

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
GEOLÓGICA



T E S I S

**Evaluación geotécnica para la cimentación con zapatas de apoyo de
las pantallas cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú, 2022**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor:

Bach. John Kenny HERRERA PRESENTACIÓN

Asesor:

Dr. José Fermín HINOJOSA DE LA SOTA

Cerro de Pasco - Perú – 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
GEOLÓGICA



T E S I S

Evaluación geotécnica para la cimentación con zapatas de apoyo de las pantallas cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú, 2022

Sustentado y aprobado ante los miembros del jurado:

Dr. Tito Marcial ARIAS ARZAPALO
PRESIDENTE

Dr. Reynaldo MEJIA CACERES
MIEMBRO

Mg. Eder Guido ROBLES MORALES
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 099-2023-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**“EVALUACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA CIMENTACIÓN CON ZAPATAS DE
APOYO DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTOS DE LA MINERA SHOUGANG
HIERRO PERÚ, 2022”**

Apellidos y nombres de los tesistas:

Bach. HERRERA PRESENTACIÓN, John Kenny

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. HINOJOSA DE LA SOTA, José Fermín

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Geológica

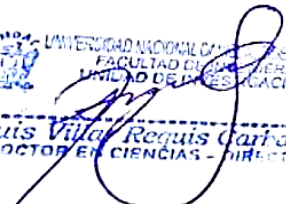
Índice de Similitud

23%

APROBADO

Se informa al decanato para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 22 de agosto del 2023


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Luis Villa Requís Carbajal
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

Con eterna gratitud a mis padres, Erasmo y Flor; quienes me apoyaron incondicionalmente y me guiaron por el sendero del bien y la responsabilidad.

A mis hermanas (os) por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

El proyecto de investigación titulado “Evaluación Geotécnica para la cimentación con zapatas de apoyo de las Pantallas Cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú, 2022”, No habría sido posible sin el apoyo de las personas a las cuales les seré eternamente agradecido:

Mi eterna gratitud a la Universidad “Nacional Daniel Alcides Carrión”, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Geológica, por las enseñanzas impartidas en mi realización y formación profesional.

A cada uno de los maestros por brindarme su amistad, sus conocimientos y experiencia durante mi vida universitaria.

Sin antes, Agradecer y mencionar a los Ing. Geólogos Elmer Lagos Cachura, Augusto Pineda Rivera, quienes me motivaron y brindaron apoyo durante mi etapa de desarrollo profesional.

De la misma forma se le agradece a cada una de las personas que de alguna manera hicieron posible la culminación de la presente tesis.

RESUMEN

La Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A. está ubicada en el distrito de Marcona, provincia de Nazca y Región de Ica, con aproximadamente 150 km² de extensión, es el lugar donde se realizan permanentemente trabajos de exploración y de explotación de minerales bajo el sistema de tajo abierto. El objetivo de la investigación fue realizar la evaluación geotécnica para la cimentación de zapatas de apoyo de Las Pantallas Cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú. Corresponde a una investigación descriptiva y cuantitativa, porque se describieron todas las características geomecánicas del macizo rocoso y luego se analizó el comportamiento de los materiales. La población estuvo conformada por el Stock 4 que ocupa un área de 14.45 hectáreas y la muestra lo componen las 3 zonas geotécnicas donde se realizaron 5 calicatas empleándose el método no probabilístico. Se aplicó el diseño no experimental transversal. Se utilizó los instrumentos de registros de calicatas y cartillas geomecánicas. Los resultados evidencian que las unidades morfológicas locales son típicas de zonas litorales desérticas y que el área corresponde a una terraza marina con diferentes taludes del macizo rocoso de litología granodiorítica. Los resultados de compresión simple de las rocas son de 1410 Kg/cm² con una calidad de roca RMR de 58%. Asimismo, los resultados de los ensayos de laboratorio corresponden a suelos arena limosas y gravo limo arcilloso con arena. En cuanto a parámetros de diseño sísmo resistente como la fuerza cortante corresponde a una sismicidad alta de intensidad V en la Escala de Mercalli Modificada. Por tanto, se concluye que en la ZG-III, la zapata se apoya sobre rellenos estructural, el análisis de carga última y capacidades admisibles con un Df de 0.50 m. a 3.00 m., éstos valores obtenidos son permisibles y están por debajo de las solicitaciones estructurales.

Palabras clave: capacidad admisible, cimentación, evaluación geológica, geofísica, macizo rocoso.

ABSTRACT

The Mining Company Shougang Hierro Peru S.A.A. It is located in the Marcona district, Nazca province and Ica Region, with approximately 150 km² of extension, it is the place where mineral exploration and exploitation works are permanently carried out under the open pit system. The objective of the investigation was to carry out the geotechnical evaluation for the foundation of support footings of the Windbreak Screens of the Shougang Hierro Peru Mine. It corresponds to a descriptive and applied research, because all the geomechanical characteristics of the rock mass were described and then the behavior of the materials was analyzed. The population was made up of Stock 4, which occupies an area of 14.45 hectares and the sample is made up of the 3 geotechnical zones where 5 test pits were made using the non-probabilistic method. The cross-sectional non-experimental design was applied. The instruments of registers of test pits and geomechanical charts were used. The results show that the local morphological units are typical of desert coastal zones and that the area corresponds to a marine terrace with different slopes of the rocky massif of granodioritic lithology. The simple compression results of the rocks are 1410 Kg/cm² with a RMR rock quality of 58%. Likewise, the results of the laboratory tests correspond to silty sandy soils and clayey silt gravel with sand. Regarding earthquake resistant design parameters such as shear force, it corresponds to a high seismicity of intensity V on the Modified Mercalli Scale. Por tanto, se concluye que en la ZG-III, la zapata se apoya sobre rellenos estructural, el análisis de carga ultima y capacidades admisibles con un Df de 0.50 m. a 3.00 m., estos valores obtenidos son permisibles y están por debajo de las sollicitaciones estructurales.

Keywords: allowable capacity, foundation, geological evaluation, geophysics, rock mass.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere a la Evaluación Geotécnica para la cimentación con zapatas de apoyo de Las Pantallas Cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú, que se puede definir como la realización de una investigación geotécnica de las rocas y suelos de área con el propósito de implementar un sistema de mitigación de polvos del Stock de Crudos - Paquete 4 y 6, ubicado en el área de mina y en San Nicolás, para ello se colocará, pantallas cortavientos y pantallas para retener el polvo generado, debido a la importancia de dichas estructuras es indispensable realizar la evaluación geotécnica con fines de cimentación.

Se realizó trabajos de campo que consistieron en el levantamiento de la información geológica regional y geología – geotecnia en detalle del área, donde se ubica la franja de influencia directa al perfil para la cimentación de las pantallas cortaviento; para el cual, se analizaron cada uno de las unidades litoestratigráficas que afloran la zona de interés, teniendo como apremio la observación y análisis de sus características geológicas y la obtención los datos correspondientes.

La investigación se complementó con un programa de prospección del subsuelo y ensayos de laboratorio el primero ha consistido en refracción sísmica y seguido de calicatas; las que sirvieron para realizar el análisis de estabilidad de taludes y capacidad portante de los geomateriales (suelo y roca) donde se apoyará las zapatas de las estructuras de las pantallas cortavientos.

Esta investigación se estructuró en cinco capítulos. En el Capítulo I se describe la identificación y determinación del problema, también los objetivos de la investigación y la justificación y limitaciones de la investigación. En el Capítulo II se describe el marco teórico, donde se indica los antecedentes de otras investigaciones referidas a nuestro tema de investigación y bases teóricas que describen las variables a analizar. En el Capítulo III

se describe la metodología y técnicas de investigación. En el Capítulo IV se describe los resultados y discusión donde se incluye la prueba de hipótesis. Finalizando con las conclusiones y recomendaciones.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.3. Formulación del problema.....	3
1.3.1. Problema general	3
1.3.2. Problemas específicos	3
1.4. Formulación de objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Justificación de la investigación	4
1.5.1. Justificación teórica	4
1.5.2. Justificación práctica	4
1.6. Limitaciones de la investigación.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	6
2.1.1. Antecedentes Internacionales	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales	9
2.2. Bases teóricas – científicas.....	13

2.2.1. Evaluación geotécnica.....	13
2.2.2. Cimentaciones de zapatas	14
2.2.3. Macizo rocoso	14
2.3. Definición de términos básicos.....	19
2.4. Formulación de hipótesis.....	23
2.4.1. Hipótesis General.....	23
2.4.2. Hipótesis específicas	23
2.5. Identificación de variables.....	23
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	24

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación	25
3.2. Nivel de investigación.....	25
3.3. Métodos de investigación	25
3.4. Diseño de investigación	26
3.5. Población y Muestra.....	26
3.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	26
- Técnica del cartografiado geológico-geotécnico	27
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	27
3.8. Tratamiento estadístico	27
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica.....	28

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	29
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	31
4.2.1. Ubicación y accesibilidad.....	31
4.2.2. Geología Regional	32

4.2.3. Caracterización del Macizo Rocoso	62
4.2.4. Investigación Geotécnica	69
4.2.5. Geofísica Aplicada a Geotecnia	70
4.2.6. Parámetros de diseño sismo resistente	72
4.2.7. Caracterización Geotécnica de los Geomateriales.....	81
4.2.8. Condicionantes Geotécnicos de la Cimentación.....	92
4.2.9. Análisis de cimentación sobre suelo	98
4.2.10. Profundidad de la cimentación.....	98
4.2.11. Capacidad admisible del suelo	99
4.3. Prueba de Hipótesis	106
4.3.1. Hipótesis específicas	106
4.3.2. Hipótesis general.....	107
4.4. Discusión de resultados.....	108

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

En países como Estados Unidos y Brasil en las últimas décadas se realizaron estudios y evaluaciones sobre las probabilidades de fallas, mediante métodos probabilísticos, especialmente respecto a los diseños geotécnicos, llegando a la conclusión de que es necesario realizar la implementación de las mismas dentro de sus parámetros de diseño, que incluye los métodos analíticos, interacciones suelo – estructura, pruebas de campo y laboratorio, diseño de software geotécnico, modelado avanzado, cimientos y estructuras de soporte.

Se afirma que alrededor del 60% de obras a ejecutar en el Perú son ejecutadas sin consultar a profesionales especializados, en el caso particular como a los geotecnistas. Al respecto se concibe que no existe conocimiento previo del terreno, como los estudios geotécnicos y luego las evaluaciones, lo que conlleva a tener obras inestables y como consecuencia afecta a los interesados ya sean públicas o privadas. (Aduino y Cheong, 2018).

Existe un amplio abanico de consecuencias a la carencia de un estudio y evaluación geotécnica. Por todo lo mencionado, es significativo tener en cuenta un adecuado proceso constructivo comenzando desde un buen estudio geotécnico conociendo las características de los materiales del subsuelo y los tipos de cimentación con zapatas que se ha de proponer.

En nuestro país existen diferentes estudios geotécnicos con la finalidad de realizar la cimentación con zapatas, sin embargo en la zona de estudio aun todavía no se cuenta con este tipo de estudios para realizar la cimentación con zapatas de apoyo de las Pantalla Cortavientos; Debido a la problemática expuesta, la presente investigación plantea evaluar características geológicas y mecánicas de los materiales que conforman el área del polígono y perímetro como las condiciones de la cimentación de la pantalla cortaviento que se colocará en todo el perímetro del stock que será usada como elemento soporte de la estructura. La evaluación se realizará inicialmente desde un punto de vista regional, para obtener una visión general de las características geológicas de primer orden, el área de influencia directa del stock, para el cual se realizará la clasificación geomecánica de los geo materiales identificados, en base a los registros de las calicatas el cual será correlacionado con los perfiles geo sísmico de los ensayos de geofísica, propiedades mecánicas de los geo materiales (suelos y rocas) identificados al nivel de cimentación.

1.2. Delimitación de la investigación

Es necesario realizar la evaluación geotécnica del área de estudio porque se desconoce las características geológicas y mecánicas de los materiales que conforman el área del polígono y perímetro que se colocarán en todo el perímetro del stock que será usada como elemento soporte de la estructura. La población de

estudio corresponde al área del stock 4, donde se ubica la franja de influencia directa al perfil para la cimentación de las pantallas cortaviento; para el cual, se analizaron cada uno de las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona de interés, la misma que se realizaron en el año 2022.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo sería la evaluación geotécnica para la cimentación de zapatas de apoyo de *Las Pantallas Cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú, 2022?*

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Será factible caracterizar el macizo rocoso para definir el nivel de la cimentación de las zapatas de apoyo de Las Pantallas Cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú, 2022?
- b. ¿Será factible determinar los condicionantes geotécnicos de cimentación de las zapatas de apoyo de Las Pantallas Cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú, 2022?
- c. ¿Será factible realizar la evaluación geofísica y analizar las propiedades elásticas del subsuelo para la cimentación de las zapatas de apoyo de Las Pantallas Cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú, 2022?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar la evaluación geotécnica para la cimentación de zapatas de apoyo de Las Pantallas Cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Caracterizar el macizo rocoso para definir el nivel de la cimentación

de las zapatas de apoyo de Las Pantallas Cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú.

- b. Determinar los condicionantes geotécnicos de cimentación de las zapatas de apoyo de Las Pantallas Cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú.
- c. Realizar la evaluación geofísica y analizar las propiedades elásticas del subsuelo para la cimentación de las zapatas de apoyo de Las Pantallas Cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

Se justifica la investigación por el interés de alcanzar un adecuado proceso constructivo, que se inicia con un buen estudio geotécnico, siendo la teoría de ésta investigación, que considera la naturaleza y propiedades del terreno, fundamental para definir el tipo y condición de cimentación y como resultado obtener una construcción de calidad, para ello es necesario el reconocimiento del terreno en donde se va construir. Por tanto, las finalidades de los estudios geotécnicos incluyen el análisis y cuantificación de las propiedades físicas y mecánicas del suelo y conocer su comportamiento es relevantes cuando se utiliza como elemento de soporte de una estructura particular como puede ser una cimentación.

1.5.2. Justificación práctica

Se justifica en la práctica la investigación, teniendo en cuenta que con los resultados obtenidos de los trabajos de campo, como el levantamiento de la información geológica regional y geología – geotecnia en detalle del área, se analizó cada uno de las unidades litoestratigráficas que afloran la zona de interés, asimismo con las características físicas, químicas y mecánicas de los suelos y los

parámetros de cimentación de las zapatas se aplicó para definir el nivel de la cimentación de las zapatas de apoyo de las pantallas cortavientos y pantallas para retener el polvo de la Minera Shougang Hierro Perú.

1.6. Limitaciones de la investigación

Los resultados que se obtienen de la investigación se limitan estrictamente para el área de estudio, por lo cual no se utilizarán para otras áreas o lugares distintos a su posición geográfica.

Asimismo, no existe en la zona investigaciones similares, lo cual dificulta para realizar un estudio comparativo.

Otras limitaciones que se ha identificado es la inexistencia de áreas de drenaje, con lo cual dificulta la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Avilés y Barzallo (2016) en su investigación “Caracterización de suelos del centro histórico de la ciudad de Cuenca mediante métodos geofísicos”, en Cuenca - Ecuador. El objetivo de este proyecto de titulación fue realizar una caracterización geotécnica de tres lugares en Ecuador, mediante los métodos MASW y refracción sísmica. Los inmuebles de la ciudad de Cuenca se apoyan sobre un tipo de roca bastante difícil de hacer estudio de suelos, por lo que al hacer diversos trabajos utilizando métodos como el ensayo triaxial vuelven costosas las construcciones. En esta tesis recalcaron el punto de hacer una buena clasificación de suelos ya que determinará los parámetros que se va a utilizar para el cálculo de capacidad portante. Uno de los métodos que emplearon fue la de refracción sísmica en tres diferentes lugares y comparar con uno de los métodos tradicionales, en este caso SPT. Con esto se buscó establecer la exactitud de los datos al momento de caracterizar las propiedades del suelo mediante ambos métodos físicos y modernos

en la ciudad de Cuenca. Se realizaron bajo criterios de resistencia al corte y asentamiento para poder brindar información, así poder realizar el diseño de una cimentación que se utilizará con su compacidad de suelo y las posibles fallas en la zona. La finalidad para usar estos métodos geofísicos fue para promover su uso para utilizarlos en diferentes parámetros de obras civiles. Concluyeron que los métodos de prospección geofísica son muy exactos cuando establecieron profundidades de estratos, mientras que el ensayo SPT solo les permitió hasta cierta profundidad. Los resultados obtenidos utilizando prospección geofísica comparando con los que se pueden obtener al realizar ensayos geotécnicos tradicionales como el SPT, no presentan diferencias significativas, sin embargo, debería tomarse en cuenta las características geológicas del suelo en estudio, para establecer los parámetros suficientes, que permitirán tener una mejor exactitud de los resultados, además que con el método geofísico determinaron todas las características mientras que con el SPT solo obtuvieron datos hasta cierto punto.

Estaire (2004) en su tesis “Comportamiento de cimentaciones superficiales sobre suelos granulares sometidas a sollicitaciones dinámicas” en Madrid España. El objetivo básico fue contribuir al conocimiento de los determinantes del comportamiento geomecánico de los suelos granulares, en estado seco sometidos a esfuerzos dinámicos y de las cimentaciones superficiales que descansan sobre ellos. Como resultado obtenido en el modelo físico con diferentes cimentaciones se utilizaron para analizar la capacidad portante del suelo soportando esfuerzos dinámicos, comparando los resultados de los experimentos antes mencionados con los valores propuestos por las diferentes teorías y para extraer conclusiones respecto a los posibles modos de falla de cimentaciones.

Muriel (2017) en la investigación que realizó "Análisis estructural dinámico de un sistema estructural aporticado sin considerar y considerando interacción suelo – estructura". El objetivo tratado fue efectuar el Análisis Estructural Dinámico de un Sistema Estructural Aporticado sin considerar y teniendo en cuenta la interacción Suelo – Estructura. Se desarrolló una metodología basado en las especificaciones técnicas del suelo y el concreto. Como resultado se alcanzaron a demostrar las diferencias existentes entre ambos casos de análisis, tales como las formas de vibración, la distorsión de entrepisos, las fuerzas de diseño y el alcance que da el modelo con Interacción Suelo Estructura, el cuál es el Alabeo en losas y lo más interesante es el de economizar los gastos y que las fuerzas de diseño sean menores al analizar la estructura utilizando Interacción Suelo – Estructura.

Mata (2015) en la investigación que realizo denominada: "Efectos de la acción sísmica, en Edificaciones Regulares de Concreto Armado considerando la interacción suelo-estructura de manera explícita para suelos arenosos y arcillosos". El objetivo fue analizar la varianza de las consecuencias de la sismicidad, en construcciones normales de concreto armado teniendo en cuenta la interacción suelo-estructura de manera específica para suelos arcilloso y arenosos. La investigación es de tipo descriptivo donde se explica detalladamente la metodología empleada para realizar el análisis de sistemas aporticados de estructuras regulares de concreto armado considerando la interacción suelo-estructura buscando explicar todas las variables que han sido sometidas a análisis. Asimismo, es de diseño no experimental de transeccional descriptivo. Los resultados demostraron que la interacción suelo-estructura constituye una relación sobre el cual se está apoyando una estructura de manera deformable a diferencia de

la metodología tradicional que considera a este como rígido totalmente indeformable.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Robles (2018) en su tesis “Caracterización de la resistencia del macizo rocoso en función a factores geomecánicos, geológicos y ambientales de un Proyecto Minero”. Tuvo como objetivo general caracterizar de la Resistencia del Macizo Rocosos. El tipo de investigación es teórica-descriptiva. Su diseño es experimental. La metodología consistió en la indagación de la data; para tal caso se usó diferentes bases científicas, considerándose 45 fuentes, de los cuales se seleccionaron 14. Los resultados demuestran que la resistencia de roca es afectada por sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y geológicas, primordialmente la porosidad del que depende la concentración de humedad que afecta la estructura y textura de la roca.

Vásquez (2014) en su trabajo de investigación titulado: “Evaluación geotécnica de los suelos de fundación en la zona urbana del centro poblado San Miguel de las Naranjas – Jaén”. Cuando una edificación colapsa, sin intervención de agentes exterior, generalmente se debe a una sobrecarga en el terreno de fundación, los cuales no están en la capacidad de soportar un exceso de carga, también puede ser causa de colapso si una edificación está fundada sobre un terreno propenso a licuefacción de suelos (describe el comportamiento de suelos que, estando sujetos a la acción de una fuerza externa pasan de un estado sólido a un estado líquido), es por ello la necesidad de saber si existen zonas con suelos críticos ante la fundación de edificaciones con cimentaciones superficiales en la zona urbana del centro poblado San Miguel de las Naranjas del distrito de Jaén, para lo cual tuvimos que evaluar geotécnicamente los suelos de fundación de la zona urbana de dicho centro

poblado. Se realizaron exploraciones a cielo abierto (calicatas) de la cual se obtuvo muestras representativas para obtener los parámetros geotécnicos característicos de este suelo, clasificación de suelos, contenido de humedad, densidad aparente, límites de plasticidad, capacidad portante, análisis de cloruros y sulfatos. Dichos estudios permitieron dividir al suelo del centro poblado san miguel de las naranjas en 4 zonas geotécnicas; la Zona 1: Zona de regularmente habitable, constituida por suelo limoso (ML, MH), con capacidad portante promedio admisible en condiciones estáticas para zapatas cuadradas es de 0.65 Kg/cm²; la Zona 11: Zona de habitabilidad buena, constituida por gravas limosas, gravas arcillosas mal graduadas (GC, GM, GP), con capacidad portante promedio admisible en condiciones estáticas para zapatas cuadradas es de 2.90 Kg/cm²; La Zona 111: Zona de habitabilidad buena, representada por arenas limosas y arenas arcillosas (SM, SC), con capacidad portante promedio admisible para zapatas cuadradas es 1.32 Kg/cm²; la Zona IV: Zona de habitabilidad mala, conformada por arcillas y limos de alta plasticidad (CL, CH), con capacidad portante promedio admisible para zapatas cuadradas es 0.58 Kg/cm² además de acuerdo a los ensayos con el permanganato de potasio, los S04 , y CL-I, no representa un peligro para la cimentación superficial, recomendando cimentar con cemento portland.

Escriba (2016) "Cimentaciones superficiales apoyadas en suelos arenosos con aplicación en el asentamiento humano Cocalla-Lomo de Corvina - Villa El Salvador". El estudio realizado tuvo como objetivo adquirir información de las características del suelo útiles para ejecutar cimentaciones en nuevos proyectos de viviendas. La metodología de trabajo consistió en realizar la exploración geotécnica, donde se realizaron trabajos de campo, laboratorio y gabinete. En el trabajo de campo, se realizaron cuatro (4) calicatas a 3 metros de profundidad y tres (3)

sondajes de ensayo SPT hasta 7 metros de profundidad, realizando ensayo de densidad natural a cada metro de profundidad, de donde obtuvieron muestras representativas para su evaluación y caracterización en el Laboratorio de Suelos y Pavimentos de la Universidad Nacional de Ingeniería. Como resultado se determinó el tipo de suelo (SP) y la profundidad de cimentación ($D_f=1.4$ m.), también se determinaron los resultados del ensayo SPT el valor de N_{160} de diseño ($N = 31$) con el cual se obtuvo los valores de ángulo de fricción interna, módulo de elasticidad y módulo de poisson ($\phi = 36.2^\circ$, $E = 224$ kg/cm² y $u = 0.30$), y con estos valores se calculó el asentamiento de dos estructuras de cuatro pisos diseñado con diferente sistema estructural y con diferente cimentación, hallándose asentamientos permisibles ($Se_1=9.29$ mm y $Se_2 =10.92$ mm). Finalmente se concluyó que la cimentación después de haber construido evitará la infiltración del agua, reduciendo la capacidad portante del suelo.

Escobar y Cutimbo (2021) en su investigación relacionado a un estudio geotécnico de capacidad portante para cimentaciones de edificios que realizó en Puno, cuyas características que muestran es un terreno subhorizontal y con presencia de suelos de origen aluvial. Se procesó todas las muestras en un Laboratorio de Mecánica de Suelos. En seguida se procedió a excavar las calicatas según norma E050. También se ejecutaron ensayos de campo como STP, asimismo se hizo la evaluación de la capacidad portante del terreno de fundación determinando sus parámetros geotécnicos. Finalmente se concluye que el suelo arenoso de tipo SP, SW y SM.

Guzmán (2018) en su investigación sobre una evaluación geotécnica con propósitos de cimentación y disminuir el riesgo sísmico. El objetivo fue realizar un estudio geotécnico de cimentación, para minimizar el riesgo sísmico en áreas de

extensión urbana en el distrito de Puente Piedra – Asociación de propietarios de las Cañas, donde se ejecutaron la exploración en el campo y análisis de laboratorio, determinando la capacidad permisible del suelo y el tipo de cimentación de la zona. Se aplicó el método en conformidad a la Norma Técnica E.50 sobre suelos y cimientos del Reglamento Nacional de Edificación redactado por (MTC) en 1997. A partir de los resultados obtenidos se concluyó que el suelo adecuado para la cimentación está a poca profundidad de 2,00 m., con ello, se reducirá el riesgo de sismos de la zona de estudio.

Mamani (2022) en su investigación titulada "Evaluación geotécnica del terreno de fundación para el diseño de cimentación de la construcción del Fuerte Militar General de División Rafael Hoyos Rubio - Rímac – Lima". El objetivo consistió en evaluar las propiedades geológicas, geotécnicas y dinámicas del suelo. Mediante un método con enfoque cuantitativo y cualitativo, tipo de estudio descriptivo y explicativo en el que se realiza una valoración geotécnica del terreno de fundación, en una zona de suelo aluvial, en presencia de sedimentos del cuaternario, del grupo morro solar. Las propiedades dinámicas de los suelos se evalúan a través de la velocidad de la expansión de la onda sísmica S (V_s) de 377,67 m/s a 560,52 m/s, la velocidad de propagación de la onda sísmica P (V_p) es de 300,0 m/s a 1619,0 m/s, el período de vibración es de 0,21 a 3,32 To(s), coeficiente de Poisson de 0,35 a 0,40 μ , módulo de Young de 4183,01 a 20506,95 kg/cm². Las propiedades físicas y mecánicas del suelo varían desde el ángulo de fricción de 25,8° a 34,9°, cohesión de 0 a 0,14 kgg/cm², límite líquido de 20 a 40%, límite plástico de 17 a 21%, índice de plasticidad de 3 a 19%, por lo que incluso su agresiva composición química del suelo es baja en sulfatos, cloruros, sales disueltas totales. Se concluye que, usando cimentaciones superficiales como zapatas y

cimientos corridos, para cuatro pisos, de 1.30 m de profundidad, con una capacidad portante de 1.35 kg/cm², es la más adecuada para la construcción.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Evaluación geotécnica

Son actividades que incluyen estudios de campo, estudios del subsuelo, análisis técnicos y recomendaciones requeridas para el diseño y construcción de estructuras contacto con el suelo, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de estructuras (superestructura y subestructura) para edificaciones, puentes, torres, búnkeres y otras obras con el fin de asegurar la vida humana, evitar afectar y dañar las estructuras vecinas. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

2.2.1.1 Evaluación geotécnica preliminar

Actividades necesarias para estimar las características geotécnicas de un terreno, establecer condiciones limitantes de su uso, problemas potenciales que puedan presentarse, criterios geotécnicos y otros parámetros generales para el desarrollo de un proyecto. (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, 2010)

2.2.1.2 Evaluación geotécnica final

Consiste en un estudio geotécnico definitivo, con las actividades necesarias para conocer con certeza las características geotécnicas de un terreno, mediante exploración, inspección y reconocimiento de campo. Sobre esta base, es posible establecer las recomendaciones y parámetros necesarios para el diseño de estructuras de ingeniería de suelos, ya sean cimentaciones, excavaciones o sistemas de contención. (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, 2010)

2.2.2. Cimentaciones de zapatas

2.2.2.1. Cimentación superficial

Son las que descansan sobre las capas superficiales o poco profundas del suelo, ya sea porque tiene suficiente capacidad portante o porque son estructuras de importancia secundaria y relativamente ligeras.

En estructuras críticas, como puentes, incluso los cimientos poco profundos, se sostienen lo suficientemente profundos para evitar daños. (Carretero y Martínez, 2018)

2.2.2.2. Cimentación profunda

Se basan en el esfuerzo cortante entre la cimentación y el terreno para soportar las cargas aplicadas, o más precisamente, en el rozamiento vertical entre la cimentación y el suelo. Es por eso que tienen que ser más profundos, para poder proporcionar sobre una gran superficie para distribuir una fuerza lo suficientemente grande como para soportar la carga. Este tipo de cimentación se utiliza cuando hay casos especiales:

- Al trabajar con una carga demasiado grande no se puede utilizar ningún sistema de cimentación especial. (Carretero y Martínez, 2018)
- Que terreno al ocupar no tenga resistencia o características necesarias para soportar construcciones muy extensas o pesadas.

2.2.3. Macizo rocoso

Un macizo rocoso, es el conjunto de roca intacta y discontinuidad. Tiene la característica de comportamiento heterogéneo, discontinuo y generalmente anisótropo, lo cual es consecuencia de la naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad, acondicionando el comportamiento geomecánico e hidráulico de la discontinuidad (Gonzales de Vallejo et. al, 2002).

2.2.3.1. Matriz rocosa

Parte del macizo rocoso sin discontinuidad, o macizo rocoso entre juntas. (Se caracteriza por su densidad, su deformabilidad y su resistencia; y por su petrología, que puede ser única o diversa). Se deben describir los aspectos. La descripción la roca matriz en este sentido es: identificación petrográfica, meteorización o alteración, resistencia a la compresión simple, discontinuidad y cualquier plano de origen mecánico o sedimentario en el macizo rocoso, con nula o muy baja resistencia a la tracción (Gonzales de Vallejo et. al, 2002).

Identificación litológica. Debido a que todas las rocas que se encuentran contenidas en el depósito son sedimentarias, este aspecto se reduce a identificar qué tipo de roca sedimentaria es, y esto se hace revisando las propiedades de identificación de rocas sedimentarias tales como tamaño y forma de los granos, color, textura, estructura y dureza de dichas rocas.

Meteorización de la matriz rocosa. Gonzales de Vallejo, argumenta que el grado de meteorización de las rocas es una observación importante porque determina firmemente sus propiedades mecánicas. A medida que se produce la meteorización, aumentan la porosidad, la permeabilidad y la deformación del material rocoso, mientras que su resistencia disminuye. La determinación del estado o grado de meteorización de la matriz rocosa se puede realizar de forma sistemática. Los distintos tipos de rocas se ven afectados de forma desigual por los procesos de meteorización, que se intensifican con la exposición prolongada a los agentes atmosféricos (Gonzales de Vallejo et. al, 2002).

Tabla 1*Intemperismo de la Matriz Rocosa*

Código	TERMINO	DESCRIPCIÓN	GRADO
F	Fresca (Fresh)	No presenta señales visibles de meteorización en la roca; tal vez puede presentar ligeras decoloraciones sobre superficies de discontinuidad mayores.	I
SW	Ligeramente meteorizada (Slightly weathered)	Se presenta decoloración del material de roca y superficies de discontinuidad. Todo el material de roca esta decolorado por la meteorización y tal vez algunos pueden ser más débiles externamente que en su condición fresca.	II
MW	Moderadamente meteorizada (Moderately weathered)	Menos de la mitad del material rocoso está descompuesto y/o desintegrado a suelo. La roca fresca o decolorada está presente continuamente.	III
HW	Altamente Meteorizada (Highly weathered)	Más de la mitad del material rocoso está descompuesto y/o desintegrado a suelo. La roca fresca o decolorada está presente discontinuamente.	IV
CW	Completamente Meteorizada (Completely Weathered)	Todo el material rocoso está descompuesto y/o desintegrado a suelo. La estructura de la masa original permanece intacta.	V
RS	Suelo Residual (Residual soil)	Todo el material esta convertido en suelo. La estructura de la masa y fábrica de los materiales esta destruida. Hay grandes cambios en volumen, pero el suelo no ha sido transportado.	VI

Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004, quién lo tomó de (ISRM, 1981).

Resistencia. Toda resistencia de la matriz de roca estimada en el afloramiento de acuerdo con lecturas de campo a partir de datos proporcionados por pruebas de campo simples; los indicadores de campo permiten estimar el rango de resistencia de la roca, los criterios para determinarlo se describen en la tabla 2 y deben aplicarse a la roca después de que se haya eliminado la meteorización en la superficie (Gonzales de Vallejo et. al, 2002).

Tabla 2

Evaluación Aproximada y Categorización de Resistencia a Compresión Simple de Rocas a Partir de Índices de Campo

Clase	Descripción	Identificación de campo	Aproximación al rango de resistencia a compresión simple (Mpa)
R0	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña	0,25 - 1
R1	Roca muy blanda	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo	1 - 5
R2	Roca blanda	Al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas	5 - 25
R3	Roca moderadamente dura	Puede fracturarse con un golpe fuerte de martillo	25 - 50
R4	Roca dura	Se requiere más de un golpe de martillo para fracturarla	50 - 100
R5	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes de martillo para fracturarla	100 - 250
R6	Roca extremadamente dura	Al golpearlo con el martillo solo saltan esquirlas	> 250

Fuente: Ingeniería Geológica, Luis I Gonzales de Vallejo 2004, quién lo tomó de (ISRM, 1981).

Compresión Simple. El esfuerzo máximo de compresión se define como el esfuerzo necesario para provocar la rotura del testigo diamantino. Consideramos que la falla mencionada anteriormente ocurre cuando la carga aplicada se reduce repentinamente, lo que el testigo diamantino no soportar siguiente incremento de carga (Gonzales de Vallejo et. al, 2002).

Este es quizás el proceso más sencillo al momento de evaluar la resistencia de la roca, para este estudio evaluamos la resistencia de tres testigos diamantinos de arenisca, y fueron sometidos a esfuerzos axiales para provocar su rotura, evaluar su resistencia y clasificar rocas (Gonzales de Vallejo et. al, 2002)

Tabla 3

Clasificación Según la resistencia a la compresión simple

Resistencia a la compresión simple (Mpa)	Descripción
1 - 5	Muy blanda
5 - 25	Blanda
25 - 50	Moderadamente dura
50 - 100	Dura
100 - 250	Muy dura
> 250	Extremadamente dura

Fuente: Ingeniería Geológica, Luis I Gonzales de Vallejo 2004, quién lo tomó de (ISRM, 1981).

Corte directo. El ensayo de corte directo se realizó con el objetivo principal de determinar el valor de la fuerza adhesiva, así como el ángulo de fricción interna del suelo y la roca sometidos a esfuerzo cortante. Con la prueba se indica la ocurrencia de una falla a través de un mapa de ubicación predefinido. En este mapa actúan dos fuerzas, una fuerza normal debida a la carga vertical aplicada y la fuerza cortante debida a la carga horizontal aplicada. Debido a que el esfuerzo cortante y el esfuerzo normal tienen el mismo significado en la construcción del círculo de Mohr, en lugar de resolver una serie de ecuaciones para c y ϕ , es posible trazar estos valores para diferentes pruebas en el plano que tienen las coordenadas del eje y sugerir que el valor promedio de la cohesión en la sección en Y y ϕ por la pendiente de esta recta. Normalmente, el ensayo se realiza sobre tres muestras de la misma roca, cada una sometida a una presión normal diferente, obteniendo la relación entre la tensión tangencial de rotura y la tensión normal aplicada (Gonzales de Vallejo et. al, 2002).

Para determinar los parámetros de resistencia, c y ϕ del suelo, se utiliza el

corte directo en el que una muestra de suelo de forma cilíndrica o rectangular rodeada por una pared rígida, se corta a lo largo de un plano horizontal mientras se encuentra bajo presión normal en ese plano (Gonzales de Vallejo et. al, 2002).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Cimentación

La cimentación es la parte encargada de transmitir las cargas al suelo. Dado que la resistencia y rigidez del suelo es, sin excepción, muy inferior a la resistencia de la estructura, la cimentación tiene un área de suelo mucho mayor que la suma de todos los apoyos y muros de apoyo. (Yepes, 2016)

Para conseguir una buena cimentación se requiere un conocimiento previo del terreno donde se va a construir la estructura. La clasificación precisa del material del subsuelo es un paso importante en cualquier trabajo de cimentación, ya que proporciona los primeros datos sobre las experiencias predecibles durante y después de la construcción. (Yepes, 2016)

2.3.2. Cimentación

Una zapata es una prolongación de la base de una columna o muro, cuyo objeto es transmitir la carga al subsuelo con una presión acorde con las características del suelo. Las zapatas que soportan una sola columna se denominan zapatas individuales o simples. Las zapatas construidas debajo de un muro se denominan, zapata corrida o zapata continua. Si una zapata soporta varias columnas se denomina zapata mixta. (Yepes, 2016)

2.3.3. Pantallas cortavientos

Conjunto de pantallas complementa las medidas de protección medioambiental tomadas en las zonas áridas, para eliminar el impacto que genera en la actividad minera, portuaria, etc.

2.3.4. Suelo de fundación

Se denomina suelo de fundación a la capa del suelo debajo de la estructura del pavimento, preparada y compactada para formar la base del pavimento. Es el suelo natural o capa final, sobre la que se asienta el pavimento.

2.3.5. Deformación del terreno

Se definen como cambios en la morfología del suelo, debido a levantamientos o hundimientos de la corteza terrestre causados por sismos, deslizamientos, coladas de lava, compactación de suelos o actividades realizadas por los seres humanos.

2.3.6. Resistencia al corte

La resistencia al corte de un suelo es directamente proporcional a la seguridad de la estructura que se apoya sobre él, en cuanto mayor es el esfuerzo cortante que puede resistir el suelo más segura será la estructura.

2.3.7. Asentamientos

Las cargas transmitidas por la cimentación al suelo dan lugar a su deformación y esta se traduce en asentamientos, desplazamientos horizontales y giros de la estructura que, si resultan excesivos, podrán originar fisuras, agrietamientos, u otras patologías.

Se entiende por tanto como asiento o asentamiento al movimiento descendente vertical del terreno debido a la aplicación de cargas que causan cambios en las tensiones dentro del terreno o al movimiento descendente de un

elemento constructivo como consecuencia de la modificación del terreno que lo sustenta debido a la acción de agentes externos.

2.3.8. Riesgo sísmico

Son las consecuencias sociales y económicas potenciales provocadas por un terremoto, como resultado de la falla de estructuras cuya capacidad resistente fue excedida por un terremoto.

2.3.9. Geodinámica

La geodinámica, es el estudio de los cambios que ocurren en la corteza terrestre, así como las causas y consecuencias de las mismas. Es un campo que se divide, a su vez, en subcategorías como son la geodinámica externa y la interna.

2.3.10. Meteorización

Se trata de la disgregación de las rocas en la superficie de la Tierra al entrar en contacto con la atmósfera. Es el primer paso para conseguir el movimiento de las rocas ya que las hace más pequeñas y fácilmente transportables. Puede ser tanto por un proceso químico (hidrólisis, carbonatación, oxidación...), como físico-mecánico (causado por el agua en movimiento o cambios bruscos de temperatura) o biológico (por flora y fauna), pero es aquel que reduce el tamaño de las rocas y cambia su estructura a pequeña y gran escala.

2.3.11. Erosión

La erosión es causada por el viento que fluye por la superficie de la Tierra. Se genera por un cambio de temperaturas y presiones y es la respuesta física a ello en el aire. Podemos reconocer la deflación y la corrosión como dos procesos erosivos. La deflación es cuando el viento eleva, arrastra y dispersa los fragmentos de roca que han sido meteorizados previamente. La corrosión es lo que sucede tras la deflación. Cuando los fragmentos vuelan, chocan, a su vez, con otras rocas

fragmentándose más ellos mismos y esa roca contra la que chocan. Así, aumenta la cantidad de limo que a su vez sufre deflación.

2.3.12. Sedimentación

La deposición de esos fragmentos de roca transportada es lo que se llama sedimentación. A pesar de que no tendrán un lugar fijo, sí que hay un momento y lugar de acumulación que se puede distinguir. Cuando la roca se sedimenta cambia el paisaje. Cuando meteoriza también, por eso estos procesos son de inicio y de fin.

2.3.13. Calicata

Consiste en realizar excavaciones de una profundidad pequeña o mediana en puntos elegidos del terreno. La idea de una calicata es tener una visión directa del terreno, que generalmente nunca vemos, para su caracterización y análisis.

2.3.14. Suelo

El suelo es un elemento natural compuesto de minerales, agua, gases y material orgánico (organismos vivos y muertos) derivadas de la combinación de factores geológicos, climáticos, biológicos las partículas que componen el suelo deben su origen a la erosión de los tipos de rocas preexistentes (ígneas, sedimentaria y metamórficas).

2.3.15. Suelos residuales

Los suelos residuales se originan cuando los productos de la meteorización de las rocas no son transportados como sedimentos, sino que se acumulan in situ. Si la velocidad de descomposición de la roca supera a la de arrastre de los productos de descomposición, se produce una acumulación de suelo residual.

2.3.16. Suelos transportados

Los suelos transportados son el producto de la acción de agentes de transporte que actúan sobre la roca madre o el suelo original entre los que vale la

pena mencionar el viento, los ríos, las fuerzas de gravedad, los volcanes y los glaciares, generando depósitos eólicos, aluviales, lacustres y marinos, de piedemonte.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La evaluación geotécnica será factible y viable para ejecutar la cimentación de zapatas de apoyo de Las Pantallas Cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) La caracterización del macizo rocoso determina el tipo de la cimentación de las zapatas de apoyo de Las Pantallas Cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú.
- b) Los resultados de las condiciones geotécnicas determinan una apropiada cimentación de las zapatas de apoyo de Las Pantallas Cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú.
- c) La evaluación geofísica y el análisis de las propiedades elásticas del subsuelo determinan una adecuada cimentación de las zapatas de apoyo de Las Pantallas Cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú.

2.5. Identificación de variables

Se identificó las siguientes variables:

Variable independiente:

Evaluación geotécnica:

Es el procedimiento de investigación y la demostración técnica del comportamiento del terreno en relación con un proyecto determinado.

Variable dependiente:

Cimentación de zapatas:

Es el conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados en este al suelo, distribuyéndolas de forma que no superen una serie de valores máximos del terreno de apoyo.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 4

Operacionalización de variables

Variables	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Evaluación Geotécnica	Es la adquisición de información geotécnica mediante trabajos de campo y analizando unidades litoestratigráficas.	Clasificación geomecánica de los materiales y suelos.	Compresión Simple Kg/cm ² . Límite de consistencia. Clasificación SUCS. Límites de Attenberg. Ensayos geofísicos.	Ficha de Observación geotécnica. Plano Geológico-geotécnico. Cartilla geomecánica. Registro de excavación de calicatas. Fichas de ensayos de líneas geofísicas.
Cimentación con zapatas	Es la identificación y localización espacial de varios horizontes que componen el subsuelo y deben ser verificados las posibles causas que puedan generar inestabilidad para la construcción, considerando a la mecánica de suelos y rocas.	Parámetros de diseño de cimentación.	Capacidad de carga admisible (kg/cm ²)	Plano de perfil del perímetro. Ficha de reporte de Ensayos de laboratorio

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

Esta investigación por las características que presenta es de tipo descriptivo, cuantitativo considerando que durante el estudio se realizaron pruebas de campo y laboratorio, así como la recolección de muestras representativas.

De la misma manera se analizó el comportamiento del material del terreno, la obtención de la capacidad de carga del terreno y se planteó un adecuado diseño de cimentación, utilizando parámetros geotécnicos y con estos resultados se dio la solución de problemas relacionados a la cimentación de zapatas de apoyo.

3.2. Nivel de investigación

La investigación corresponde al nivel descriptivo porque recoge información de las características geotécnicas del terreno in situ, describiendo tal como son observados en la zona de investigación.

3.3. Métodos de investigación

El método a emplear es el método analítico, porque se descompone un objeto de estudio, permitiendo separar cada una de sus partes para facilitar su

estudio de una manera individual (Cerde, 2000). Porque, se realizó el análisis de los suelos y rocas, para encontrar los parámetros geotécnicos, que se utilizaron para realizar la cimentación de las zapatas de apoyo de Las Pantallas Cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación es descriptivo no experimental transversal, porque no existe manipulación deliberada de la variable y sólo se observa el fenómeno en su ambiente natural que posteriormente fue analizado y procesado, considerando el siguiente diseño:

$M_1 \longrightarrow O_1$

donde:

M_1 = número muestras tomadas en que se realiza el estudio

O_1 = información obtenida para la modelación litológica

3.5. Población y Muestra

3.5.1. Población

La población está conformada por el Stock 4 que ocupa un área de 14.45 hectáreas y que corresponde a la zona de investigación.

3.5.2. Muestra

La muestra lo constituye las 3 zonas geotécnicas identificadas como ZG-I, ZG-II y ZG-III, donde se realizaron 5 calicatas. En la toma de muestra se empleó el método no probabilístico.

3.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Para realizar las investigaciones geológicas se utilizará las siguientes técnicas:

- **Revisión documental**

Consiste en la búsqueda de información de las técnicas de muestreo y métodos de cálculo dereservas del área de estudio. (Otzen y Manterola, 2017)

- **Observación de Campo**

Tendrá en cuenta los datos de campo y las observaciones directas en el campo. (Otzen y Manterola, 2017)

- Técnica del cartografiado geológico-geotécnico
- Técnica de ensayos geofísicos
- Técnica de refracción sísmica y MASW

Los instrumentos a utilizar serán:

- Plano geológico-geotécnico
- Registro de calicatas
- Cartilla geomecánica

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para proceder a la recolección de datos inicialmente se requirió el permiso respectivo del responsable del área. Luego que se haya aceptado la petición se comenzó con la recolección de datos que consiste en ordenamiento y clasificación, registro y procesamiento computarizado con software Ms-Excel 2016 y posteriormente para obtener la evaluación geotécnica, el método de análisis de datos a emplear fue descriptivo, tanto de la información de campo y de laboratorio de mecánica de suelos.

3.8. Tratamiento estadístico

Se utilizó fórmulas establecidas para el análisis de datos de estadística descriptiva, asimismo, se usó softwares como Excel en su última versión.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

La investigación, se realizará en todas sus etapas con total transparencia y honestidad cumpliendo con la ética profesional del Ingeniero Geólogo. Es decir, la ética estará presente desde la recopilación de información, el análisis y la interpretación de los resultados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El estudio se inició con la recopilación y análisis de la bibliografía existente del área de emplazamiento del stock de crudo del paquete 4, posteriormente fueron evaluados y revisados. Seguidamente se efectuaron los trabajos de campo, definiéndose las principales características geológicas locales, evaluando las características físico-mecánicas locales del perímetro en estudio.

En la etapa de campo se efectuaron exploraciones para efectuar el muestreo correspondiente a la extracción de los materiales a excavar, efectuando los ensayos estándar y resistencia.

También se realizaron ensayos no destructivos de Refracción Sísmica, con fines de determinar la variación de los materiales en profundidad (contacto suelos roca), de acuerdo a las Norma Técnica normas vigentes de construcción (E.030 y E.050).

Asimismo, se ha efectuado la verificación de las condiciones locales de los materiales a nivel de fundación de las zapatas.

Con dichos parámetros se desarrollaron los análisis correspondientes a la estabilidad de taludes y cimentación de las zapatas de apoyo de las pantallas cortavientos y pantallas para retener el polvo.

También, en los trabajos de campo se realizaron el cartografiado geológico local a escala 1:2000 del área de emplazamiento del perímetro del stock 4, información que fue plasmada en el plano geológico local y perfil geotécnico del suelo de perímetro donde se cimentará las zapatas de las pantallas cortaviento.

De la misma manera, se identificaron las características geotécnicas – geológicas del terreno a nivel de fundación. Se definió la composición de la estructura de los estratos de los geo-materiales (suelos y roca), definiendo las propiedades físicas y características de comportamiento mecánico del geo material y se identificaron las unidades geomorfológicas existentes en la zona de estudio.

Es importante, también indicar que en la etapa de gabinete se realizó el análisis y evaluación de la información geológica obtenida en los trabajos de campo, el cual incluye la elaboración de los planos en planta, perfil y secciones transversales del área del stock 4.

En las investigaciones geotécnicas se ha ejecutado (05) cinco calicatas y correlacionada a los perfiles de los ensayos geofísicos (refracción sísmica y MASW en total 1000 m).

En base a lo anterior, se ha establecido el perfil longitudinal y transversal geotécnico del geo material que conforma el área del perímetro del stock 4, describiendo las características geológicas y geotécnicas más resaltantes del suelo de cimentación.

Las calicatas denominadas exploraciones CG-01, CG-02, CG-03, y CG-04, con ello se determinaron la estructura de los estratos, las propiedades físicas y

características del comportamiento mecánico del geo material (suelo y rocas) encontrado.

Las muestras representativas obtenidas de las calicatas ejecutadas y fueron remitidas a laboratorio de mecánicas de suelos y rocas de GECAT Ingeniería S.A.C, donde se realizaron los ensayos de resistencia y con éstos parámetros geotécnicos obtenido, se ha estimado el nivel de la cimentación de las zapatas, como la carga última, capacidad admisible y asentamientos del suelo de fundación, los parámetros por sismos, el tipo de cimentación.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Ubicación y accesibilidad

Shougang Hierro Perú S.A.A. es una empresa privada, dedicada a la extracción con aproximadamente 150 km² de extensión, es el lugar donde se realizan permanentemente trabajos de exploración y de explotación de minerales bajo el sistema de tajo abierto realizando perforaciones y disparos, para que luego las rocas mineralizadas sean transportadas por palas y camiones volquetes con capacidad de hasta 150 toneladas hasta las chancadoras, de donde luego del proceso de chancado, el mineral es apilado y posteriormente transportado a San Nicolás, mediante una faja de aproximadamente 15,3 kilómetros de largo y con una capacidad de 2000 toneladas por hora.

Entonces el Stock 4, se encuentra ubicado dentro del área denominado de mina y políticamente se encuentra inmerso en:

- Región : Ica
- Provincia : Nazca
- Distrito : Marcona

El proyecto se ubica dentro de las coordenadas UTM WGS-84 siguiente:

Tabla 5

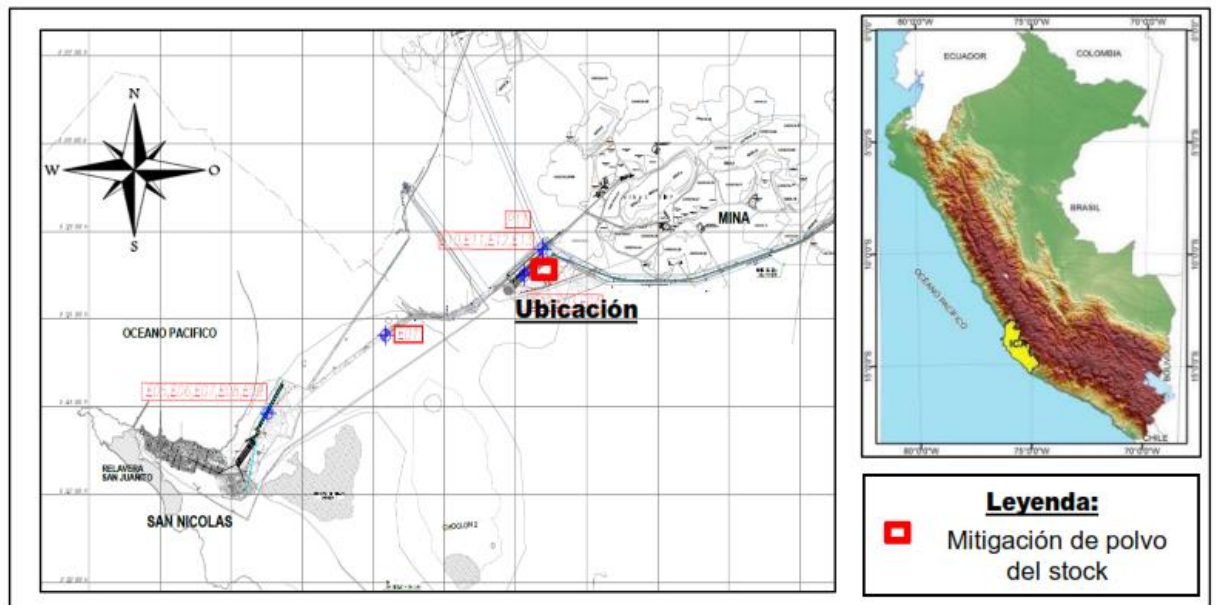
Ubicación en coordenadas UTM WGS-84

Subestación	Coordenadas (UTM)	
	Este	Norte
Mina - Stock - 04	481512	8317260

El acceso desde Lima es a través de la carretera Panamericana Sur con dirección a Nazca y posteriormente tomando la dirección Oeste, hacia la ciudad de San Juan de Marcona. Todas las vías por la que se circula para llegar a Marcona están asfaltadas.

Figura 1

Mapa de localización del área en estudio



(Fuente estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación para proyectos de inversión 2020).

4.2.2. Geología Regional

La zona de investigación se encuentra ubicado en la zona denominada Meseta de Marcona, dentro de la Cordillera de la Costa, en la parte Oeste de la

Cordillera de los Andes; Asimismo en la parte occidental de la zona existe una terraza marina que cae hacia el mar.

En este acápite se describió las características geológicas, geomorfológicas, estructurales y geodinámicas tanto regionales y locales del área de influencia al proyecto.

4.2.2.1. Fisiografía

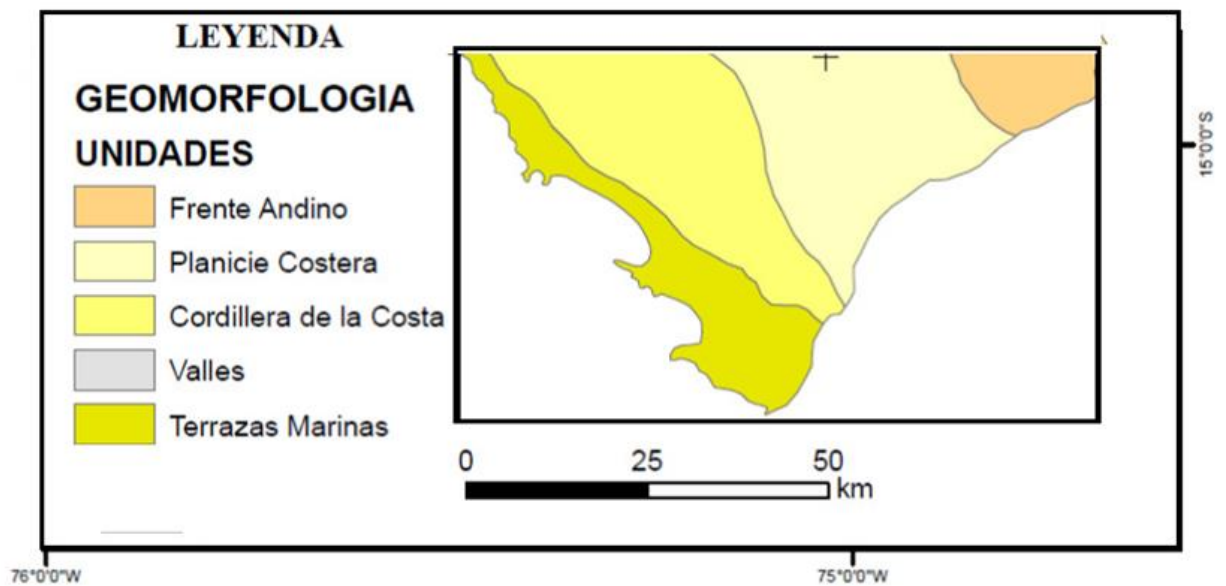
Presenta una notable configuración geográfica, ya que es la única región de la costa sur formada por planicies o llanuras costeñas, donde destacan extensos desiertos como las pampas de Lancha y Villacurí, toda vez que la cordillera de Los Andes se levanta al interior de su territorio. Asimismo, algunos plegamientos geológicos han determinado la formación de terrenos que avanzan hasta el mar, dando lugar a la península de Paracas, mientras que, al sur, unas formaciones aisladas han determinado el complejo de Marcona, donde se ubican los más grandes depósitos de hierro de la costa del Pacífico.

4.2.2.2. Geomorfología

A nivel regional existe una topografía diversa que se extiende desde la costa hasta los montes andinos, cuya elevación alcanza los 2,230 msnm, donde se destacan las siguientes unidades geomorfológicas, que se disponen en franjas adyacentes y medianamente superpuestas, que se describen a continuación.

Figura 2

Unidades geomorfológicas regionales de influencia directa al proyecto



Frente andino

Muestra una configuración plana tendiendo a una ondulación, que tiene elevaciones que van desde los 2,000 y 4,000 metros sobre el nivel del mar, caracterizado por colinas con terreno escarpado.

Planicie costera

Es una superficie baja y ligeramente ondulada que se ubica en la cordillera de la costa y las estribaciones andinas, formando estructuralmente un graben, y esta parcialmente relleno por depósitos horizontales del terciario, con acumulaciones aluviales. Caracterizados por la presencia de extensas pampas, a veces se ven interrumpidas por onduladas colinas, por quebradas y valles poco profundos. (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico [INGEMMET], 2011 p. 3)

Figura 3

Vista panorámica de la Unidad Geomorfológica de Planicie Costanera



Cordillera de la Costa

Según INGEMMET (2011) con este nombre se conoce a una cadena montañosa de baja elevación que ocupa el límite continental entre Ilo y la Península de Paracas, paralela al litoral y de ancho variable llegando a alcanzar 40 km. Geológicamente, está compuesto por rocas del basamento cristalino de granitos y cubiertos por una costra sedimentaria paleozoica.

La zona de estudio, se entiende que estuvo sumergido en el mar, se evidencia por la secuencia de las terrazas marinas labradas sobre este macizo rocoso y presenta un relieve escalonado e inclinado hacia el Océano Pacífico, cruzadas por torrenteras y pequeñas quebradas, las cuales se muestran secas.

La topografía de esta unidad geomorfológica, se caracteriza por elevaciones aisladas de suave relieve, que llegan hasta los 700 msnm. (INGEMMET, 2011)

Figura 4

Vista panorámica de la Unidad Geomorfológica de la Cordillera de la Costa



Valles

La zona costera está intersectada por valles pocos profundos, que tiene un base ancho regular y, a menudo, están orientados perpendicularmente a las estribaciones andinas. El área de influencia al proyecto no se distingue esta morfología. (INGEMMET, 2011)

Terrazas marinas

Se trata de superficies escalonadas, distribuidas a lo largo de toda la faja costera con diferente e irregular número, destruidas parcial o totalmente la acción de la corriente fluvial, estas superficies crean testigos

presenciales de la rápida e intermitente elevación del continente durante el cuaternario (INGEMMET, 2011).

El mejor contacto de estas superficies abrasivas es en la zona de San Juan de Marcona, donde se distinguen los relieves escalonados en las laderas occidentales de las Cordilleras de la Costa, dejando solo tramos discontinuos, en parte debido a la erosión fluvial provocada por las condiciones climáticas muy diferentes a las actuales. Lo que queda de todas estas características geomorfológicas son las superficies abrasivas. Las terrazas de depósito fueron destruidas en gran parte, una tarea facilitada por el terreno escarpado del área (INGEMMET, 2011).

Figura 5

Vista panorámica de la Unidad Geomorfológica de Terrazas Marinas



4.2.2.3. Lito Estratigrafía

La estratigrafía regional del área de estudio, muestra las formaciones geológicas en las que sobreyacen, desde la formación más antigua a la más reciente. Está constituida por rocas metamórficas regionales del Complejo Basal de la Costa (Precambrianas), rocas metasedimentarias de la Formación San Juan (Precambriano Superior – Paleozoico Inferior), rocas de la Formación Marcona, Formación Río Grande, rocas sedimentarias de la Formación Pisco (Terciario Superior) y los depósitos cuaternarios de origen aluvial, residual y eólicos – residuales; estos últimos cubriendo en algunos lugares a las rocas intrusivas del Batolito de San Nicolás (INGEMMET, 2011).

Sin embargo, el área de influencia directa al proyecto estudiado, la columna estratigráfica está constituida principalmente por rocas intrusivas del Batolito de la costa, Formación Pisco y cubierto por depósitos cuaternarios.

De acuerdo con la información geológica recopilada de diferentes informes, principalmente del Boletín N° 30 del INGEMMET (Julio Caldas Vidal, 1978) y el plano geológico del cuadrángulo de San Juan (Hoja 31-m), en la zona donde se ubica el proyecto afloran rocas intrusivas del Batolito de la Costa.

Las rocas intrusivas plutónicas se las ha agrupado en dos grandes complejos batolíticos denominados: Batolito San Nicolás y Batolito de la Costa (INGEMMET, 2011).

Figura 6

Columna Estratigráfica Regional

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS			
				PLUTONICAS	HIPABISALES		
CENOZOICO	CUATERNARIO	Reciente	Depósitos : aluviales y eólicos	Q-al	Q-e		
		Pleistoceno	Terrazas Marinas	Q - tm			
	TERCIARIO	Plioceno	Volcánico Senca	Ts -vse			
		Mioceno	Formación Pisco	Ts - pi	Batolito de la Costa KTI-dúto		
	MESOZOICO	CRETACEO	Albiano	Formación Copara	Kim-co		Andesita Tunga Ks - at
			Aptiano				Kms - vibu
Neocomiano			Formación Yaca	Ki - ya		Volc. Int. Bella Unión	
JURASICO		Titoniano	Formación Jahuay	Js - ja			
		Oxfordiano	Formación Rio Grande	Js - rg			
		Calloviano					
PROTEROZOICO		Inferior	Formación Muzona	P - ma		Pi - hisn	
	PRECAMBRIANO		Formación San Juan	Pe - sj	adpsn adsn gdsn disn	Hipabisales del Bat. San Nicolás	
			Formación Chipero	Pe - Chi	adpsn-adamella perfitica San Nicolás. adsn-adamella San Nicolás. gdsn-granodiorita San Nicolás. disn-diorita San Nicolás.		
			Complejo Basal de la Costa	Pe - gr Pe - gn			

Fuente: Mapa geológico del cuadrángulo de San Juan

Complejo basal de la costa (Pe-gr/Pe-gn)

Este conjunto es de origen metamórfico regionalmente extendido, compuesto litológicamente por mica esquisto, gneises, granitos gnéisicos. El esquisto ocupa áreas fronterizas y forma la etapa más joven del metamorfismo regional; Sus tonalidades varían del gris verdoso oscuro al ligeramente negro. El gneis es mayoritariamente granítico (Pe-gr) de color gris y rosado con granos de cuarzo y ortosa - microclinales peridotizadas, dentro de una matriz feldespática de cuarzo de grano fino (INGEMMET, 2011).

Este complejo también contiene granodiorita (Pe-gn) con plagioclasa y ortosa, en su composición, en forma de bandas de tonos claros intercaladas con segregaciones oscuras de minerales máficos (INGEMMET, 2011).

Están atravesados por una serie de diques sintéctónicos y post-tectónicos, principalmente andesíticos básicos. (INGEMMET, 2011).

Estas rocas, principalmente granito gnéisico, están presentes en la zona meridional y centro del área de estudio, con algunas inclusiones en la zona costera; en salientes conocidos como Cerro Tres Hermanas, Lomas de Marcona y Punta Colorada, donde se han reconocido placas foliares entre 35° y 80° y diaclasas mayores a 50°. (INGEMMET, 2011)

Este basamento cristalino, también conocido como complejo de Lomas, representa la unidad más antigua de la región de San Juan de Marcona, se correlaciona con las rocas del basamento brasileño y su edad es del período Precámbrico. A pesar de su gran potencia, contiene pocos fósiles de diagnóstico. (INGEMMET, 2011)

Formación Marcona (Pi-ma)

Esta formación consiste en una cadena de calizas pre-mesozoicas, que aparece en el área de San Juan. Se ubica el conglomerado basal cubierto por calizas solidificadas marrones, formando una estructura simple y cerrada en la zona oriental del domo de Marcona. (INGEMMET, 2011)

Los niveles inferiores están formados por bancos potentes de calizas fuertemente silicificadas, en la mayoría de los casos apenas se distingue su estratificación debido al metamorfismo, que ha provocado su endurecimiento y ha hecho que tenga un aspecto masivo salvo la presencia

de hilos de chert, que resisten este metamorfismo. La potencia de la Formación Marcona se estima en 1500 metros.

Formación Pisco (Ts-pi)

Esta formación está constituida por cadenas sedimentarias consolidadas, constituidas en su parte inferior por areniscas conglomerádicas de grano grueso con tinte amarillo, sobre capas anchas y un horizonte conchífero muy triturado por el oleaje, con arcillas laminadas e interstratificadas, con bentonita y bastante ceniza volcánica y yeso; en la parte media y superior por areniscas limolíticas, limolitas, areniscas de grano fino con alternancia de areniscas tufáceas, concreciones de areniscas silíceas, tufos y cenizas retrabajadas, caracterizada por tener fragilidad y livianas, de color gris claro a gris anaranjado-blanco, también se presentan muchos fósiles y microfósiles como foraminíferos, gasterópodos, braquiópodos y lamelibranquios. (INGEMMET, 2011).

Esta unidad ocurre al noreste y este de Cerro Tres Hermanas. Generalmente se caracteriza por una subestratificación horizontal, ligeramente ondulada y con muchas vetas de yeso; en el área de San Juan alcanza un espesor cercano a los 500 m y su edad corresponde al Mioceno del terciario Superior. (INGEMMET, 2011)

Esta formación que se extiende desde Camaná hasta Chincha, está constituida por areniscas alabeadas, formando amplios monoclinales sub horizontales, estos afloramientos están relacionados con fallas preexistentes que continuaron su desplazamiento posteriormente. (INGEMMET, 2011).

Figura 7

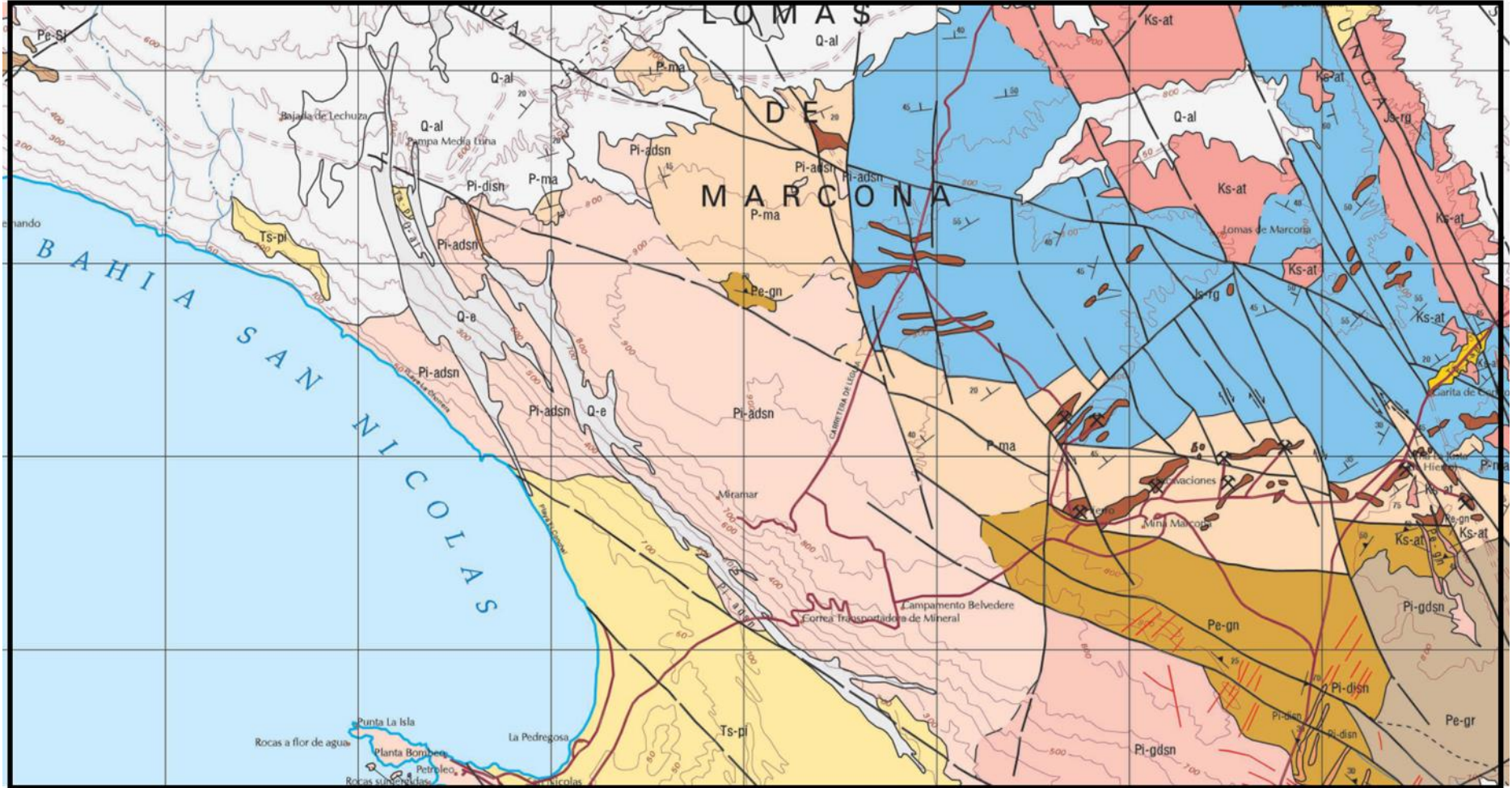
Talud de corte conformado por la formación Pisco (stock-6)



En la siguiente figura se muestra el Mapa geológico del cuadrángulo de San Juan.

Figura 8

Mapa geológico del cuadrángulo de San Juan



Depósitos Cuaternarios

Comprenden los depósitos recientes de material suelto que cubre el macizo rocoso y se extienden ocupando espacios de diferentes extensiones, dentro de los cuales podemos citar:

- Depósitos Eólicos
- Depósitos Marinos Antiguos

Principalmente el origen de estos depósitos, están conformados por arenas de origen marino, mezclados con limo y arcillas acarreadas por el drenaje superficial, producto de la denudación y abrasión litoral.

Rocas intrusivas

Esta unidad, conocida como batolito de San Nicolás, se ubica en la Cordillera de la Costa, penetrando las rocas del Complejo Basalto Costero y formaciones pre-Mesozoicas. Consiste en rocas intrusivas irregulares de la parte central serie adamelita, en el intermedio granodiorita y en la periferia diorita-gabros, de textura porfíricas, de grano grueso a medio, meteorizadas y fracturadas, de color gris marrón y gris claro cuando está fresco. (INGEMMET, 2011).

En esta unidad aparece masivamente al norte de los Cerros de Marcona, entre la pampa Choclón y la mina de Marcona, así como en los alrededores de Bella Esperanza, en el área de San Juan de Marcona, cerca de las bahías de San Nicolás y San Juan (INGEMMET, 2011).

Figura 9

Afloramiento de roca intrusiva del Batolito de San Nicolas (granodiorita-stock 4)



Las adamelitas de San Nicolás (Pi-adsn)

Son rocas de grano grueso, porfiríticas de tonalidades gris rosados, se encuentran con mayor propagación entre la bahía de San Nicolás y la Mina Marcona, aflora a lo largo del tramo noreste. (INGEMMET, 2011).

Las granodioritas (Pi-gdsn).

La granodiorita se ha emplazado en contacto intrusivo con la diorita – gabro marginal. Es una roca gris de grano grueso, caracterizándose por contener cristales tabulares de hornblenda verde ligeramente orientados y en parte penetrados entre sí, dando una disposición radial. (INGEMMET, 2011)

Son rocas de grano grueso, de color verde grisáceo, mesocrátas, caracterizadas por la presentación de cristales tabulares de hornblenda

verde que, con una ligera orientación, dan una disposición radial. (INGEMMET, 2011)

Diorita-gabro (Pi-digasn).

Se encuentran emplazadas marginalmente y rodeando a los cuerpos de granodirota, en forma más o menos irregular (en la mayoría de los casos como apófisis), intruyendo a los meta-calcareos antes descritos o a las unidades del Complejo Basal de la Costa. Otra forma de ocurrencia de estas rocas, son los diques que invaden a las rocas de caja en una disposición más o menor radial con respecto al centro del batolito. (INGEMMET, 2011)

La edad del batolito de San Nicolás, según datos radiométricos y su relación con la estratigrafía del área de estudio, corresponde al Ordovícico - Silúrico del Paleozoico Inferior. (INGEMMET, 2011)

4.2.2.4. Tectónica

El área de estudio y sus alrededores se encuentran moderadamente deformadas por la tectónica, estas deformaciones corresponden a fallas cuyos alineamientos tienen la orientación a los Andes. Las fallas principales van acompañadas por juntas y fracturas cuyas orientaciones no es preferente, asimismo sus espaciamientos, persistencias y rellenos son muy variables. Se cree que las unidades geológicas han sido afectadas por estas fallas. Estas estructuras están ubicadas hacia el sur de la península de San Juan. (INGEMMET, 2011)

4.2.2.5. Geología local

Geomorfología

Las principales unidades morfológicas locales de influencia directa al proyecto y su entorno, son típicas de zonas costeras desérticas, donde se pueden encontrar: colinas, lomada, laderas de montañas, terraza y plataforma marina. (INGEMMET, 2011).

El área de estudio del polígono y el perímetro de este stock, exhibe una morfología semi plano a ondulado, la zona antes mencionada corresponderá a la tercera plataforma marina, entre las cotas de los 740 msnm a 790 msnm.

En estudio geológico local, se describen las unidades morfológicas locales en el área de la mina. A continuación, se describen las unidades morfológicas reconocidas en campo, en el área de estudio y en el medio circundante. (INGEMMET, 2011).

Colinas

Esta unidad morfológica, se ubica en la zona noreste y noroeste de la unidad minera, presenta una topografía superficial ligeramente accidentado con pendientes moderadas; corresponden a afloramientos rocosos constituidos por rocas sedimentarias y volcánicas; están meteorizadas, ligeramente rugosos y cubiertos por material cuaternario. (INGEMMET, 2011)

Lomada

Corresponde a una unidad morfológica, donde la topografía superficial del área es subhorizontal con pendientes bajas que van entre los 08° y 12° de inclinación (pendiente) en sus lados laterales, sus pendientes

son medias y van entre 21° y 30°; en la superficie está representada por una capa de arena eólica, constituida por arena limosa con gravas en forma aislada, seco, no plástico, de compacidad suelta a media, de color marrón. (INGEMMET, 2011)

Figura 10

Vista panorámica de la unidad geomorfológica local Lomadas

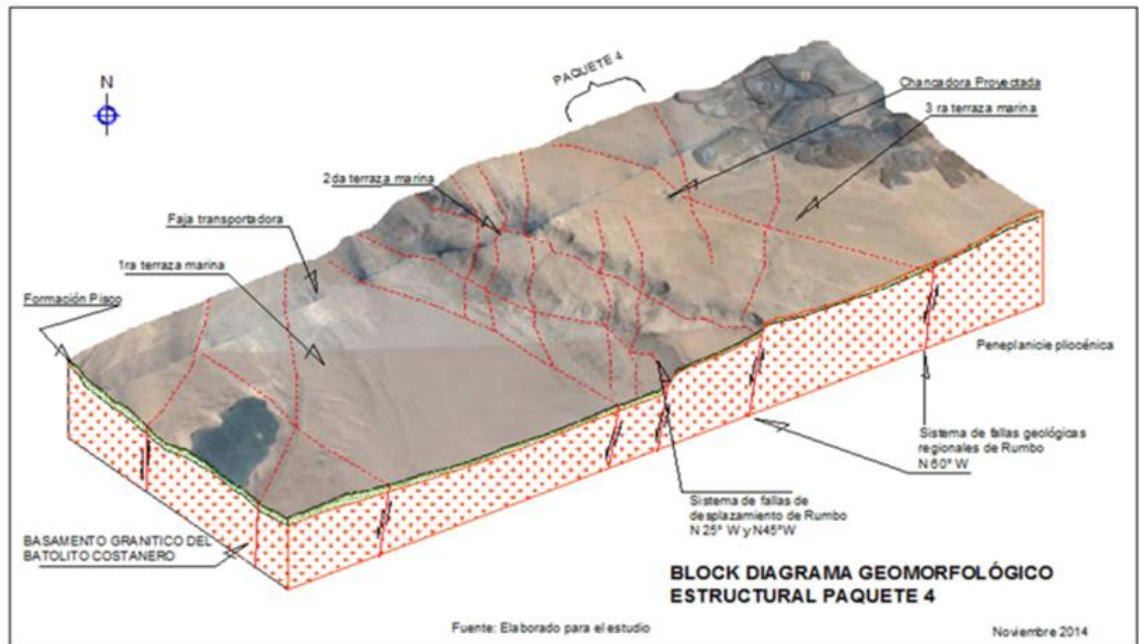


Terraza marina

Esta unidad morfológica se ubica en el borde occidental del emplazamiento de la unidad minera, estas plataformas se han originado a partir de los cambios en el nivel del mar a lo largo del tiempo. En el área de estudio, estas variaciones ocurrieron durante el cuaternario, alcanzando un descenso de hasta 450 m. La embestida constante de las olas del océano, crea terrazas marinas erosionadas; la interpretación de esta unidad morfológica local se muestra en la figura siguiente. (INGEMMET, 2011).

Figura 11

Geomorfología del área de estudio



(Fuente: Estudio geotécnico- Abengoa Perú)

El área del proyecto presenta una morfología semi plano a ondulada, con presencia de pequeñas y localizados desniveles naturales de 2.00 m. a 3.00 m. como se muestra en la figura 10; sin embargo, dicha área ha sido modificado con el Proyecto de la Ampliación de las Operaciones, como se muestra en la figura 11.

Figura 12

Geomorfología del área, antes del proyecto de la ampliación de las operaciones



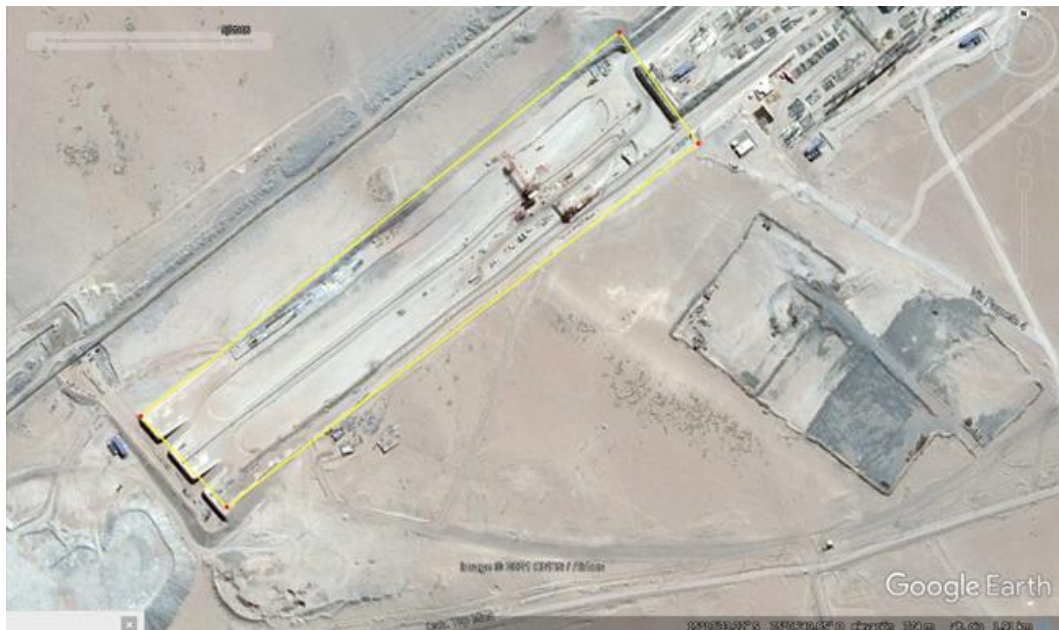
Fuente: Imagen Google Earth del 18 de junio del 2013

La morfología actual del área del stock existente como del futuro, presentan una morfología plana, con taludes de cortes en rocas intrusivas y depósitos eólicos, como también con rellenos estructurales.

Sin embargo, hacia el exterior del perímetro ejecutado del stock; según la figura 12, se muestra solo con pequeños cambios debido a la construcción de accesos de vías de interconexión y los DME.

Figura 13

Geomorfología del área, después del proyecto de la ampliación de las operaciones



Fuente: Imagen Google Earth del 19 de mayo del 2016.

Lito estratigrafía

A continuación, se exponen, de forma sintética, las características geológicas principales del sustrato sobre el que se desarrollará el proyecto, con la intención de dotar del marco geológico imprescindible a la caracterización geotécnica de los materiales, y en general a todos los cálculos y consideraciones que, relativos al comportamiento de las unidades litológicas. (INGEMMET, 2011).

Depósitos eólicos (Qh-e). La configuración estratigráfica de este depósito, conformado por una cobertura de arena suelta, que tapizan a las rocas en lomadas, pampas y laderas de los promontorios o macizos, y rellenan depresiones están conformados por arenas densa, muy densas y cementadas, en superficie se hallan con esporádicas gravas y algunos fragmentos de roca, este material se encuentra en estado suelto e

interestratificado, seco, con variable espesor. (INGEMMET, 2011).

En las figuras 14 y 15, se muestra esta unidad litoestratigráfica, según los estudios desarrollados del Proyecto de Ampliación de Operaciones en este sector, muestran una potente columna de depósito eólico donde se estima una potencia de 15 m.

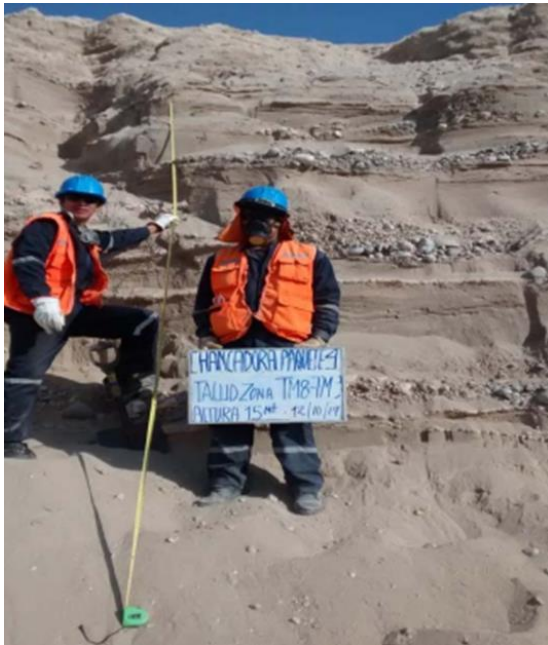
Figura 14

El depósito eólico se muestra de una potencia aproximadamente de 8 m. eje C



Figura 15

Vista de la columna de arena eólica TM-08 y TM-09



Fuente: Estudio geotécnico- Abengoa Perú)

Figura 16

Vista panorámica del depósito eólico en el eje A



Depósitos marinos (Qh-ma). Está conformado por cantos rodados y gravas, con relleno areno limoso. Se encuentra formado la tercera terraza (antiguos fondos marinos que fueron levantados por actividad tectónica y se encuentran actualmente como terrenos emergidos). Sus principales agentes formadores son los materiales que reciben de aportes aluviales en desembocaduras de ríos al océano, los cuales son sometidos a la acción de las olas, también por variaciones del nivel del mar.

Además, presentan características de costras de sales y sulfatos consolidados, con espesor de 0.50 m. a 2.50 m. tal como se muestra en el talud de corte en la figura 16.

Figura 17

Depósito marino que corresponde a la tercera terraza, cubriendo a por rocas intrusivas del Batolito San Nicolás



Depósito de suelo residual (Qr-re). El suelo residual es suelo derivado de la meteorización y descomposición de la roca in situ, que no ha sido transportada desde su ubicación original.

El suelo residual es el producto del proceso de meteorización en el sitio de formación de rocas, en el proyecto se muestra cubriendo los afloramientos de roca granito; sin embargo, no se muestra claramente en el perfil del talud de corte, debido a que fueron acumulación en la construcción de la plataforma del stock de crudo y se ubica sobre los afloramientos de roca granito, el cual presenta una mezcla heterogénea de depósitos eólicos, marinos y residuales.

Figura 18

Afloramiento de granodiorita, sobre el cual se encuentra acumulación y mezcla de suelos residual con depósitos eólicos y marinos (Eje D)



Granodiorita San Nicolás (Pi-gnsn). El basamento rocoso de influencia directa al proyecto está conformado por rocas intrusivas del Batolito San Nicolás, conformado por granodiorita, que de manera general se presenta fracturada a muy fracturada, alterada y resistente a muy resistente.

Los afloramientos del macizo rocoso de la granodiorita, se muestran en los taludes de corte del stock, como se muestra en la siguiente ilustración.

Figura 19

Vista panorámica del afloramiento de granodiorita de Batolito San Nicolás (Eje A y D)



Depósitos antrópicos (R-ant)

Según INGEMMET (2011) Estos depósitos, fueron formados por materiales acumulados recientemente por la acción humana, es decir que han sido movidos y depositados durante la excavación de la plataforma de

stock de crudo 4. Se dividen en materiales antrópicos de relleno y materiales de desmonte o botaderos accesos para el transporte vehicular.

Rellenos estructurales y/o terraplén compactado(R-ant/re). En el área de estudio, para la conformación de la plataforma 01 y 02 de la chancadora en el Proyecto de Ampliación de Operaciones de este stock de crudo, donde se ha eleva la rasante de toda el área varios metros con un terraplén compactado.

El terraplén es la acumulación de tierra adecuada, tratada y compactada que permite levantar el nivel de un terreno y dar soporte a las infraestructuras de las chancadoras. A continuación, en la siguiente ilustración se muestra el terraplén construido.

Figura 20

Vista del relleno estructural en el eje A



Muro de suelos reforzado (R-ant/mrs). Una estructura de suelo reforzado se basa fundamentalmente en la introducción de elementos resistentes a tracción orientados correctamente, que permiten aumentar la resistencia del suelo y disminuyen las deformaciones del muro. En este método, denominado como refuerzo de suelos, el comportamiento global del macizo mejora debido a la transferencia de los esfuerzos para los elementos de refuerzo.

Los suelos normalmente poseen elevada resistencia a esfuerzos de compresión, pero no a esfuerzos de tracción. Cuando una masa de suelo es cargada verticalmente, sufre deformaciones verticales de compresión y deformaciones laterales de tracción.

Si la masa de suelo estuviera reforzada, los movimientos laterales serían limitados por la rigidez del refuerzo. Esta restricción de deformaciones es obtenida gracias a la resistencia a tracción de los elementos de refuerzo.

Los muros de suelo reforzado (MSR), se refiere a los muros de contención, donde sus propiedades mecánicas se mejoran mediante el uso de diferentes materiales que, los cuales ayudarán a afianzar la estructura y convertirla en más segura, valiéndose de ventajas estructurales, económicas y estéticas.

Las estructuras de suelo reforzado son válidas como construcciones alternativas en la resolución de problemas de contención de tierras, tanto para salvar desniveles importantes en poca disponibilidad de espacio.

Con el fin de garantizar la estabilidad de la plataforma de stock de crudos, se ha construido los MSR tal como se muestra en la siguiente ilustración.

Figura 21

Detalle de la estructura de un muro reforzado con geotextil



Algunas de las ventajas de estas obras son las siguientes:

- Menor ocupación de áreas.
- Proceso de construcción más sencillo
- Mejor tolerancia a los asentamientos diferenciales
- Cimentaciones de menor profundidad
- Mejor desempeño ante sismos

Depósito de material excedente (R-ant/dme). Acumulación del material de corte de la construcción de la plataforma de la plataforma de stock de crudo

4.

Figura 22

Vista panorámica del DME



Agua subterránea

El área y perímetro del proyecto se encuentra alejada de cuencas hidrográficas con drenajes superficiales, lo que no permite encontrar aguas subterráneas que puedan afectar las estructuras sedimentarias naturales, ni las cimentaciones de las obras.

Geodinámica externa

Caída de rocas. Generalmente este tipo de fenómenos de inestabilidad ocurren en taludes subverticales o verticales, se desprenden bloques y caen por acción de la gravedad. El fracturamiento del macizo rocoso, hacen que estas áreas se conviertan en zonas de riesgo por la caída de bloques debido a desprendimientos.

Estas caídas pueden ser transición entre caídas de bloques y los deslizamientos puntuales; sin embargo, en su gran mayoría presentan niveles de riesgo bajo.

Figura 23

Vista panorámica del grado de fracturación del afloramiento de roca y su estabilidad



En general, estas caídas de rocas no suponen mayor riesgo , ya que en el terreno los taludes tienen suficiente estabilidad , y solamente mediante voladuras pueden caer rocas aisladas.

Plano de geología geotecnia local del área del polígono del stock 4, se muestra en el Anexo 01.

4.2.3. Caracterización del Macizo Rocoso

4.2.3.1. Introducción

En esta caracterización del macizo rocoso, se ha realizado en campo la evaluación de las discontinuidades del macizo rocoso que luego se usó para la clasificación geomecánica como base para luego realizar el análisis de otros parámetros, la investigación incluyó el análisis de estabilidad mecánica del macizo con la aplicación de los criterios de los test cinemáticos.

La caracterización geomecánica considera todos los procedimientos y técnicas útiles para evaluar la resistencia de un material a las condiciones de tensión que pueden inducir la inestabilidad del macizo rocoso. Se considera principalmente dos tipos de investigación: el reconocimiento a detalle “in situ” que caracteriza físicamente la roca, y los ensayos de laboratorio para muestras tomadas directamente del macizo, adicionalmente se ha realizado prospección geotécnica indirecta mediante geofísica.

4.2.3.2. Clasificación Geomecánica

Frecuentemente en los proyectos de obra civil, se debe definir claramente las condiciones geológicas del macizo que afecta a la obra, asimismo sus características geo mecánicas, como son la resistencia y la deformabilidad, ambas imprescindibles para el cálculo de la estructura que se desea proyectar. Así mismo, también es frecuente que los macizos que se estudian se comporten como un medio discontinuo, especialmente cerca de la superficie. Los defectos, que los hacen discontinuos, determinan en gran manera el comportamiento mecánico.

Es por ello esencial la descripción cuidadosa del macizo rocoso y de la naturaleza como interesa la forma de los defectos que muestra, donde se utilizan las clasificaciones geomecánicas.

Los datos que se disponen, se restringen a observaciones hechas en estaciones geomecánicas, los datos son de procedencia de investigaciones geotécnicas (directo e indirecto) así como los ensayos de laboratorio puntuales elaborados y compilados de los estudios anteriores, los cuales fueron analizados evaluados y correlacionados.

La zona estudiada se encuentra el batolito de San Nicolas, el cual está conformada principalmente por granitos y granodioritas con pequeños cuerpos de gabros de edad Paleozoico.

Calidad del macizo rocoso

La calificación del macizo rocoso se realizó empleando los sistemas de clasificación geo mecánica de macizos rocosos GSI, Índice “Q” (Barton), RMR (Bieniawski, 1989) afectado por parámetros de corrección de taludes en roca para obtener la clasificación SMR (propuesta por Romana). La evaluación geomecánica del macizo rocoso fue estimada a partir del análisis e interpretación y mediciones geométricas de las discontinuidades en los afloramientos de roca.

Análisis de las discontinuidades

En el afloramiento del macizo rocoso de los taludes de corte de la carretera existentes se realizaron registros geológico-geomecánico muy bien detallados llamados EG-01 al EG-8.

Se realizó registros de la información del buzamiento y dirección de buzamiento de todas las discontinuidades geológica en toda la zona de

estudio. Asimismo, se registró data de la persistencia, del tipo de discontinuidad, abertura, relleno, rugosidad, ondulación y la presencia de agua. Con toda esta información se determinó las principales familias de discontinuidades y su predominancia de éstas, para lo cual se utilizó el programa de cómputo Dips (v 6.0).

Estaciones geomecánicas

Se realizaron las evaluaciones de los diferentes taludes de roca mediante estaciones geo mecánicas, se determinaron zonas representativas de los afloramientos rocosos del talud de la carretera existente, se presentan los formatos correspondientes al registro de datos en campo.

En las evaluaciones realizadas en los diferentes taludes del macizo rocoso presentan cobertura de suelo residual, además de esto las rocas se encuentran meteorizadas, habiendo tomado las estaciones donde las rocas son más representativas.

Tabla 6

Resumen de estaciones geo mecánicas

Estaciones geomecánicas	Progresivas Eje A (km.)	Litología
EG-01	0+040	Intrusivas/ granodioritas

Investigaciones Geotécnicas Directas

Los trabajos de campo han sido realizados en la dirección de mi persona, personal técnico de la contratista y con inspección de SHP del Ing. Rafael Llunco, y ha constituido básicamente en una evaluación geotécnica “In situ” de los geomateriales (suelos y roca) de fundación en el área de la franja del perímetro donde se proyecta los estribos de las pantallas

cortavientos, así como la toma de muestras alteradas, que permitan la ejecución de ensayos de laboratorio y recopilación de información geotécnica de los antecedentes, en base a ello se ha obtenido las propiedades físicos-mecánicas de los geomateriales presentes.

Calicatas. Son excavaciones de formas diversas (pozos, zanjas, rozas, etc.) donde se realiza la observación directa del terreno, así como la toma de muestras (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2015).

Los puntos de investigación fueron elegidos estratégicamente en campo, y establecer el Perfil Estratigráfico, características físicas, geomecánicas del área de estudio, donde se han realizados 5 excavaciones o calicatas, y se hallan localizados convenientemente se acuerdo la siguiente tabla.

Tabla 7

Resumen de Calicatas Ejecutadas

Código de exploración	Profundidad alcanzada(m.)	Nivel Freático	Muestra		Coordenadas UTM		
			Número	Tipo	Este	Norte	Cota (msnm)
C-01	0.00 - 0.50	NP	1	Alterada	484036	8316794	769.39
C-02	0.0 – 1.50	NP	1	Roca	484487	8317142	770.4
C-03	0.00 - 2.00	NP	1	Alterada	484442	8317103	771.65
C-03 (adicional)	0.00 - 2.50	NP	-	-	484458	8317115	771.03
C-04	0.00 - 2.50	NP	1	Alterada	484341	8317216	772.08

- **Procedimiento**

Se realizaron excavación de cinco “calicatas” de 1.50 m. x 1.00 m por 3.00 m de profundidad, no se ha identificado nivel freático alto, tomas de muestras alteradas para realizar los ensayos solicitados en los TdR y Normas vigentes.

- **Muestreo**

En las calicatas ejecutadas se tomaron muestras disturbadas de cada uno de los estratos encontrados (Mab), en cantidad suficiente y remitos al laboratorio, para realizar los ensayos de descripción e identificación de suelos, siguiendo los procedimientos de la Norma ASTM D 2488, e ensayos de resistencia y químicos.

- **Registro de excavación**

Junto con el muestreo se elaboró el registro de las calicatas, registrando las características de los suelos, espesor, color, olor, contenido de humedad, ángulo, forma, consistencia o grado de densidad , cementación, reacción con HCl, estructura, tamaño de partículas, etc. (Norma A.S.T.M. D 2488, 2011) y el registro se encuentra en el Anexo 02.

- **Preservación y transporte de suelos**

Finalmente se implementaron practicas estandarizadas de conservación y transporte de suelos, para los laboratorios de GECAT Ingeniería S.A.C, para los posteriores ensayos, teniendo en cuenta la Norma A.S.T.M. D 4220.

4.2.3.3. Trabajo de laboratorio

El trabajo de laboratorio incluyó la actividad siguiente:

- Métodos que conllevan a la disminución de muestras de campo para comprobar el tamaño de la muestra, según la Norma A.S.T.M. C 702.
- Adquisición de muestras representativas en laboratorio (cuarteo), según pautas de la Norma A.S.T.M. C 702.

4.2.3.4. Ensayos de Laboratorio

Los ensayos estándar y especiales y el análisis químico de sales agresivas, se realizaron en el laboratorio de mecánicas de suelos de GECAT Ingeniería S.A.C, bajo las Normas de la American Society for Testing and Material (ASTM). Se muestran en el Anexo 03 y 04

Ensayos de Identificación y Clasificación

- Análisis granulométricos por tamizado ASTM D - 422
- Límite de consistencia (líquido y plástico) ASTM D - 4318
- Contenido de humedad. ASTM D - 2216
- Clasificación SUCS ASTM D – 2487

Tabla 8

Resumen ensayos de clasificación

Calicata	Muestra	Profundidad (m.)	Granulometría (%)			Límite Líquido (LL) ASTM-D423	Límite Plástico (LP) ASTM-D424	Índice Plástico (IP)	Contenido de Humedad ASTM-D2216	Clasificación (S.U.C.S.)	Descripción
			G	A	F						
C-01	M-01	0.00 - 2.50	56.4	29.5	14.1	27.1	22.6	4.5	3.1	GC - GM	Grava limo arcillosa con arena
C-03	M-01	0.00 - 2.50	2.9	53.3	43.8	17.9	NP	NP	0.8	SM	Arena limosa
C-04	M-01	0.00 - 2.50	0	81	19	19.1	NP	NP	0.2	SM	Arena limosa

Ensayos de resistencia de suelos:

- **Corte directo** ASTM D – 3080

Determina la resistencia al esfuerzo cortante de una muestra considerando que en suelo se debe a dos componentes: la cohesión, que está asegurada por el suelo fino y es a su vez responsable de su comportamiento plástico, y la fricción interna entre las partículas granulares. (NTP 339.171, 2002)

Ensayos químicos

- Análisis de cloruro AASHTO T-291, ASTM D-512
- Análisis de sulfatos AASHTO T-290, ASTM D-516
- Análisis de sales totales soluble ASTM D-1889, MTC E 219
- Determinación de pH ASTM D-4972, NTP 339. 176

Las muestras que fueron ensayadas en el laboratorio se clasifican según el sistema unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), según la Norma A.S.T.M. D 2487. (Adjunta Anexo 3)

Tabla 9

Resumen de ensayos de resistencia y químico

Calicata	Coordenadas		Densidad del suelo al 70% g/cm ³	Corte Directo		Análisis Químico			
	Este	Norte		Angulo de Fricción	Cohesión	Sales	Cloruros	Sulfatos	Ph
C-01	484036	8316794	1.79	33.2	0.08	1875	1170	178	7.00
C-03	484442	8317103	1.53	30.6	0.00	4875	1247	247	6.90
C-04	484341	8317216	1.59	31.5	0.00	5572	875	365	6.70

4.2.3.5. Determinación del Perfil Estratigráfico

A partir de los datos obtenidos en las calicatas y cortes existente se ha realizado el perfil estratigráfico, sujeto a inspección visual y también a los resultados obtenidos del límite de consistencia para verificar el tipo de suelo.

Los registros de excavación de las calicatas. (Anexo 03)

Ensayos de resistencia de rocas:

Los ensayos de mecánica de rocas, se realizaron en el Laboratorio de GECAT Ingeniería S.A.C. Los ensayos realizados, fueron ejecutados de

acuerdo a las Normas de la American Society for Testing and Material (ASTM).

- **Compresión simple**

El número total de ensayos ejecutados, así como los resultados de las propiedades físico-mecánico, se presenta en la Tabla 10.

Tabla 10

Resumen de ensayo de roca

Stock	Calicata	Coordenadas UTM		Muestra	Compresión Simple Kg/cm ²
		Norte	Este		
4	C-02	8317142	484487	M-01	1410

4.2.4. Investigación Geotécnica

Adicionalmente, a las observaciones y cartografiado geológicas en detalle realizadas a lo largo del eje del perímetro de cimentación de los cortavientos, se han realizado prospecciones geotécnicas, cuya finalidad ha sido en determinar las características geotécnicas principales de los materiales aflorantes a largo del perímetro del stock 4, como también su evaluación para los cortes del nivel de cimentación de las zapatas.

Este conocimiento del subsuelo directo se llevó a cabo a través de la combinación de la prospección indirecta (refracción sísmica y MASW) y prospección directa (ejecución de calicatas y trincheras).

4.2.4.1. Trabajos de Campo

Los trabajos geotécnicos comprenden investigaciones indirectas e investigaciones directas. Siendo la primera fase prospección geofísica, por el método de refracción sísmica y MASW; y dentro de la segunda fase, se ejecutaron las calicatas. Ambos trabajos fueron ejecutados en las áreas donde se requería caracterizar geotécnicamente con fines de cimentación.

Durante la ejecución de las calicatas se tomaron muestras representativas y llevadas al laboratorio; para realizar Ensayos de Identificación y Clasificación, Resistencia y Químicos, el cual nos han permitido realizar los diseños geotécnicos de las zapatas de los apoyos de los cortavientos.

Los objetivos de las investigaciones geotécnicas efectuadas son:

- Identificación y caracterización física de los suelos que conforman la variante.
- Ubicar el nivel del agua subterránea (nivel freático).
- Obtener muestras de los geomateriales (suelos y rocas) para ser ensayadas en el laboratorio de mecánicas.
- Identificación y evaluación de las zonas que requieran mejoramiento para la cimentación.
- Analizar por el método de Equilibrio Límite, la estabilidad de los taludes de rellenos propuestos.

Se realizaron las exploraciones geotécnicas directas e indirectas en campo, que se detallan a continuación:

- Calicatas : 5 Unidades
- Refracción sísmica : 600 m.
- MASW : 8 puntos (490 m.)

4.2.5. Geofísica Aplicada a Geotecnia

Los ensayos geofísicos, se han realizado con el fin determinar contacto suelos roca, y correlacionar con los perfiles estratigráficos de las calicatas y trincheras, para elaborar los perfiles longitudinales del perímetro y eje de cimentación de las zapatas de los cortavientos.

4.2.5.1. Método de refracción sísmica.

Está fundamentada en la propagación de ondas P, originadas mediante súbitas deformaciones del terreno en la superficie. Dicho fenómeno de deformación de corteza genera frentes de onda que viajan por el subsuelo. Estos frentes de onda, al encontrar interfaces entre dos medios con propiedades elásticas diferentes, generan que parte de su energía continúe penetrando a mayor profundidad y otra parte viaje por la interfaz y regresa a la superficie donde es registrada por el geófono. (Dobrin, 1988).

En el campo se monitorea los registros y se realizarán disparos necesarios en cada punto para poder obtener la respuesta de la refracción original del suelo y basamento.

Tabla 11

Coordenadas de ensayos de refracción sísmica

LÍNEA CÓDIGO	INICIO			FINAL		
	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m)	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m)
P4-LS-01	484402.12	8317257.84	770.95	484342.00	8317213.00	770.95
P4-LS-02	484342.00	8317213.00	770.95	484281.85	8317168.04	772.20
P4-LS-03	484342.00	8317213.00	770.95	484294.90	8317271.36	781.85
P4-LS-04	484354.72	8317256.97	780.50	484296.25	8317210.00	779.90
P4-LS-05	484526.40	8317141.63	778.65	484462.45	8317102.26	776.40
P4-LS-06	484462.17	8317101.82	776.40	484399.80	8317060.20	778.00
P4-LS-07	484485.70	8317138.05	770.80	484425.00	8317094.00	770.80
P4-LS-08	484102.00	8316847.00	771.90	484045.00	8316798.00	774.93

4.2.5.2. Método de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW).

El método de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales es un método sísmico se utiliza para determinar la estratigrafía del subsuelo bajo un punto en forma indirecta, basada en el cambio de las propiedades dinámicas de los materiales que la conforman.

El levantamiento de MASW, se llevó a cabo utilizando el el equipo sismógrafo digital de registro sísmico con cables antiestático y con 24 geófonos verticales de 4.5 HZ, con una distancia de 3 m., entre cada geófono. Como fuente de vibraciones se empleará una comba de 10 kg, según escenario. Se efectuarán golpes a los extremos de la línea al 10%, 20% y 40% de la longitud del tendido optimizando la señal/ruido para cada punto de disparo.

En el campo se monitorea los registros y se realizaran disparos necesarios en cada punto para poder obtener las velocidades de ondas de corte (V_s) (o espesores).

Tabla 12

Coordenadas de ensayos MASW

CÓDIGO	UBICACIÓN	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m)
P4-MASW-01	CENTRO	484372.06	8317235.42	771.20
P4-MASW-02	CENTRO	484311.92	8317190.52	771.55
P4-MASW-03	CENTRO	484318.45	8317242.18	780.50
P4-MASW-05	CENTRO	484494.43	8317121.95	778.00
P4-MASW-06	CENTRO	484431.00	8317081.00	775.45
P4-MASW-07	CENTRO	484455.35	8317116.03	770.70
P4-MASW-08	CENTRO	484073.50	8316822.50	771.96

La ubicación de los ensayos de la refracción sísmica y sondajes MASW, se encuentran plasmados en el plano de la geología geotécnica.

El estudio de geofísica se adjunta en el Anexo 04.

4.2.6. Parámetros de diseño sismo resistente

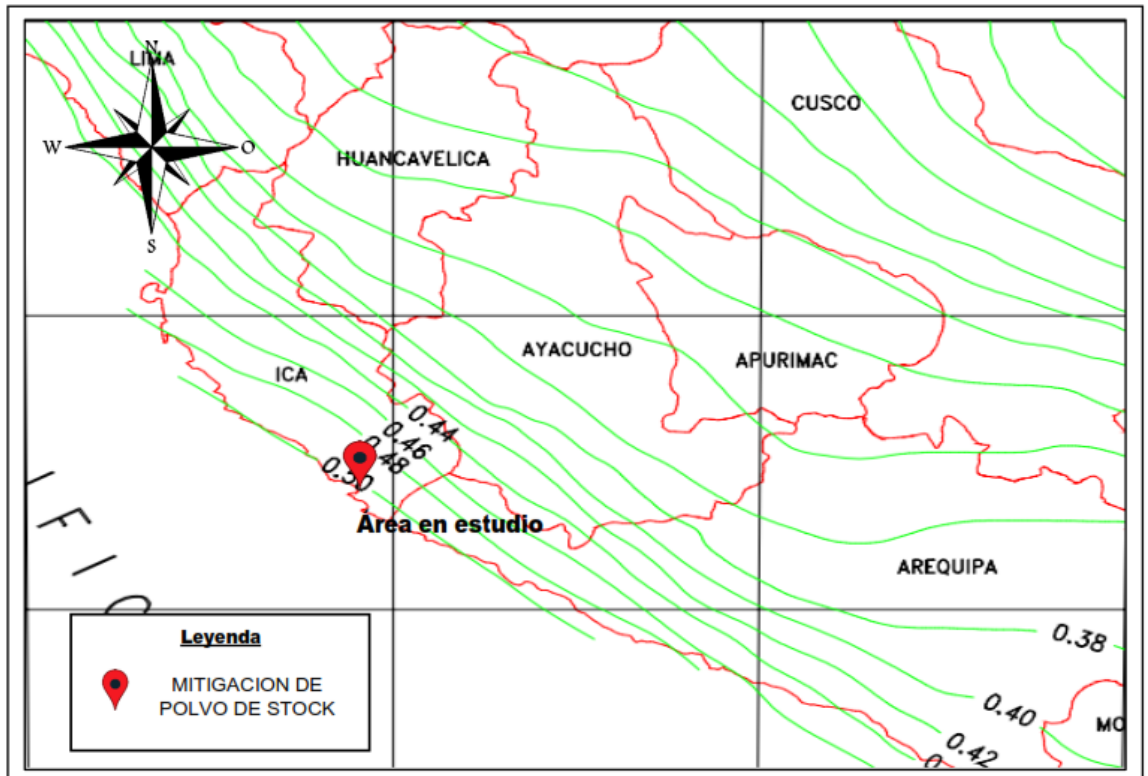
4.2.6.1. Isoaceleraciones sísmicas

Debido a que el Perú es considerado una de las regiones más sísmicamente activas, que es parte del cinturón Circumpacífico que es una de las zonas sísmicamente más activas del mundo.

En este sentido, en el territorio peruano se ha formado diferentes zonas sísmicas (Figura 24 y 25) las cuales, presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menor presencia de los sismos.

Figura 24

Mapa de iso-aceleraciones para un 10% de excedencia en 50 años



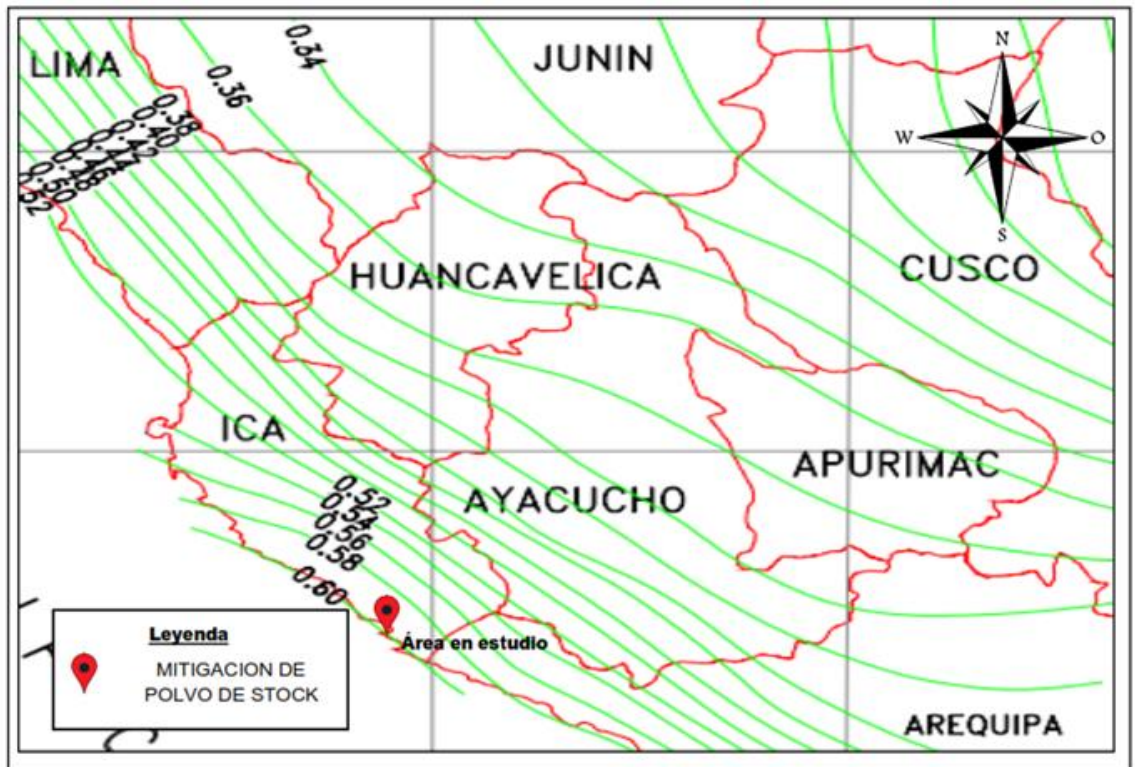
Fuente: Dinámica del Suelo - Jorge Alva

Con base en el análisis de peligrosidad sísmica para la zona de estudio, donde se determina la aceleración máxima tomando en cuenta la vida útil de 50 años con un 10% de exceso y un período de retorno de 50 a 100 años, los siguientes parámetros sísmicos:

- Aceleración máxima = 0,60 g (100 años)
- Aceleración efectiva = 0,50 g (50 años)

Figura 25

Mapa de Iso-aceleraciones para un 10% de excedencia en 100 años



Fuente: Dinámica de Suelos - Jorge Alva.

4.2.6.2. Fuerza Cortante en la base de la estructura

De acuerdo al mapa de zonificación sísmica y de acuerdo a la Norma Sismo - Resistente E-030 del código Nacional de construcciones, el área de estudio corresponde a una sísmica fuerte con una intensidad media superior a V en la escala Mercalli modificada. Sabiendo que el esfuerzo cortante total en la parte inferior de la estructura correspondiente a la dirección en cuestión está determinado por la siguiente expresión, la cual puede ser calculada de acuerdo a la norma de diseño sísmico E-030: diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificación (D.S. N° 001,2016-vivienda, 2016) y modificada con (D.S.N° 002-2014-vivienda, 2014) conforme a la siguiente relación:

$$V = \frac{ZxUxCxS}{R_d} xP$$

Dónde:

Z: Factor de área.

U: Factor de uso.

S: Factor tipo de suelo.

C: Amplificación sísmica.

R_d: Factor de reducción.

P: Peso de la estructura

V: Fuerza cortante en la base de la Estructura

4.2.6.3. Factor de Zona

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en el plano del Perú (Figura 26).

Figura 26

Zonificación sísmica del Perú



Fuente: Norma Técnica Peruana E030, 2016.

La zonificación está basada en la distribución espacial de la sísmica observada, las particularidades generales de los movimientos

sísmicos y su atenuación con la distancia del epicentro, así como la información geotectónica. (Norma Técnica E. 030, 2019).

A cada área se le asigna un factor Z , que se analiza e interpreta como la aceleración máxima horizontal sobre un suelo rígido se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad y tiene una probabilidad de exceder el 10% en 50 años. Para la investigación actual se debe considerar un $Z=0,45$, por estar en la zona 4 de la zonificación sísmica del Perú.

4.2.6.4. Factor de Tipo del Suelo

Para efectos de la Norma de Diseño Sismo Resistente E-030, las secciones de suelo se clasifican teniendo en cuenta las propiedades mecánicas del suelo, la potencia del estrato, el período de vibración y la velocidad de propagación de las onda de corte los tipos de suelos; Norma Técnica E. 030, 2019), se consideran cinco tipologías básicas:

Perfil Tipo S0: Roca Dura.

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte (V_s) superior que 1500 m/s. Norma Técnica E. 030, 2019).

Tipo de registro S1: Roca o suelo muy duro.

Esta categoría corresponde a rocas con diferentes grados de fracturamiento de masas homogéneos y los suelos muy duros con velocidades de propagación de onda de corte (V_s) entre 500 m/s y 1500 m/s incluyendo casos basados en los que se cimienta sobre:

- Roca fisurada, con una resistencia a la compresión no confinada igual o mayor a 500 kPa (5 kg/cm²). Norma Técnica E. 030, 2019).

- Arena o grava muy densa con N mayor a 50. Norma Técnica E. 030, 2019).

Perfil Tipo S2: Suelos intermedios.

Se consideran los suelos medianamente rígidos con velocidades de propagación de onda de corte (V_s) entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena Densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT N60 entre 15 y 50. Norma Técnica E. 030, 2019).
- Suelo Cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenadas entre 50 kPa (0,5 kg/cm²) y 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad. Norma Técnica E. 030, 2019).

Perfil Tipo S3: Suelos Blandos.

Esta clase corresponde a suelos blandos con velocidades de propagación de ondas de corte (V_s menor o igual a 180 m/s, incluyendo casos en los que se cimienta sobre:

- Arena media a fina o grava arenosa, con SPT, valores de N, menores a 15 (Norma Técnica E. 030, 2019).

Perfil Tipo S4: Condiciones excepcionales.

Según (Norma Técnica E. 030, 2019), esta categoría corresponde a suelos particularmente blandos y a lugares en condiciones geológicas y/o topográficas particularmente desfavorables, ya que conviene considerar el tipo de sección que mejor describa las condiciones locales, utilizando los respectivos valores del factor de amplificación del suelo S, y de los periodos TP y TL, especificadas en la Norma Técnica Peruana E.030.

Tabla 13*Factores sísmicos del suelo*

Zona / suelo	S₀	S₁	S₂	S₃
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00
T_p(S)	0.30	0.40	0.60	1.00
T_l(S)	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: Norma técnica peruana E.030

El perfil aplicable a la clasificación sísmica del suelo y su parámetro sísmico corresponde a dos (2) zona geotécnica por el tipo de material encontrado:

4.2.6.5. Categoría de las Edificaciones (factor U)

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en el cuadro siguiente, de la norma E030. Para el estudio en mención la categoría es C (Edificaciones Comunes) corresponde un Factor $U = 1,0$. (Norma Técnica E. 030, 2019).

Tabla 14*Factor de Uso*

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado. Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,50
B Edificaciones Importantes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1.30
C Edificaciones Comunes	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	1.00
D Edificaciones Temporales		Ver nota 2

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U será como mínimo 1,5.

Nota 2: En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

4.2.6.6. Factores para Diseño Sismo Resistente

Según (Norma Técnica E. 030, 2019) de todos los datos presentados anteriormente para que se pueda determinar cada parámetro, un resumen de todos los valores obtenidos para el Diseño Sismo-resistente:

Tabla 15*Diseño Sismo Resistente - suelos intermedios*

FACTORES		Valores
Zona (Z)	Zona 4	0.45
Uso (U)	C Edificaciones Comunes	1.00
Tipo suelo(S)	Suelos intermedios S2	1.0
Periodos	TP(S)	0.60 s
	TL(S)	2.00 s

Tabla 16*Diseño Sismo Resistente - Rocas o suelos muy rígidos*

FACTORES		Valores
Zona (Z)	Zona 4	0.45
Uso (U)	C Edificaciones Comunes	1.00
Tipo suelo(S)	Rocas o Suelos muy rígidos S1	1.00
Periodos	TP(S)	0.40 s
	TL(S)	2.50 s

4.2.7. Caracterización Geotécnica de los Geomateriales

Para obtener una primera aproximación de la competencia del subsuelo, se han correlacionado el cartografiado del perímetro y eje de la cimentación del cortaviento del stock 4, con los resultados de los ensayos de refracción sísmica y MASW, con los perfiles estratigráficos de las calicatas y trincheras ejecutados.

4.2.7.1. Descripción del área

El stock 4 ocupa un área de 14.45 hectáreas, la cimentación de las pantallas cortaviento será en el perímetro, entonces procedemos a la identificación y ubicación espacial de los diferentes niveles que componen el suelo sub yacente, explicar sus interrelaciones y verificar posibles causas

de inestabilidad para la estructura propuesta, siempre desde la perspectiva del punto de vista de la mecánica de suelos y rocas.

Asimismo, se encontraron los parámetros geotécnicos y las características del terreno, analizando la interacción entre éste y la estructura de cimiento, de manera que se pudo ensayar el comportamiento de los diferentes modelos de cimentación, considerados adecuados para la estructura proyectada.

Figura 27

Ubicación de la pantalla cortaviento, Paquete 4 – Mina.



4.2.7.2. Zonificación geotécnica

Según Gonzales (2001) la zonificación geotécnica está basada en la clasificación de unidades geotécnicamente homogéneas, que comprende diferentes edades geológicas; a su vez, estas pueden dividirse en subunidades. El detalle y el grado de homogeneidad dependen de la escala, objetivo del mapa y datos disponibles. La delimitación de las unidades geotécnicas de suelos y rocas se deberá realizar de acuerdo a sus

propiedades físicas y mecánicas, como resistencia, deformabilidad, permeabilidad, etc.

Referido a la zonificación de suelos, una de las opciones es realizarlo de acuerdo al Sistema Unificado SUCS, carta de plasticidad de Casagrande, tipo de depósito, Consistencia o Densidad Relativa, permeabilidad, y parámetros de resistencia. Para la zonificación de rocas se deberá tener en cuenta clasificaciones geomecánicas, las que están referidas a la resistencia de la matriz rocosa, meteorización y/o alteración, frecuencia, distribución y tipos de discontinuidades, el grado de fracturamiento y permeabilidad.

Las características dinámicas del suelo han permitido identificar en el área de estudio, de acuerdo a la Norma de Construcción Sismorresistente (Norma E.030).

El tipo de análisis de los datos empleados para realizar la zonificación geotécnica es descriptivo/inferencial y tiene su fundamento principal en la observación. La elaboración de los planos de zonificación geotécnica del área de estudio, ha sido sobre la base de lo descrito líneas arriba y complementado con los perfiles de la investigación geotécnica directa realizada.

ZG-I: Afloramiento de rocas granodiorita

Ha sido registrado a través de la delimitación del cartografiado los afloramientos rocosos en los taludes de corte existente, y el registro de calicatas. Esta unidad geotécnica consiste mayormente rocas granodiorita, color a gris oscuro que varía a gris claro y gris plomizo por alteración, con

dureza de R4 a R5; poco a muy fracturado, con un RQD que va de 0 hasta 100 %. Calidad de roca RMR de mala a buena.

Este afloramiento está cubierto por depósitos residuales, el cual presenta una mezcla heterogénea de depósitos eólicos, marinos y residuales, entre 0.50 m. a 2.50 m. de potencia.

ZG-II (Deposito eólicos)

Esta zona, como en todos los intentos de zonificación, es la más complicada. Realmente es difícil precisar las fronteras que la limitan el estrato de cobertura de arena, la roca fracturada y la potencia real del depósito eólico.

Sin embargo, apoyándonos en los ensayos directos e indirectos realizados, se estima en cada eje, donde se tiene el análisis de las siguientes velocidades de las ondas primarias V_p y ondas de corte V_s .

Eje A: Km. 0+060 – km. 0+270

Se ha realizado los ensayos geofísicos LS-05/MASW - 05 y LS-06/MASW 06 uno a continuación del otro, sobre el hombro del talud superior.

Los resultados de ambos perfil geo sísmico de la LS-05 y LS-06, se ha definido 4 estratos; el primer estrato velocidades que varían entre 100 m/s a 300 m/s, con espesores que van entre 0.10 m. - 0.9 m; y corresponde al material de cobertura suelto; para el segundo estrato se ha registrado valores que varían entre 300 m/s a 700 m/s, con espesores de 2.20 m. a 4.20 m. y corresponde a suelos medianamente densos; el tercer estrato presenta velocidades que varían entre 700 m/s y 1700 m/s, con espesores de 7.90 m. a 16.70 m. y corresponde a suelos densos a roca fracturada; finalmente, el

cuarto estrato presenta velocidades que varían entre 1700 m/s a 2300 m/s, con espesores de 6.90 m. a 13.40 m. y corresponde a suelos muy denso a roca ligeramente fracturada.

Los resultados muestran que el comportamiento dinámico del suelo en el área y nivel de cimentación de los estribos de acuerdo a las velocidades de corte (V_p) de Líneas MASW – 05 y MASW - 06, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 17

Comportamiento dinámico del suelo en el área de estudio

Estrato	MASW-05		Clasificación del sitio (Fuente IBC, 2012)			Clasificación de los perfiles de suelos Norma E-030		
	Ondas de corte (V_s)	Espesor (m.)	Tipo de suelo	Velocidad de corte V_s	Nombre de suelo	Perfil	V_s	N_{60}
1	245 - 330	3.8	D	$180 < V_s < 360$	Suelo rígido	S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50
2	386 - 682	14.9	C	$360 < V_s < 760$	Suelo muy denso o roca blanda			
3	759 - 989	11.3	B	$760 < V_s < 1500$	Roca	S ₁		-
Estrato	MASW-06		Clasificación del sitio (Fuente IBC, 2012)			Clasificación de los perfiles de suelos Norma E-030		
	Ondas de corte (V_s)	Espesor (m.)	Tipo de suelo	Velocidad de corte V_s	Nombre de suelo	Perfil	V_s	N_{60}
1	210 - 312	3.8	D	$180 < V_s < 360$	Suelo rígido	S ₂	180 m/s a 500 m/s	> 50
2	375 - 651	9.8	C	$360 < V_s < 760$	Suelo muy denso o roca blanda			
3	724 - 1027	16.4	B	$760 < V_s < 1500$	Roca	S ₁	500 m/s a 1500 m/s	-

Analizando las V_p y V_s de los ensayos LS-05/MASW - 05 y LS-06/MASW - 06, podemos estimar los siguiente:

- El contacto suelos roca entre km. 0+110– 0+190, está a una profundidad de 14.9 m.
- El contacto suelos roca entre km. 0+190 – 0+270, está a una

profundidad de 9.80 m.

Se ha realizado el ensayo geofísico LS-07/MASW - 07, en la plataforma existente entre km. 0+140 – 0+220.

El resultado del perfil geo sísmico de la LS-07, se ha definido 4 estratos; el primer estrato velocidades que varían entre 200 m/s a 300 m/s, con espesores que van entre 0.10 m. - 0.2 m; y corresponde al material de cobertura suelto; para el segundo estrato se ha registrado valores que varían entre 300 m/s a 700 m/s, con espesores de 0.50 m. a 1.00 m. y corresponde a suelos medianamente densos; el tercer estrato presenta velocidades que varían entre 700 m/s y 1700 m/s, con espesores de 6.10 m. a 13.40 m. y corresponde a suelos densos a roca fracturada; finalmente, el cuarto estrato presenta velocidades que varían entre 1700 m/s a 2000 m/s, con espesores de 11.00 m. a 17.70 m. y corresponde a suelos muy denso a roca ligeramente fracturada.

Los resultados muestran que el comportamiento dinámico del suelo en el área y nivel de cimentación de los estribos de acuerdo a las velocidades de corte (V_p) de Líneas MASW – 07, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 18

Comportamiento dinámico del suelo en el área y nivel de cimentación

Estrato	MASW-07		Clasificación del sitio (Fuente IBC, 2012)			Clasificación de los perfiles de suelos Norma E-030		
	Ondas de corte (V_s)	Espesor (m.)	Tipo de suelo	Velocidad de corte V_s	Nombre de suelo	Perfil	V_s	N_{60}
1	417 - 694	8.9	C	$360 < V_s < 760$	Suelo muy denso o roca blanda	S_1	500 m/s a 1500 m/s	-
2	790 - 1167	21.1	B	$760 < V_s < 1500$	Roca			

Analizando las V_p y V_s del ensayo LS-07/MASW - 07, podemos estimar lo siguiente:

- El contacto suelos roca entre km. 0+140 – 0+220, está a una profundidad de 8.90 m.

También se ha realizado investigación geotécnica directa tiene el fin de caracterizar el geo material del área (deposito eólico), para el cual se ha realizado las calicatas CG-02, CG-03 y CG-03A, con obtención de muestra para realizar los ensayos solicitados; en la calicata CG-02 se obtenido muestra de roca se ha obtenido una compresión simple de 1410 Kg/cm^2 , la muestra ensayada de la CG-03 el laboratorio ha reportado la clasificación como arena arcillosa (SM) y los parámetros tiene una cohesión de 0.00 kg/cm^2 , ángulo de fricción interna 30.6° .

Considerando lo descrito líneas arriba podemos estimar, al nivel de cimentación más adecuado de las zapatas de los cortavientos estaría a 9.80 m. de profundidad a partir de la cota de 775 msnm, el cual sería el más adecuado; sin embargo, mejorando el terreno de fundación la cimentación sería más superficial entre 2.80 m a 3.80 m.

Eje C: Km. 0+100 – km. 0+320

Se ha realizado los ensayos geofísicos LS-01/MASW - 01 y LS-02/MASW 02 uno a continuación del otro, en la plataforma existente.

Los resultados de ambos perfil geo sísmico de la LS-01 y LS-02, se ha definido 4 estratos; el primer estrato velocidades que varían entre 100 m/s a 300 m/s, con espesores que van entre 0.10 m. - 0.5 m; y corresponde al material de cobertura suelto; para el segundo estrato se ha registrado valores que varían entre 300 m/s a 700 m/s, con espesores de 0.40 m. a 2.20

m. y corresponde a suelos medianamente densos; el tercer estrato presenta velocidades que varían entre 700 m/s y 1700 m/s, con espesores de 2.20 m. a 8.30 m. y corresponde a suelos densos a roca fracturada; finalmente, el cuarto estrato presenta velocidades que varían entre 1700 m/s a 2900 m/s, con espesores de 9.50 m. a 13.20 m. y corresponde a suelos muy denso a roca ligeramente fracturada.

Los resultados muestran que el comportamiento dinámico del suelo en el área y nivel de cimentación de los estribos de acuerdo a las velocidades de corte (V_p) de Líneas MASW – 01 y MASW - 02, se muestra la siguiente tabla.

Tabla 19

Comportamiento dinámico del suelo en el área de estudio

Estrato	MASW-01		Clasificación del sitio (Fuente IBC, 2012)			Clasificación de los perfiles de suelos Norma E-030		
	Ondas de corte (V_s)	Espesor (m.)	Tipo de suelo	Velocidad de corte V_s	Nombre de suelo	Perfil	V_s	N_{60}
1	545 - 710	3.80	C	$360 < V_s < 760$	Suelo muy denso o roca blanda	S_1	500 m/s a 1500 m/s	-
2	848 - 1331	26.20	B	$760 < V_s < 1500$	Roca			
Estrato	MASW-02		Clasificación del sitio (Fuente IBC, 2012)			Clasificación de los perfiles de suelos Norma E-030		
	Ondas de corte (V_s)	Espesor (m.)	Tipo de suelo	Velocidad de corte V_s	Nombre de suelo	Perfil	V_s	N_{60}
1	242 - 313	2.30	D	$180 < V_s < 360$	Suelo rígido			
2	365 - 621	8.60	C	$360 < V_s < 760$	Suelo muy denso o roca blanda	S_2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50
3	720 - 1208	19.10	B	$760 < V_s < 1500$	Roca	S_1	500 m/s a 1500 m/s	-

Analizando las V_p y V_s de los ensayos LS-01/MASW - 01 y LS-02/MASW 02, podemos estimar los siguiente:

- El contacto suelos roca entre km. 0+140 – 0+220, está a una profundidad de 3.80 m.
- El contacto suelos roca entre km. 0+220 – 0+280, está a una profundidad de 10.90 m.

El ensayo de la LS-03 se ha realizado transversal y entre las dos líneas anterior y abarca desde la proforma, talud y meseta, se ha definido 4 estratos; el primer estrato velocidades que varían entre 100 m/s a 300 m/s, con espesores que van entre 0.40 m. - 1.40 m; y corresponde al material de cobertura suelto; para el segundo estrato se ha registrado valores que varían entre 300 m/s a 700 m/s, con espesores de 1.80 m. a 7.10 m. y corresponde a suelos medianamente densos; el tercer estrato presenta velocidades que varían entre 700 m/s y 1700 m/s, con espesores de 6.90 m. a 13.0 m. y corresponde a suelos densos a roca fracturada; finalmente, el cuarto estrato presenta velocidades que varían entre 1700 m/s a 1800 m/s, con espesores de 4.90 m. a 7.10 m. y corresponde a suelos muy denso a roca ligeramente fracturada.

Los resultados muestran que el comportamiento dinámico del suelo en el área y nivel de cimentación de los estribos de acuerdo a las velocidades de corte (V_p) de Líneas MASW – 03, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 20

Comportamiento dinámico del suelo en el área de estudio

Estrato	MASW-03		Clasificación del sitio (Fuente IBC, 2012)			Clasificación de los perfiles de suelos Norma E-030		
	Ondas de corte (V_s)	Espesor (m.)	Tipo de suelo	Velocidad de corte V_s	Nombre de suelo	Perfil	V_s	N_{60}
1	220 - 362	5.50	D	$180 < V_s < 360$	Suelo rígido	S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50
2	390 - 662	13.20	C	$360 < V_s < 760$	Suelo muy denso o roca blanda			
3	724 - 935	11.30	B	$760 < V_s < 1500$	Roca	S ₁	500 m/s a 1500 m/s	-

Sobre hombro del talud superior, entre km. 0+150 – km. 0+230, se ha realizado el ensayos LS-04, las velocidades de las ondas primaria ha

definido 4 estratos; el primer estrato velocidades que varían entre 100 m/s a 300 m/s, con espesores que van entre 0.50 m. - 0.70 m; y corresponde al material de cobertura suelto; para el segundo estrato se ha registrado valores que varían entre 300 m/s a 700 m/s, con espesores de 3.90 m. a 7.10 m. y corresponde a suelos medianamente densos; el tercer estrato presenta velocidades que varían entre 700 m/s y 1700 m/s, con espesores de 10.0 m. a 16.10 m. y corresponde a suelos densos a roca fracturada; finalmente, el cuarto estrato presenta velocidades que varían entre 1700 m/s a 1800 m/s, con espesores de 2.00 m. a 10.30 m. y corresponde a suelos muy denso a roca ligeramente fracturada.

Analizando las V_p y V_s de los ensayos LS-03/MASW – 03 y LS-04, se estima lo siguiente:

- El contacto suelos roca entre en la sección del km. 0+250 y paralelo al Eje entre km. 0+150 – km. 0+230, está a una profundidad de 18.70 m. Considerando esta sección podemos estimar, al nivel de cimentación más adecuado de las zapatas de los cortavientos estaría a 5.50 m. de profundidad a partir de la cota de 780 msnm, el cual sería el más adecuado; sin embargo, mejorando el terreno de fundación la cimentación sería más superficial entre 2.50 m a 3.5 m.

También se ha realizado investigación geotécnica directa tiene el fin de caracterizar el geo material del área (deposito eólico), para el cual se ha realizado la calicata CG-04 en el km. 0+210 con obtención de muestra para realizar los ensayos solicitados, el laboratorio ha reportado la clasificación como arena arcillosa (SM) y los parámetros tiene una cohesión de 0.00 kg/cm², ángulo de fricción interna 31.0°.

ZG-III (Relleno estructural)

Esta unidad integra una de rellenos estructural, donde se ha realizados ensayos geofísicos LS-08/MASW – 08, en la plataforma existente.

Sobre la plataforma entre km. 0+620 – km. 0+700, se ha realizado el ensayos LS-08, las velocidades de las ondas primaria ha definido 3 estratos; el primer estrato velocidades que varían entre 400 m/s a 700 m/s, con espesores que van entre 0.50 m. - 0.70 m; y corresponde al material a suelos medianamente densos; el segundo estrato presenta velocidades que varían entre 700 m/s y 1700 m/s, con espesores de 4.70 m. a 11.70 m. y corresponde a suelos densos a roca fracturada; finalmente, el último estrato presenta velocidades que varían entre 1700 m/s a 2000 m/s, con espesores de 12.20 m. a 19.50 m. y corresponde a suelos muy denso a roca ligeramente fracturada.

Los resultados muestran que el comportamiento dinámico del suelo en el área y nivel de cimentación de los estribos de acuerdo a las velocidades de corte (V_p) de Líneas MASW – 08, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 21

Comportamiento dinámico del suelo

Estrato	MASW-08		Clasificación del sitio (Fuente IBC, 2012)			Clasificación de los perfiles de suelos Norma E-030		
	Ondas de corte (V_s)	Espesor (m.)	Tipo de suelo	Velocidad de corte V_s	Nombre de suelo	Perfil	V_s	N_{60}
1	514 - 659	5.3	C	$360 < V_s < 760$	Suelo muy denso o roca blanda	S_1	500 m/s a 1500 m/s	-
2	731 - 1281	24.7	B	$760 < V_s < 1500$	Roca			

Analizando las V_p y V_s de los ensayos LS-08/MASW – 08, se estima lo siguiente:

- El contacto suelos roca entre km. 0+620 – km. 0+700, está a una profundidad de 5.30 m.

También se ha realizado investigación geotécnica directa con el fin de caracterizar el geo material del área (relleno estructural), para el cual se ha realizado la calicata CG-01 en el km. 0+680 con obtención de muestra para realizar los ensayos solicitados, el laboratorio ha reportado la clasificación como grava limo arcillosa con arena (GC - GM) y los parámetros tiene una cohesión de 0.08 kg/cm^2 , ángulo de fricción interna 33.20° .

Considerando el perfil analizado, podemos estimar, al nivel de cimentación más adecuado de las zapatas de los cortavientos estaría a 2.50 m. de profundidad a partir de la cota de 771 msnm, el cual sería el más adecuado.

4.2.8. Condicionantes Geotécnicos de la Cimentación

Teniendo en cuenta el tipo de los cortavientos previstas, su organización , la topografía del área de estudio y la distribución de los materiales identificados, el mapa del perfil del perímetro nos apoyaremos en dicho plano, el cual se ha realizados previa análisis e interpretación de los resultados obtenidos de las investigaciones geotécnicas directas e indirectas y cartografiado geológico, para la cimentación seleccionada podrá estar constituido por cualquiera de los niveles geotécnicos descritos en el ítem de caracterización geotécnica de los geo materiales.

Considerando la heterogeneidad del terreno al que se debe especificar el bulbo de presión de cimentación, se muestra que para cimentaciones con elementos aislados es recomendable que las zapatas queden entrelazadas en dos direcciones perpendiculares al espacio mediante arriostramientos o vigas entrelazadas, mejorar el comportamiento frente a cualquier asiento diferencial que pueda ocasionar.

Del mismo modo, se recomienda examinar el plano de apoyo después de realizar la excavación para identificar cualquier relleno inadecuado o remoción de material suelto y verificar y asegurar un plano de apoyo limpio y optimizado.

En el área del stock, se ha definido cimentación en suelos y roca.

4.2.8.1. Análisis de cimentación sobre roca

Una cimentación en roca, como cualquier otra, tiene como propósito transmitir al terreno las cargas que recibe de la estructura que soporta. Para su buen funcionamiento, la transmisión se debe realizar sin alcanzar la capacidad de carga o rotura del macizo rocoso. También, las deformaciones que experimenta el macizo bajo la acción de la carga que recibe, debe resultar compatible con las características resistentes de la estructura que soporta y de las funciones que desempeña.

4.2.8.2. Capacidad de carga en rocas

Como se había mencionado, los macizos rocosos son medios discontinuos que estrictamente no pueden ser analizados como medios homogéneos y continuos en algunas ocasiones, por lo mismo su comportamiento bajo alguna carga depende esencialmente de las características del mismo, además de la resistencia y deformabilidad que se presente en las discontinuidades y en la roca intacta probada en el laboratorio.

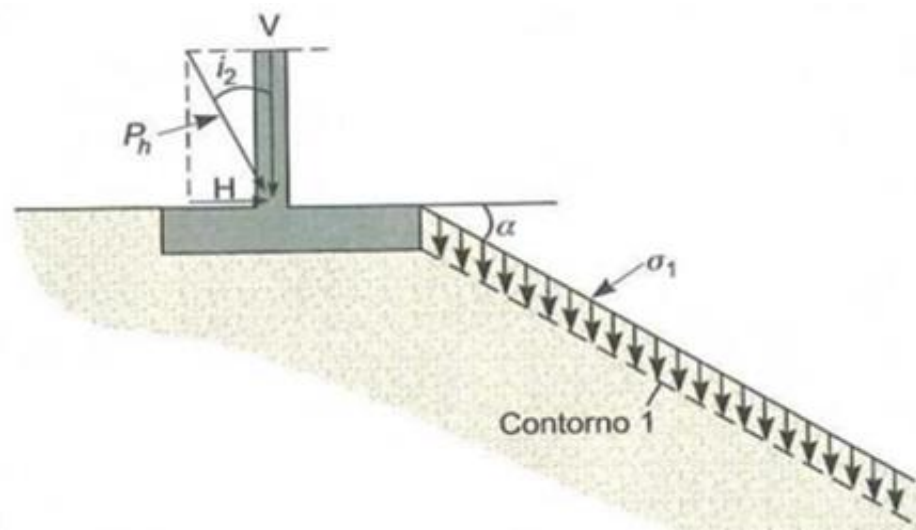
La capacidad de carga de las rocas sometidas a ciertas cargas es muy grande comparada con la sollicitación a la que será impuesta, de modo que no constituye un factor limitante para el dimensionamiento, sin embargo, es necesario realizar un cálculo de este factor para así dar más seguridad al diseño de la obra.

Método de Serrano y Olalla

Este método fue desarrollado en 2011 para el cálculo de la carga de hundimiento en cimentaciones superficiales utilizando el método de Mohr Coulomb, considerando el medio homogéneo e isotrópico.

Figura 28

Definición geométrica empleada en la determinación de las presiones admisibles en rocas por métodos analíticos simplificados



En donde:

P_h : Carga de hundimiento buscado.

i_2 : Inclinación de la carga con respecto a la vertical.

σ_1 : presión vertical actuante en el contorno 1, situado junto a la cimentación; corresponde en el caso simplificado de la sobrecarga de tierra por encima de la base de la zapata.

α : inclinación de la superficie del terreno junto a la zapata junto (contorno 01).

La carga de hundimiento se calcula a partir de:

$$P_h = \beta(N_\beta - \zeta)$$

Donde:

$$\beta = \frac{m\sigma_{ci}}{8} = \frac{m_i\sigma_{ci}}{8} \exp \frac{RMR-100}{28}$$

$$\zeta = \frac{8s}{m^2} = \frac{8}{m_i^2} \exp \frac{RMR-100}{25.2}$$

Con m , s y m_i los parámetros del criterio de Hoek y Brown y σ_{ci} el valor de la resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa.

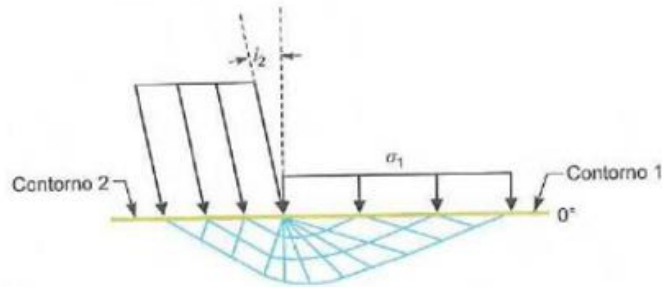
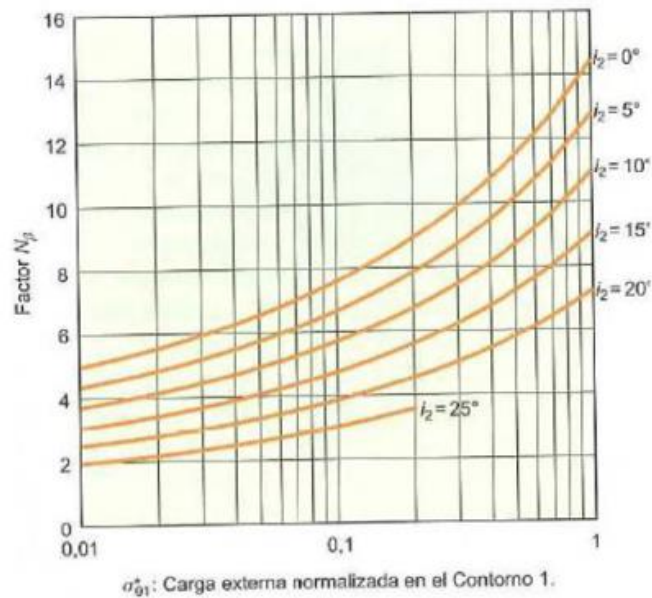
N_β es un coeficiente de carga en función de la inclinación del terreno, de la inclinación de las cargas y de la sobrecarga externa normalizada alrededor del cimiento σ_{01}^*

$$\sigma_{01}^* = \frac{\sigma_1}{\beta} + \zeta$$

En la figura 29, se presenta los valores de N_β para terrenos horizontal y sobrecarga externa en el eje y . para situaciones más complejas se puede referir a Serrano y Olalla (1993).

Figura 29

Valores de coeficiente de carga de hundimiento $N\beta$ en función de la carga exterior normalizada y el ángulo de inclinación de las cargas (para superficies horizontales $\beta=0^\circ$)



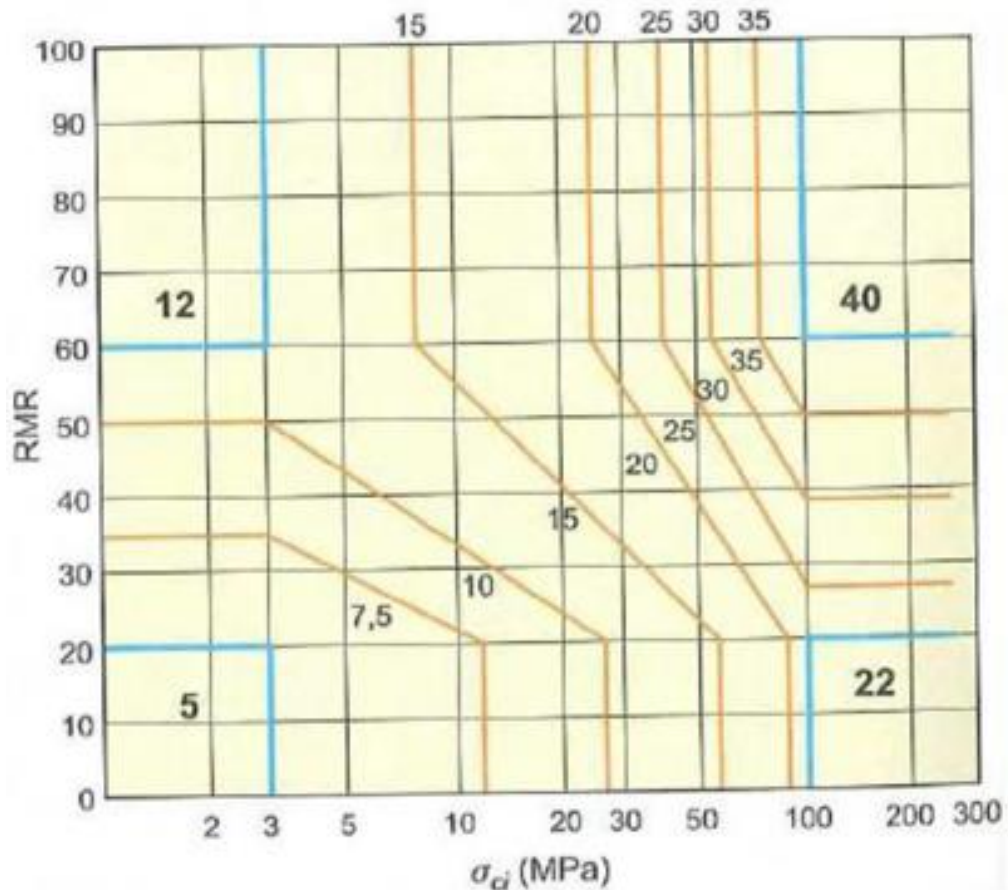
En este caso, la carga admisible puede encontrarse al dividir la carga la carga de hundimiento por un coeficiente de seguridad global F , de la forma:

$$F = F_p F_m$$

F_p considera variaciones estadísticas de los parámetros de la roca, así como la probabilidad de rotura del cimentado, según la siguiente la figura.

Figura 30

Coeficiente de seguridad parcial F_p para una probabilidad de rotura de menor a 10^{-4}



F_m cubre la posibilidad de que la rotura por fragilidad no se ajusta al modelo de Hoek y Brown. En el caso de pequeñas cimentaciones sobre macizos rocosos similares a la roca intacta se debe tener en cuenta el comportamiento frágil de la roca; si $\sigma_{ci} > 100$ MPa. el macizo rocoso se considera frágil y se recomienda valores de F_m entre 5 y 8. Para $\sigma_{ci} > 12.5$ Mpa. se puede considerar comportamiento dúctil o plástico y F_m puede tomarse como 1. Si el macizo está muy fracturado el comportamiento no será frágil y no existen motivo para adoptar un factor de seguridad para F_m (Jiménez, 2002).

Los reportes de la memoria de cálculos de ambos estribos, fueron desarrollados según esta metodología, la data input ha sido los parámetros de resistencia que se muestra en la tabla 22.

Dichos parámetros de resistencia fueron seleccionados a partir de la evaluación y análisis de las investigaciones geotécnicas directas e indirectas, como también de los ensayos de laboratorio realizados.

A continuación, se presenta el resumen de la memoria de cálculos realizado.

Tabla 22

Propiedades de la roca: data input – resultados

Eje	Resistencia a la compresión simple (kg/cm ²)	Clasificación de la roca (RMR)	Peso específico (kN/m ³)	m ₀	N _b	F _p	F _m	S _{sadh} (q _{adm}) (Mpa)	S _{sadh} (q _{adm}) (kg/cm ²)	Asentamiento de carga rígida (cm.)
A	1410	58 (%)	24.52	30	5.0	35	4.91	0.5322	5.32	0.0644
C	1410	58 (%)	24.52	30	5.0	35	4.91	0.5322	5.32	0.0644
D	1410	58(%)	24.52	30	5.0	35	4.91	0.5322	5.32	0.0644

4.2.9. Análisis de cimentación sobre suelo

A continuación, se presenta el análisis de cimentación en suelo, desarrollado en base a los resultados de la evaluación geotécnica.

4.2.9.1. Parámetros de resistencia

Los parámetros de resistencia, se presentan en el Capítulo Parámetros de diseño sismo resistente. (4.2.6)

4.2.10. Profundidad de la cimentación

Tomando en cuenta las características geológicas – geotécnicas de los suelos evaluados en el trabajo de campo, las dimensiones de las estructuras proyectadas y los niveles de carga impuesta por estas últimas; se ha determinado las profundidades mínimas de cimentación, las mismas que se presentan en tablas resumen.

4.2.11. Capacidad admisible del suelo

4.2.11.1. Cálculo de capacidad de carga admisible

El cálculo de la capacidad admisible de carga se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck; los factores de capacidad de carga N_q y N_c de Meyerhof y N_γ de Vesic; los factores de forma de DeBeer y los factores de profundidad de Hansen.

Se tiene:

$$q_{ult} = CNcFcdFci + \frac{1}{2} \gamma BN\gamma F\gamma s F\gamma i + \gamma Df Nq Fqs Fqd Fqi$$

$$q_{ad} = \frac{q_u}{F_s}$$

Dónde:

q_u = capacidad última de carga.

q_{ad} = capacidad admisible de carga.

F_s = factor de seguridad = 3.

γ = peso unitario del suelo.

C = cohesión (kg/cm²)

D_f = profundidad de cimentación.

N_c, N_γ, N_q = parámetros de capacidad portante en función de f

$F_{cs}, F_{\gamma s}, F_{qs}$ = factores de forma De Beer 1970, Hansen 1970.

$F_{cd}, F_{\gamma d}, F_{qd}$ = factores de profundidad Hansen 1970.

$F_{ci}, F_{\gamma i}, F_{qi}$ = factores de inclinación de carga Meyerhof 1963, Hanna y Meyerhof 1981.

4.2.11.2. Capacidad admisible por asentamiento

Se ha adoptado el criterio de limitar el asentamiento de la cimentación a 1 pulgada, por el tipo de cimentación. Lambe (1994).

Para determinar el asentamiento en suelos granulares se ha utilizado el método elástico para el cálculo del asentamiento inmediato mediante la siguiente relación.

$$S_i = \frac{q B (1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

Dónde:

S_i = Asentamiento en cm

μ = Relación de Poisson

I_f = Factor de forma (cm/m)

E_s = Modulo de elasticidad (t/m²)

B = Ancho de la cimentación

Considerando la metodología descrita y los asentamientos, se presenta en resumen los valores obtenidos en las diferentes zonas geotécnica de las cargas ultimas, capacidad admisible y asentamientos elástico.

En el siguiente cuadro se presenta el resumen de la carga ultima y capacidades admisibles, en la Zonificación Geotécnica (ZG-II) eje A.

Tabla 23*Resumen de la capacidad del suelo de fundación eje A*

Deposito	Geometría de la zapata			Parámetros geotécnicos			Capacidad de carga del suelo		Asentamiento elástico (cm.)
	B	L	Df	γ (g/cm ³)	C (kg/cm ³)	ϕ°	qult (kg/cm ²)	qadm(kg/cm ²)	
Arena eólica (ZG-II)	2.50	4.00	0.50	1.53	0.00	30.60	1.13	0.38	0.226
	2.50	4.00	1.00	1.53	0.00	30.60	1.66	0.55	0.332
	2.50	4.00	1.50	1.53	0.00	30.60	2.24	0.75	0.448
	2.50	4.00	2.00	1.53	0.00	30.60	2.87	0.96	0.574
	2.50	4.00	2.50	1.53	0.00	30.60	3.55	1.18	0.711
Arena eólica (ZG-II)	2.50	4.50	0.50	1.53	0.00	30.60	1.14	0.38	0.24
	2.50	4.50	1.00	1.53	0.00	30.60	1.65	0.55	0.348
	2.50	4.50	1.50	1.53	0.00	30.60	2.21	0.74	0.466
	2.50	4.50	2.00	1.53	0.00	30.60	2.83	0.94	0.595
	2.50	4.50	2.50	1.53	0.00	30.60	3.49	1.16	0.734
Arena eólica (ZG-II)	2.50	4.50	3.00	1.53	0.00	30.60	3.96	1.32	0.833
	2.80	4.50	0.50	1.53	0.00	30.60	1.20	0.40	0.271
	2.80	4.50	1.00	1.53	0.00	30.60	1.73	0.58	0.387
	2.80	4.50	1.50	1.53	0.00	30.60	2.29	0.76	0.514
	2.80	4.50	2.00	1.53	0.00	30.60	2.90	0.97	0.652
Arena eólica (ZG-II)	2.80	4.50	2.50	1.53	0.00	30.60	3.56	1.19	0.799
	2.80	4.50	3.00	1.53	0.00	30.60	4.07	1.36	0.914
	2.80	5.00	0.50	1.53	0.00	30.60	1.22	0.41	0.286
	2.80	5.00	1.00	1.53	0.00	30.60	1.72	0.57	0.405
	2.80	5.00	1.50	1.53	0.00	30.60	2.27	0.76	0.534
Arena eólica (ZG-II)	2.80	5.00	2.00	1.53	0.00	30.60	2.87	0.96	0.673
	2.80	5.00	2.50	1.53	0.00	30.60	3.51	1.17	0.824
	2.80	5.00	3.00	1.53	0.00	30.60	4.00	1.33	0.94

En la siguiente tabla se presenta el resumen de la carga ultima y capacidades admisibles, en la Zonificación Geotécnica (ZG-II) eje C.

Tabla 24*Resumen de la capacidad del suelo de fundación eje C*

Deposito	Geometría de la zapata			Parámetros geotécnicos			Capacidad de carga del suelo		Asentamiento elástico (cm.)
	B	L	Df	γ (g/cm ³)	C (kg/cm ³)	ϕ°	qult (kg/cm ²)	qadm(kg/cm ²)	
Arena eólica (ZG-II)	2.50	4.00	0.50	1.59	0.00	31.50	1.31	0.44	0.262
	2.50	4.00	1.00	1.59	0.00	31.50	1.90	0.63	0.38
	2.50	4.00	1.50	1.59	0.00	31.50	2.55	0.85	0.51
	2.50	4.00	2.00	1.59	0.00	31.50	3.25	1.08	0.651
	2.50	4.00	2.50	1.59	0.00	31.50	4.01	1.34	0.803
	2.50	4.00	3.00	1.59	0.00	31.50	4.55	1.52	0.911
Arena eólica (ZG-II)	2.50	4.50	0.50	1.59	0.00	31.50	1.32	0.44	0.278
	2.50	4.50	1.00	1.59	0.00	31.50	1.89	0.63	0.398
	2.50	4.50	1.50	1.59	0.00	31.50	2.52	0.84	0.53
	2.50	4.50	2.00	1.59	0.00	31.50	3.20	1.07	0.674
	2.50	4.50	2.50	1.59	0.00	31.50	3.94	1.31	0.829
	2.50	4.50	3.00	1.59	0.00	31.50	3.99	1.33	0.838
Arena eólica (ZG-II)	2.80	4.50	0.50	1.59	0.00	31.50	1.40	0.47	0.315
	2.80	4.50	1.00	1.59	0.00	31.50	1.98	0.66	0.445
	2.80	4.50	1.50	1.59	0.00	31.50	2.61	0.87	0.587
	2.80	4.50	2.00	1.59	0.00	31.50	3.29	1.10	0.74
	2.80	4.50	2.50	1.59	0.00	31.50	4.03	1.34	0.904
	2.80	4.50	3.00	1.59	0.00	31.50	4.59	1.53	1.032
Arena eólica (ZG-II)	2.80	5.00	0.50	1.59	0.00	31.50	1.41	0.47	0.332
	2.80	5.00	1.00	1.59	0.00	31.50	1.98	0.66	0.465
	2.80	5.00	1.50	1.59	0.00	31.50	2.59	0.86	0.609
	2.80	5.00	2.00	1.59	0.00	31.50	3.36	1.12	0.764
	2.80	5.00	2.50	1.59	0.00	31.50	3.94	1.31	0.926
	2.80	5.00	3.00	1.59	0.00	31.50	4.52	1.51	1.061

Es importante precisar en referencia a la ZG-II, el análisis en base a la geometría de la zapata del pre dimensionamiento, se obtiene valores por debajo de las sollicitaciones estructurales; entonces recomendamos mejorar el suelo de fundación con concreto pobre ($f_c=100 \text{ kg/cm}^2$), con el fin de asegurar la estabilidad de la estructura y evitar hacer grandes movimientos de tierra.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de la carga última y capacidades admisibles, en la Zonificación Geotécnica (ZG-III) eje ABC.

Tabla 25*Resumen de la capacidad del suelo de fundación eje ABC*

Deposito	Geometría de la zapata			Parámetros geotécnicos			Capacidad de carga del suelo		Asentamiento elástico (cm.)
	B	L	Df	γ (g/cm ³)	C (kg/cm ³)	ϕ°	qult (kg/cm ²)	qadm(kg/cm ²)	
Relleno estructural (ZG-III)	2.50	4.00	0.50	1.79	0.08	33.20	5.73	1.91	0.548
	2.50	4.00	1.00	1.79	0.08	33.20	6.75	2.25	0.646
	2.50	4.00	1.50	1.79	0.08	33.20	7.84	2.61	0.751
	2.50	4.00	2.00	1.79	0.08	33.20	8.99	3.00	0.862
	2.50	4.00	2.50	1.79	0.08	33.20	10.22	3.41	0.979
	2.50	4.00	3.00	1.79	0.08	33.20	10.71	3.57	1.026
Relleno estructural (ZG-III)	2.50	4.50	0.50	1.79	0.08	33.20	5.62	1.87	0.565
	2.50	4.50	1.00	1.79	0.08	33.20	6.60	2.20	0.665
	2.50	4.50	1.50	1.79	0.08	33.20	7.66	2.55	0.771
	2.50	4.50	2.00	1.79	0.08	33.20	9.51	3.17	0.957
	2.50	4.50	2.50	1.79	0.08	33.20	9.96	3.32	1.003
	2.50	4.50	3.00	1.79	0.08	33.20	10.44	3.48	1.051
Relleno estructural (ZG-III)	2.80	4.50	0.50	1.79	0.08	33.20	5.82	1.94	0.626
	2.80	4.50	1.00	1.79	0.08	33.20	6.80	2.27	0.731
	2.80	4.50	1.50	1.79	0.08	33.20	7.84	2.61	0.587
	2.80	4.50	2.00	1.79	0.08	33.20	8.94	2.98	0.961
	2.80	4.50	2.50	1.79	0.08	33.20	10.10	3.37	1.085
	2.80	4.50	3.00	1.79	0.08	33.20	10.70	3.57	1.15
Relleno estructural (ZG-III)	2.80	5.00	0.50	1.79	0.08	33.20	5.73	1.91	0.644
	2.80	5.00	1.00	1.79	0.08	33.20	6.68	2.23	0.751
	2.80	5.00	1.50	1.79	0.08	33.20	7.69	2.56	0.864
	2.80	5.00	2.00	1.79	0.08	33.20	8.76	2.92	0.984
	2.80	5.00	2.50	1.79	0.08	33.20	9.88	3.29	1.11
	2.80	5.00	3.00	1.79	0.08	33.20	3.49	1.16	1.176

4.2.11.3. Características químicas de suelos

El suelo bajo el cual se cimienta toda estructura tiene un efecto agresivo a la cimentación. Este efecto está en función de la presencia de elementos químicos que actúan sobre el concreto y el acero de refuerzo, causándole efectos nocivos y hasta destructivos sobre las estructuras (sulfatos y cloruros principalmente).

Sin embargo, la acción química del suelo sobre el concreto sólo ocurre a través del agua de infiltración que reacciona con el concreto; de ese modo el deterioro del concreto ocurre bajo el nivel freático, zona de

ascensión capilar ó presencia de agua infiltrado por otra razón (rotura de tuberías, lluvias extraordinarias, etc.).

Los principales elementos químicos a evaluar son los sulfatos y cloruros por su acción química sobre el concreto y acero del cimiento respectivamente, según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 26

Elementos químicos nocivos para la cimentación

Presencia en el Suelo de:	p.p.m	Grado de Alteración	Observaciones
	0 – 1000	Leve –S0	
* SULFATOS SO ₄	1000 - 2000 2000 - 20,000 >20,000	Moderado – S1 Severo – S2 Muy severo – S4	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación
** CLORUROS Cl	> 6,000	PERJUDICIAL	Ocasiona problemas de corrosión de armaduras o elementos Metálicos
** SALES SOLUBLES	> 15,000	PERJUDICIAL	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problema de lixiviación

* *Comité 318-83 ACI,*
 ** *Experiencia existente.*

Con respecto a las sales solubles totales, no existe en la Norma de suelos en el Perú, que indique valores máximos permisibles; la experiencia ha demostrado que concentraciones por encima de 15000 p.p.m, produce problemas de lixiviación.

Los cloruros producen corrosión a estructuras metálicas, al refuerzo de acero del concreto, etc. La referencia a valores máximos se encuentra en el RNE E-060.

Tomando como referencia la tabla 9 y los antecedentes revisados. Los valores obtenidos para Sales Solubles Totales están catalogados como “Perjudicial”; el valor obtenido de Cloruros es “Perjudicial”; el valor de la cantidad de Sulfatos se cataloga como “Severo”.

Por lo expuesto, dado los resultados obtenidos de los ensayos en la zona de estudio, se recomienda:

Construir un sistema de drenaje que no permita el ingreso de agua a las estructuras, proteger las cimentaciones con pintura bituminosa hasta 30 cm por encima del nivel terminado. Antes del desplante de los cimientos se recomienda un solado de 10 centímetros de espesor como mínimo para uniformizar cargas y aislar al cimiento de los elementos químicos. Se recomienda usar cemento tipo V (relación agua cemento a/c 0.45 máx.) en la preparación del concreto y considerar la resistencia del concreto no menor de 280 Kg/cm², con el uso de aditivo inhibidor a la corrosión.

Se recomienda controlar con ensayos químicos las muestras obtenidas de las canteras destinadas para el relleno, durante la etapa de ejecución.

La acción de los ácidos y bases se fundamenta en la participación del ion hidrógeno (H⁺), el cual es determinante en la acción de este frente al recubrimiento del material (acero de estructura).

En la siguiente tabla se resume los niveles del grado de agresividad del potencial de hidrógeno (pH), así como la clasificación de los ácidos y bases.

Tabla 27

Niveles del grado de agresividad del potencial de hidrógeno (pH)

Clasificación	pH	Grado de Agresividad
Ácidos fuertes	1 - 3	Destructora a ciertos metales
Ácidos débiles	4 - 6	Acción pasiva, no atacan a los metales como hiero y el Zinc
Bases débiles	7 - 10	Acción neutralizante
Bases fuertes	10	Acción altamente neutralizante

4.2.11.4. Determinación del pH

Con la finalidad de conocer el grado de agresividad del suelo analizado y determinar cómo puede afectar dichas concentraciones a las fundaciones de las estructuras, se realizaron los ensayos químicos con el fin de determinar el potencial de hidrógeno (pH) y así tomar las medidas necesarias para controlar y/o evitar que se produzcan daños por corrosión a la cimentación de las estructuras.

Los valores obtenidos del potencial de Hidrogeno (pH) en la zona del proyecto, se encuentran en el rango calificado como Acción Neutralizante, por lo que por este concepto no es necesario tomar medidas adicionales de protección, a las armaduras de las estructuras.

4.3. Prueba de Hipótesis

4.3.1. Hipótesis específicas

La primera hipótesis corresponde a si la caracterización del macizo rocoso define el nivel de cimentación de las zapatas de apoyo de las pantallas cortavientos de la Minera Shougang. Al realizar la clasificación geomecánica, que incluye entre otros estudios como el análisis de estabilidad mecánica del macizo rocoso que está influenciado por las condiciones de las juntas, rugosidad, alteración entre otras, más aún al evaluar la resistencia del material bajo ciertas condiciones de esfuerzo que puedan ocasionar inestabilidad del macizo rocoso, que litológicamente corresponde a una roca granodiorítica, que varía a gris claro y gris plomizo. Asimismo, al realizar los ensayos de resistencia de las rocas y suelos. En general y teniendo en cuenta la heterogeneidad del terreno al que se debe asumir el bulbo de presión de la cimentación, se muestra que para cimentaciones con elementos aislados, es recomendable que las zapatas queden entrelazadas en dos direcciones

perpendiculares del espacio mediante vigas riostras o de atado que mejoran el comportamiento frente a posibles asentamientos diferenciales.

En tal sentido, bajo lo referido anteriormente y al analizar los resultados confirman la hipótesis planteada.

La segunda hipótesis específica corresponde a si las condicionantes geotécnicas de cimentación de las zapatas de apoyo de cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú, es factible y viable. Entonces, al realizar las prospecciones geotécnicas a lo largo del eje del perímetro de cimentación de los cortavientos se evaluaron los cortes del nivel de cimentaciones de las zapatas; dichos conocimientos del subsuelo se realizaron de manera directa mediante la ejecución de calicatas y trincheras y también de manera indirecta con el uso de la refracción sísmica y MASW. Demostrándose de esta manera la hipótesis planteada.

La tercera hipótesis planteada corresponde a la evaluación geofísica y el análisis las propiedades elásticas del subsuelo para la cimentación de las zapatas de apoyo de cortavientos de la Minera Shougang Hierro Perú, es factible y viable. Los ensayos geofísicos realizados para la elaboración de los perfiles longitudinales del perímetro y el eje de cimentación de las zapatas se desarrollaron mediante al método de geofísico de Refracción Sísmica donde se monitorearon los registros y el Método de análisis multicanal de ondas superficiales (MASW) para determinar la estratigrafía del subsuelo. Asimismo, se determinaron los parámetros de diseño sismo resistente. Por todo lo mencionado anteriormente se cumple con la hipótesis planteada.

4.3.2. Hipótesis general

La hipótesis general planteada corresponde a si la evaluación geotécnica para la cimentación de zapatas de apoyo de las Pantallas Cortavientos de la Minera

Shougang Hierro Perú, es factible y viable. Al analizar los resultados del estudio se afirma que al conocer las características del macizo rocoso y las características geotécnicas de los suelos de cimentación se determinaron la estructura de los estratos, sus propiedades físicas y su comportamiento mecánico corresponden a una evaluación geotécnica. Por tanto, se corrobora la hipótesis general planteada.

4.4. Discusión de resultados

Se planteó como primer objetivo específico caracterizar el macizo rocoso para definir el nivel de la cimentación de las zapatas de apoyo de las pantallas cortavientos de la Minera Shougang. Los resultados obtenidos revelan que área de estudio se encuentra en el batolito de San Nicolás y que están constituidos por granitos y granodioritas y con la presencia de pequeños cuerpos de gabro con una edad del paleozoico. Los resultados de compresión simple son de 1410 Kg/cm². Las rocas granodioritas son de dureza R4 a R5, poco fracturado con un RQD que va desde cero hasta 100% y la calidad de roca RMR 58 %. Según Robles (2018) concluye que la resistencia de la roca se ve afectada por sus propiedades mecánicas, geológicas, físicas y químicas, los cuales coinciden con las descripciones con los resultados obtenidos en el presente estudio.

El segundo objetivo específico planteado es determinar las condicionantes geotécnicos de cimentación de zapatas de apoyo de cortavientos de la Minera Shougang. Los resultados son las propiedades físico-mecánicas de los geomateriales, que son las condicionantes geotécnicas realizados mediante la excavación de 5 calicatas donde se tomaron las muestras correspondientes. Asimismo, los resultados de los ensayos de laboratorio se muestran en la tabla 8 y 9, los ensayos de resistencia de rocas se encuentran en la tabla 10 que muestra una compresión simple 1410 Kg/cm². Asimismo, se obtuvo las características

dinámicas del suelo que permitieron identificar el área de estudio de acuerdo a la norma de construcciones sismo resistentes (Norma E.030). Tal como menciona Escriba (2016) se programó la exploración geotécnica realizando 4 calicatas para la descripción de los estratos para determinar el tipo de suelo elaborando el perfil estratigráfico para definir la profundidad de cimentación ($D_f = 1.4$ m), luego se calculó la capacidad admisible del terreno, hallándose los siguientes valores: para cimiento corrido ($B = 1.00\text{m}$, $L = 3.65\text{m}$) $q_{adm} = 1.71 \text{ kg/cm}^2$) y para las zapatas ($B = 1.50\text{m}$, $L = 1.50\text{m}$) $q_{adm} = 1.91 \text{ kg/cm}^2$. comparando con los resultados de la presente investigación son aceptables de acuerdo las normas correspondientes.

El tercer objetivo específico planteado es realizar la evaluación geofísica y analizar las propiedades elásticas del subsuelo para la cimentación de las zapatas de apoyo de cortavientos de la Minera Shougang. Con los resultados de los ensayos geofísicos se determinaron el contacto suelo-roca y se elaboró los perfiles longitudinales del perímetro y el eje de cimentación de las zapatas utilizando el método de Refracción Sísmica y MASW. Los resultados de los parámetros de diseño sismo resistente como la fuerza cortante nos indican una sismicidad alta de intensidad media que corresponde a V en la Escala de Mercalli Modificada. El factor sísmico del suelo se muestra en la tabla 13 lo cual corresponde a zonas geotécnicas determinados por los materiales encontrados y los parámetros para diseño sismo resistente se muestran en las tablas 15 y 16. Los resultados del comportamiento dinámico del suelo se muestran en la tabla 17 de donde se estima que los contactos suelo rocas se encuentra entre km. 0+110 – 0+190 y está a una profundidad de 14.9 m. El contacto suelos roca entre km. 0+190 – 0+270, está a una profundidad de 9.80 m.

Los resultados del comportamiento dinámico del suelo en el área y nivel de cimentación de los estribos se muestran en la tabla 18 y analizando se estima que el contacto suelos roca se encuentra entre km. 0+140 – 0+220 y está a una profundidad de 8.90 m. Considerando lo descrito líneas arriba podemos estimar, al nivel de cimentación más adecuado de las zapatas de los cortavientos que estaría a 9.80 m. de profundidad a partir de la cota de 775 msnm, el cual sería el más adecuado; sin embargo, mejorando el terreno de fundación la cimentación sería más superficial entre 2.80 m a 3.80 m.

Los diferentes resultados de las diferentes capacidades de carga admisible de los suelos se muestran en las tablas 23, 24 y 25. Guzman (2018) asevera que realizó una exploración de campo y análisis de laboratorio, determinándose la capacidad admisible del suelo y el tipo cimentación del área de estudio. se determinó la capacidad admisible del suelo siendo: $q_{ad} = 3.43 \text{ kg/cm}^2$ para cimentación corrida y $q_{ad} = 5.39 \text{ kg/cm}^2$ para zapatas cuadradas; así mismo se determinó la profundidad mínima de cimentación evaluada de $D_f=2.00 \text{ m}$. a partir del nivel del terreno y siempre sobre el material de grava arenosa GP, GW. Se determinó también que los parámetros recomendados para reducir el riesgo sísmico, son: Tipo S1 (grava arenosa), Factor de Tipo de Suelo, $S = 1.0$, Factor de Zonificación Sísmica, $Z = 0.45$, Periodo, $T_p = 0.40$, $T_l = 2.50$. Finalmente se concluye que el suelo adecuado para cimentar se encuentra a una profundidad mínima de 2.00 m. De esta manera se reducirá el riesgo sísmico, salvaguardando la vida de la población del área de estudio. Estos resultados coinciden con la metodología aplicada en el presente estudio.

Asimismo, para cimentaciones por elementos aislados se recomienda que las zapatas queden entrelazadas en dos sentidos perpendiculares en el espacio

mediante tirantes o vigas riostras para mejorar el comportamiento ante asentamientos diferencial que pueda producirse. Los resultados de los valores de las propiedades de las rocas se muestran en la tabla 11

CONCLUSIONES

1. El perímetro y área de la franja del eje, donde se plantea cimentar las zapatas de apoyo de los cortavientos proyectados, se caracterizan por presentar relieve ondulado y escalonado, con presencia de pequeñas y localizados desniveles del orden 2.0 – 3.0 m. desarrollado mayormente roca intrusiva, depósitos cuaternarios (eólico) y relleno estructural.
2. El basamento rocoso de la zona está conformado por rocas intrusivas del Batolito San Nicolás granodiorita, está expuesto en los taludes de corte del stock, donde se observa la presencia de macizo rocoso fracturada a muy fracturada, y superficialmente cubierto por depósitos reciente y en base a ensayo de resistencia realizado podemos afirmar que es resistente a muy resistente.
3. Se concluye que hidrológicamente el área del proyecto se encuentra alejada de cuencas hidrográficas con drenajes superficiales, lo que no permite encontrar aguas subterráneas que puedan afectar las estructuras sedimentarias naturales, ni las cimentaciones de las obras.
4. Considerando la metodología descrita, se ha realizado análisis de cimentación de las zapatas en tres zonas geotécnicas.
 - La ZG-I, la zapata se apoyará sobre roca granodiorita, el cual presenta una muy buena capacidad admisible, al margen que se encuentra muy fracturado.
 - La ZG-II, la zapata se apoyará sobre depósito eólicos, el análisis de la carga última y capacidades admisibles con un Df de 0.50 m. a 3.00 m. se ha obtenidos valores por debajo de las solicitaciones de las estructuras, razón por la cual requiere mejoramiento del suelo, para garantizar la estabilidad de las estructuras a construir.
 - La ZG-III, la zapata se apoyará sobre rellenos estructural, el análisis carga

ultima y capacidades admisibles con un Df de 0.50 m. a 3.00 m. los valores obtenidos son permisibles y están por debajo de las sollicitaciones estructurales.

5. En el proceso de excavación para alcanzar los niveles de cimentación se deberá de cuidar de no alterar la calidad de los materiales de cimentación con excavaciones excesivas. Y, además, se realizará la verificación de la calidad de los materiales en obra.

RECOMENDACIONES

1. Para el presente estudio se recomienda considerar un $Z=0,45$, por estar en la zona 4 de la zonificación sísmica del Perú.
2. Se recomienda controlar con ensayos químicos las muestras obtenidas de las canteras destinadas para el relleno, durante la etapa de ejecución.
3. Construir un sistema de drenaje que no permita el ingreso de agua a las estructuras, proteger las cimentaciones con pintura bituminosa hasta 30 cm por encima del nivel terminado.
4. Antes del desplante de los cimientos se recomienda un solado de 10 centímetros de espesor como mínimo para uniformizar cargas y aislar al cimiento de los elementos químicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Escobar, L., & Cutimbo, R. (2021). Evaluación geotécnica de capacidad portante para diseñar cimentación de vivienda utilizando parámetros de resistencia - Calle Muñoz Cp. Jayllihuaya - Puno – 2021 [*Tesis pre grado*- Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional - Universidad César Vallejo.
- Dobrin, M., and C. Savit, (1988) *An introduction to geophysical prospecting, 4th ed.:* McGraw-Hill Book Company.
- Escriba, J. (2016). Cimentaciones superficiales apoyadas en suelos arenosos con aplicación en el asentamiento humano Cocalla-Lomo de Corvina - Villa el Salvador [*Tesis pre grado*- Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de Ingeniería.
- Guzmán, E. (2018). Evaluación geotécnica con fines de cimentación para reducir el riesgo sísmico en zonas de expansión urbana del distrito de Puente Piedra – Asociación de Propietarios las Cañas, 2018 [*Tesis pre grado* - Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional - Universidad César Vallejo.
- Mamani, M. (2022). Evaluación geotécnica del terreno de fundación para el diseño de cimentación de la construcción del Fuerte Militar General de División Rafael Hoyos Rubio - Rímac – Lima [*Tesis pre grado* - Universidad Nacional del Antiplano]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional del Antiplano.
- Mata, R. (2015). Efectos de la acción sísmica, en edificaciones regulares de concreto armado considerando la interacción suelo-estructura de manera explícita para suelos arenosos y arcillosos. [*Tesis de pre grado* - Universidad de Carabobo] Repositorio Institucional - Universidad de Carabobo.
- Muriel, E. (2017). *Análisis estructural dinámico de un sistema estructural aporticado sin considerar y considerando interacción suelo - estructura.* [*Tesis de pre grado* -

Universidad Mayor de San Simón] Repositorio Institucional - Universidad Mayor de San Simón.

Vásquez, O. (2014). Evaluación geotécnica de los suelos de fundación en la zona urbana del centro poblado San Miguel de las Naranjas – Jaén. [*Tesis pre grado*- Universidad Nacional de Cajamarca] Repositorio Institucional - Universidad Nacional de Cajamarca.

Baquerizo, C. (2015) *Estudio geotécnico de suelos para la construcción del complejo deportivo Piuray Pampa, distrito de Chincheros Urubamba – Cusco* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Crespo, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5ta Edición. D.F., México: Editorial Limusa.

Das, B. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. 7ma Edición. D.F., Mexico: Editorial Cengage Learning.

Escriba, J. (2016) *Cimentaciones superficiales apoyadas en suelos arenosos con aplicación en el asentamiento humano Cocalla – Lomo de Corvina – Villa El Salvador* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Gonzales, N. & Torres, J. (2018) *Microzonificación geotécnica y diseño de cimentaciones superficiales en el sector Taquilla de las Delicias, distrito de Moche, provincia de Trujillo – La Libertad* (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú

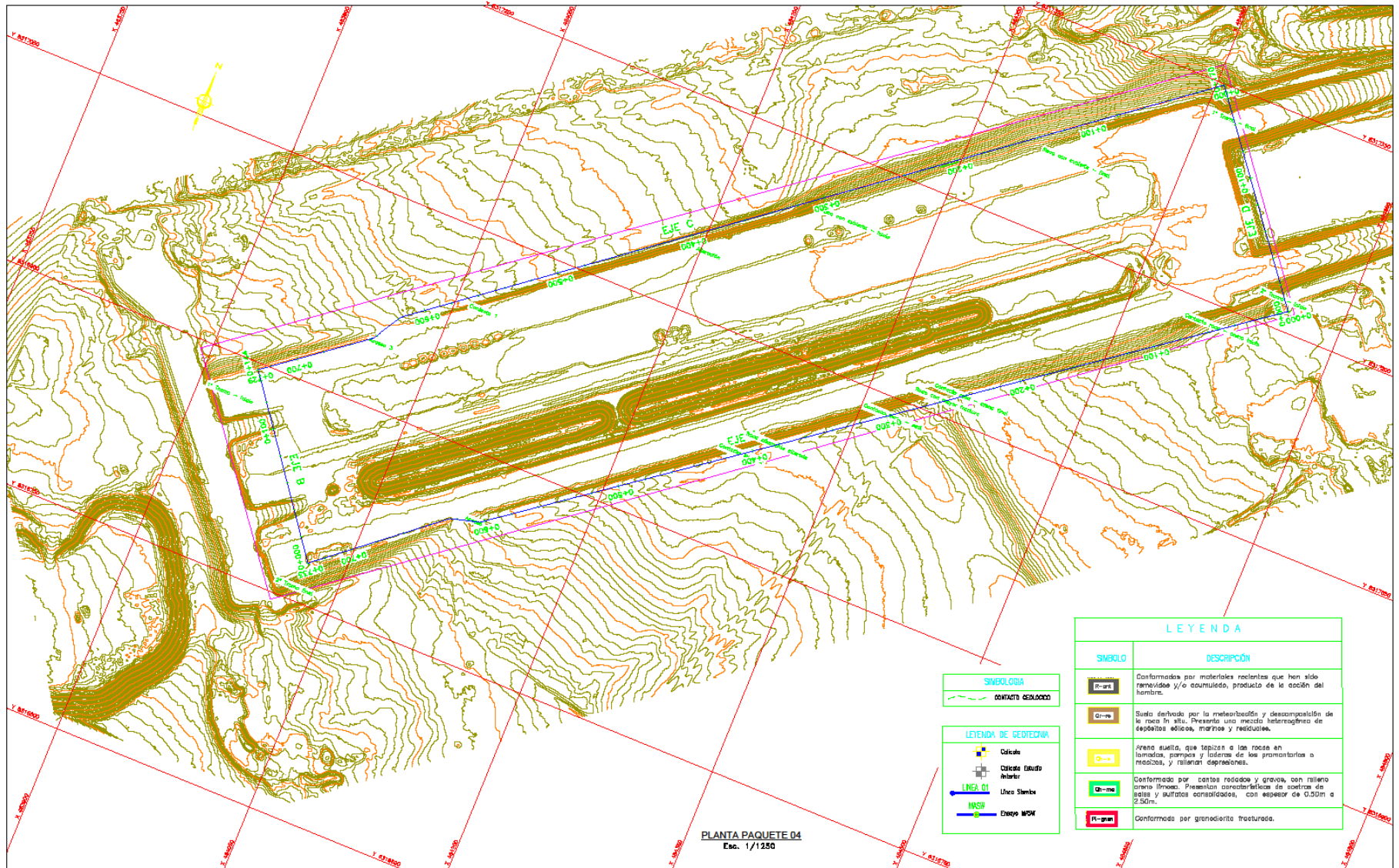
Molina, E. (2016) *Caracterización geotécnica de la ciudad de Barranquilla, Colombia* (Tesis de pregrado). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, Colombia.

Montes de Oca, C. (2009) *Análisis geotécnico y propuesta de cimentaciones para el hospital Starmédica, ubicado en el Edo de México* (Tesis de pregrado).

Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México

ANEXOS

Anexo 01. Plano de geología geotecnia local del área del polígono del stock 4



PLANTA PAQUETE 04
Eac. 1/1250

SIMBOLOGIA

--- CONTACTO RESOLUCO

LEYENDA DE GEOTECNIA

- Cálculo
- Cálculo Estado Ancho
- Línea 01
- Uña Simba
- HSW
- Enace WSK

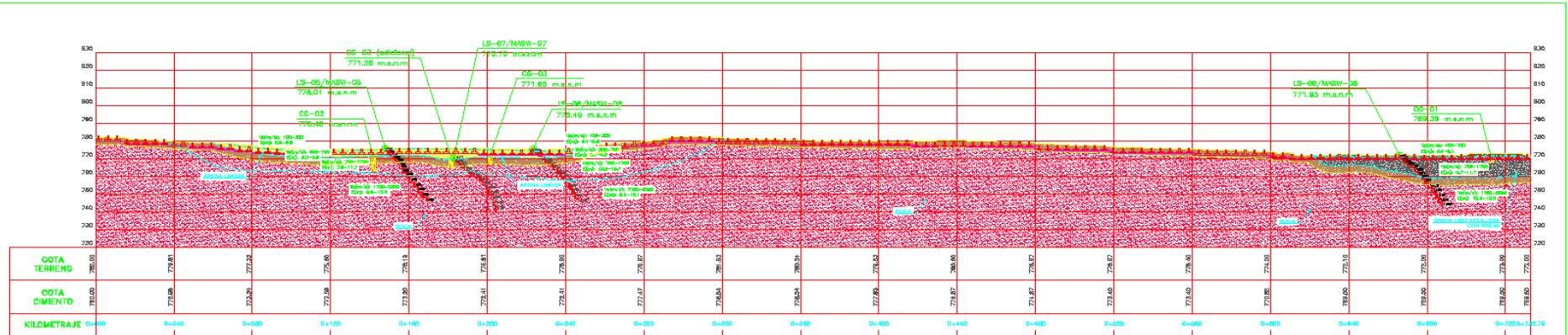
LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
R-af	Conformados por materiales recientes que han sido removidos y/o acumulados, producto de la acción del hombre.
Q-m	Suelo derivado por la meteorización y descomposición de la roca in situ. Presenta una mezcla heterogénea de depósitos aluviales, marinos y residuales.
Q-s	Arene suelta, que sepeizan a las rocas en laminados, pampas y listones de los promontorios o mesetas, y rellenar depresiones.
Q-gm	Conformado por cantos redondeados y gravilla, con riellero arenoso fino. Presentan características de suelos de talas y sulfatos consolidados, con espesor de 0.50m a 2.50m.
R-pm	Conformado por granodiorita fracturada.



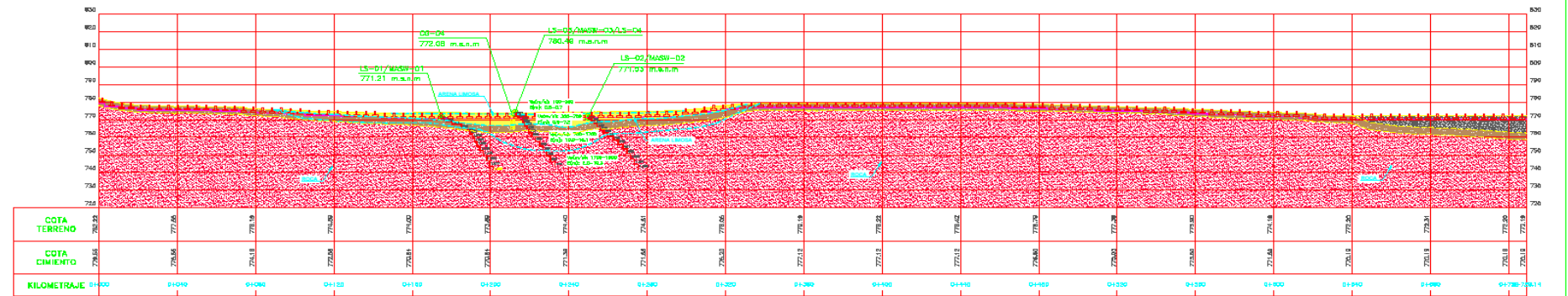
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL INGENIERIA GEOLOGICA



PROYECTO :	EVALUACION GEOTECNICA PARA LA CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTOS STOCK 4, SHOUANG HIERRO PERU.		
PLANO :	PLANO DE GEOLOGIA GEOTECNICA LOCAL PLANTA		
RESPONSABLE :	Bach. Jehn HERRERA PRESENTACION	ASESOR :	Dr. Jose HINOJOSA DE LA SOTA
FECHA :	18/12/2021	ESCALA :	1/1250
		HOJA :	01



PERFIL ESTRATIGRÁFICO EJE A
Eso. 1/1000



PERFIL ESTRATIGRÁFICO EJE C
Eso. 1/1000

STOCK	Código	COORDENADAS		Clasificación (S.M.C.S.)	Descripción	Fecha Dureza	
		ESTE	NORTE			Arreglo de Ejes	Concreto
STOCK 4	C-01	484624.0000	831674.0000	DC - GN	Grava fino arena con arena	31.2	0.01
	C-02	484142.0000	831710.0000	SM	Arena gruesa	30.8	0.00
	C-04	484241.0000	831721.0000	SM	Arena gruesa	31.5	0.00

STOCK	Código	COORDENADAS		Número	Compresión Simple kg/cm ²
		ESTE	NORTE		
STOCK 4	C-01	484487.0000	831712.0000	M-01	1410

LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Compactado por materiales resistentes que han sido removidos y/o reemplazados, producto de la acción del hombre.
	Suelo derivado por la meteorización y descomposición de la roca in situ. Presenta una matriz heterogénea de capilares alifos, morinos y redolomas.
	Arena suelta, que se agita a las veces en formados, puentes y salidas de las granulerías o rellenos, y refuerza de granulerías.
	Compactado por arena rodosa y gruesa, con relleno arena gruesa. Presentan características de cohesión de relleno y sueltas consolidadas, con espesor de 0.50m a 2.00m.
	Compactado por granodiorita fracturada.

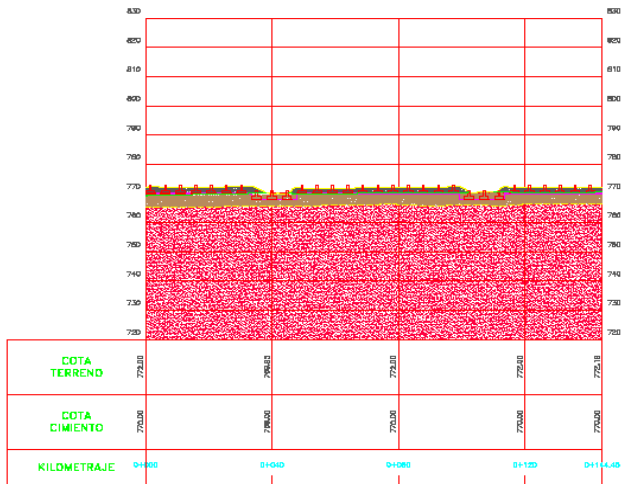
NOTA:
- Clasificación de tipo de suelo según Norma ISO 2012



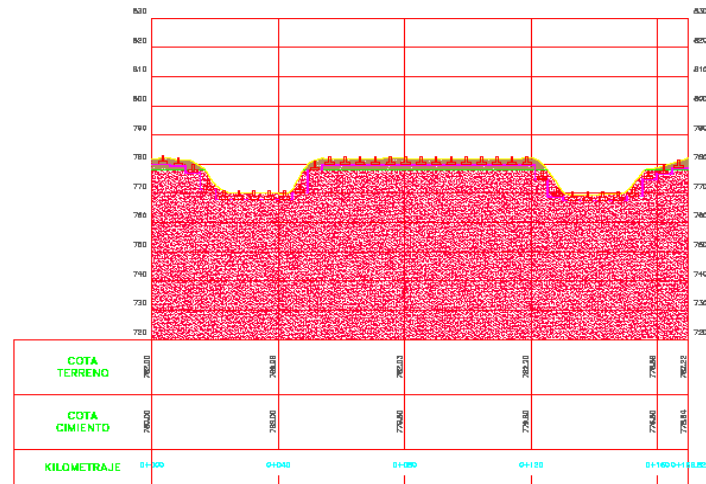
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
ESCUOLA DE FORMACION PROFESIONAL INGENIERIA GEOLOGICA



PROYECTO :	EVALUACION GEOTECNICA PARA LA CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTOS STOCK 4, SHOUANG HIERRO PERU.		
PLANO :	PLANO DE SECCIONES Y PERFILES GEOLOGICOS		
RESPONSABLE :	Beah. Johr HERRERA PRESENTACION	ASESOR :	Dr. Jose HINOJOSA DE LA SOTA
FECHA :	18/12/2021	ESCALA :	1/1000
		HOJA :	02



PERFIL ESTRATIGRÁFICO EJE B
Eso. 1/750



PERFIL ESTRATIGRÁFICO EJE D
Eso. 1/750

LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Conformada por múltiples materiales que han sido remojados y/o acumulados, producto de la acción del viento.
	Suelo derivado por la meteorización y descomposición de la roca madre. Presenta una matriz heterogénea de depósitos eólicos, marinos y residuales.
	Areno suelto, que lapizan a las rocas en formadas, pedregos y bolsones de los prismáticos o mechas, y retienen depresiones.
	Conformada por arenas redondas y gruesas, con relleno arenoso limoso. Presentan características de castros de arena y arenas consolidadas, con espesor de 0.20m a 2.50m.
	Conformada por granodiorita fracturada.





UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL INGENIERIA GEOLOGICA

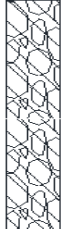



PROYECTO :	EVALUACION GEOTECNICA PARA LA CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTOS STOCK 4, SHOUANG HIERRO PERU.		
PLANO :	PLANO DE SECCIONES Y PERFILES GEOLOGICOS		
RESPONSABLE :	Bech. John HERRERA PRESENTACION	ASESOR :	Dr. Jose HINGUOSA DE LA SOTA
FECHA :	18/12/2021	ESCALA :	1/750
		NOJA :	0.3

Anexo 02. Registro de Calicatas












W

	EVALUACION GEOTÉCNICA PARA LA CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTO , MINERA SHOUGANG HIERRO PERU				
REGISTRO DE EXCAVACION DE CALICATA: CG-01					
ÁREA:	14.45 Hectareas	TIPO DE EXCAVACIÓN:	Mecánica (Manual)	REVISADO POR:	Dr. Jose Hinojosa de la Sota
UBICACIÓN:	Mina Shougang Hierro Peru SAA	DIMENSIONES:	1.50m X 1m X 3m	PERFIL:	CG-01
COORDENADAS:	E: 484036; N: 8316794	CONDICIONES SUPERFICIALES:	Horizontal	HOJA:	1
COTA DE BOCA:	769.39 msnm.	PROFUNDIDAD DE FILTRACION DE AGUA:	-	FECHA DE EJECUCIÓN:	18/12/2021
PROF. EXCAVACIÓN:	0.50 m	MUESTREO POR:	Bach. John Herrera Presentacion	Nº DE MUESTRAS:	1

PROFUNDIDAD (m)	NUMERO DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	NIVEL FREÁTICO	DESCRIPCION VISUAL	SUCS	ORIGEN	SÍMBOLO DE CLASIFICACIÓN GRÁFICA	ENSAYO DE LABORATORIO ADTM (D 4318 / NTP 339.129 "Límites de Attenberg")			REGISTRO FOTOGRÁFICO
								L.L.	L.P.	I.P.	
0.50	ESTRATO N°1	M-1	N.P.	Esta zona está compuesta por relleno estructural que consta de material mezclado de arena, gravas, compactado. Se realizó la calicata de forma mecánica con una retroexcavadora, por la densidad del terreno no se pudo alcanzar una mayor profundidad.	GC - GM	Relleno estructural		27,1	22,6	4,5	






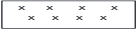










OBSERVACIONES:

LEYENDA

	GRANITO		GRAVA ARCILLOSA	GC		ARENA ARCILLOSA	SC		ARCILLA LIMOSA		
	GRAVAS	GP o GW		ARENAS	SP o SW		LIMOS	ML o MH		CUBIERTA VEGETAL	PT
	GRAVA LIMOSA	GM		ARENA LIMOSA	SM		ARCILLA	CL o CH			

<p>ENSAYOS IN SITU</p> <p>qu : Ensayo con penetrómetro de mano</p> <p>T : Ensayos con veleta de mano</p> <p>D : Densidad in situ</p> <p>DPL : Auscultacion dinámica con penetrómetro ligero</p>	<p>TIPO DE MUESTRA</p> <p>MAG : Muestra alterada grande</p> <p>MAP : Muestra alterada pequeña</p> <p>BL : Bloque (muestra inalterada)</p> <p>TS : Tubo shelby</p> <p>CM : California Modificado</p>	<p>NIVEL DE AGUA</p> <p>N.A. : No Alcanzado</p>
--	--	--

W

		EVALUACION GEOTÉCNICA PARA LA CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTO , MINERA SHOUGANG HIERRO PERU									
REGISTRO DE EXCAVACION DE CALICATA: CG-03											
AREA :	14.45 Hectareas	TIPO DE EXCAVACION:	Mecánica (Manual)	REVISADO POR:	Dr. Jose Hinojosa de la Sota						
UBICACION:	Mina Shougang Hierro Peru SAA	DIMENSIONES:	1.50m X 1m X 3m	PERFIL:	CG-03						
COORDENADAS:	E: 484442; N: 8317103	CONDICIONES SUPERFICIALES:	Horizontal	HOJA:	3						
COTA DE BOCA:	771.65 mmnm.	PROFUNDIDAD DE FILTRACION DE AGUA:	-	FECHA DE EJECUCIÓN:	18/12/2021						
PROF. EXCAVACION:	2.00 m	MUESTREO POR:	Bach. John Herrera Presentacion	Nº DE MUESTRAS:	1						
PROFUNDIDAD (m)	NUMERO DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	NIVEL FREÁTICO	DESCRIPCION VISUAL 1.- Clasificación SUCS 2.- Plasticidad 3.- Consistencia 4.- Compacidad 5.- Humedad 6.- Color 7.- Olor 8.- Estructura 9.- Tamaño de partículas 10.- Forma de partículas 11.- Rango de Tamaño de partículas 12.- Comentarios	SUCS	ORIGEN	SIMBOLO DE CLASIFICACION GRAFICA	ENSAYO DE LABORATORIO AOTM (D 4318 / NTP 339.129 "Límites de Atterberg")			REGISTRO FOTOGRAFICO
								LL	LP	IP	
0.50	Estrato N°1	M-1	N.P.	Secuencia de estratos de arena eólica con cenizas volcánicas de espesor 0.10 m. a 0.30 m. Arena limosa con grava, plasticidad baja, suelta a densa, húmeda, color marrón claro, homogéneo, grano medio, de forma sub angulara de TM = 3". Grava = 2.90 %. Arena = 53 %. Finos = 43.8% Se utilizó una máquina retroexcavadora para poder realizar la calicata	SM	Depósito eólico y ceniza volcánica		17,9	NP	NP	 
1.00											
OBSERVACIONES:											
LEYENDA											
	GRANITO		GRAVA ARCILLOSA GC		ARENA ARCILLOSA SC		ARCILLA LIMOSA				
	GRAVAS GP o GW		ARENAS SP o SW		LIMOS ML o MH		CUBIERTA VEGETAL PT				
	GRAVA LIMOSA GM		ARENA LIMOSA SM		ARCILLA CL o CH						
ENSAYOS IN SITU qu : Ensayo con penetrómetro de mano T : Ensayos con veleta de mano D : Densidad in situ DPL : Auscultación dinámica con penetrómetro ligero				TIPO DE MUESTRA MAS : Muestra alterada grande MAP : Muestra alterada pequeña BL : Bloque (muestra inalterada) TS : Tubo shelby CM : California Modificado				NIVEL DE AGUA N.A. : No Alcanzado			



EVALUACION GEOTÉCNICA PARA LA CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTO , MINERA SHOUGANG HIERRO PERU



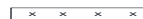
REGISTRO DE EXCAVACION DE CALICATA: CG-03(A)

AREA:	14.45 Hectáreas	TIPO DE EXCAVACION:	Mecánica (Manual)	REVISADO POR:	Dr. Jose Hinojosa de la Sota
UBICACION:	Mina Shougang Hierro Peru SAA	DIMENSIONES:	1.50m X 1m X 3m	PERFIL:	CG-03A
COORDENADAS:	E: 484458; N: 8317115	CONDICIONES SUPERFICIALES:	Horizontal	HOJA:	4
COTA DE BOCA:	771.03 mnm.	PROFUNDIDAD DE FILTRACION DE AGUA:		FECHA DE EJECUCION:	18/12/2021
PROF. EXCAVACION:	2.50 m.	MUESTREADO POR:	Bach. John Herrera Presentacion	Nº DE MUESTRAS:	1

PROFUNDIDAD (m)	NUMERO DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	NIVEL FREÁTICO	DESCRIPCION VISUAL	SUCS	ORIGEN	SIMBOLO DE CLASIFICACION GRAFICA	ENSAYO DE LABORATORIO ADM (D 4318 / NTP 339.129 "Límites de Atterberg")			REGISTRO FOTOGRAFICO
								LL	LP	IP	
0.50	Estrato N°1	M-1	N.P.	Secuencia de estratos de arena eólica con cenizas volcánicas de espesor 0.10 m. a 0.40 m. Arena limosa con grava, plasticidad baja, suelta a densa, color marrón claro, no húmedo, homogéneo, grano medio, de forma sub angular de TM = 1.1/2". Grava = 35.0 %. Arena = 50.0 %. Finos = 15.0 %. Se utilizó una máquina retroexcavadora para poder realizar la calicata y la finalidad fue para ver la continuidad de la calicata anterior. Continúa el estrato de arena a mayor profundidad.	SM	Deposito eólico y cenizas volcánicas					
1.00								1.50	2.00		
2.50											

OBSERVACIONES:

LEYENDA



GRANITO



GRAVA ARCILLOSA GC



ARENA ARCILLOSA SC



ARCILLA LIMOSA



GRAVAS GP o GW



ARENAS SP o SW



LIMOS ML o MH



CUBIERTA VEGETAL PT



GRAVA LIMOSA GM



ARENA LIMOSA SM



ARCILLA CL o CH

ENSAYOS IN SITU

qu : Ensayo con penetrómetro de mano
 T : Ensayos con veleta de mano
 D : Densidad in situ
 DPL : Auscultación dinámica con penetrómetro ligero

TIPO DE MUESTRA

MAG : Muestra alterada grande
 MAP : Muestra alterada pequeña
 BL : Bloque (muestra inalterada)
 TS : Tubo shelby
 CM : California Modificado

NIVEL DE AGUA

N.A. : No Alcancado





EVALUACION GEOTÉCNICA PARA LA CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTO , MINERA SHOUGANG HIERRO PERU



REGISTRO DE EXCAVACION DE CALICATA: CG-04

AREA:	14.45 Hectareas	TIPO DE EXCAVACION:	Mecánica (Manual)	REVISADO POR:	Dr. Jose Hinojosa de la Sota
UBICACION:	Mina Shougang Hierro Peru SAA	DIMENSIONES:	1.50m X 1m X 3m	PERFIL:	CG-04
COORDENADAS:	E: 484341; N: 8317216	CONDICIONES SUPERFICIALES:	Horizontal	HOJA:	5
COTA DE BOCA:	772.08 msnm.	PROFUNDIDAD DE FILTRACION DE AGUA:	-	FECHA DE EJECUCION:	18/12/2021
PROF. EXCAVACION:	2.50 m	MUESTREO POR:	Bach. John Herrera Presentacion	Nº DE MUESTRAS:	1

PROFUNDIDAD (m)	NUMERO DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	NIVEL FREÁTICO	DESCRIPCION VISUAL	SUCS	ORIGEN	SIMBOLO DE CLASIFICACION GRAVA	ENSAYO DE LABORATORIO ADTM (D 4318 / NTP 339.129 "Límites de Atterberg")			REGISTRO FOTOGRÁFICO
								LL	LP	IP	
0.50											
1.00	ESTRATO N°1	M-1	NP	1.- Clasificación SUCS 2.- Plasticidad 3.- Consistencia 4.- Compacidad 5.- Humedad 6.- Color 7.- Olor 8.- Estructura 9.- Tamaño de partículas 10.- Forma de partículas 11.- Rango de Tamaño de partículas 12.- Comentarios Secuencia de estratos de arena eólica con cenizas volcánicas de espesor 0.10 m. a 0.30 m. Arena limosa con grava, plasticidad baja, suelta a densa, color marrón claro, no húmedo, homogéneo, grano medio, de forma sub angular de TM = 1.1/2". Grava = 0.00 %. Arena = 81.00 %. Finos = 19.00 %. Se utilizó una máquina retroexcavadora para poder realizar la calicata y la finalidad fue para ver la continuidad de la calicata anterior. Continúa el estrato de arena a mayor profundidad.	SM	Depósito eólico y ceniza volcánica		19,1	NP	NP	
1.50											
2.00											
2.50											

OBSERVACIONES:

LEYENDA

	GRANITO		GRAVA ARCILLOSA	GC		ARENA ARCILLOSA	SC		ARCILLA LIMOSA	
	GRAVAS	GP o GW		ARENAS	SP o SW		LIMOS	ML o MH	CUBIERTA VEGETAL	PT
	GRAVA LIMOSA	GM		ARENA LIMOSA	SM		ARCILLA	CL o CH		

ENSAYOS IN SITU	TIPO DE MUESTRA	NIVEL DE AGUA
qu : Ensayo con penetrómetro de mano	MAG : Muestra alterada grande	N.A. : No Alcanzado
T : Ensayos con veleta de mano	MAP : Muestra alterada pequeña	
D : Densidad in situ	BL : Bloque (muestra alterada)	
DPL : Auscultación dinámica con penetrómetro ligero	TS : Tubo Shelby	
	CM : California Modificado	

Anexo 03. Ensayos de Laboratorio: Esfuerzos a la compresión de muestras



Consultoría en Geotecnia, Geología,
Geofísica, Topografía, Pavimentos
y Servicio de Laboratorio de Suelos,
Cantera, Concreto y Asfalto

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO			
SOLICITANTE	: MAHYDRILL S.A.C.	EXPEDIENTE	: 396-2021/LAB_GECAT INGENIERÍA SAC
		FECHA DE RECEPCIÓN	: Lima, 25 de Diciembre del 2021
PROYECTO	: Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4	UBICACIÓN	: Marcona

REFERENCIAS DE LA MUESTRA		EQUIPO DE COMPRESION	
ESTRUCTURA	: STOCK 4/ C-2	MARCA / MODELO	: SOILTEST
COORDENADAS	: E:484487; N:8317142	CERT. CALIBRACIÓN:	: CERT-N° 256-2019

ASTM C 39/C39M	ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
-----------------------	---

Descripcion	Fecha de Rotura	Carga de Rotura (kg)	Altura (L) (cm)	Diametro (D) (cm)	Relacion L/D	Area (cm ²)	Factor de Correccion	Resistencia a la Compresion sin Corregir (kg/cm ²)	Resistencia a la Compresion Corregida (kg/cm ²)
STOCK 4/ C-2 / E:484487; N:8317142	15/12/2021	42,578	12.4	6.2	2.00	30.19	1.00	1,410.3	1,410

Anexo 04. Ensayos de Laboratorio: Suelos



Consultoría en Geotecnia, Geología,
Geofísica, Topografía, Pavimentos
y Servicio de Laboratorio de Suelos,
Cantera, Concreto y Asfalto

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : MAHYDRILL S.A.C.

EXPEDIENTE N° : 396-2021/LAB GECAT
INGENIERIA SAC
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 25 de Diciembre del 2021

PROYECTO : Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4

UBICACIÓN : Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : C-4/M-1/STOCK 4
COORDENADAS : E:484341; N:8317216

PRESENTACIÓN : 01 Costal de polietileno
CANTIDAD : 5 kg aprox.

NTP 339.128

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Malla		Peso retenido	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
	N°	Abertura (mm)				
	3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
	2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
	2 "	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
	1 1/2 "	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
	1 "	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
	3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0
	3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0
	N° 4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0
	N° 10	2.000	0.4	0.3	0.3	99.7
	N° 20	0.840	3.4	3.0	3.3	96.7
	N° 40	0.425	8.1	7.2	10.6	89.4
	N° 60	0.260	31.5	28.1	38.7	61.3
	N° 140	0.106	44.8	40.0	78.7	21.3
	N° 200	0.075	2.6	2.3	81.0	19.0
	- N° 200	ASTM D 1140	-	19.0	100.0	-

CARACTERÍSTICAS GENERALES

ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos"

Grava (Ret N° 4) : 0.0 %
Arena : 81.0 %
Fino (Pas. N° 200) : 19.0 %

NTP 339.127, "Contenido de Humedad"

Cont. De humedad : 0.19 %

NTP 339.129 "Límites de Atterberg"

Límite Líquido (L.L) : 19.07
Límite Plástico (L.P) : NP
Índice Plástico (I.P) : NP

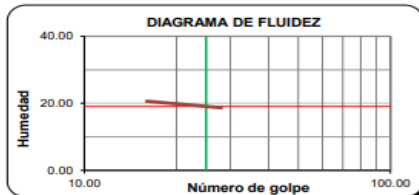
NTP 339.134, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS)

SM
Arena limosa

ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías de transporte" (AASHTO)

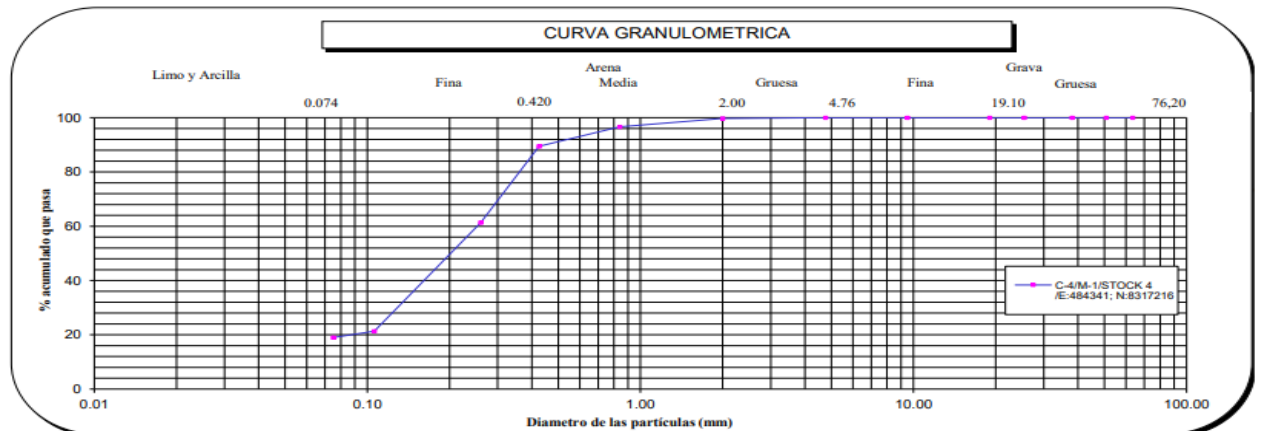
A-2-4

Descripción (AASHTO)
BUENO



OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.
- El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



Fecha de emisión : Lima, 28 de Diciembre del 2021

Tec.: T.G.A.
Rev.: C.G.C

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : MAHYDRILL S.A.C. EXPEDIENTE : 396-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC
FECHA RECEPCIÓN : Lima, 25 de Diciembre del 2021
PROYECTO : Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4 UBICACIÓN : Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : C-1/M-1/STOCK 4 PRESENTACION : 01 Costal de polietileno
COORDENADAS : E:484036; N:8316794 CANTIDAD : 5 kg aprox.

NTP 339.127 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD	
	E - 1	E - 2
Cápsula N°	247.0	339.0
Peso tara + suelo húmedo (g)	536.3	455.0
Peso tara + suelo seco (g)	522.2	443.0
Peso del Agua (g)	14.1	12.0
Peso de la tara (g)	64.6	62.2
Peso del suelo seco (g)	457.6	380.8
Contenido de Humedad (RESULTADO) (%)	3.07	3.15
	3.11	

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo efectuado al agregado global natural.

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : MAHYDRILL S.A.C. EXPEDIENTE : 396-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC
FECHA RECEPCIÓN : Lima, 25 de Diciembre del 2021
PROYECTO : Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4 UBICACIÓN : Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : C-1/M-1/STOCK 4 PRESENTACION : 01 Costal de polietileno
COORDENADAS : E:484036; N:8316794 CANTIDAD : 5 kg aprox.

ASTM D 1140
MTC E 202

**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LOS MATERIALES FINOS QUE PASAN
EL TAMIZ DE 75 μ m (N 200) - SUELO**

DETERMINACION DEL PORCENTAJE PASANTE DEL TAMIZ N°200

DESCRIPCION	UNIDADES	DATOS
Peso de muestra utilizada seca al horno a 110 \pm 5 °C antes del Lavado	(gr)	1635.0
Peso de muestra utilizada seca al horno a 110 \pm 5 °C despues del lavado	(gr)	1433.0
Material Pasante del Tamiz N° 200 por Lavado	(%)	14.1

COMENTARIOS:

-Para el desarrollo del Ensayo se empleo el Tamiz N° 200 (abertura 0.074 mm).

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : MAHYDRILL S.A.C.

EXPEDIENTE : 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 25 de Diciembre del 2021

PROYECTO : Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4

UBICACIÓN : Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : C-1/M-1/STOCK 4

PRESENTACION : 01 Costal de polietileno

COORDENADAS : E:484036; N:8316794

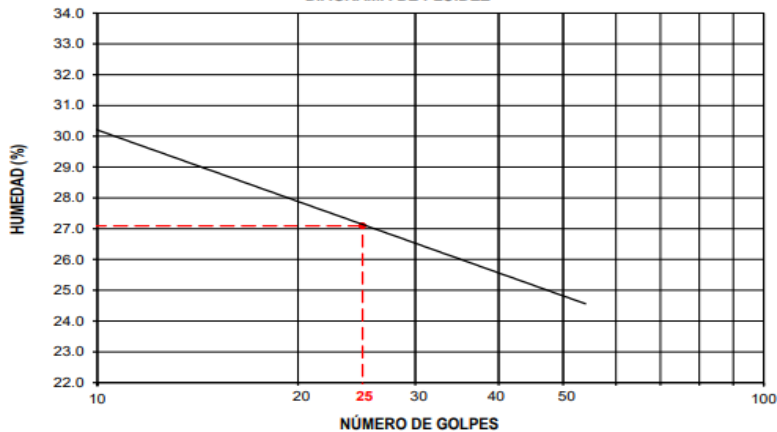
CANTIDAD : 5 kg aprox.

NTP 339.129

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (TAMIZ N°40)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°						
Cápsula N°	1	23	83	98	226	172
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	35.35	37.38	36.85	36.86	25.03	28.84
Peso cápsula + suelo seco (g)	30.86	33.09	33.01	33.12	23.12	26.36
Peso del Agua (g)	4.49	4.29	3.84	3.74	1.91	2.48
Peso de la cápsula (g)	15.69	17.52	18.42	18.35	14.85	15.2
Peso del suelo seco (g)	15.17	15.57	14.59	14.77	8.27	11.16
Contenido de humedad (%)	29.6	27.6	26.3	25.3	23.1	22.2
Número de golpes	12	22	32	43		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (%) : 27.09

LÍMITE PLÁSTICO (%) : 22.61

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%) : 4.48

COMENTARIOS:

- Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.
- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

OBSERVACION:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE	: MAHYDRILL S.A.C.	EXPEDIENTE	: 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC
PROYECTO	: Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4	FECHA DE RECEPCION	: 25 de Diciembre del 2021
		UBICACIÓN	: Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN	: C-1/M-1/STOCK 4	PRESENTACIÓN	: 01 Sacos de polipropileno
COORDENADAS	: E:484036; N:8316794	CANTIDAD	: 05 kg aprox.

PESO UNITARIO MÍNIMO Y MÁXIMO DE SUELOS

IDENTIFICACIÓN	PESO UNITARIO MÍNIMO NTP 339.138 (1 999) (g/cm ³)	PESO UNITARIO MÁXIMO NTP 339.137 (1 999) (g/cm ³)
C-1/M-1/STOCK 4	1.69	1.83

DENSIDAD RELATIVA (%)

$$D_R = \frac{\rho_{max}(\rho_d - \rho_{min})}{\rho_d(\rho_{max} - \rho_{min})} \times 100$$

Donde:

D_R : Densidad relativa (%)
 ρ_d : Densidad del suelo en el terreno (Kg/m³)
 ρ_{min} : Densidad seca mínima (Kg/m³)
 $\rho_{máx}$: Densidad seca máxima (Kg/m³)

IDENTIFICACIÓN	DENSIDAD RELATIVA (%)	DENSIDAD DEL SUELO EN EL TERRENO (g/cm ³)
C-1/M-1/STOCK 4	50%	1.76
	60%	1.77
	70%	1.79
	80%	1.80

OBSERVACIONES:

- Muestra Tomada e Identificada por Personal Técnico de Laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural seco.
- Ensayo efectuado al suelo pasante la malla 1" (19.000mm)

Fecha de emisión : Lima, 28 de Diciembre del 2021

Tec.: T.G.A.
Rev.: C.G.C

IMFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE	: MAHYDRILL S.A.C.	EXPEDIENTE N°	: 396-2021/LAB GECAT INGENIERIA
PROYECTO	: Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4	FECHA DE RECEPCIÓN:	Lima, 25 de Diciembre del 2021
		UBICACIÓN	: Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA

Sondaje	: C-1	Estado	: Parcialmente saturado
Muestra	: M-1/STOCK 4	Veloc. de Ensayo (mm/min)	: 0.50
Coordenadas	: E:484036; N:8316794	Presentación	: 01 saco d polipropileno
Clasificación (S.U.C.S.)	: GC - GM	Cantidad	: 6 Kg aprox.

NTP 339.171
ASTM - D3080

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

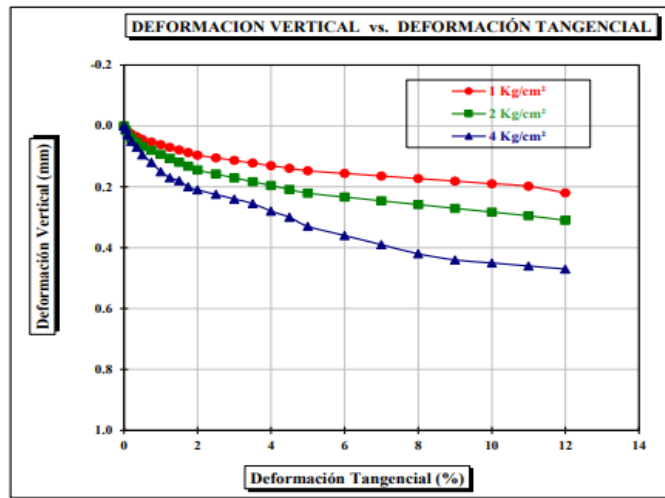
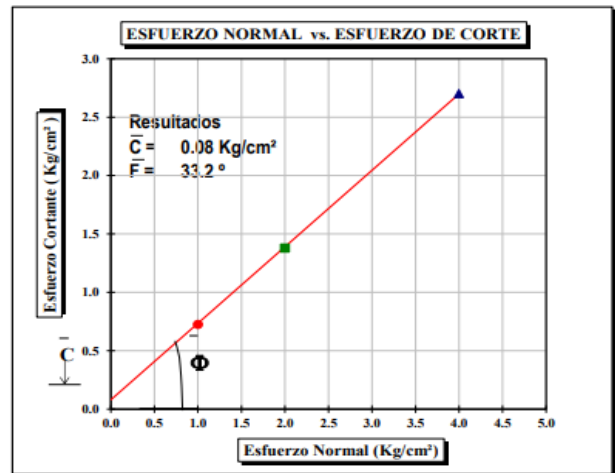
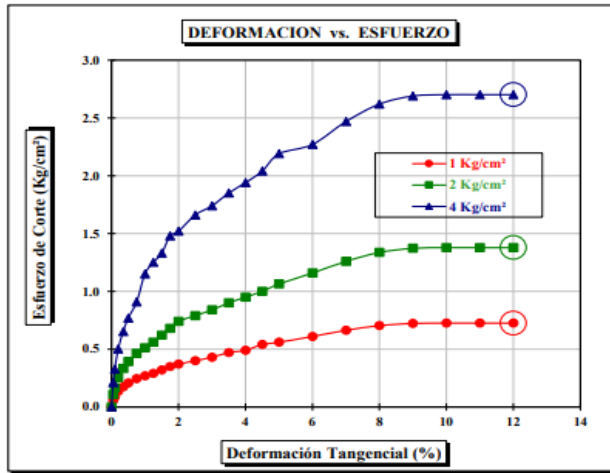
DATOS DEL ESPECIMEN				ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03			
				Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final		
Altura (h)	(cm)	2.00	1.98	2.00	1.97	2.00	1.95	2.00	1.95		
Diámetro (f)	(cm)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00		
Densidad Seca (g _d)	(g/cm ³)	1.62	1.92	1.62	1.90	1.62	1.95	1.62	1.95		
Humedad (w)	(%)	2.30	22.45	2.24	19.98	2.34	20.08	2.34	20.08		
Esfuerzo Normal	(Kg/cm ²)	1.00		2.00		4.00					
ESPECIMEN 01				ESPECIMEN 02				ESPECIMEN 03			
Deform. Tangencial (%)	Deform. Vertical (mm)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (Kg/cm ²)	Deform. Tangencial (%)	Deform. Vertical (mm)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (Kg/cm ²)	Deform. Tangencial (%)	Deform. Vertical (mm)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.01	0.06	0.06	0.05	0.01	0.11	0.05	0.05	0.01	0.21	0.05
0.10	0.02	0.09	0.09	0.10	0.03	0.17	0.08	0.10	0.03	0.33	0.08
0.20	0.03	0.13	0.13	0.20	0.04	0.26	0.13	0.20	0.05	0.50	0.13
0.35	0.04	0.18	0.18	0.35	0.05	0.33	0.17	0.35	0.07	0.65	0.16
0.50	0.04	0.21	0.21	0.50	0.07	0.39	0.20	0.50	0.09	0.77	0.19
0.75	0.05	0.24	0.24	0.75	0.08	0.46	0.23	0.75	0.12	0.91	0.23
1.00	0.06	0.27	0.27	1.00	0.09	0.51	0.26	1.00	0.15	1.15	0.29
1.25	0.07	0.29	0.29	1.25	0.11	0.56	0.28	1.25	0.17	1.25	0.31
1.50	0.08	0.32	0.32	1.50	0.12	0.62	0.31	1.50	0.18	1.33	0.33
1.75	0.09	0.35	0.35	1.75	0.13	0.68	0.34	1.75	0.20	1.48	0.37
2.00	0.10	0.37	0.37	2.00	0.14	0.74	0.37	2.00	0.21	1.52	0.38
2.50	0.10	0.40	0.40	2.50	0.16	0.79	0.40	2.50	0.23	1.66	0.42
3.00	0.11	0.43	0.43	3.00	0.17	0.84	0.42	3.00	0.24	1.74	0.44
3.50	0.12	0.47	0.47	3.50	0.18	0.90	0.45	3.50	0.26	1.85	0.46
4.00	0.13	0.49	0.49	4.00	0.20	0.95	0.48	4.00	0.28	1.94	0.49
4.50	0.14	0.54	0.54	4.50	0.21	1.00	0.50	4.50	0.30	2.04	0.51
5.00	0.15	0.56	0.56	5.00	0.22	1.06	0.53	5.00	0.33	2.19	0.55
6.00	0.16	0.61	0.61	6.00	0.23	1.16	0.58	6.00	0.36	2.27	0.57
7.00	0.16	0.66	0.66	7.00	0.25	1.26	0.63	7.00	0.39	2.47	0.62
8.00	0.17	0.70	0.70	8.00	0.26	1.34	0.67	8.00	0.42	2.62	0.66
9.00	0.18	0.72	0.72	9.00	0.27	1.37	0.69	9.00	0.44	2.69	0.67
10.00	0.19	0.73	0.73	10.00	0.28	1.38	0.69	10.00	0.45	2.70	0.68
11.00	0.20	0.73	0.73	11.00	0.30	1.38	0.69	11.00	0.46	2.70	0.68
12.00	0.22	0.73	0.73	12.00	0.31	1.38	0.69	12.00	0.47	2.70	0.68

OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.
- * La densidad fue obtenida por el método del Peso unitario Mínimo y Peso unitario (Densidad relativa al 70%)
- * Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 4.

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO			
SOLICITANTE	: MAHYDRILL S.A.C.	EXPEDIENTE N°	: 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC
PROYECTO	: Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4	FECHA DE RECEPCIÓN	: Lima, 25 de Diciembre del 2021
		UBICACIÓN	: Marcona
REFERENCIA DE LA MUESTRA			
Sondaje	: C-1	Estado	: Parcialmente saturado
Muestra	: M-1/STOCK 4	Veloc. de Ensayo (mm/min)	: 0.50
Coordenadas	: E:484036; N:8316794	Presentación	: 01 saco d polipropileno
Clasificación (SUCS)	: GC - GM	Cantidad	: 6 Kg aprox.
NTP 339.171 ASTM - D3080	CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS		



OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.
- * La densidad fue obtenida por el método del Peso unitario Mínimo y Peso unitario (Densidad relativa al 70%)
- * Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 4.

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE	: MAHYDRILL S.A.C.	EXPEDIENTE	: 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC
		FECHA RECEPCIÓN	: Lima, 25 de Diciembre del 2021
PROYECTO	: Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4	UBICACIÓN	: Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN	: C-1/M-1/STOCK 4	TEMP. AMBIENTE (°C)	: 22 °C
COORDENADAS	: E:484036; N:8316794	TEMP. MUESTRA (°C)	: 22 °C
PRESENTACIÓN	: 01 Bolsa de polietileno	HUM. RELATIVA	: 67 %
CANTIDAD	: 05 kg aprox.		

NTP 339.152	MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA
--------------------	--

IDENTIFICACIÓN	SALES SOLUBLES (ppm)	SALES SOLUBLES (%)
C-1/M-1/STOCK 4 E:484036; N:8316794	1875	0.1875

OBSERVACIONES:

- Muestra Tomada e Identificada por el Solicitante.
- Correlacion entre (ppm) y (%); $10,000 * (\%) = (\text{ppm})$

Fecha de emisión : Lima, 28 de Diciembre del 2021

Tec.: T.G.A.
Rev.: C.G.C

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : MAHYDRILL S.A.C.	EXPEDIENTE : 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC
PROYECTO : Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4	FECHA RECEPCIÓN : Lima, 25 de Diciembre del 2021
	UBICACIÓN : Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA	CONDICIONES AMBIENTALES
IDENTIFICACIÓN : C-1/M-1/STOCK 4	TEMP. AMBIENTE (°C) : 25 °C
COORDENADAS : E:484036; N:8316794	TEMP. MUESTRA (°C) : 24 °C
PRESENTACIÓN : 01 Sacos de polietileno	HUM. RELATIVA : 73 %
CANTIDAD : 05 kg aprox.	

NTP 339.177	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CLORUROS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA
-------------	--

IDENTIFICACIÓN	CLORUROS EXPRESADOS COMO IÓN Cl ⁻ (ppm)	CLORUROS EXPRESADOS COMO IÓN Cl ⁻ (%)
C-1/M-1/STOCK 4 E:484036; N:8316794	1170	0.1170

- Correlacion entre (ppm) y (%): $10,000 * (\%) = (\text{ppm})$

Fecha de emisión : Lima, 28 de Diciembre del 2021

Tec.: : T.G.A.
Rev.: C.G.C.



CHRISTIAN TOMAS
GUERRERO CARDENAS
Ingeniero Civil
CIP N° 238605

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : MAHYDRILL S.A.C.	EXPEDIENTE : 396-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC
PROYECTO : Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4	FECHA RECEPCIÓN : Lima, 25 de Diciembre del 2021
	UBICACIÓN : Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA	CONDICIONES AMBIENTALES
IDENTIFICACIÓN : C-1/M-1/STOCK 4	TEMP. AMBIENTE (°C) : 20 °C
COORDENADAS : E:484036; N:8316794	TEMP. MUESTRA (°C) : 24 °C
PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno	HUM. RELATIVA : 73 %
CANTIDAD : 05 kg aprox.	

NTP 339.178	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA
--------------------	--

IDENTIFICACIÓN	SULFATOS EXPRESADOS COMO IÓN SO4 (ppm)	SULFATOS EXPRESADOS COMO IÓN SO4 (%)
C-1/M-1/STOCK 4 E:484036; N:8316794	178	0.0178

- Correlacion entre (ppm) y (%): $10,000 * (\%) = (\text{ppm})$

Fecha de emisión : Lima, 28 de Diciembre del 2021

Tec.: T.G.A.
Rev.: C.G.C.



CHRISTIAN TOMAS
GUERRERO CARDENAS
Ingeniero Civil
CIP N° 238805

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO			
SOLICITANTE	: MAHYDRILL S.A.C.	EXPEDIENTE	: 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC
		FECHA RECEPCIÓN	: Lima, 25 de Diciembre del 2021
PROYECTO	: Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4	UBICACIÓN	: Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA	CONDICIONES AMBIENTALES
IDENTIFICACIÓN : C-1/M-1/STOCK 4	TEMP. AMBIENTE (°C) : 22 °C
PROFUNDIDAD : E:484036; N:8316794	TEMP. MUESTRA (°C) : 22 °C
PRESENTACIÓN : 03 Frasco de vidrio	HUM. RELATIVA : 67 %
CANTIDAD : 450.0 ml.	

NTP 339.176	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH) EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA
--------------------	--

IDENTIFICACIÓN	POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)
C-1/M-1/STOCK 4/E:484036; N:8316794	7.0

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : MAHYDRILL S.A.C.

EXPEDIENTE N° : 396-2021/LAB GECAT
INGENIERÍA SAC
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 25 de Diciembre del 2021

PROYECTO : Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4

UBICACIÓN : Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : C-3/M-1/STOCK 4
COORDENADAS : E:484442; N:8317103

PRESENTACIÓN : 01 Costal de polietileno
CANTIDAD : 5 kg aprox.

NTP 339.128

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Malla		Peso retenido	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
	N°	Abertura (mm)				
	3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
	2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
	2 "	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
	1 1/2 "	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
	1 "	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
	3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0
	3/8"	9.500	2.3	1.1	1.1	98.9
	N° 4	4.760	4.0	1.9	2.9	97.1
	N° 10	2.000	5.5	2.6	5.5	94.5
	N° 20	0.840	6.4	3.0	8.5	91.5
	N° 40	0.425	7.5	3.5	12.0	88.0
	N° 60	0.260	26.7	12.5	24.5	75.5
	N° 140	0.106	63.6	29.7	54.2	45.8
	N° 200	0.075	4.3	2.0	56.2	43.8
	- N° 200	ASTM D 1140	-	43.8	100.0	-

CARACTERÍSTICAS GENERALES

ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos"

Grava (Ret N° 4) : 2.9 %
Arena : 53.3 %
Fino (Pas. N° 200) : 43.8 %

NTP 339.127, "Contenido de Humedad"

Cont. De humedad : 0.79 %

NTP 339.129 "Límites de Atterberg"

Límite Líquido (L.L) : 17.89
Límite Plástico (L.P) : NP
Índice Plástico (I.P) : NP

NTP 339.134, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS)

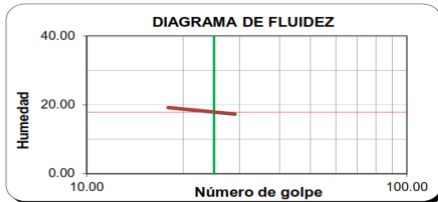
SM
Arena limosa

ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías de transporte" (AASHTO)

A-4

Descripción (AASHTO)

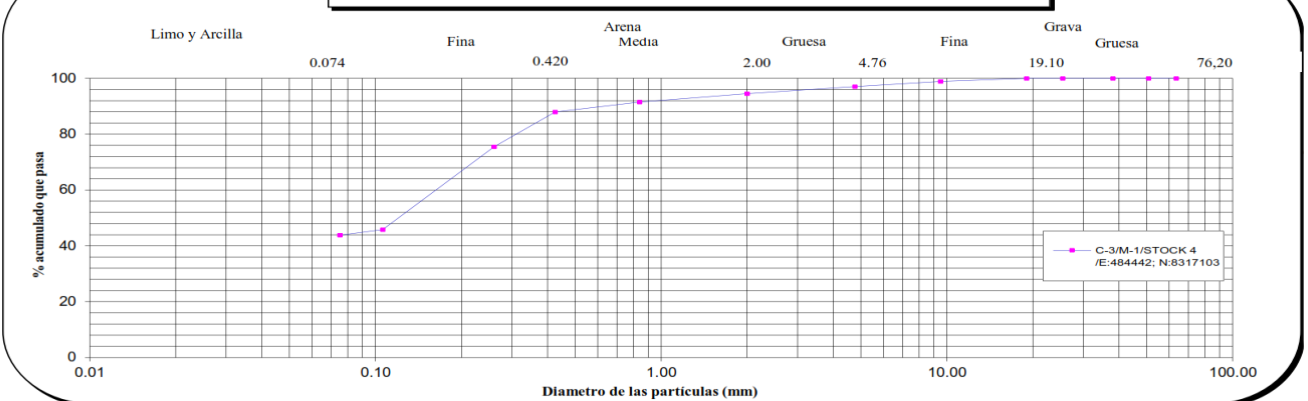
REG-MALO



OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.
- El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Fecha de emisión : Lima, 28 de Diciembre del 2021

Tec.: T.G.A.
Rev.: C.G.C

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : MAHYDRILL S.A.C. EXPEDIENTE : 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC
FECHA RECEPCIÓN : Lima, 25 de Diciembre del 2021
PROYECTO : Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4 UBICACIÓN : Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : C-3/M-1/STOCK 4 PRESENTACION : 01 Costal de polietileno
COORDENADAS : E:484442; N:8317103 CANTIDAD : 5 kg aprox.

NTP 339.127 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD	
	E - 1	E - 2
Cápsula N°	127.0	375.0
Peso tara + suelo húmedo (g)	554.4	445.8
Peso tara + suelo seco (g)	550.8	442.6
Peso del Agua (g)	3.6	3.2
Peso de la tara (g)	64.6	62.2
Peso del suelo seco (g)	486.2	380.4
Contenido de Humedad (RESULTADO) (%)	0.75	0.83
	0.79	

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo efectuado al agregado global natural.

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : MAHYDRILL S.A.C. EXPEDIENTE : 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC
FECHA RECEPCIÓN : Lima, 25 de Diciembre del 2021
PROYECTO : Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4
UBICACIÓN : Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : C-3/M-1/STOCK 4 PRESENTACION : 01 Costal de polietileno
COORDENADAS : E:484442; N:8317103 CANTIDAD : 5 kg aprox.

ASTM D 1140
MTC E 202

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LOS MATERIALES FINOS QUE PASAN EL TAMIZ DE 75µm (N 200) - SUELO

DETERMINACION DEL PORCENTAJE PASANTE DEL TAMIZ N°200

DESCRIPCION	UNIDADES	DATOS
Peso de muestra utilizada seca al horno a 110±5 °C antes del Lavado	(gr)	1951.4
Peso de muestra utilizada seca al horno a 110±5 °C despues del lavado	(gr)	1357.0
Material Pasante del Tamiz N° 200 por Lavado	(%)	43.8

COMENTARIOS:

-Para el desarrollo del Ensayo se empleo el Tamiz N° 200 (abertura 0.074 mm).

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : MAHYDRILL S.A.C.

EXPEDIENTE : 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 25 de Diciembre del 2021

PROYECTO : Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4

UBICACIÓN : Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : C-3/M-1/STOCK 4

PRESENTACION : 01 Costal de polietileno

COORDENADAS : E:484442; N:8317103

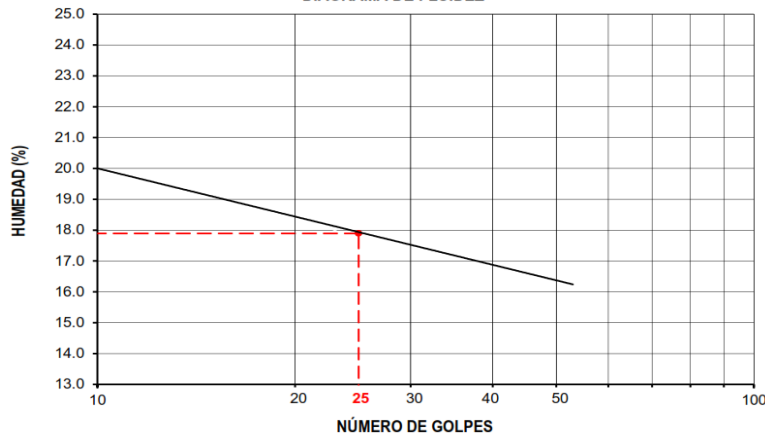
CANTIDAD : 5 kg aprox.

NTP 339.129

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (TAMIZ N°40)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°	1	91	203	213	--	--
Cápsula N°	1	91	203	213	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	29.02	33.89	28.54	31.27	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	26.85	31.11	26.6	28.98	--	--
Peso del Agua (g)	2.17	2.78	1.94	2.29	--	--
Peso de la cápsula (g)	15.69	15.73	15.32	15.37	--	--
Peso del suelo seco (g)	11.16	15.38	11.28	13.61	--	--
Contenido de humedad (%)	19.4	18.1	17.2	16.8	--	--
Número de golpes	13	23	34	42		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (%) : **17.89**

LÍMITE PLÁSTICO (%) : **NP**

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%) : **NP**

COMENTARIOS:

- Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.
- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

OBSERVACION:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE	: MAHYDRILL S.A.C.	EXPEDIENTE	: 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC
PROYECTO	: Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4	FECHA DE RECEPCION	: 25 de Diciembre del 2021
		UBICACIÓN	: Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN	: C-3/M-1/STOCK 4	PRESENTACIÓN	: 01 Sacos de polipropileno
COORDENADAS	: E:484442; N:8317103	CANTIDAD	: 05 kg aprox.

PESO UNITARIO MÍNIMO Y MÁXIMO DE SUELOS

IDENTIFICACIÓN	PESO UNITARIO MÍNIMO NTP 339.138 (1 999) (g/cm ³)	PESO UNITARIO MÁXIMO NTP 339.137 (1 999) (g/cm ³)
C-3/M-1/STOCK 4	1.42	1.59

DENSIDAD RELATIVA (%)

$$D_R = \frac{\rho_{max}(\rho_d - \rho_{min})}{\rho_d(\rho_{max} - \rho_{min})} \times 100$$

Donde:

D_R : Densidad relativa (%)
 ρ_d : Densidad del suelo en el terreno (Kg/m³)
 ρ_{min} : Densidad seca mínima (Kg/m³)
 ρ_{max} : Densidad seca máxima (Kg/m³)

IDENTIFICACIÓN	DENSIDAD RELATIVA (%)	DENSIDAD DEL SUELO EN EL TERRENO (g/cm ³)
C-3/M-1/STOCK 4	50%	1.50
	60%	1.52
	70%	1.53
	80%	1.55

OBSERVACIONES:

- Muestra Tomada e Identificada por Personal Técnico de Laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural seco.
- Ensayo efectuado al suelo pasante la malla N° 4 (4.76000mm)

Fecha de emisión : Lima, 28 de Diciembre del 2021

Tec.: T.G.A.
Rev.: C.G.C

IMFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : MAHYDRILL S.A.C. EXPEDIENTE N° : 396-2021/LAB GECAT INGENIERIA
 PROYECTO : Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4 FECHA DE RECEPCIÓN: Lima, 25 de Diciembre del 2021
 UBICACIÓN : Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA

Sondaje : C-3 Estado : Parcialmente saturado
 Muestra : M-1/STOCK 4 Veloc. de Ensayo (mm/min) : 0.50
 Coordenadas : E:484442; N:8317103 Presentación : 01 saco d polipropileno
 Clasificación (S.U.C.S.) : SM Cantidad : 6 Kg aprox.

NTP 339.171
ASTM - D3080

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

DATOS DEL ESPECIMEN				ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03			
				Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final		
Altura (h)	(cm)	2.00	1.98	2.00	1.97	2.00	1.96	2.00	1.96		
Diámetro (f)	(cm)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00		
Densidad Seca (g _d)	(g/cm ³)	1.53	1.92	1.53	1.90	1.53	1.94	1.53	1.94		
Humedad (w)	(%)	1.60	10.40	1.40	15.60	1.74	10.90	1.74	10.90		
Esfuerzo Normal	(Kg/cm ²)	1.00		2.00		4.00					
ESPECIMEN 01				ESPECIMEN 02				ESPECIMEN 03			
Deform. Tangencial (%)	Deform. Vertical (mm)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (Kg/cm ²)	Deform. Tangencial (%)	Deform. Vertical (mm)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (Kg/cm ²)	Deform. Tangencial (%)	Deform. Vertical (mm)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.01	0.05	0.05	0.05	0.01	0.09	0.05	0.05	0.02	0.18	0.05
0.10	0.02	0.07	0.07	0.10	0.03	0.14	0.07	0.10	0.04	0.29	0.07
0.20	0.03	0.11	0.11	0.20	0.04	0.22	0.11	0.20	0.06	0.44	0.11
0.35	0.04	0.15	0.15	0.35	0.05	0.29	0.14	0.35	0.08	0.57	0.14
0.50	0.04	0.17	0.17	0.50	0.07	0.34	0.17	0.50	0.09	0.67	0.17
0.75	0.05	0.21	0.21	0.75	0.08	0.40	0.20	0.75	0.11	0.80	0.20
1.00	0.06	0.23	0.23	1.00	0.09	0.44	0.22	1.00	0.13	1.01	0.25
1.25	0.07	0.25	0.25	1.25	0.11	0.49	0.25	1.25	0.15	1.10	0.27
1.50	0.08	0.26	0.26	1.50	0.12	0.54	0.27	1.50	0.17	1.17	0.29
1.75	0.09	0.28	0.28	1.75	0.13	0.59	0.30	1.75	0.18	1.30	0.32
2.00	0.10	0.30	0.30	2.00	0.14	0.66	0.33	2.00	0.20	1.33	0.33
2.50	0.10	0.31	0.31	2.50	0.16	0.70	0.35	2.50	0.22	1.46	0.36
3.00	0.11	0.35	0.35	3.00	0.17	0.74	0.37	3.00	0.24	1.53	0.38
3.50	0.12	0.38	0.38	3.50	0.18	0.80	0.40	3.50	0.25	1.62	0.41
4.00	0.13	0.40	0.40	4.00	0.20	0.84	0.42	4.00	0.27	1.70	0.43
4.50	0.14	0.42	0.42	4.50	0.21	0.92	0.46	4.50	0.29	1.79	0.45
5.00	0.15	0.47	0.47	5.00	0.22	0.99	0.50	5.00	0.30	1.92	0.48
6.00	0.16	0.51	0.51	6.00	0.23	1.01	0.50	6.00	0.32	1.99	0.50
7.00	0.16	0.56	0.56	7.00	0.25	1.05	0.53	7.00	0.34	2.17	0.54
8.00	0.17	0.58	0.58	8.00	0.26	1.10	0.55	8.00	0.35	2.20	0.55
9.00	0.18	0.60	0.60	9.00	0.27	1.12	0.56	9.00	0.37	2.34	0.59
10.00	0.19	0.60	0.60	10.00	0.28	1.16	0.58	10.00	0.39	2.36	0.59
11.00	0.20	0.61	0.61	11.00	0.30	1.19	0.60	11.00	0.40	2.38	0.60
12.00	0.21	0.61	0.61	12.00	0.31	1.20	0.60	12.00	0.42	2.37	0.59

OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.
- * La densidad fue obtenida por el método del Peso unitario Mínimo y Peso unitario (Densidad relativa al 70%)
- * Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 4.

Fecha de Emisión: Lima, 28 de Diciembre del 2021

Tec.: T.G.A.
Rev.: C.G.C.

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

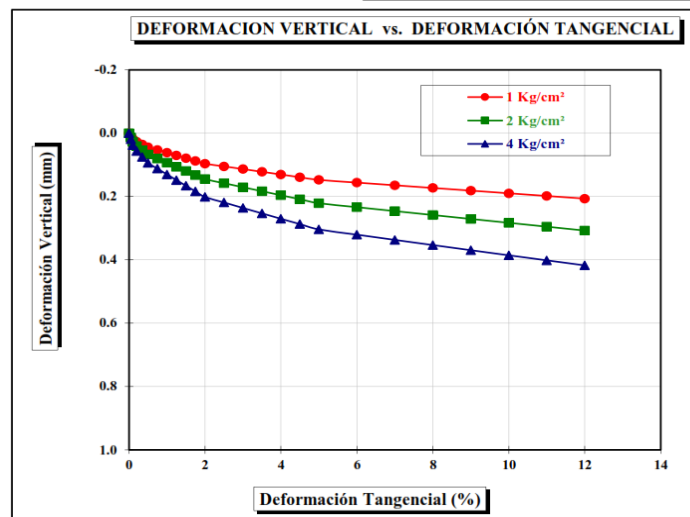
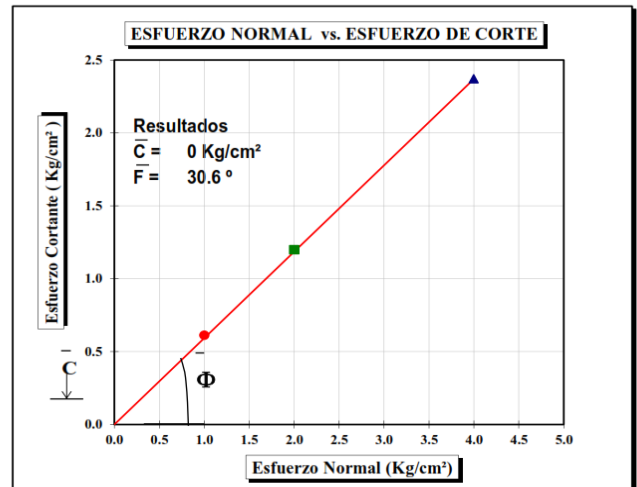
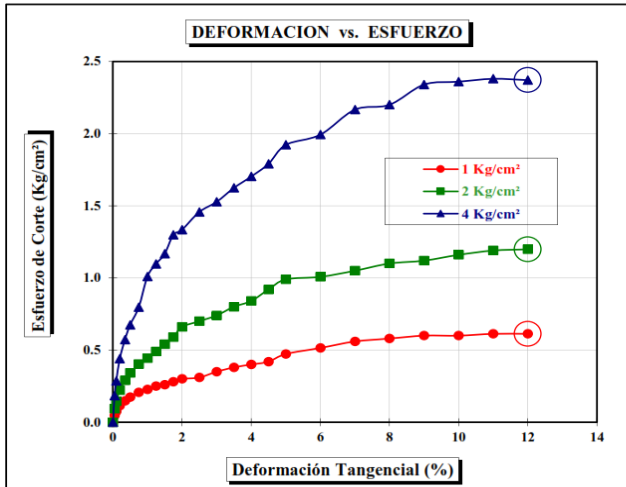
SOLICITANTE	: MAHYDRILL S.A.C.	EXPEDIENTE N°	: 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC
PROYECTO	: Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4	FECHA DE RECEPCIÓN	: Lima, 25 de Diciembre del 2021
		UBICACIÓN	: Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA

Sondaje	: C-3	Estado	: Parcialmente saturado
Muestra	: M-1/STOCK 4	Veloc. de Ensayo (mm/min)	: 0.50
Coordenadas	: E:484442; N:8317103	Presentación	: 01 saco d polipropileno
Clasificación (SUCS)	: SM	Cantidad	: 6 Kg aprox.

NTP 339.171
ASTM - D3080

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS



OBSERVACIONES:

Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.
La densidad fue obtenida por el método del Peso unitario Mínimo y Peso unitario (Densidad relativa al 70%)
Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 4.

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE	: MAHYDRILL S.A.C.	EXPEDIENTE	: 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC
		FECHA RECEPCIÓN	: Lima, 25 de Diciembre del 2021
PROYECTO	: Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4	UBICACIÓN	: Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA	CONDICIONES AMBIENTALES
IDENTIFICACIÓN : C-3/M-1/STOCK 4	TEMP. AMBIENTE (°C) : 22 °C
COORDENADAS : E:484442; N:8317103	TEMP. MUESTRA (°C) : 22 °C
PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno	HUM. RELATIVA : 67 %
CANTIDAD : 05 kg aprox.	

NTP 339.152	MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA
--------------------	--

IDENTIFICACIÓN	SALES SOLUBLES (ppm)	SALES SOLUBLES (%)
C-3/M-1/STOCK 4 E:484442; N:8317103	4875	0.4875

OBSERVACIONES:

- Muestra Tomada e Identificada por el Solicitante.
- Correlacion entre (ppm) y (%); $10,000 * (\%) = (\text{ppm})$

Fecha de emisión : Lima, 28 de Diciembre del 2021

Tec.: T.G.A.
Rev.: C.G.C

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE	: MAHYDRILL S.A.C.	EXPEDIENTE	: 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC
PROYECTO	: Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4	FECHA RECEPCIÓN	: Lima, 25 de Diciembre del 2021
		UBICACIÓN	: Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA	CONDICIONES AMBIENTALES
IDENTIFICACIÓN : C-3/M-1/STOCK 4	TEMP. AMBIENTE (°C) : 25 °C
COORDENADAS : E:484442; N:8317103	TEMP. MUESTRA (°C) : 24 °C
PRESENTACIÓN : 01 Sacos de polietileno	HUM. RELATIVA : 73 %
CANTIDAD : 05 kg aprox.	

NTP 339.177	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CLORUROS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA
--------------------	--

IDENTIFICACIÓN	CLORUROS EXPRESADOS COMO IÓN Cl ⁻ (ppm)	CLORUROS EXPRESADOS COMO IÓN Cl ⁻ (%)
C-3/M-1/STOCK 4 E:484442; N:8317103	1275	0.1275

- Correlacion entre (ppm) y (%); $10,000 * (\%) = (\text{ppm})$

Fecha de emisión : Lima, 28 de Diciembre del 2021

Tec.: : T.G.A.
Rev.: : C.G.C.



CHRISTIAN TOMAS
GUERRERO CARDENAS
Ingeniero Civil
CIP N° 238605

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : MAHYDRILL S.A.C. EXPEDIENTE : 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 25 de Diciembre del 2021
 PROYECTO : Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4
 UBICACIÓN : Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA	CONDICIONES AMBIENTALES
IDENTIFICACIÓN : C-3/M-1/STOCK 4	TEMP. AMBIENTE (°C) : 20 °C
COORDENADAS : E:484442; N:8317103	TEMP. MUESTRA (°C) : 24 °C
PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno	HUM. RELATIVA : 73 %
CANTIDAD : 05 kg aprox.	

NTP 339.178

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

IDENTIFICACIÓN	SULFATOS EXPRESADOS COMO IÓN SO ₄ (ppm)	SULFATOS EXPRESADOS COMO IÓN SO ₄ (%)
C-3/M-1/STOCK 4 E:484442; N:8317103	247	0.0247

- Correlacion entre (ppm) y (%); $10,000 * (%) = (\text{ppm})$

Fecha de emisión : Lima, 28 de Diciembre del 2021

Tec.: T.G.A.
Rev.: C.G.C.



CHRISTIAN TOMAS
GUERRERO CARDENAS
Ingeniero Civil
CIP N° 238605

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : MAHYDRILL S.A.C.	EXPEDIENTE : 396-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC
PROYECTO : Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4	FECHA RECEPCIÓN : Lima, 25 de Diciembre del 2021
	UBICACIÓN : Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA	CONDICIONES AMBIENTALES
IDENTIFICACIÓN : C-3/M-1/STOCK 4	TEMP. AMBIENTE (°C) : 22 °C
PROFUNDIDAD : E:484442; N:8317103	TEMP. MUESTRA (°C) : 22 °C
PRESENTACIÓN : 03 Frasco de vidrio	HUM. RELATIVA : 67 %
CANTIDAD : 450.0 ml.	

NTP 339.176

**MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)
EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA**

IDENTIFICACIÓN	POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)
C-3/M-1/STOCK 4/E:484442; N:8317103	6.9

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : MAHYDRILL S.A.C.

EXPEDIENTE N° : 396-2021/LAB GECAT
INGENIERÍA SAC
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 25 de Diciembre del 2021

PROYECTO : Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4

UBICACIÓN : Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : C-4/M-1/STOCK 4
COORDENADAS : E:484341; N:8317216

PRESENTACIÓN : 01 Costal de polietileno
CANTIDAD : 5 kg aprox.

NTP 339.128

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Malla		Peso retenido	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
	N°	Abertura (mm)				
	3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
	2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
	2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
	1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
	1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
	3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0
	3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0
	N° 4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0
	N° 10	2.000	0.4	0.3	0.3	99.7
	N° 20	0.840	3.4	3.0	3.3	96.7
	N° 40	0.425	8.1	7.2	10.6	89.4
	N° 60	0.260	31.5	28.1	38.7	61.3
	N° 140	0.106	44.8	40.0	78.7	21.3
	N° 200	0.075	2.6	2.3	81.0	19.0
	- N° 200	ASTM D 1140	-	19.0	100.0	-

CARACTERÍSTICAS GENERALES

ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos"

Grava (Ret N° 4) : 0.0 %
Arena : 81.0 %
Fino (Pas. N° 200) : 19.0 %

NTP 339.127, "Contenido de Humedad"

Cont. De humedad : 0.19 %

NTP 339.129 "Límites de Atterberg"

Límite Líquido (L.L) : 19.07
Límite Plástico (L.P) : NP
Índice Plástico (I.P) : NP

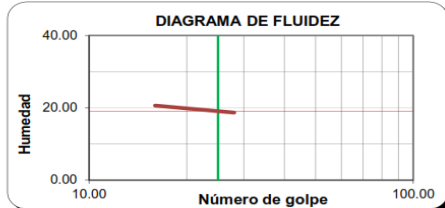
NTP 339.134, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS)

SM
Arena limosa

ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías de transporte" (AASHTO)

A-2-4

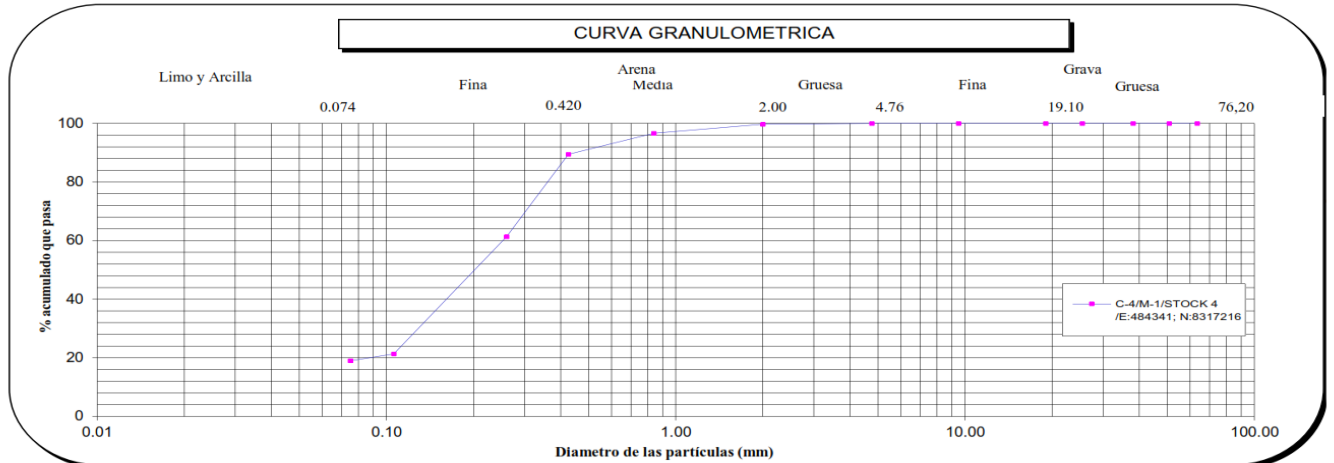
Descripción (AASHTO)
BUENO



OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.
- El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

CURVA GRANULOMÉTRICA



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO			
SOLICITANTE	: MAHYDRILL S.A.C.	EXPEDIENTE	: 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC
PROYECTO	: Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4	FECHA RECEPCIÓN	: Lima, 25 de Diciembre del 2021
		UBICACIÓN	: Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA			
IDENTIFICACION	: C-4/M-1/STOCK 4	PRESENTACION	: 01 Costal de polietileno
COORDENADAS	: E:484341; N:8317216	CANTIDAD	: 5 kg aprox.

NTP 339.127	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
--------------------	---

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD	
	E - 1	E - 2
Cápsula N°	173.0	48.0
Peso tara + suelo húmedo (g)	440.3	547.7
Peso tara + suelo seco (g)	439.8	546.6
Peso del Agua (g)	0.5	1.1
Peso de la tara (g)	64.6	62.2
Peso del suelo seco (g)	375.2	484.4
Contenido de Humedad (RESULTADO) (%)	0.15	0.23
	0.19	

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo efectuado al agregado global natural.

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : MAHYDRILL S.A.C. EXPEDIENTE : 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC
FECHA RECEPCIÓN : Lima, 25 de Diciembre del 2021
PROYECTO : Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4 UBICACIÓN : Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : C-4/M-1/STOCK 4 PRESENTACION : 01 Costal de polietileno
COORDENADAS : E:484341; N:8317216 CANTIDAD : 5 kg aprox.

ASTM D 1140
MTC E 202

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LOS MATERIALES FINOS QUE PASAN EL TAMIZ DE 75 μ m (N 200) - SUELO

DETERMINACION DEL PORCENTAJE PASANTE DEL TAMIZ N°200

DESCRIPCION	UNIDADES	DATOS
Peso de muestra utilizada seca al horno a 110 \pm 5 °C antes del Lavado	(gr)	1305.2
Peso de muestra utilizada seca al horno a 110 \pm 5 °C despues del lavado	(gr)	1097.0
Material Pasante del Tamiz N° 200 por Lavado	(%)	19.0

COMENTARIOS:

-Para el desarrollo del Ensayo se empleo el Tamiz N° 200 (abertura 0.074 mm).

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : MAHYDRILL S.A.C.

EXPEDIENTE : 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 25 de Diciembre del 2021

PROYECTO : Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4

UBICACIÓN : Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : C-4/M-1/STOCK 4

PRESENTACION : 01 Costal de polietileno

COORDENADAS : E:484341; N:8317216

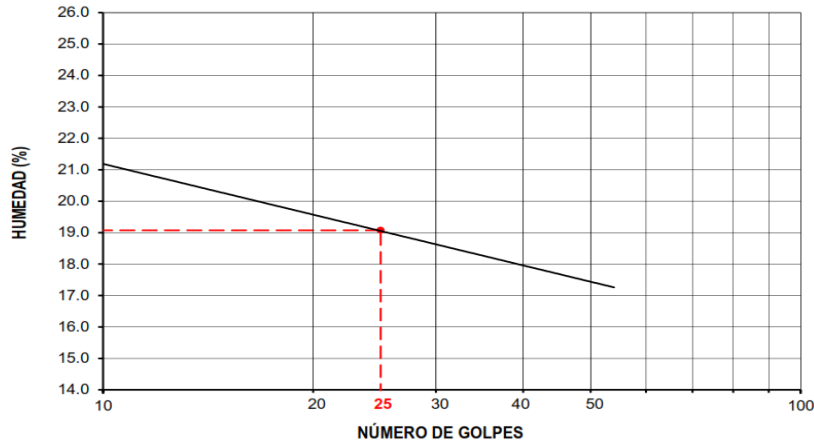
CANTIDAD : 5 kg aprox.

NTP 339.129

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (TAMIZ N°40)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°	1	267	276	47	--	--
Cápsula N°	1	267	276	47	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	28.37	30	28.06	31.68	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	26.19	27.44	26.18	29.49	--	--
Peso del Agua (g)	2.18	2.56	1.88	2.19	--	--
Peso de la cápsula (g)	15.69	14.22	15.99	17.19	--	--
Peso del suelo seco (g)	10.5	13.22	10.19	12.3	--	--
Contenido de humedad (%)	20.8	19.4	18.4	17.8	--	--
Número de golpes	12	22	32	43		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (%) : 19.07

LÍMITE PLÁSTICO (%) : NP

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%) : NP

COMENTARIOS:

- Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.
- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

OBSERVACION:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : MAHYDRILL S.A.C. EXPEDIENTE : 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC
FECHA DE RECEPCION : 25 de Diciembre del 2021
PROYECTO : Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4
UBICACIÓN : Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : C-4/M-1/STOCK 4 PRESENTACIÓN : 01 Sacos de polipropileno
COORDENADAS : E:484341; N:8317216 CANTIDAD : 05 kg aprox.

PESO UNITARIO MÍNIMO Y MÁXIMO DE SUELOS

IDENTIFICACIÓN	PESO UNITARIO MÍNIMO NTP 339.138 (1 999) (g/cm ³)	PESO UNITARIO MÁXIMO NTP 339.137 (1 999) (g/cm ³)
C-4/M-1/STOCK 4	1.46	1.65

DENSIDAD RELATIVA (%)

$$D_R = \frac{\rho_{max}(\rho_d - \rho_{min})}{\rho_d(\rho_{max} - \rho_{min})} \times 100$$

Donde:

D_R : Densidad relativa (%)
 ρ_d : Densidad del suelo en el terreno (Kg/m³)
 ρ_{min} : Densidad seca mínima (Kg/m³)
 $\rho_{máx}$: Densidad seca máxima (Kg/m³)

IDENTIFICACIÓN	DENSIDAD RELATIVA (%)	DENSIDAD DEL SUELO EN EL TERRENO (g/cm ³)
C-4/M-1/STOCK 4	50%	1.55
	60%	1.57
	70%	1.59
	80%	1.61

OBSERVACIONES:

- Muestra Tomada e Identificada por Personal Técnico de Laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural seco.
- Ensayo efectuado al suelo pasante la malla N° 4 (4.76000mm)

Fecha de emisión : Lima, 28 de Diciembre del 2021

Tec.: T.G.A.
Rev.: C.G.C

IMFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE :	MAHYDRILL S.A.C.	EXPEDIENTE N° :	396-2021/LAB GECAT INGENIERIA
PROYECTO :	Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4	FECHA DE RECEPCIÓN:	Lima, 25 de Diciembre del 2021
		UBICACIÓN :	Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA

Sondaje :	C-4	Estado :	Parcialmente saturado
Muestra :	M-1/STOCK 4	Veloc. de Ensayo (mm/min) :	0.50
Coordenadas :	E:484341; N:8317216	Presentación :	01 saco d polipropileno
Clasificación (S.U.C.S.) :	SM	Cantidad :	6 Kg aprox.

**NTP 339.171
ASTM - D3080**

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

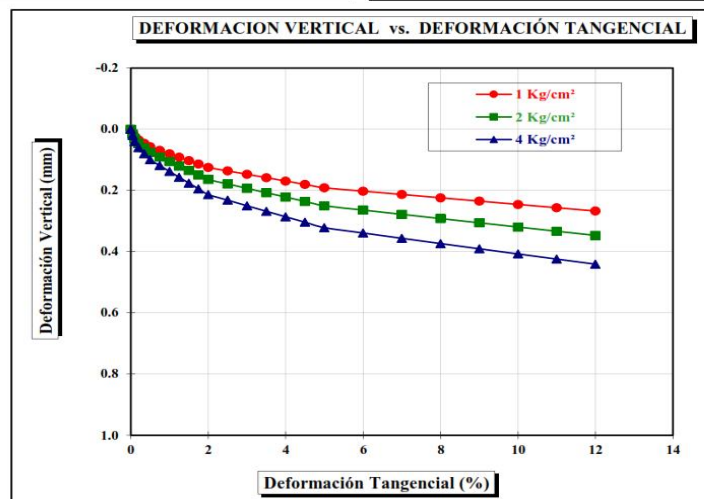
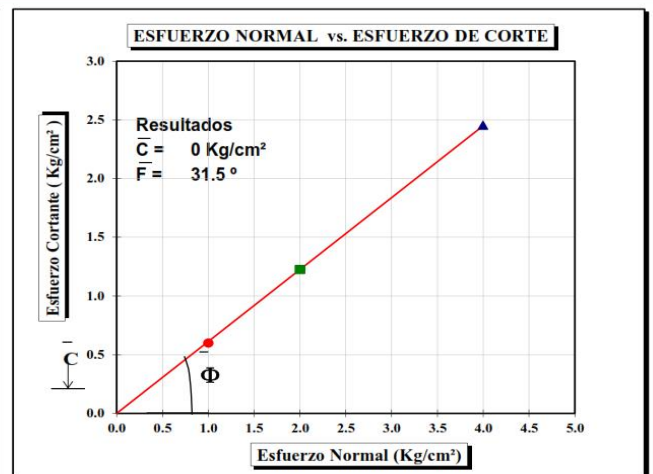
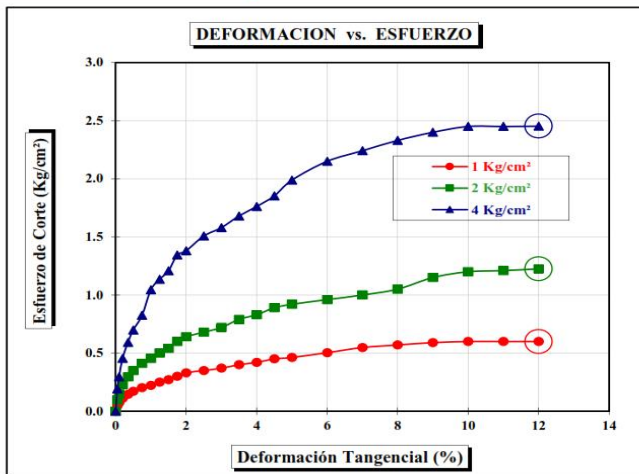
DATOS DEL ESPECIMEN				ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03			
				Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final		
Altura (h)	(cm)	2.00	1.97	2.00	1.97	2.00	1.97	2.00	1.96		
Diámetro (f)	(cm)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00		
Densidad Seca (g _d)	(g/cm ³)	1.59	1.93	1.59	1.91	1.59	1.94	1.59	1.94		
Humedad (w)	(%)	1.10	12.20	1.30	12.30	2.10	11.36	2.10	11.36		
Esfuerzo Normal	(Kg/cm ²)	1.00		2.00		4.00					
ESPECIMEN 01				ESPECIMEN 02				ESPECIMEN 03			
Deform. Tangencial (%)	Deform. Vertical (mm)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (Kg/cm ²)	Deform. Tangencial (%)	Deform. Vertical (mm)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (Kg/cm ²)	Deform. Tangencial (%)	Deform. Vertical (mm)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.01	0.05	0.05	0.05	0.02	0.10	0.05	0.05	0.02	0.19	0.05
0.10	0.02	0.07	0.07	0.10	0.03	0.15	0.07	0.10	0.04	0.30	0.07
0.20	0.03	0.11	0.11	0.20	0.05	0.23	0.11	0.20	0.06	0.45	0.11
0.35	0.05	0.14	0.14	0.35	0.06	0.30	0.15	0.35	0.08	0.59	0.15
0.50	0.06	0.17	0.17	0.50	0.08	0.35	0.17	0.50	0.10	0.70	0.17
0.75	0.07	0.20	0.20	0.75	0.09	0.41	0.21	0.75	0.12	0.82	0.21
1.00	0.08	0.22	0.22	1.00	0.11	0.45	0.23	1.00	0.14	1.04	0.26
1.25	0.09	0.25	0.25	1.25	0.12	0.50	0.25	1.25	0.16	1.13	0.28
1.50	0.10	0.27	0.27	1.50	0.13	0.54	0.27	1.50	0.18	1.21	0.30
1.75	0.11	0.30	0.30	1.75	0.15	0.60	0.30	1.75	0.19	1.34	0.34
2.00	0.12	0.33	0.33	2.00	0.16	0.64	0.32	2.00	0.21	1.38	0.34
2.50	0.14	0.35	0.35	2.50	0.18	0.68	0.34	2.50	0.23	1.51	0.38
3.00	0.15	0.37	0.37	3.00	0.19	0.72	0.36	3.00	0.25	1.58	0.39
3.50	0.16	0.40	0.40	3.50	0.21	0.79	0.40	3.50	0.27	1.68	0.42
4.00	0.17	0.42	0.42	4.00	0.22	0.83	0.42	4.00	0.29	1.76	0.44
4.50	0.18	0.45	0.45	4.50	0.24	0.89	0.45	4.50	0.30	1.85	0.46
5.00	0.19	0.46	0.46	5.00	0.25	0.92	0.46	5.00	0.32	1.99	0.50
6.00	0.20	0.50	0.50	6.00	0.26	0.96	0.48	6.00	0.34	2.15	0.54
7.00	0.21	0.55	0.55	7.00	0.28	1.00	0.50	7.00	0.36	2.24	0.56
8.00	0.22	0.57	0.57	8.00	0.29	1.05	0.53	8.00	0.37	2.33	0.58
9.00	0.23	0.59	0.59	9.00	0.31	1.15	0.58	9.00	0.39	2.40	0.60
10.00	0.25	0.60	0.60	10.00	0.32	1.20	0.60	10.00	0.41	2.45	0.61
11.00	0.26	0.60	0.60	11.00	0.33	1.21	0.61	11.00	0.42	2.45	0.61
12.00	0.27	0.60	0.60	12.00	0.35	1.23	0.61	12.00	0.44	2.45	0.61

OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.
- * La densidad fue obtenida por el método del Peso unitario Mínimo y Peso unitario (Densidad relativa al 70%)
- * Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 4.

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO		
SOLICITANTE	: MAHYDRILL S.A.C.	EXPEDIENTE N° : 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC
PROYECTO	: Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4	FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 25 de Diciembre del 2021
		UBICACIÓN : Marcona
REFERENCIA DE LA MUESTRA		
Sondaje	: C-4	Estado : Parcialmente saturado
Muestra	: M-1/STOCK 4	Veloc. de Ensayo (mm/min) : 0.50
Coordenadas	: E:484341; N:8317216	Presentación : 01 saco d polipropileno
Clasificación (SUCS)	: SM	Cantidad : 6 Kg aprox.
NTP 339.171 ASTM - D3080	CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS	



OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.
- * La densidad fue obtenida por el método del Peso unitario Mínimo y Peso unitario (Densidad relativa al 70%)
- * Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 4.

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE	: MAHYDRILL S.A.C.	EXPEDIENTE	:	396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC
		FECHA RECEPCIÓN	:	Lima, 25 de Diciembre del 2021
PROYECTO	: Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4	UBICACIÓN	:	Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA	CONDICIONES AMBIENTALES
IDENTIFICACIÓN : C-4/M-1/STOCK 4	TEMP. AMBIENTE (°C) : 22 °C
COORDENADAS : E:484341; N:8317216	TEMP. MUESTRA (°C) : 22 °C
PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno	HUM. RELATIVA : 67 %
CANTIDAD : 05 kg aprox.	

NTP 339.152	MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA
--------------------	--

IDENTIFICACIÓN	SALES SOLUBLES (ppm)	SALES SOLUBLES (%)
C-4/M-1/STOCK 4 E:484341; N:8317216	5572	0.5572

OBSERVACIONES:

- Muestra Tomada e Identificada por el Solicitante.
- Correlacion entre (ppm) y (%); $10,000 * (\%) = (\text{ppm})$

Fecha de emisión : Lima, 28 de Diciembre del 2021

Tec.: T.G.A.
Rev.: C.G.C

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE	: MAHYDRILL S.A.C.	EXPEDIENTE	: 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC
PROYECTO	: Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4	FECHA RECEPCIÓN	: Lima, 25 de Diciembre del 2021
		UBICACIÓN	: Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA	CONDICIONES AMBIENTALES
IDENTIFICACIÓN : C-4/M-1/STOCK 4	TEMP. AMBIENTE (°C) : 25 °C
COORDENADAS : E:484341; N:8317216	TEMP. MUESTRA (°C) : 24 °C
PRESENTACIÓN : 01 Sacos de polietileno	HUM. RELATIVA : 73 %
CANTIDAD : 05 kg aprox.	

NTP 339.177	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CLORUROS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA
--------------------	--

IDENTIFICACIÓN	CLORUROS EXPRESADOS COMO IÓN Cl ⁻ (ppm)	CLORUROS EXPRESADOS COMO IÓN Cl ⁻ (%)
C-4/M-1/STOCK 4 E:484341; N:8317216	875	0.0875

- Correlacion entre (ppm) y (%); 10,000 * (%) = (ppm)

Fecha de emisión : Lima, 28 de Diciembre del 2021

Tec.: : T.G.A.
Rev.: : C.G.C.



CHRISTIAN TOMAS
GUERRERO CARDENAS
Ingeniero Civil
CIP N° 238605

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : MAHYDRILL S.A.C.	EXPEDIENTE : 396-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC
PROYECTO : Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4	FECHA RECEPCIÓN : Lima, 25 de Diciembre del 2021
	UBICACIÓN : Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA	CONDICIONES AMBIENTALES
IDENTIFICACIÓN : C-4/M-1/STOCK 4	TEMP. AMBIENTE (°C) : 22 °C
PROFUNDIDAD : E:484341; N:8317216	TEMP. MUESTRA (°C) : 22 °C
PRESENTACIÓN : 03 Frasco de vidrio	HUM. RELATIVA : 67 %
CANTIDAD : 450.0 ml.	

NTP 339.176	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH) EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA
--------------------	--

IDENTIFICACIÓN	POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)
C-4/M-1/STOCK 4/E:484341; N:8317216	6.7

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : MAHYDRILL S.A.C. EXPEDIENTE : 396-2021/LAB GECAT INGENIERÍA SAC
FECHA RECEPCIÓN : Lima, 25 de Diciembre del 2021
PROYECTO : Estudio geotécnico con fines de cimentación Stock 4 UBICACIÓN : Marcona

REFERENCIA DE LA MUESTRA	CONDICIONES AMBIENTALES
IDENTIFICACIÓN : C-4/M-1/STOCK 4	TEMP. AMBIENTE (°C) : 20 °C
COORDENADAS : E:484341; N:8317216	TEMP. MUESTRA (°C) : 24 °C
PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno	HUM. RELATIVA : 73 %
CANTIDAD : 05 kg aprox.	

NTP 339.178

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

IDENTIFICACIÓN	SULFATOS EXPRESADOS COMO IÓN SO ₄ (ppm)	SULFATOS EXPRESADOS COMO IÓN SO ₄ (%)
C-4/M-1/STOCK 4 E:484341; N:8317216	365	0.0365

- Correlacion entre (ppm) y (%); $10,000 * (\%) = (\text{ppm})$

Fecha de emisión : Lima, 28 de Diciembre del 2021

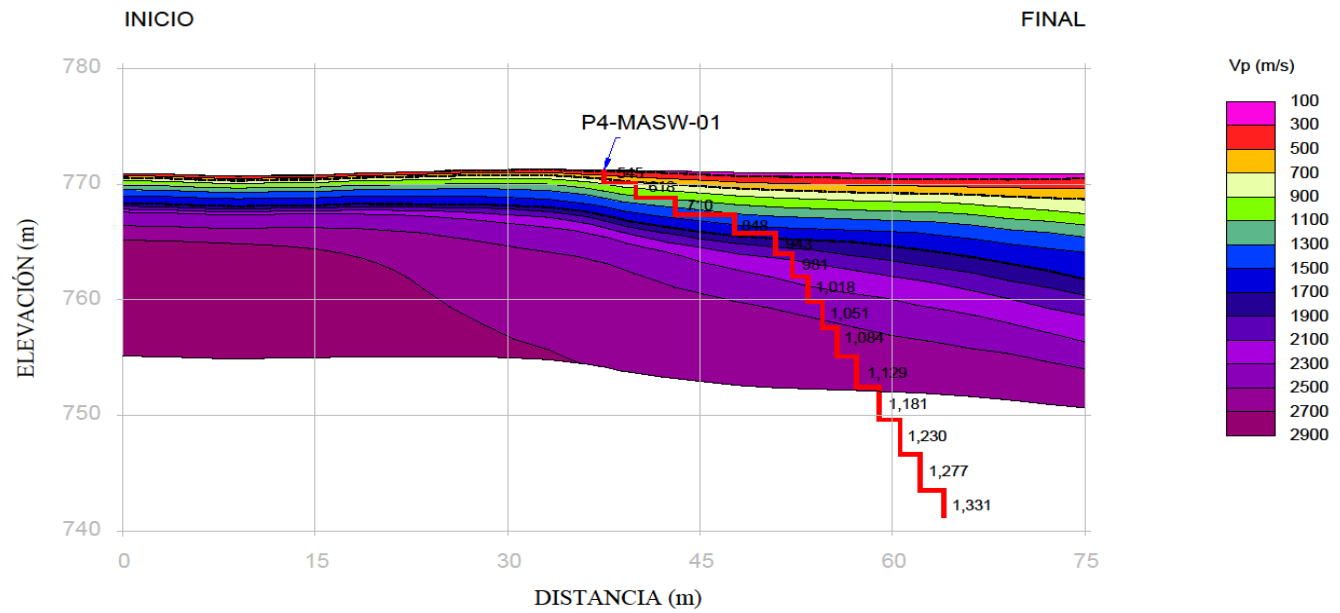
Tec.: T.G.A.
Rev.: C.G.C.



CHRISTIAN TOMAS
GUERRERO CARDENAS
Ingeniero Civil
CIP N° 238605

Anexo 05. Líneas sísmicas

LÍNEA SÍSMICA P4-LS-01



Línea	Estrato	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
P4-LS-01	1	100 - 300	0.1 - 0.5	Material granular suelto.
	2	300 - 700	0.4 - 1.8	Material granular medianamente denso.
	3	700 - 1700	2.2 - 6.9	Material granular denso a roca fracturada.
	4	1700 - 2900	11.1 - 13.2	Material granular muy denso a roca ligeramente fracturada.



UNDA
UNIVERSIDAD NACIONAL
DANIEL ALCIDES
CARRION



ESCUELA DE FORMACION
PROFESIONAL
INGENIERIA GEOLOGICA

Presentado por:
John HERRERA PRESENTACION
Aprobado por:
Dr. Jose HINDOZA DE LA SOTA

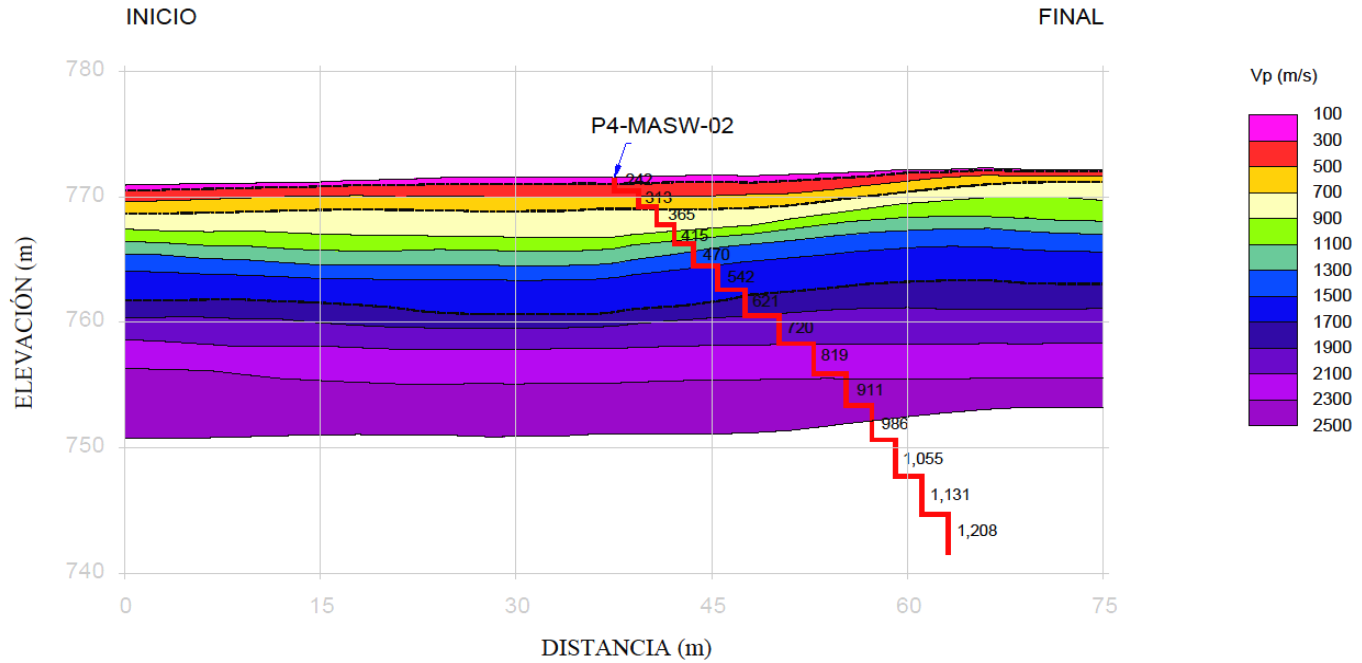
REVISIONES	
Nº	FECHA
1	20/12/2021
	DESCRIPCION
	LÍNEA SÍSMICA

EVALUACION GEOTECNICA PARA LA
CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO
DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTO
STOCK 4, SHOUGANG HIERRO PERU

PROYECTO:
LÍNEA GEOFISICA
P4-LS-01

FECHA:
20/12/2021
PÁGINA:
01

LÍNEA SÍSMICA P4-LS-02



Línea	Estrato	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
P4-LS-02	1	100 - 300	0.1 - 0.5	Material granular suelto.
	2	300 - 700	0.8 - 2.2	Material granular medianamente denso.
	3	700 - 1700	6.9 - 8.3	Material granular denso a roca fracturada.
	4	1700 - 2500	9.5 - 11.0	Material granular muy denso a roca ligeramente fracturada.



UNDA
UNIVERSIDAD NACIONAL
DANIEL ALCIDES
CARRION



ESCUELA DE FORMACION
PROFESIONAL
INGENIERIA GEOLOGICA

Presentado por:
John HERRERA PRESENTACION
Aprobado por:
Dr. Jose HINDUOSA DE LA SOTA

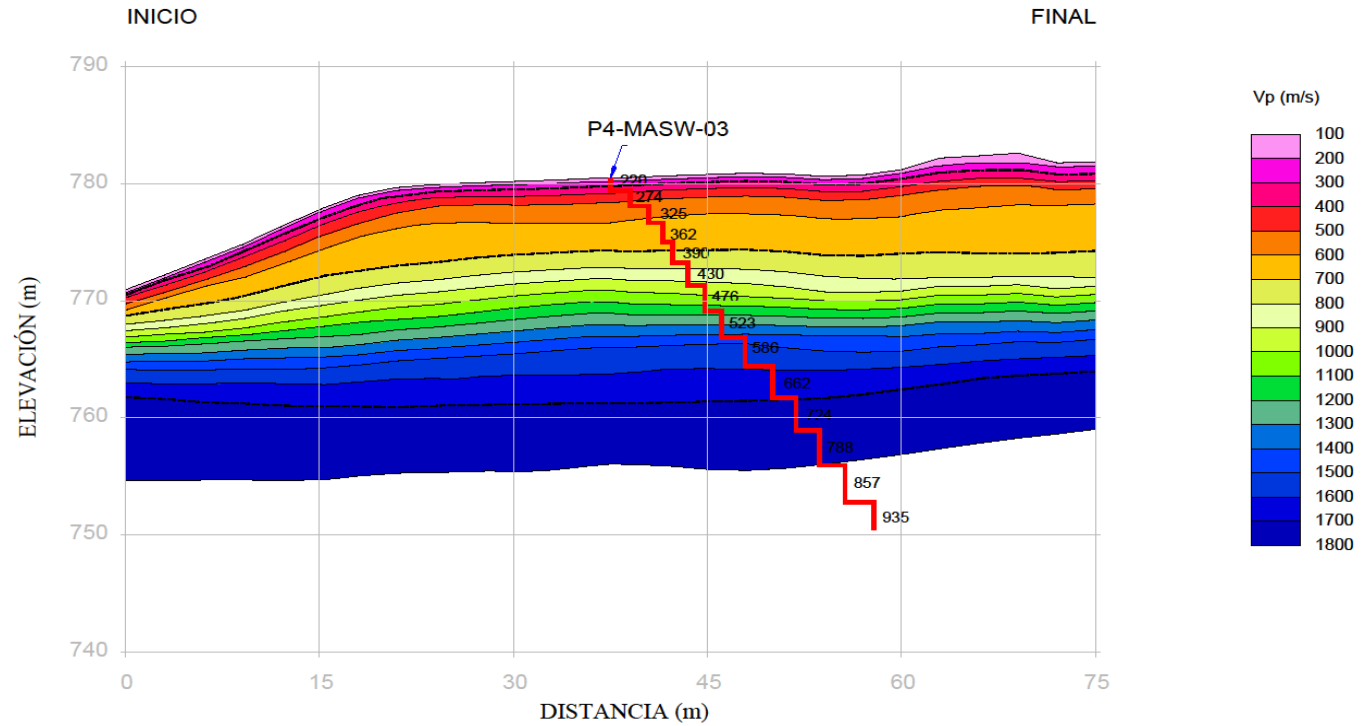
REVISIONES	
Nº	FECHA
1	30/12/2021

EVALUACION GEOTECNICA PARA LA
CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO
DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTO
STOCK 4, SHOUGANG HIERRO PERU

PROYECTO:
LINEA GEOFISICA
P4-LS-02

FECHA:
30/12/2021
PÁGINA:
02

LÍNEA SÍSMICA P4-LS-03



Línea	Estrato	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
P4-LS-03	1	100 - 300	0.4 - 1.4	Material granular suelto.
	2	300 - 700	1.8 - 7.1	Material granular medianamente denso.
	3	700 - 1700	6.9 - 13.0	Material granular denso a roca fracturada.
	4	1700 - 1800	4.9 - 7.1	Material granular muy denso a roca ligeramente fracturada.



UNDA
UNIVERSIDAD NACIONAL
DANIEL ALCIDES
CARRION



ESCUELA DE FORMACION
PROFESIONAL
INGENIERIA GEOLOGICA

Responsable:
John HERRERA PRESENTACION
Autor:
Dr. Jose HINOJOSA DE LA SOTA

REVISIONES	
Nº	FECHA
1	30/12/2021
	DESCRIPCION
	LÍNEA SÍSMICA

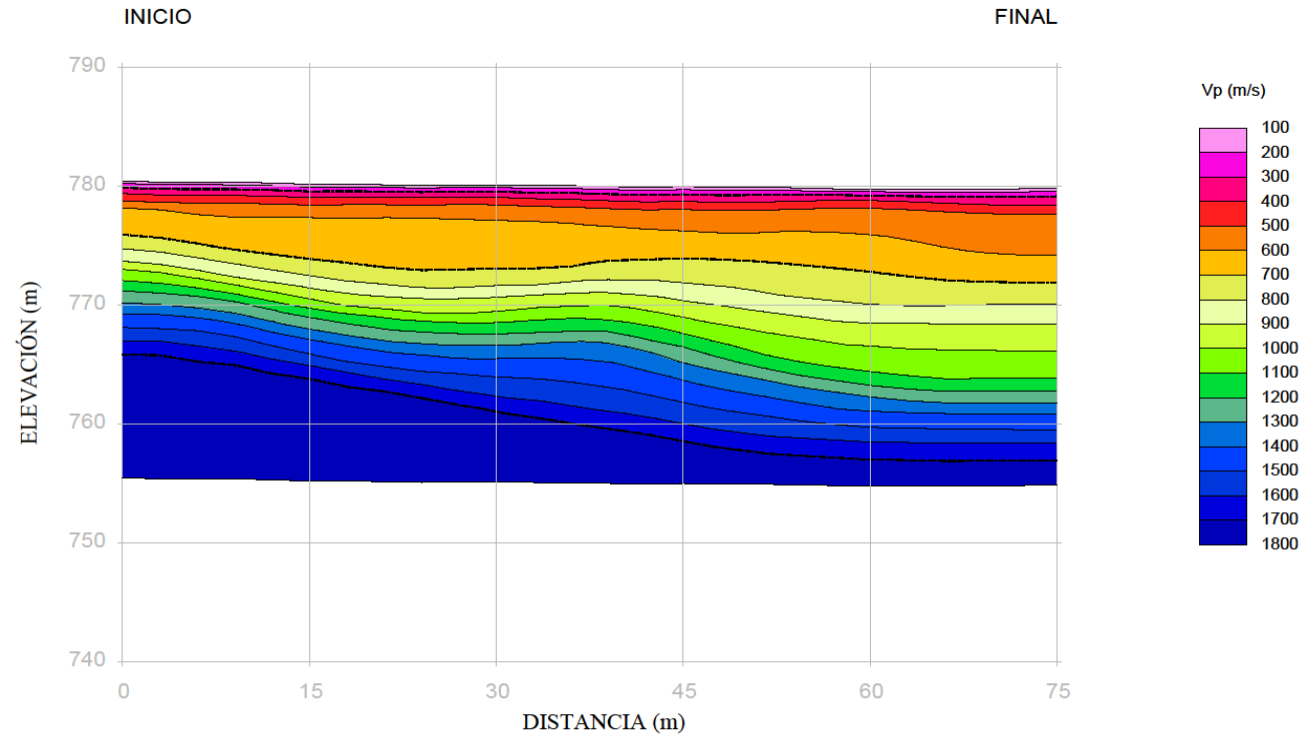
EVALUACION GEOTECNICA PARA LA
CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO
DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTO
STOCK 4, SHOUANG HIERRO PERU

PROY. Nº

LÍNEA GEOFISICA
P4-LS-03

FECHA
30/12/2021
PÁG.
03

LÍNEA SÍSMICA P4-LS-04



Línea	Estrato	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
P4-LS-04	1	100 - 300	0.5 - 0.7	Material granular suelto.
	2	300 - 700	3.9 - 7.2	Material granular medianamente denso.
	3	700 - 1700	10.0 - 16.1	Material granular denso a roca fracturada.
	4	1700 - 1800	2.0 - 10.3	Material granular muy denso a roca ligeramente fracturada.



UNDA
UNIVERSIDAD NACIONAL
DANIEL ALCIDES
CARRION



ESCUELA DE FORMACION
PROFESIONAL
INGENIERIA GEOLOGICA

Deposito:
John HERRERA PRESENTACION
Autor:
Dr. José HINDUJO DE LA SOTA

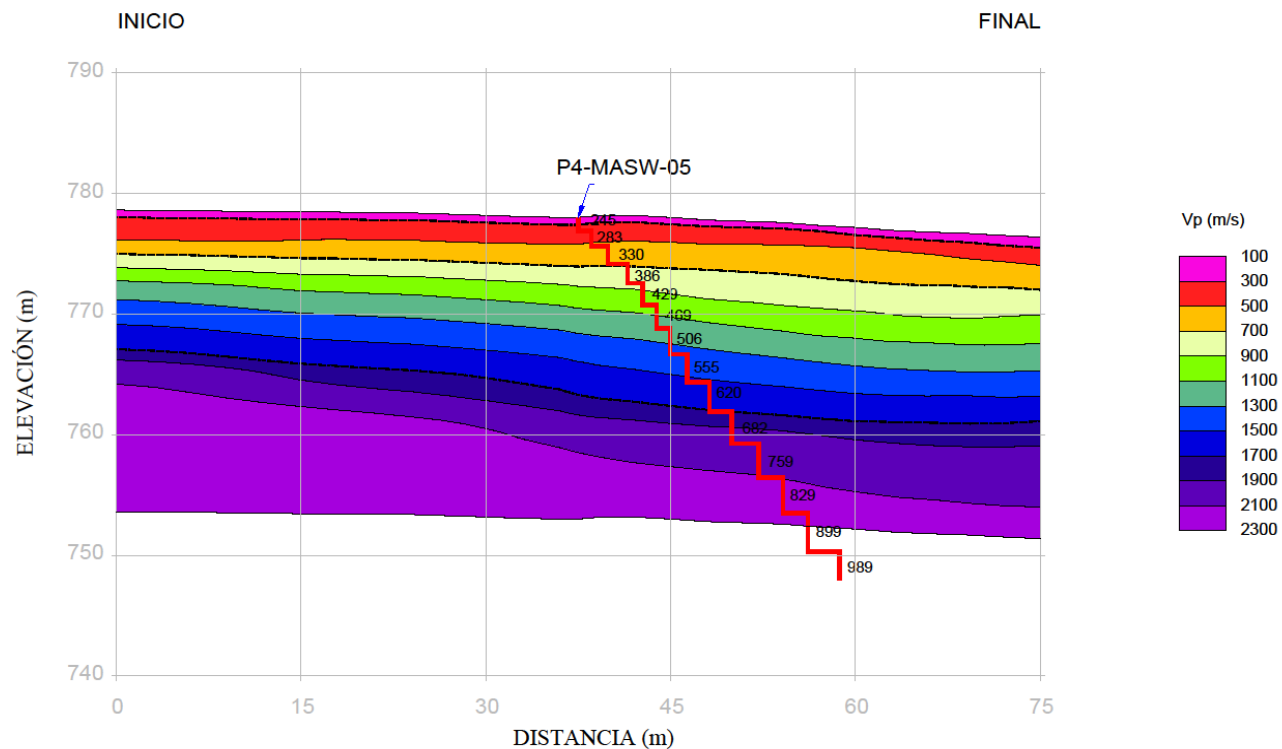
REVISIONES	
Nº	DESCRIPCION
1	LINEA SISMICA

EVALUACION GEOTECNICA PARA LA
CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO
DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTO
STOCK 4, SHOUGANG HIERRO PERU

PROYECTO:
LINEA GEOFISICA
P4-LS-04

FECHA:
20/12/2021
PÁGINA:
04

LÍNEA SÍSMICA P4-LS-05



Línea	Estrato	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
P4-LS-05	1	100 - 300	0.5 - 0.8	Material granular suelto.
	2	300 - 700	3.0 - 3.8	Material granular medianamente denso.
	3	700 - 1700	7.9 - 11.7	Material granular denso a roca fracturada.
	4	1700 - 2300	9.0 - 13.4	Material granular muy denso a roca ligeramente fracturada.



UNDA
UNIVERSIDAD NACIONAL
DANIEL ALCIDES
CARRION



ESCUELA DE FORMACION
PROFESIONAL
INGENIERIA GEOLOGICA

Presentado por:
John HERRERA PRESENTACION
Asesor:
Dr. Jose HINOJOSA DE LA SOTA

REVISIONES

Nº	FECHA	DESCRIPCION
1	30/12/2021	LÍNEA SÍSMICA

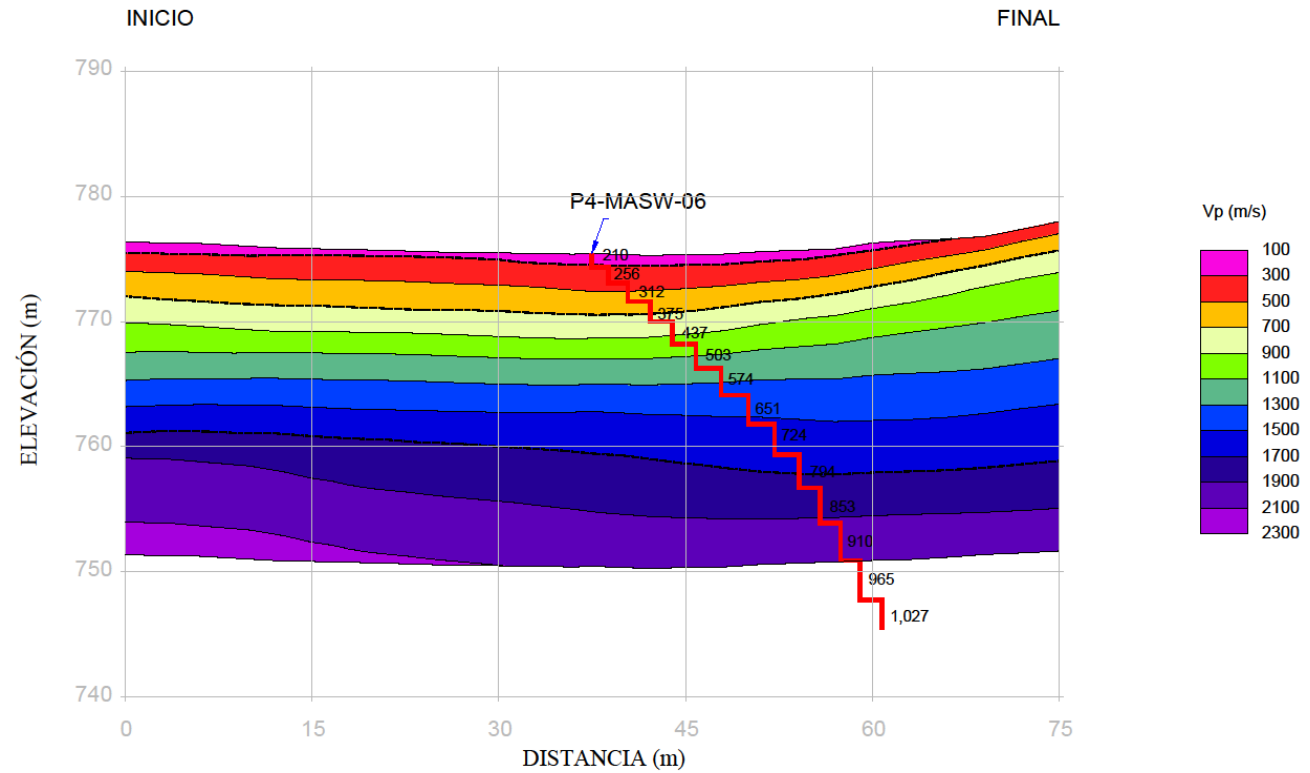
EVALUACION GEOTECNICA PARA LA
CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO
DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTO
STOCK 4, SHOUGANG HIERRO PERU

PROYECTO:

LÍNEA GEOFÍSICA
P4-LS-05

FECHA:
30/12/2021
PÁGINA:
05

LÍNEA SÍSMICA P4-LS-06



Línea	Estrato	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
P4-LS-06	1	100 - 300	0.1 - 0.9	Material granular suelto.
	2	300 - 700	2.2 - 4.2	Material granular medianamente denso.
	3	700 - 1700	10.3 - 16.7	Material granular denso a roca fracturada.
	4	1700 - 2300	6.9 - 10.1	Material granular muy denso a roca ligeramente fracturada.



UNIVERSIDAD NACIONAL
DANIEL ALCIDES
CARRION



ESCUELA DE FORMACION
PROFESIONAL
INGENIERIA GEOLOGICA

Presentado por:
John HERRERA PRESENTACION
Aprobado por:
Dr. Jose HINOJOSA DE LA SOTA

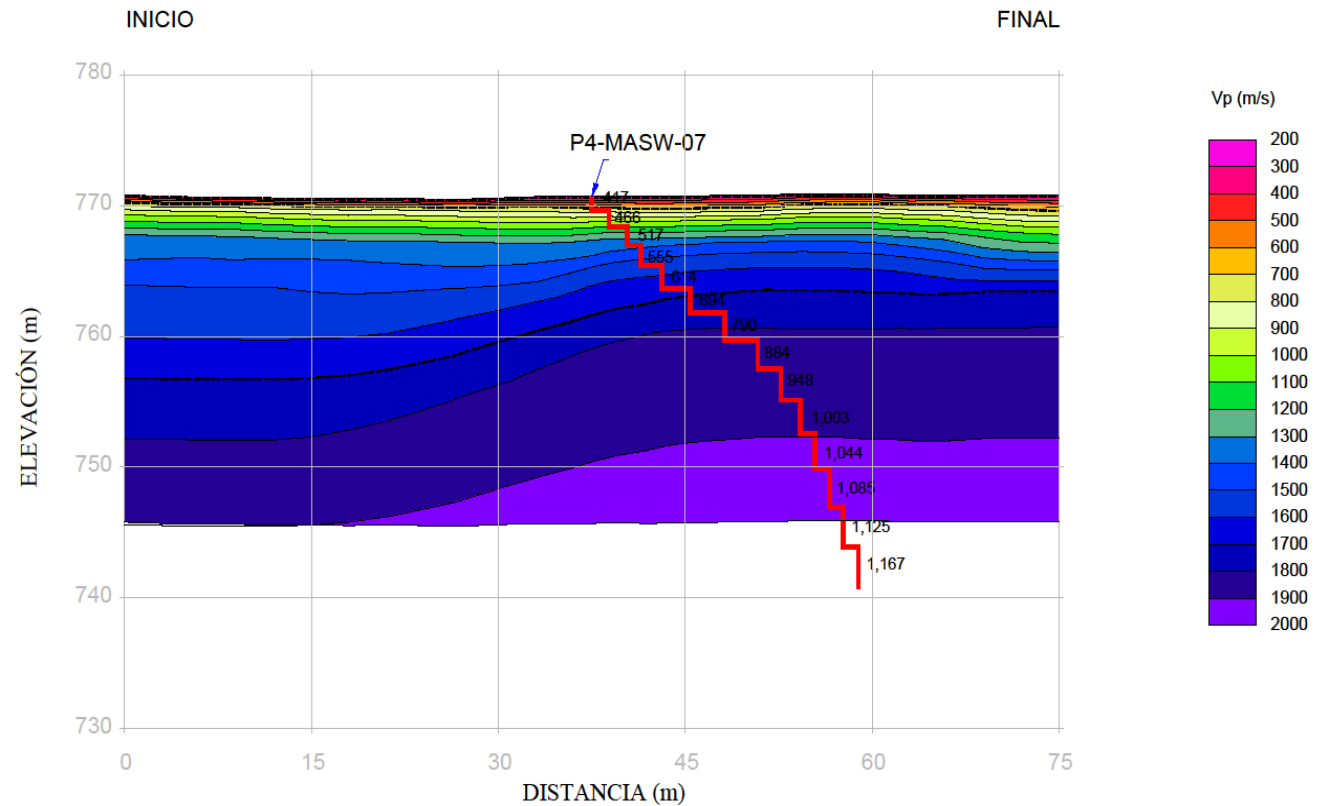
REVISIONES	
Nº	FECHA
1	20/12/2011

EVALUACION GEOTECNICA PARA LA
CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO
DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTO
STOCK 4, SHOUGANG HIERRO PERU

PROYECTO:
LINEA GEOFISICA
P4-LS-06

FECHA:
20/12/2011
PÁGINA:
06

LÍNEA SÍSMICA P4-LS-07



Línea	Estrato	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
P4-LS-07	1	200 - 300	0.1 - 0.2	Material granular suelto.
	2	300 - 700	0.5 - 1.0	Material granular medianamente denso.
	3	700 - 1700	6.1 - 13.4	Material granular denso a roca fracturada.
	4	1700 - 2000	11.0 - 17.7	Material granular muy denso a roca ligeramente fracturada.



UNDA
UNIVERSIDAD NACIONAL
DANIEL ALCIDES
CARRION



ESCUELA DE FORMACION
PROFESIONAL
INGENIERIA GEOLOGICA

Presentado por:
John HERRERA PRESENTACION
Aprobado por:
Dr. José HINOJOSA DE LA SOTA

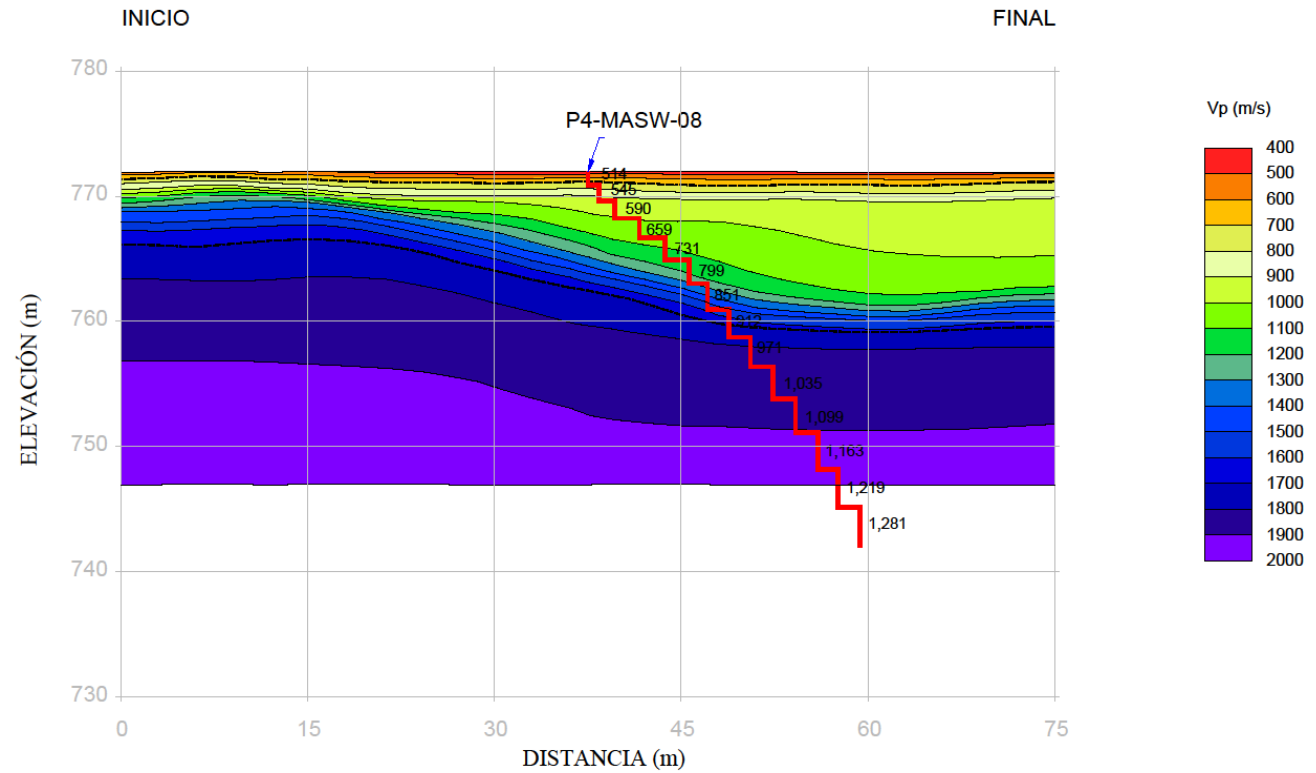
REVISIONES	
Nº	DESCRIPCIÓN
1	LINEA SISMICA

EVALUACION GEOTECNICA PARA LA
CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO
DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTO
STOCK 4-SHOUGANG HIERRO PERU

PROFIL 07:
LINEA GEOFISICA
P4-LS-07

FECHA:
Jul/12/2021
PÁGINA:
07

LÍNEA SÍSMICA P4-LS-08



Línea	Estrato	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
P4-LS-08	1	400 - 700	0.4 - 1.0	Material granular medianamente denso.
	2	700 - 1700	4.7 - 11.7	Material granular denso a roca fracturada.
	3	1700 - 2000	12.2 - 19.5	Material granular muy denso a roca ligeramente fracturada.



UNIVERSIDAD NACIONAL
DANIEL ALCIDES
CARRION



ESCUELA DE FORMACION
PROFESIONAL
INGENIERIA GEOLOGICA

Reporte:
John HERRERA PRESENTACION
Fecha:
Dr. Jose HINGUOSA DE LA SOTA



REVISIONES	
Nº	FECHA
1	28/12/2011
	DESCRIPCIÓN
	LÍNEA SÍSMICA

EVALUACION GEOTECNICA PARA LA
CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO
DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTO
STOCK 4. SHOUANG HIERRO PERU

PROYECTO:
LÍNEA GEOFISICA
P4-LS-08

FECHA:
28/12/2011
PÁGINA:
08

Anexo 06. Cargas admisibles en fundaciones para rocas

 CARGAS ADMISIBLES EN FUNDACIONES PARA ROCAS 	
Proyecto:	EVALUACION GEOTÉCNICA PARA LA CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTO , MINERA SHOUGANG HIERRO PERU
Estructura:	Pantallas Cortavientos
Apoyo:	2.50 m. x 4.00 m.

CARGA ADMISIBLE DE CIMENTACIONES EN ROCA BASADA EN UN CRITERIO DE ROTURA NO LINEAL			
(para una inclinación de la carga aplicada de 0°)			
$s_c (q_u) =$	Resistencia a la compresión simple de la roca.	1000,00	kg/cm ²
RMR =	Clasificación geomecánica de la roca según Bieniawski.	58	%
$m_0 =$	Parámetro m para rocas intactas.	30	
$i_1 =$	Inclinación de la carga sobre la cimentación.	0	°
$\gamma =$	Peso específico	2,50	gr/cm ³
$H (D) =$	Altura de tierras por encima de la superficie de cimentación.	1,50	m
$s_1 (q_0) =$	Carga externa.	36,77	KN/m ²
$a =$		14	
$b =$		6	
$m =$	$m_0 \cdot \exp ((RMR - 100) / a)$		1,4936
$s =$	$\exp ((RMR - 100) / b)$		0,0009
$b =$	$(m \cdot s_c) / 8$		18,3092
$V =$	$(8 \cdot s) / m^2$		0,0033
$s_{01}^* =$	$(s_1 / b) + V$		0,0053
$N_b =$		5,00	
$P_h (q_h) =$	$b \cdot (N_b - V)$ Carga de hundimiento.		91,486 Mpa
$F_p =$	Coficiente de seguridad parcial de los parámetros.	35	
$F_m =$	coeficiente de seguridad parcial del modelo.	4,91	
$F =$	$F_p \cdot F_m$		171,9064
$s_{adh} (q_{adm}) =$		0,5322	Mpa
$E =$	Módulo de deformación.	16,00	Gpa
$E_{min} =$		6,40	Gpa
$E_{max} =$		25,60	Gpa



CARGAS ADMISIBLES EN FUNDACIONES PARA ROCAS



Proyecto:	EVALUACION GEOTÉCNICA PARA LA CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTO, MINERA SHOU GANG HIERRO PERU
Estructura:	Pantallas Cortavientos
Apoyo:	2,50 m. x 4.00 m.

Clasificación RMR Geomecánica de Bieniawski 1989: Parámetros de clasificación

PARAMETRO		ESTIMACION Y ESCALA DE VALORES					
1	Resistencia de la roca sana	Carga puntual MPa ⇨ Kg/cm² (aprox) ⇨	> 10 100	4 - 10 40 - 100	2 - 4 20 - 40	1 - 2 10 - 20	Únicamente Compresión Simple
		Compr. Simple MPa ⇨ Kg/cm² (aprox) ⇨	> 250 > 2 500	100 - 250 1 000 - 2 500	50 - 100 500 - 1 000	25 - 50 250 - 500	5-25 10-250 1-5 10-50 < 1 < 10
	Valoración		15	12	7	4	2 1 0
2	RQD %		90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25
	Valoración		20	17	13	8	3
3	Separación de discontinuidades		> 2 m	0,6 - 2 m	0,2 - 0,6 m	0,06 - 0,2 m	< 0,06 m
	Valoración		20	15	10	8	5
4	Estado de las discontinuidades (ver guía especial)	Muy rugosas. Discontinuas. Sin separaciones. Borde sano y duro.	Ligeramente rugosas. Abertura < 1 mm. Bordes duros.	Ligeramente rugosas. Abertura < 1 mm. Bordes blandos.	Espejo de falla o con relleno < 5 mm o abertura 1 - 5 mm. Diaclasas continuas.	Relleno blando > 5 mm o abertura > 5 mm. Diaclasas Continuas.	
	Valoración		30	25	20	10	0
	Presencia de agua	Caudal por 10 m de túnel Relación entre la presión de agua y la mayor del terreno σ_p / σ_1 Estado general	Nulo 0 Seco	< 10 L/min 0 - 0,1 Ligeramente Húmedo	10 - 25 L/min 0,1 - 0,2 Húmedo	25 - 125 L/min 0,2 - 0,5 Goteando	> 125 L/min > 0,5 Fluyendo
Valoración			15	10	7	4	0
6	Corrección por orientación de las discontinuidades (ver guía especial)						
	Dirección y buzamiento		Muy favorable	Favorable	Medio o regular	Desfavorable	Muy desfavorable
	Valoración para	Túneles	0	- 2	- 5	- 10	- 12
		Cimentación	0	- 2	- 7	- 15	- 25
Taludes		0	- 5	- 25	- 50	- 60	

- 7
- 8
- 10
- 25
- 15
- 7

Guía especial para valorar el factor 4. Valoración del estado de las discontinuidades.

Parámetro	Valoración				
Longitud de la discontinuidad (Persistencia)	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1 - 1,0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro	Relleno duro	Relleno blando	Relleno blando
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterado	Ligeramente alterado	Moderadamente alterado	Muy alterado	Descompuesto
	6	5	3	1	0

Clasificación y Valoración Geomecánica RMR de Bieniawski y Características.

Valoración RMR ⇨	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase ⇨	I	II	III	IV	V
Calidad ⇨	Muy Buena	Buena	Media o regular	Mala	Muy mala
Tiempo de sostenimiento y longitud de claro (inicial 1979)	10 años con 15 m de claro	6 meses con 8 m de claro	1 semana con 5 m de claro	10 horas con 2,5 m de claro	30 min con 1 m de claro
Tiempo de sostenimiento y longitud de claro (Bieniawski, 1989)	20 años con 15 m de claro	1 año con 10 m de claro	igual	igual	igual
Cohesión de la roca MPa kg/cm²	> 0,4 > 4	0,3 - 0,4 3 - 4	0,2 - 0,3 2 - 3	0,1 - 0,2 1 - 2	< 0,1 < 1
Ángulo de rozamiento interno	> 45°	35 - 45°	25 - 35°	15 - 25°	< 15°

58
Clase III
Calidad Media



CARGAS ADMISIBLES EN FUNDACIONES PARA ROCAS



Proyecto:

EVALUACION GEOTÉCNICA PARA LA CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTO , MINERA SHOUGANG HIERRO PERU

Estructura:

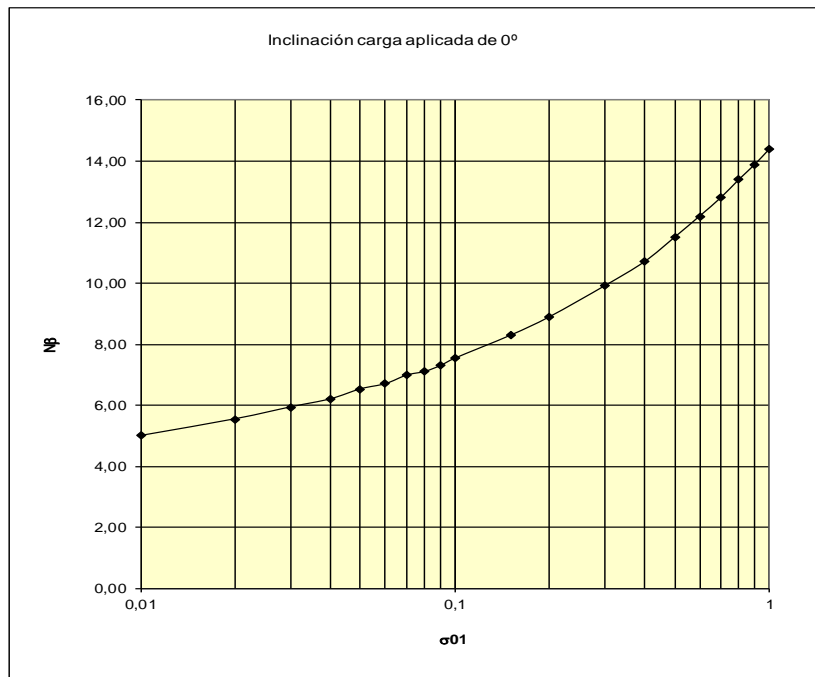
Pantallas Cortavientos

Apoyo:

2.50 m. x 4.00 m.

VALORES DE NB

Inclinación talud: 0°	N _β para inclinación de la carga aplicada 0°
σ_{01}	0°
0,01	5,00
0,02	5,55
0,03	5,94
0,04	6,2
0,05	6,53
0,06	6,7
0,07	6,98
0,08	7,1
0,09	7,3
0,10	7,54
0,15	8,29
0,20	8,90
0,30	9,92
0,40	10,7
0,50	11,51
0,60	12,2
0,70	12,80
0,80	13,4
0,90	13,9
1,00	14,4



σ_{01}	N _β
0,0053	5,00



CARGAS ADMISIBLES EN FUNDACIONES PARA ROCAS



Proyecto:

EVALUACION GEOTÉCNICA PARA LA CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTO , MINERA SHOUGANG HIERRO PERU

Estructura:

Pantallas Cortavientos

Apoyo:

2.50 m. x 4.00 m.

VALOR DE m_0 EN FUNCION DEL TIPO DE ROCA:

Sedimentaria			
Clástica	Conglomerado	22	
	Arenisca	19	
	Limonita	9	
	Lutita	4	
No Clástica	Orgánica	Grauvaca	18
		Creta	7
		Carbón	8-21
	Carbonatada	Brecha	20
		Caliza esparítica	10
	Caliza micrítica	8	
	Química	Yeso	16
		Anhidrita	13

Metamórfica	
Mármol	9
Hornblenda	19
Cuarcita	24
Migmatita	30
Anfibolita	31
Milonita	6
Gneis	33
Esquisto	10
Filita	10
Pizarra	9

Ignea	
Granito	33
Riolita	16
Obsidiana	19
Granodiorita	30
Dacita	17
Diorita	28
Andesita	19
Gabro	27
Dolerita	19
Basalto	17
Norita	22
Aglomerado	20
Brecha	18
Toba	15



CARGAS ADMISIBLES EN FUNDACIONES PARA ROCAS



Proyecto:

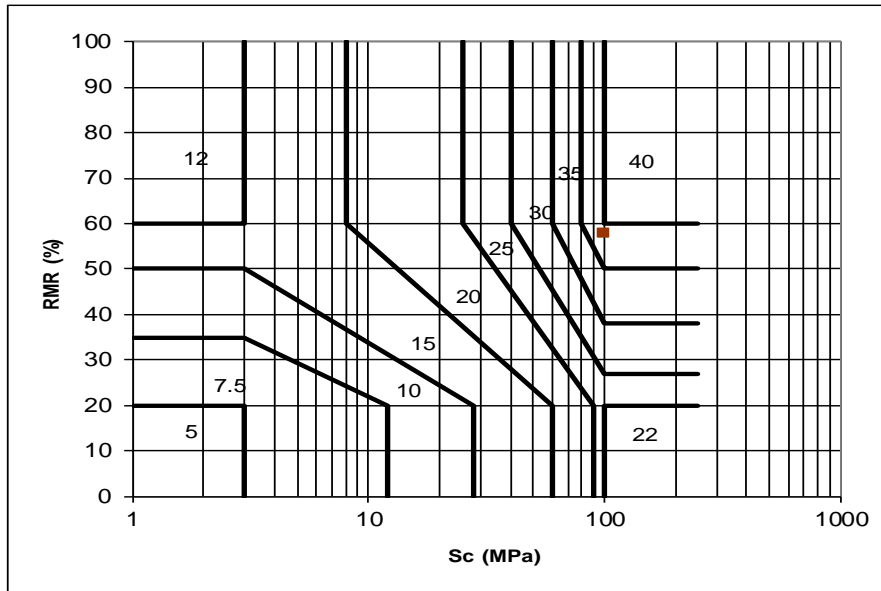
EVALUACION GEOTÉCNICA PARA LA CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTO ,
MINERA SHOUGANG HIERRO PERU

Estructura:

Pantallas Cortavientos

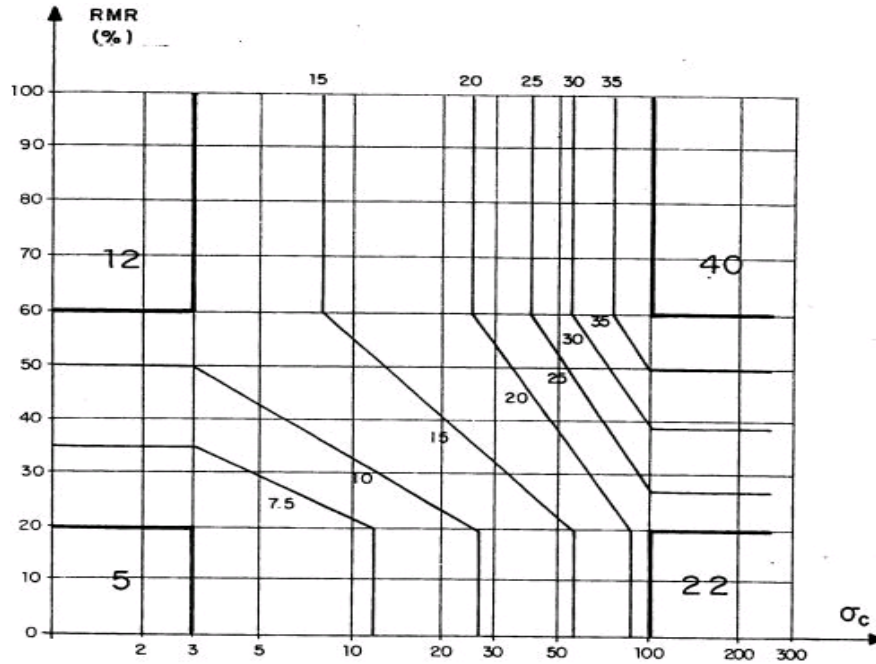
Apoyo:

2.50 m. x 4.00 m.



$\sigma_c = 98,067 \text{ Mpa}$

RMR = 58,0 %



Propuesta de Coeficientes de seguridad parcial (F_p) ($P_o < 10^{-4}$).



CARGAS ADMISIBLES EN FUNDACIONES PARA ROCAS



Proyecto:

EVALUACION GEOTÉCNICA PARA LA CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTO , MINERA SHOUGANG HIERRO PERU

Estructura:

Pantallas Cortavientos

Apoyo:

2.50 m. x 4.00 m.

Compresión simple σ_c (MPa)	Fm
$\sigma_c > 100$	5 a 8
$12.5 < \sigma_c < 100$	1 a 5
$12.5 < \sigma_c$	1

Compresión simple σ_c (MPa) entre:	12,5	100	98,067
Fm entre:	1	5	4,91



CARGAS ADMISIBLES EN FUNDACIONES PARA ROCAS



Proyecto:	EVALUACION GEOTÉCNICA PARA LA CIMENTACION CON ZAPATAS DE APOYO DE LAS PANTALLAS CORTAVIENTO , MINERA SHOUGANG HIERRO PERU
Estructura:	PANTALLAS CORTAVIENTOS
Apoyo:	2.50 M X 4.00 M

CALCULO DE ASIENTOS SCHLEICHER (1926)

Carga admisible (q):	5,322 kg/cm ²	5,32 kg/cm ²
Módulo de Young (E):	64000 kg/cm ²	64000 kg/cm ²
Coefficiente de Poisson (v):	0,25	0,25
Ancho cimentación (b):	2,50 m	250 cm
Largo cimentación (l):	4,00 m	400 cm
m:		1,60
Ip:		0,70
Factor de seguridad:	3,00	3,00

Asientos Carga rígida (cm)	Asientos carga flexible			Carga total (T)
	Esquina (cm)	Centro (cm)	Valor medio (cm)	
0,0644	0,0408	0,0816	0,0692	532,18

Carga flexible :

- **Esquina :**

$$s = q \cdot b \cdot \frac{1 - \nu^2}{E} \cdot I_p$$

- **Centro :**

$$s = 2 \cdot q \cdot b \cdot \frac{1 - \nu^2}{E} \cdot I_p$$

- **Valor medio :**

$$s = s(\text{centro}) \cdot 0.848$$

Carga rígida :

$$s = 93\% \cdot s(\text{valor medio})$$

