8		
Burden (m)	7,0		
Espaciamiento (m)	7,0		
Altura de banco (m)	15,0		
Sobreperforación (m)	0,5		
Aire Superior (m)	0,5		
Aire Inferior (m)	1,0		
Carga de Fondo (m)	8,7	Explo. Gasificado	HA-55
Kg. Carga de Fondo	695		
Esponjamiento (m)	0,3	Explosivo G	
Taco (m)	5,0		
Factor de Potencia	0,34		



HY/POT		BWI 17 - 18	
PRODUCCIÓN MINERAL			
Densidad de Roca	2,5		
Diámetro (Pulg.)	10 5/8		
Burden (m)	7,0		
Espaciamiento (m)	7,0		
Altura de banco (m)	15,0		
Sobreperforación (m)	0,5		
Aire Superior (m)	0,4		
Aire Inferior (m)	1,0		
Carga de Fondo (m)	8,7	Explo. Gasificado	HA-55
Kg. Carga de Fondo	695		
Esponjamiento (m)	0,3	Explosivo G	
Taco (m)	5,1		
Factor de Potencia	0,38		



ÁREA: ASISTENCIA TÉCNICA DE VOLADURA

HUDBAY

ANEXO 04

PROYECTO 4140-019 FASE II

26/10/2019

Davey Bickford
Igniting your Future

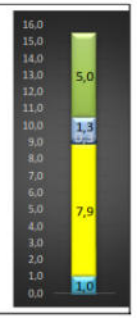
Enaex

Diseño de Carga Taladros de Buffer Mineral Talud (Gasificado)

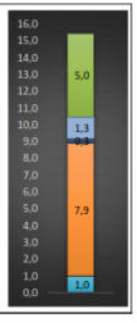
HY/SIL	BWI 15 - 17		
BUFFER MINERAL			
Densidad de Roca	2,5		
Diámetro (Pulg.)	9 7/8		
Burden (m)	6,0		
Espaciamiento (m)	6,0		
Altura de banco (m)	15,0		
Sobreperforación (m)	0,5		
Aire Superior (m)	1,7		
Aire Inferior (m)	1,0		
Carga de Fondo (m)	7,5	Explo. Gasificado	HA-55
Kg. Carga de Fondo	518		
Esponjamiento (m)	0,3	Explosivo G	
Taco (m)	5,0		
Factor de Potencia	0,38		



SKN-SKN	BWI 17 -18		
BUFFER MINERAL			
Densidad de Roca	2,8		
Diámetro (Pulg.)	9 7/8		
Burden (m)	6,0		
Espaciamiento (m)	6,0		
Altura de banco (m)	15,0		
Sobreperforación (m)	0,5		
Aire Superior (m)	1,3		
Aire Inferior (m)	1,0		
Carga de Fondo (m)	7,9	Explo. Gasificado	HA-55
Kg. Carga de Fondo	545		
Esponjamiento (m)	0,3	Explosivo G	
Taco (m)	5,0		
Factor de Potencia	0,36		



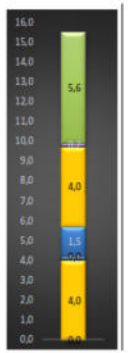
HY/PROP	BWI 17 - 18		
BUFFER MINERAL			
Densidad de Roca	2,5		
Diámetro (Pulg.)	9 7/8		
Burden (m)	6,0		
Espaciamiento (m)	6,0		
Altura de banco (m)	15,0		
Sobreperforación (m)	0,5		
Aire Superior (m)	1,3		
Aire Inferior (m)	1,0		
Carga de Fondo (m)	7,9	Explo. Gasificado	HA-55
Kg. Carga de Fondo	545		
Esponjamiento (m)	0,3	Explosivo G	
Taco (m)	5,0		
Factor de Potencia	0,40		



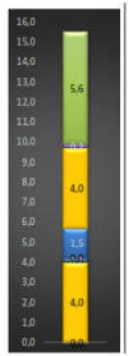
HY/SIL	BWI 15-17		
BUFFER MINERAL			
Densidad de Roca	2,5		
Diámetro (Pulg.)	9 7/8		
Burden (m)	6,0		
Espaciamiento (m)	6,0		
Altura de banco (m)	15,0		
Sobreperforación (m)	0,5		
Aire Superior (m)	0,0		
Aire Inferior (m)	0,0		
Carga de Fondo (m)	4,3	Explo. Gasificado	HA-55
Kg. Carga de Fondo	259		
Esponjamiento 1 (m)	0,2	Explosivo G	
Carga intermedia(m)	4,3	Explo. Gasificado	HA-55
Kg. Carga de Fondo	259		
Esponjamiento 2 (m)	0,2	Explosivo G	
Taco intermedio (m)	1,0		
Taco superior(m)	5,5		
Factor de Potencia	0,38		



SKN/SKN	BWI 13-15		
BUFFER MINERAL			
Densidad de Roca	2,8		
Diámetro (Pulg.)	9 7/8		
Burden (m)	6,0		
Espaciamiento (m)	6,0		
Altura de banco (m)	15,0		
Sobreperforación (m)	0,5		
Aire Superior (m)	0,0		
Aire Inferior (m)	0,0		
Carga de Fondo (m)	4,0	Explo. Gasificado	HA-55
Kg. Carga de Fondo	273		
Esponjamiento 1 (m)	0,2	Explosivo G	
Carga intermedia(m)	4,0	Explo. Gasificado	HA-55
Kg. Carga de Fondo	273		
Esponjamiento 2 (m)	0,2	Explosivo G	
Taco intermedio (m)	1,5		
Taco superior(m)	5,6		
Factor de Potencia	0,36		



HY/PROP	BWI 13-15		
BUFFER MINERAL			
Densidad de Roca	2,5		
Diámetro (Pulg.)	9 7/8		
Burden (m)	6,0		
Espaciamiento (m)	6,0		
Altura de banco (m)	15,0		
Sobreperforación (m)	0,5		
Aire Superior (m)	0,0		
Aire Inferior (m)	0,0		
Carga de Fondo (m)	4,0	Explo. Gasificado	HA-55
Kg. Carga de Fondo	273		
Esponjamiento 1 (m)	0,2	Explosivo G	
Carga intermedia(m)	4,0	Explo. Gasificado	HA-55
Kg. Carga de Fondo	273		
Esponjamiento 2 (m)	0,2	Explosivo G	
Taco intermedio (m)	1,5		
Taco superior(m)	5,6		
Factor de Potencia	0,40		



Se cargo con carga compartida (taco intermedio) en los taladros de buffer en zona de criticidad)

ÁREA: ASISTENCIA TÉCNICA DE VOLADURA

HUDBAY

ANEXO 05

PROYECTO 4140-019 FASE II

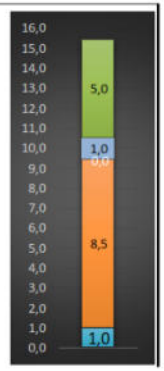
26/10/2019

Davey Bickford
Igniting your Future

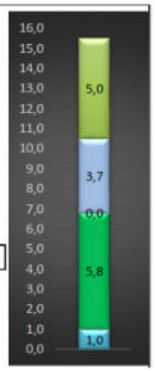
Enaex

Diseño de Carga Taladros de PRODUCCION y BUFFER DESMONTE HA37

NAG		DURA	
PRODUCCIÓN DESMONTE			
Densidad de Roca	2,5		
Diámetro (Pulg.)	10 5/8		
Burden (m)	7,0		
Espaciamiento (m)	7,0		
Altura de banco (m)	15,0		
Sobreperforación (m)	0,5		
Aire Superior (m)	1,0		
Aire Inferior (m)	1,0		
Carga de Fondo (m)	8,5		HA-37
Kg. Carga de Fondo	551		
Esponjamiento (m)	0,0		
Taco (m)	5,0		
Factor de Potencia	0,30		



		SUAVE	
BUFFER DESMONTE			
Densidad de Roca	2,5		
Diámetro (Pulg.)	9 7/8		
Burden (m)	6,0		
Espaciamiento (m)	6,0		
Altura de banco (m)	15,0		
Sobreperforación (m)	0,5		
Aire Superior (m)	3,7		
Aire Inferior (m)	1,0		
Carga de Fondo (m)	5,8		HA-37
Kg. Carga de Fondo	325		
Esponjamiento (m)	0,0		
Taco (m)	5,0		
Factor de Potencia	0,24		



ANEXO 06

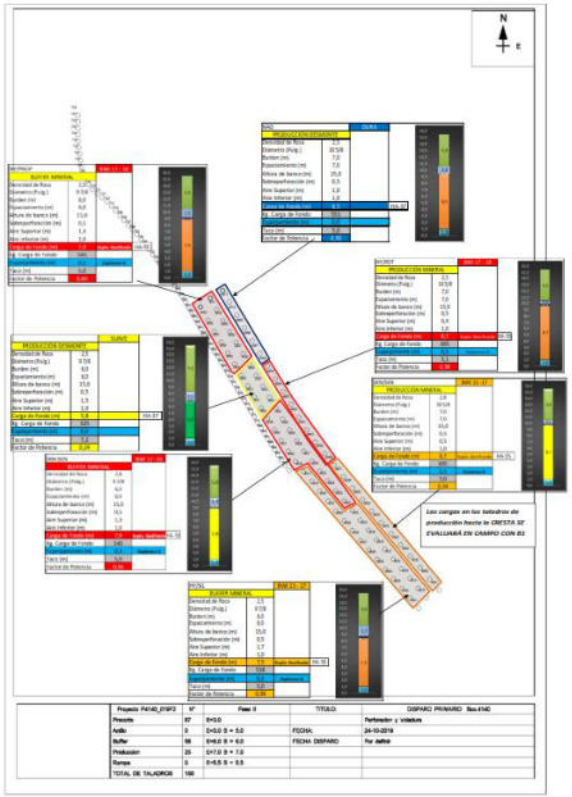
PROYECTO 4140-019 FASE II

26/10/2019

Davey Bickford
Igniting your Future

Enaex

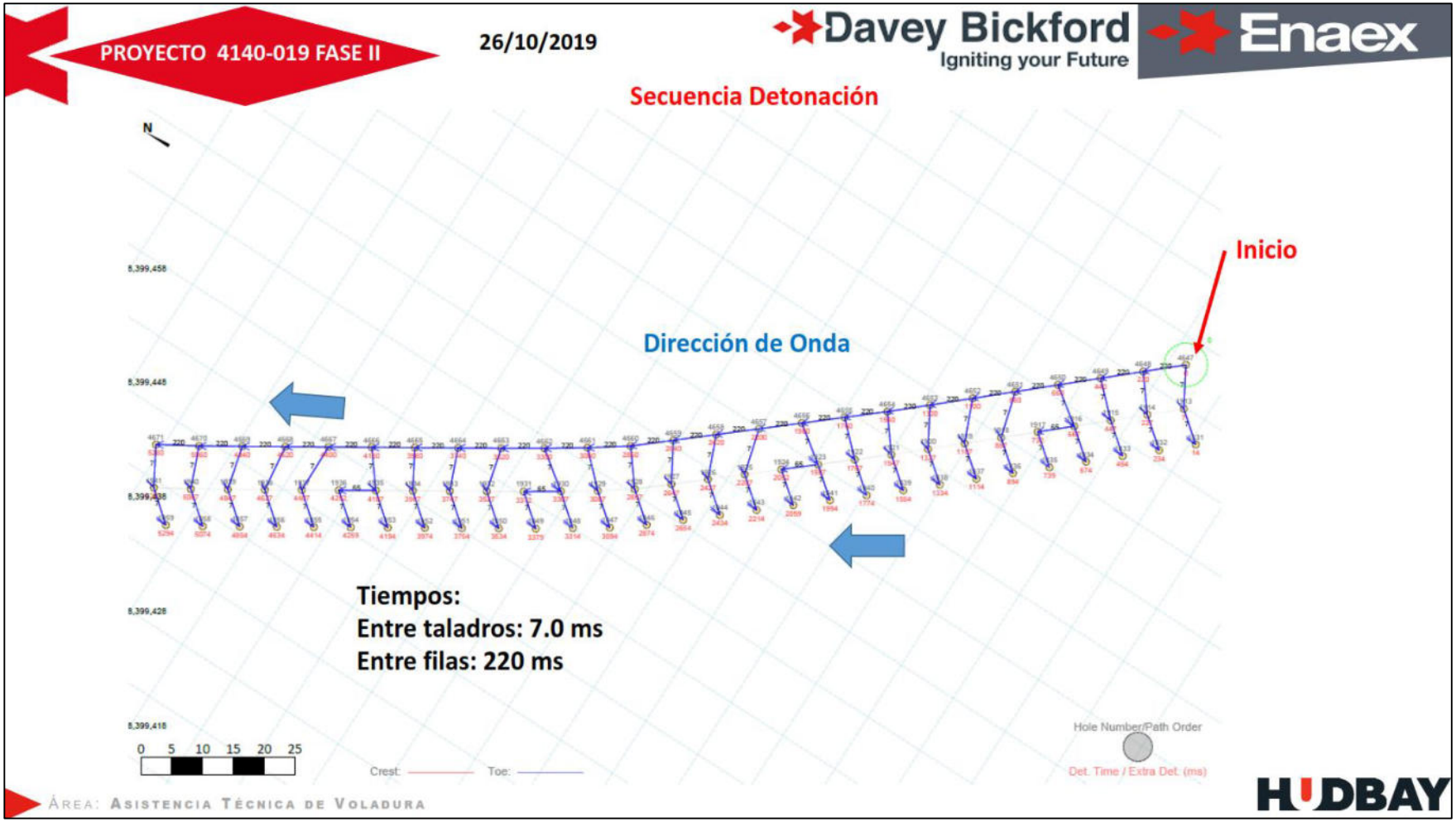
PLANO DE CARGUÍO



ÁREA: ASISTENCIA TÉCNICA DE VOLADURA

HUDBAY

ANEXO 07


PROYECTO 4140-019 FASE II
26/10/2019
Davey Bickford
Igniting your Future
Enaex
Secuencia Detonación
N
Inicio
Dirección de Onda
Tiempos:
Entre taladros: 7.0 ms
Entre filas: 220 ms
0 5 10 15 20 25
Crest:
Toe:
Hole Number/Path Order
Det. Time / Extra Det. (ms)
ÁREA: ASISTENCIA TÉCNICA DE VOLADURA
HUDBAY

ANEXO 08

PROYECTO 4140-019 FASE II

26/10/2019

Davey Bickford
Igniting your Future

Enaex

PLANO DE SECUENCIA DE SALIDA

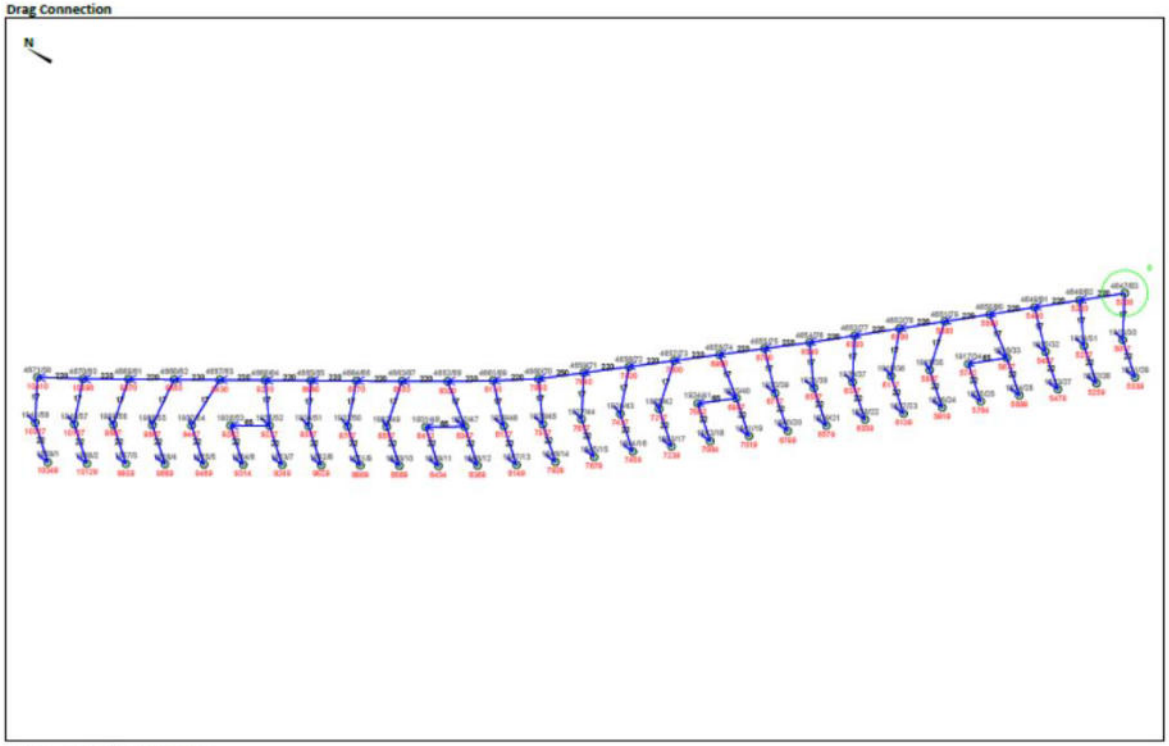
o-pitblast

Blast Plan

Blast ID: Secuencimiento de salida

Enaex

Drag Connection



ÁREA: ASISTENCIA TÉCNICA DE VOLADURA

HUDBAY

ANEXO 09

PROYECTO 4140-019 FASE II

26/10/2019

Davey Bickford
Igniting your Future

Enaex

PLANO DE SECUENCIA DE PROGRAMACION

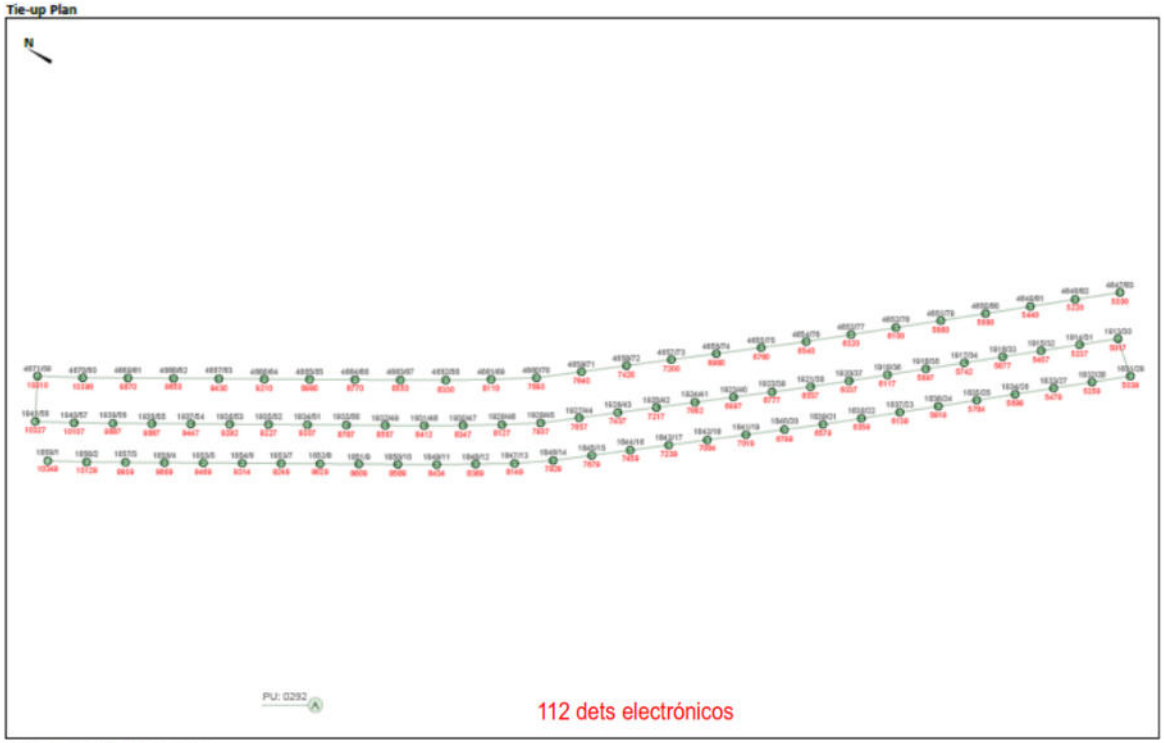
o-pitblast

Blast Plan

Blast ID: Secuencimiento de salida

Enaex

Tie-up Plan



ÁREA: ASISTENCIA TÉCNICA DE VOLADURA

HUDBAY

ANEXO 10


PROYECTO 4140-019 FASE II
26/10/2019
Davey Bickford
Igniting your Future
Enaex
Antes
Después
Esponjamiento aprox. 2.7 m.
ÁREA: ASISTENCIA TÉCNICA DE VOLADURA
HUDBAY

ANEXO 11

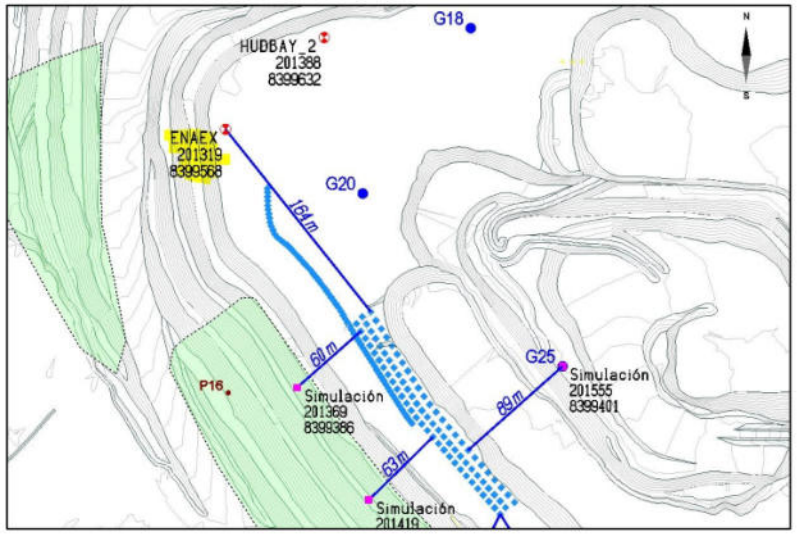
PROYECTO 4140-019 FASE II

26/10/2019

PREDICCIÓN DE VPP

Davey Bickford
Igniting your Future

Enaex



SIMULACIÓN DE VIBRACIONES					
Punto de Monitoreo	Distancia (m)	Carga (Kg)	VPP Teórico (mm/s)	VPP Real (mm/s)	COORDENADAS
Punto 1	60	695	38.76		E: 2011369 N: 8399386 G19
Punto 2	63	695	36.40		E: 201419 N: 8399307
Punto 3	164	695	9,87	6,44	E: 2011319 N: 8399568 (ENAEX)
Punto 4	89	695	25.51		E: 201555 N: 8399401
Punto 5	98	695	22.58		E: 201564 N: 8399215
Punto 6	147	695	14.20	11,60	E: 201445 N: 8399166 (G&H)
Punto 7	1921	695	0.75		MEDIO AMBIENTE

ÁREA: ASISTENCIA TÉCNICA DE VOLADURA

HUDBAY

ANEXO 12

PROYECTO 4140-019 FASE II

26/10/2019

Davey Bickford
Igniting your Future

Enaex

REGISTRO ENAEX

Instantel

Event Report

Date/Time	Vert at 11:17:13 October 26, 2019
Trigger Source	Geo: 2.000 mm/s, Mic: 63.25 pa.(L)
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	12.0 sec at 1024 sps
Operator/Setup:	Operator/CONSTANCIA.MMB

Notes
Location: CONSTANCIA
Client: HUDBAY MINERALS PERU
User Name: ENAEX
General:

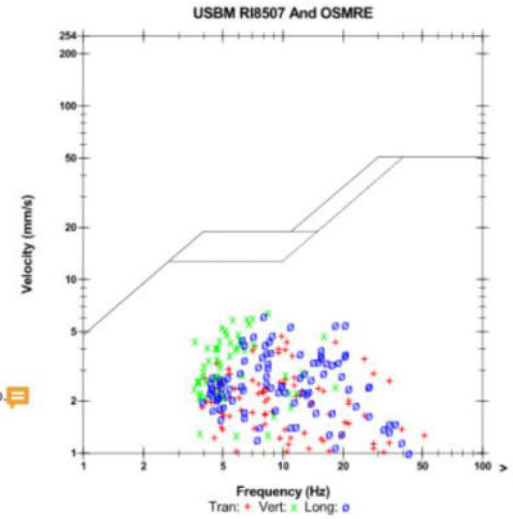
Microphone	Linear Weighting
PSPL	<0.500 pa.(L)
ZC Freq	>100 Hz
Channel Test	Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

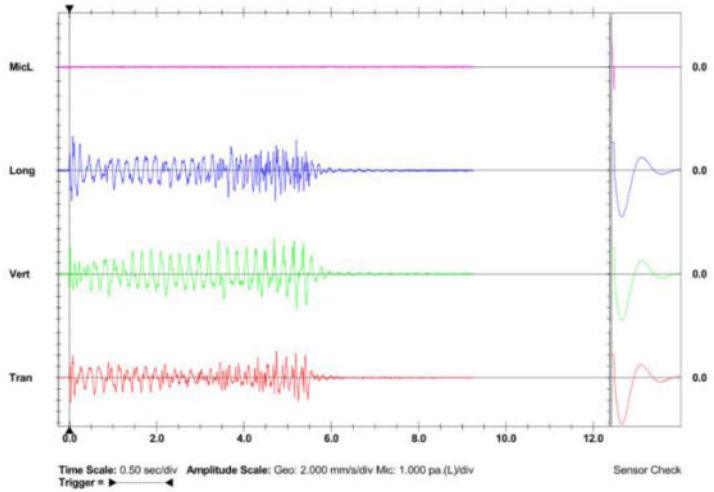
	Tran	Vert	Long	
PPV	4.705	6.447	6.164	mm/s
ZC Freq	9.8	8.4	8.0	Hz
Time (Rel. to Trig)	4.742	4.688	0.075	sec
Peak Acceleration	0.122	0.067	0.125	g
Peak Displacement	0.084	0.134	0.117	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.3	7.3	Hz
Overswing Ratio	3.5	3.5	3.5	

Peak Vector Sum 7.735 mm/s at 5.200 sec
N/A: Not Applicable

UBICACION DE GEOFONO: A 164 m del proyecto.
E: 201319 N: 8396568
Carga Operante: 695 kg
VPP Teorico: 9.87 mm/s
Valor obtenido esta por debajo del simulado.

Serial Number	UM11940 V 10-89 Micromate ISEE
Battery Level	3.8 Volts
Unit Calibration	August 15, 2019 by Geoinstruments
File Name	UM11940_20191026111713.IDFW





ÁREA: ASISTENCIA TÉCNICA DE VOLADURA

HUDBAY

ANEXO 13

PROYECTO 4140-019 FASE II

26/10/2019

REGISTRO G&H

Davey Bickford
Igniting your Future

Enaex

Proyecto 019 Bc 4140 Fase II
LOCATION: Mina Constancia
Coordenadas Punto de Monitoreo:ZCG 1902
E: 201445
N: 8399166
Distancia: 147 mt.
VPP Teórico: 14.20 mm/s
Carga Operante: 695 Kg.

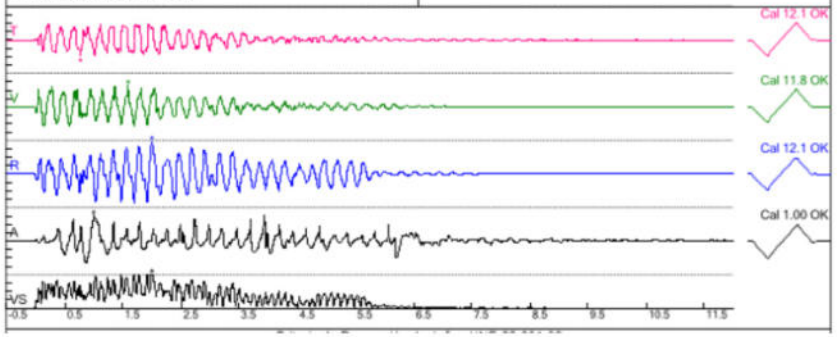
File: 603220191026111300 2.dtb
Number: 002
Date and Time: 10/26/2019 11:13:00 AM
SN: 6032
Seismic Trigger: 1.02 mm/sec
Air Trigger: 142 dBL
Sample Rate: 1024
Duration: 12 Seconds
Pre-Trigger: 0.5 Second
Seismic Range: 63.5 in/s
Acoustic Range: 142 dBL
Gain: 2.0x
Voltage: 6.40

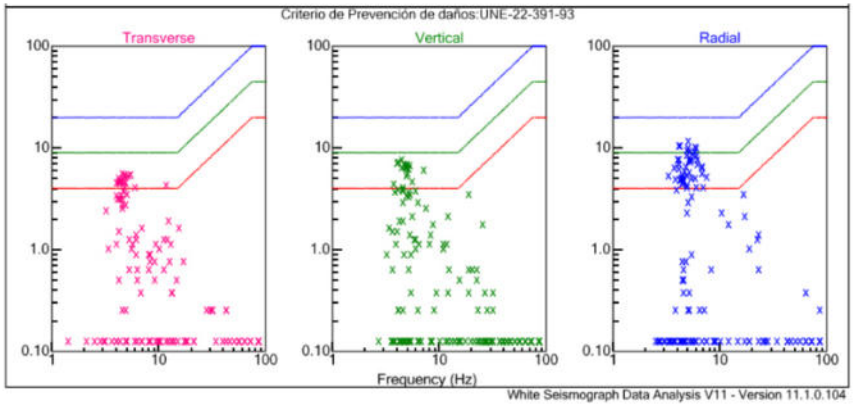
Peaks and Frequencies

PPV Maximum: 11.6 mm/sec (2.0029 sec)
Transverse: 5.59 mm/sec @ 4.6 Hz (0.7715 sec)
Vertical: 7.62 mm/sec @ 4.4 Hz (1.5947 sec)
Radial: 11.6 mm/sec @ 5.0 Hz (2.0029 sec)
Acoustic: 124 dBL @ 2.8 Hz (0.9990 sec)
Vector Sum: 13.2 mm/sec (2.0029 sec)
Last Calibration Date: 1/18/2019

Graph Information

Duration: -0.500 s To: 12.000 s
Acoustic Scale: 126 dBL
Seismic Scale: 12.0 mm/sec (3.00 mm/sec/div)
Time Intervals: 1.00 sec





ÁREA: ASISTENCIA TÉCNICA DE VOLADURA

HUDBAY

ANEXO 14

PROYECTO 4140-019 FASE II

26/10/2019

Davey Bickford
Igniting your Future

Enaex

CONSUMO Y TONELAJE DE LA VOLADURA

Consumo Producción

Dia de disparo	26/10/2019
Proyecto	P4140_19 F2
Nro Tal	68
Malla (BxS)m Prod	6 x 6
HA55G	41.582
HA73G	0
HA37	1.300
HA64	0
HA55G	41.582
Solución (l)	107
Emulsion Gasificante	21.181
Nitrato	20.399
D2 Kilos	1.302
Combustible Gls D	406
ACEITE Gls 60%	243
D2 Gls 40%	162
Booster (Und.)	112
Conectores unidir 0ms de 12.2 m	0
Conectores unidir 25ms de 12.2 m	0
Conectores unidir 35ms de 12.2 m	0
Conectores unidir 42ms de 12.2 m	0
Conectores unidir 65ms de 12.2 m	0
Conectores unidir 100ms de 12.2 m	0
Det. No electrico 17/1000 msx30m	32
Det. No electrico 25/700msx30 m	0
Det. Electronico (Und.)	112
Cable Amarre Davey Tronic (m)	
Taponex (und)	52

Cantidad de Explosivo	42.882
Tonelaje	160.271,45
Volumen	58.493,23
Factor de Potencia	0,27
Densidad de Roca (gr/cc)	2,74

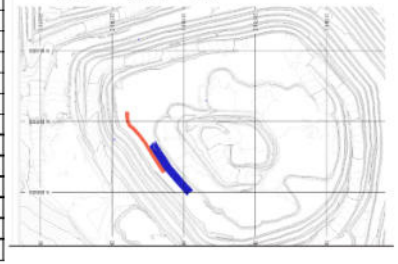
SOLIDO	SG	SPI	BWI
Solido_4140_019F2	2.740	69.740	16.070
Solido_4140_019F2 Precorte	2.800	79.160	16.930

P4140_019 Fase II Producción

- Volumen = 58,493.23 Cubic meters.
- Tonelaje = 155,553.40 Tonnes.

P4140_019 Fase II Precorte

- Volumen = 15,198.21 Cubic meters.
- Tonelaje = 40,484.64 Tonnes.



Consumo Precorte

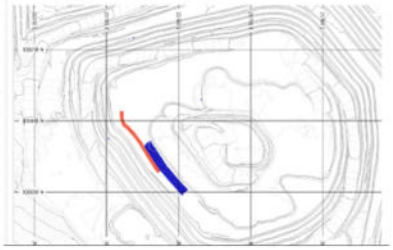
Dia de disparo	26/10/2019
Proyecto	P4140_19 F2
Long Hole Long.(m)	7
Taponex (Unid)	0
Nro Tal	0
HA37	0
HA73G	0
Emulsion	0
ANFO	0
Nitrato	0
D2 Kilos	0
Combustible Gls	0
Solución(L)	9
ACEITE Gls 60%	0
D2 Gls 40%	0
Det. Nonel(Und.) 17/1000 ms	0
Det. Nonel(Und.) 17/700 ms	0
Conectores unidir 0ms de 12.2 m	0
Conectores unidir 25ms de 12.2 m	0
Conectores unidir 35ms de 12.2 m	0
Conectores unidir 42ms de 12.2 m	0
Conectores unidir 65ms de 12.2 m	0
Conectores unidir 100ms de 12.2 m	0
Booster (Und.)	0
Det. Electronico (Und.)	0
Cable Amarre Davey Tronic (m)	0

Cantidad de Explosivo	0
Tonelaje	42.554,99
Volumen	15.198,21
Factor de Potencia	0,00
Densidad de Roca (gr/cc)	2,80

SOLIDO	SG	SPI	BWI
Solido_4140_019F2	2.740	69.740	16.070
Solido_4140_019F2 Precorte	2.800	79.160	16.930

P4140_019 Fase II Precorte

- Volumen = 15,198.21 Cubic meters.
- Tonelaje = 40,484.64 Tonnes.



ÁREA: ASISTENCIA TÉCNICA DE VOLADURA

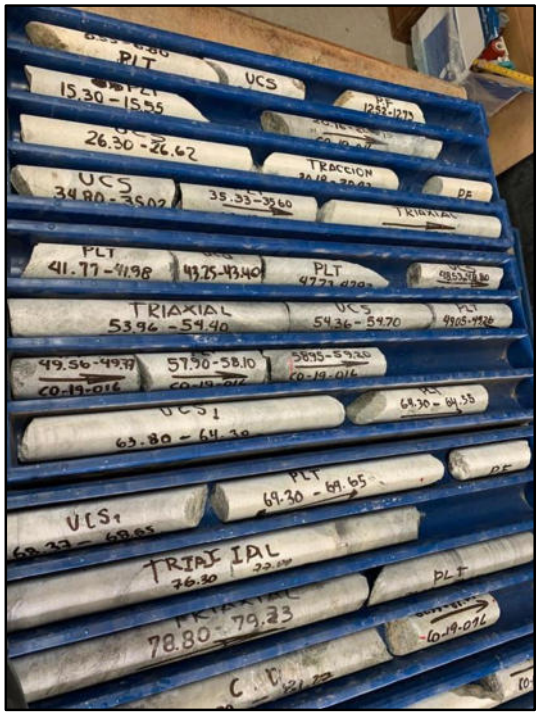
HUDBAY

ANEXO 15

PANEL FOTOGRAFICO



Fotografía N°01: Recuperación de nucleos de perforación diamantina 2019 tajo Constancia fase II.



Fotografía N°02: Selección de muestras de campañas de perforación diamantina 2019 del tajo Constancia.



Fotografía N°03: Recuperación de muestras de perforación de 30 m. En el punto georreferenciado fase IV tajo Constancia.



Fotografía N°04: Recuperación de muestras de perforación de 30m en fase II tajo Constancia.



Fotografía N°05: Recuperación de muestras de perforación de 30m, material retenido malla ¾ en fase II tajo Constancia.



Fotografía N°06: Selección de muestras por tamaños antes de realizar ensayo de carga puntual, laboratorio de empresa Stracon.



Fotografía N°07: Ensayo de carga puntual a muestras recuperadas, laboratorio de empresa Stracon.



Fotografía N°08: Vista aérea del tajo Constancia tomada por drone febrero 2019.



Fotografía N°09: Fotografía de la pared norte del tajo Constancia ZCG015.



Fotografía N°10: Fotografía de la pared este del tajo Constancia ZCG014.



Fotografía N°11: Inspeccion en ZCG-02-19 tajo Constancia.



Fotografía N°12: Reunion operativa de personal de geotecnia y voladura.