



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Evaluación mediante método geofísico para determinar capacidad portante en roca para cimentación de reservorio, A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Bernal Yauri, José Antonio (ORCID: 0000-0002-6547-5571)

Limay Quito, Luis Alexander (ORCID: 0000-0003-0353-0616)

**ASESOR:**

Mg. De la cruz Vega, Sleyther Arturo (ORCID: 0000-0003-0254-301X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural

LIMA - PERÚ

2022

## **DEDICATORIA**

A nuestros familiares, quienes han creído en nosotros siempre, dándonos ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándonos a valorar todo lo que tenemos. A todos ellos dedicamos el presente trabajo, porque han fomentado en nosotros, el deseo de superación y de triunfo en la vida. Lo que ha contribuido a la consecución de este logro. Esperamos contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios por permitirnos tener y disfrutar de nuestras familias, gracias a nuestras familias por apoyarnos en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque cada día nos demuestra lo hermosa que es la vida y lo justa que puede llegar a ser, gracias a nuestras familias por permitirnos cumplir con excelencia en el desarrollo de la tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1 Tipo y diseño de la investigación.....	12
3.2 Variables y operacionalización .....	12
3.3 Población, muestra y muestreo.....	13
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..	13
3.5 Procedimientos .....	14
3.6 Manejo de análisis de datos .....	15
3.7 Aspectos éticos.....	15
IV. RESULTADOS.....	16
V. DISCUSIÓN.....	27
VI. CONCLUSIONES .....	31
VII. RECOMENDACIONES.....	32
REFERENCIAS.....	33
ANEXOS .....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factores de seguridad para suelos y rocas.....	8
Tabla 2: Densidades de rocas y suelo. ....	9
Tabla 3: Clasificación geomecánica RMR.....	10
Tabla 4: Calidad de los macizos rocosos en relación al índice RMR. ....	11
Tabla 5: Condiciones de cimentaciones.....	16
Tabla 6: Capacidad de carga en función de Vs.....	17
Tabla 7: Ensayo de Descripción Macroscópica.....	18
Tabla 8: Componentes de la roca. ....	18
Tabla 9: Velocidades de onda corte. ....	19
Tabla 10: Refracción sísmica Irs -01. ....	
Tabla 11: Clasificación sísmica de suelos.....	
Tabla 12: Clasificación sísmica de suelos según norma E.030.....	21
Tabla 13: Símbolo de clasificación sísmica de suelos según norma E.030. ....	21
Tabla 14: Resumen.....	22
Tabla 15: Velocidad (Vs).....	23
Tabla 16: Determinación del valor de RMR.....	25
Tabla 17: Cuadro resumen de los resultados obtenidos .....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Condiciones de cimentaciones.....	16
Figura 2: Reservorio R-2A.....	19
Figura 3: Dispositivo sísmico .....	22
Figura 4: Perfil unidimensional MASW-01.....	23

## RESUMEN

La presente tesis titulada “Evaluación mediante método geofísico para determinar capacidad portante en roca para cimentación de reservorio, A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo”, tiene como finalidad determinar la presión de carga de la roca de acuerdo al tipo de roca existente, así como la densidad de la roca empleando la velocidad de las ondas de corte obtenidas del análisis geofísico realizado en la zona en estudio.

El tema elegido para la presente tesis es muy importante debido a que en la actualidad el A.H. Vista Alegre, del distrito de Villa María del Triunfo, no cuenta con un adecuado sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado, por lo cual dicha municipalidad ha previsto la realización de una serie de trabajos destinados a optimizar el sistema de agua potable y elevar la calidad de vida de la población. En este contexto es importante mencionar que la falta de un adecuado sistema de agua potable y saneamiento ha elevado la tasa de morbilidad en los habitantes del A.H. Vista Alegre, los cuales se ven enormemente afectados por el incremento de enfermedades gastrointestinales que deterioran su estado de salud.

Es por ello, y dentro de los trabajos a realizarse para el sistema de abastecimiento de agua potable, que se ha planteado la creación de un reservorio apoyado en el A.H. Vista Alegre. Es así que, la presente tesis se centra en un análisis geofísico realizado en dicha zona en estudio afín de determinar la capacidad portante en roca para garantizar la estabilidad de la cimentación del reservorio apoyado.

**Palabras clave:** Capacidad portante en roca, método geofísico.

## **ABSTRACT**

The present thesis entitled "Evaluation by geophysical method to determine bearing capacity in rock for reservoir foundations, A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo", aims to determine the load pressure of the rock according to the type of existing rock, as well as the density of the rock using the speed of the shear waves obtained from the geophysical analysis carried out in the area under study.

The topic chosen for this thesis is very important because at present the A.H. Vista Alegre, in the district of Villa María del Triunfo, does not have an adequate drinking water and sewerage supply system, for which the municipality has planned to carry out a series of works aimed at optimizing the drinking water system and increasing the quality of life of the population. In this context, it is important to mention that the lack of an adequate drinking water and sanitation system has raised the morbidity rate in the inhabitants of the A.H. Vista Alegre, which are greatly affected by the increase in gastrointestinal diseases that deteriorate their health.

It is for this reason, and within the work to be carried out for the drinking water supply system, that the creation of a reservoir supported by the A.H. Good views. Thus, this thesis focuses on a geophysical analysis carried out in said area under study in order to determine the bearing capacity in rock to guarantee the stability of the supported reservoir foundation.

**Keywords:** Bearing capacity in rock, geophysical method.



## I. INTRODUCCIÓN

El Perú siempre ha sido uno de los países sudamericanos más afectados por la falta de sistema de alcantarillado y agua potable en varias regiones de su territorio nacional. Sin embargo, según UNICEF (2006) en este sector se ha conseguido un progreso notable desde inicios del siglo XXI, pudiendo observarse un incremento en el acceso de agua el 30% al 62% de la población nacional. Asimismo, es importante mencionar que también se logró avances notables en la desinfección de agua potable y tratamiento de aguas negras. Actualmente el 83% de la población peruana tiene acceso al agua potable.

Si bien es cierto la capital limeña también ha experimentado una importante mejoría en lo concerniente al abastecimiento de agua potable, algunos distritos (los más pobres y con presencia de asentamientos humanos) aún carecen de un sistema de agua potable. Ejemplo de ello es el distrito de Villa María del Triunfo.

Este distrito, y es de suma importancia también mencionarlo, se caracteriza por poseer una superficie de aproximadamente 70.54 km<sup>2</sup>, cuya zona urbana abarca, del área total del distrito, alrededor de 2,000 hectáreas y desatacándose una densidad de 6,538.13 habitantes/km<sup>2</sup>. Asimismo, resulta imprescindible mencionar que solo este distrito (de los muchos que hay en Lima), es el único que se encuentra dividido por lomas y cerros, con ello podemos afirmar que no es plano. Lamentablemente, ello conlleva a que haya dificultades para poder dar una continuidad a las obras, las cuales, si pueden planificarse, sin ningún problema o inconveniente, en otros distritos.

Según el último censo, que en el año 2017 fue llevado a cabo el trabajo del INEI se pudo afirmar que Villa María del Triunfo viene a ser un distrito conformado por 461,200 habitantes, resaltando que, según las proyecciones realizadas, para el año 2022 en el residirán más de 500,000 habitantes.

Lamentablemente este distrito presenta una de las tasas de necesidad es más altas en Lima, destacando la penosa cifra de 35929 personas que, en el año 2017, vivían en la pobreza.

En este contexto, es imprescindible mencionar la existencia de varios asentamientos humanos cuya población padece de varias carencias en su calidad de vida. Uno de ellos es el A.H. Vista Alegre, el cual pertenece al sector de José Carlos Mariátegui de Villa María del Triunfo, el cual no cuenta con un adecuado sistema de alcantarillado y abastecimiento agua potable, por lo cual dicha municipalidad ha prevenido la ejecución de una diversos de trabajos destinados a optimizar el sistema de agua potable y elevar la calidad de vida de la población, en coordinación con la empresa Sedapal. Así, es importante mencionar que la falta de un adecuado sistema saneamiento y agua potable han elevado la tasa de morbilidad en los habitantes del A.H. Vista Alegre, los cuales se ven enormemente afectados por el incremento de enfermedades gastrointestinales que deterioran su estado de salud.

Es por ello, y dentro de los trabajos a realizarse para el sistema de abastecimiento de agua potable, se ha planteado la creación de un reservorio apoyado en el A.H. Vista Alegre. Es así que, la presente tesis se centra en un análisis geofísico realizado en dicha zona en estudio afín de determinar la capacidad portante en roca para garantizar la estabilidad de la cimentación del reservorio apoyado.

Problema general: ¿De qué manera mediante el Método Geofísico se determinará la capacidad portante en roca para cimentación de reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo? Los problemas específicos, el primero ¿De qué manera el Método Geofísico se relaciona con las características físicas de la roca existente en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo? Segundo, ¿De qué manera el Método Geofísico se relaciona con las condiciones geomecánicas existentes en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo?, y, por último, ¿De qué manera el Método Geofísico necesita de un proceso de calibración para el área del reservorio del A.H. ¿Vista Alegre-Villa María del Triunfo?

La justificación tecnológica es comprender mejor el método geofísico para calcular la capacidad portante de las rocas. Además, permitirá comprender la importancia de la perforación eléctrica vertical y las pruebas MASW realizadas en campo para el análisis geotécnico. Además, representa una justificación social, ya que el tema elegido para esta disertación será de beneficioso para los vecinos de A.H Vista

Alegre en la zona de Villa María del Triunfo, como parte de un proyecto para crear un sistema eficiente de abastecimiento de agua potable que mejorará la calidad de vida de la población al reducir la incidencia de enfermedades gastrointestinales en la población, debido a la falta de un sistema eficiente de abastecimiento de agua potable. La justificación económica, debido a que permitirá evitar pérdidas económicas que podrían originarse debido al colapso del reservorio apoyado debido a un deficiente cálculo de la capacidad portante en roca. Asimismo, evitará gastos relacionado al tema de la salud de los habitantes del A.H. Vista Alegre gracias a la reducción de la ocurrencia de enfermedades gastrointestinales.

**Hipótesis general** a través del Método Geofísico hay una relación con las características físicas de la roca existente en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo. Vista Alegre-Villa María del Triunfo. Asimismo, la **primera hipótesis específica** establece que mediante el Método Geofísico se podrá analizar el comportamiento mecánico de la matriz rocosa en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo. **En la segunda** se establece que, mediante el Método Geofísico se relaciona con las condiciones geomecánicas existentes en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo. Y **en la tercera** se establece que, para aplicar el Método Geofísico es innecesario realizar un proceso de calibración en el área del reservorio del A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo.

**Objetivo general** es realizar la evaluación mediante el método geofísico para determinar la capacidad portante en roca para cimentación de reservorio en el A.H. Vista Alegre del distrito de Villa María del Triunfo-Lima. Asimismo, presenta **tres objetivos específicos**. El **primero**, determinar cómo el Método Geofísico se relaciona con las características físicas de la roca existente en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo. El **segundo**, determinar cómo el Método Geofísico se relaciona con las condiciones geomecánicas existentes en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo. Y el **tercero**, determinar si para aplicar el Método Geofísico es necesario realizar un proceso de calibración en el área del reservorio del A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **Antecedentes internacionales**

Iturbide (2018) tesis “Criterios de diseño para cimentaciones en roca”, para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Geotécnica por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla – México, posee por objetivo general era calcular la capacidad portante en base a correlaciones con la calidad de la roca y su resistencia, en la zona de estudio, La metodología empleada fue explicativa. En conclusión, de la presente investigación se puede mencionar que la resistencia del macizo rocoso se encuentra en función de cómo están orientadas las juntas en relación a las cargas que se emplean en el diseño.

Avilés y Berzallo (2016) señalan en la tesis titulada “Caracterización de suelos del Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca mediante métodos geofísicos”, tesis para ser Ingeniero Civil por la Universidad de Cuenca – Ecuador, su objetivo general, realizar una evaluación de tipo geotécnica en la zona en estudio mencionada empleando ensayos geofísicos, la metodología fue descriptiva-explicativa. En conclusión, para llevar a cabo una correcta caracterización geofísica, la ubicación constituye un aspecto bastante importante, sobre todo cuando el terreno explorado está constituido por clastos heterogéneos, resaltando que los resultados pueden variar considerablemente de un sitio a otro.

Mendoza (2015) tesis “Uso de Refracción Sísmica y Análisis Multicanal de Ondas Superficiales para la determinación de módulos elásticos, en la finca Viento Blanco, San Vicente Pacaya, Escuintla”, estudios realizados con el objetivo de obtener el título de ingeniero Geólogo por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tiene como objetivo principal evaluar los módulos elásticos de materiales en el subsuelo mediante métodos geofísicos para ser aplicados en el cálculo del diseño de cimentación de torres de aerogeneradores en la Finca Viento Blanco, Escuintla. Es de suma importancia señalar que la metodología utilizada fue descriptiva. De igual manera, se puede concluir que los estudios sísmicos pueden caracterizar de manera efectiva las propiedades dinámicas y elásticas que poseen los suelos.

## **Antecedentes nacionales**

Huanca & Flores (2019) señalan en la tesis titulada “Estudio geotécnico y geofísico con fines de cimentación para tres asociaciones de vivienda en la ciudad de Tacna”, para título de Ingeniero Civil por la Universidad Privada de Tacna – Perú, presenta como objetivo principal, identificar cómo los métodos geofísicos utilizados en los estudios geotécnicos realizados en la zona en estudio mencionada, permitirán proponer una correcta cimentación. También es importante señalar que la metodología utilizada fue descriptiva-explicativa. En conclusión, se señala que el uso de métodos geofísicos es de gran utilidad para revelar las propiedades dinámicas del suelo, y luego de identificar las capas existentes, se podría proponer una correcta cimentación.

Ortiz (2019) realizó la tesis “Estudio geotécnico con fines de cimentación del puente Juan Santos Atahualpa, carretera variante Uchumayo Tramo II”, investigación llevada a cabo con la finalidad de lograr la obtención del título de Ingeniero Geólogo por la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa-Perú. Esta investigación tuvo por objetivo calcular la capacidad de carga que posee el suelo ubicado en los dos estribos del puente mencionado anteriormente. También es importante señalar que la metodología utilizada fue descriptiva - explicativa. En conclusión, se señala que se logró obtener la capacidad portante, según las relaciones con el ensayo SPT, los valores de 2.34 kg/cm<sup>2</sup> y 1.95 kg/cm<sup>2</sup> para ambos estribos (el del lado izquierdo y el del lado derecho).

Carranza & Ponce (2017) realizaron la tesis “Estudio de zonificación geotécnica en el sector III del centro poblado El Milagro para el diseño de cimentaciones superficiales”, en la Universidad Privada Antenor Orrego-Perú, el objetivo general, la obtención de las propiedades físicas del terreno en la zona en estudio mencionada desarrollando para ello trabajos de mapeo de zonificación de tipo geotécnica. Asimismo, resulta imprescindible señalar que la metodología empleada fue descriptiva. En conclusión, gracias a la exploración y los ensayos de laboratorio llevados a cabo se pudo dividir la zona en estudio logrando identificar cuatro zonas geotécnicas.

Adauto & Cheong (2018) realizaron la tesis “Estudio geotécnico para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20.000 m<sup>3</sup> en el Sector 330 Villa María del Triunfo – Lima”, en la Universidad de San Martín de Porres-Perú. El propósito fue la evaluación de la frecuencia de las investigaciones geotécnicas en el diseño de la cimentación del embalse superior de 20.000 m<sup>3</sup> en el sector 330 Villa María del Triunfo. También es importante señalar que la metodología utilizada fue descriptiva-explicativa. Finalmente se concluyó que los resultados de los ensayos geotécnico influyeron en la determinación del ancho (1.20), largo (158), profundidad (1.20), ángulo de fricción (30°), cohesión (0), y el tipo de cemento utilizado. en el diseño de la cimentación del embalse en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

## **Teorías relacionadas con el tema**

### **Capacidad portante en roca**

Sobre la capacidad portante en roca, Iturbide señala que:

Generalmente, la roca puede ser considerada como un buen terreno para realizar cimentaciones, pero, lamentablemente, también es capaz de originar problemas cuando se realizan las excavaciones ya que no todas las rocas son buenas para cimentar. Por ello es necesario realizar un correcto análisis de capacidad portante en rocas, analizando la meteorización que ha experimentado, así como su comportamiento mecánico y logrando clasificar correctamente a la roca en función de la geotecnia. (2018, p. 51).

Dentro de los principales métodos para hallar la capacidad de carga en roca empleados al día de hoy podemos mencionar: el Método de Bursman – Terzaghi, el Método de falla por cuarteo Bishnoi y el Análisis de capacidad portante en función de la Geofísica. La presente tesis empleará este último método, también conocido como Método Geofísico.

Dimensiones:

Iturbide (2018) indica que el estudio de la capacidad portante de las rocas se basa en tres medidas principales:

Dimensión 1: Comportamiento mecánico de la matriz rocosa.

Iturbide (2018) señala que: “Es aquel relacionado con las propiedades mecánicas de la roca, que definen su capacidad para soportar acciones externas o internas que conllevan la aplicación de fuerzas sobre sí mismo. Estas fuerzas son las de tensión, compresión, flexión y de impacto” (p. 3)

Dimensión 2: Clasificación de los macizos rocosos

Iturbide (2018) señala que: “Consiste en clasificar los macizos rocosos en base a sus propiedades geotécnicas y geomecánicas. Actualmente existen muchos sistemas para clasificar las rocas, entre los que destacan la Clasificación Geomecánica RQD y la Clasificación Geomecánica RMR” (p. 5).

Dimensión 3: Meteorización de la matriz rocosa.

Iturbide (2018) señala que: “Es aquella que se origina debido a factores ambientales los cuales logran afectar al macizo rocoso. Mientras más elevada sea la meteorización se producirá un mayor incremento de características como permeabilidad, porosidad y deformabilidad de la roca” (p. 7).

## **Método Geofísico**

Sobre el Método Geofísico, Huanca y Flores señalan que:

El método geofísico en los últimos años ha contribuido al avance de las geociencias siendo imprescindible su estudio debido a que logra un correcto reconocimiento geotécnico del terreno, identificando las propiedades geológico-geotécnicas presentes en una zona en estudio. En lo concerniente a las matrices rocosas, contribuye a poder identificar las características físicas de las rocas como también

las condiciones geomecánicas de la zona en estudio mediante un proceso de calibración. (2019, p. 32).

De acuerdo al método geofísico, la capacidad de carga para la cimentación puede ser estudiada en relación a la velocidad de las ondas de corte  $V_s$  mediante el empleo de una fórmula ideada por Tezcan en el año 2006 la cual halló haciendo una investigación basándose en datos conseguidos en 550 sitios explorados. Es importante que el estudio se hizo con pruebas de laboratorio, así como el ensayo SPT y la prospección geofísica, obteniendo una expresión concordante con los resultados de la teoría de Terzagui y Peck:

$$q_a = 0.1 \gamma V_s / n$$

Asimismo, la densidad del suelo puede ser hallada por:

$$\gamma = 4.3 (V_s)^{0.25} \text{ (KN/m}^3\text{)}$$

Se emplea la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 1: Factores de seguridad para suelos y rocas

Tipo de suelo	$V_s$ - rango (m/s)	n	$q_a$ (KN/m <sup>2</sup> )
Rocas 'duras'	$V_s \geq 4000$	$n = 1.4$	$0.071 \gamma V_s$
Rocas 'blandas'	$750 \leq V_s \leq 4000$	$n = 4.6 - 8.10^{-4} V_s$	$0.1 \gamma V_s / n$
Suelos	$V_s \leq 750$	$n = 4.0$	$0.025 \gamma V_s \beta$

Fuente: Sencico.

Siendo  $\beta$ :

Para  $0 \leq B \leq 1.2m$   $\beta = 1.00$

Para  $1.2 \leq B \leq 3.00m$   $\beta = 1.13 - 0.11B$

Para  $3.00 \leq B \leq 12$   $\beta = 0.83 - 0.01B$



Para estimar los valores de los pesos específicos que se utilizaran se utilizó la Tabla de Telford et al extraída del Libro Applied Geophysics W-M Telford, L.P Godart, R.E. Sheriff. A continuación, se presenta la tabla antes descrita.

Tabla 2: Densidades de rocas y suelo.

Tipo de Roca	Rango (g/cm <sup>3</sup> )	Promedio (g/cm <sup>3</sup> )	Tipo de Roca	Rango (g/cm <sup>3</sup> )	Promedio (g/cm <sup>3</sup> )
<b>SEDIMENTOS</b>			<b>ROCAS IGNEAS</b>		
Regolito	-	1.92	Riolitas	2.35 – 2.70	2.52
Suelo	1.2 – 2.4	1.92	Andesita	2.4 – 2.8	2.61
Arcilla	1.63 – 2.6	2.21	Granito	2.50 – 2.81	2.64
Grava	1.7 – 2.4	2.0	Grano Diorita	2.67 – 2.79	2.73
Arena	1.7 – 2.3	2.0	Porfirica	2.60 – 2.79	2.74
Arenisca	1.61 – 2.76	2.35	Cuarzo diorita	2.60 – 2.89	2.79
Lutitas	1.77 – 3.2	2.40	Diorita	2.62 – 2.96	2.82
Limonitas	1.93 – 2.90	2.55	Lavas	2.80 – 3.00	2.90
Dolomita	2.28 – 2.90	2.70	Diabasa	2.50 – 3.20	2.91
Rocas Sedimentarias (Prom.)	-	2.50	Basalto	2.70 – 3.30	2.99
<b>ROCAS METAMORFICAS</b>			Gabro	2.70 – 3.30	3.03
Serpentina	2.4 – 3.10	2.78	Peridotitas	2.70 – 3.50	3.15
Cuarcita	2.5 – 2.70	2.60	Rocas Ígneas Ácidas (Prom.)	2.30 – 3.11	2.61
Esquistos	2.39 – 2.9	2.64	Rocas Ígneas Básicas (Prom.)	2.09 – 3.17	2.79
Metawacas	2.6 – 2.7	2.65			
Mármol	2.6 – 2.9	2.75			
Rocas Metamórficas (Prom.)	2.4 – 3.1	2.74			
Pizarra	2.7 – 2.9	2.79			
Gneis	2.59 – 3.0	2.80			
Anfibolita	2.90 – 3.64	2.96			

Fuente: Telford et al., 2011.

## Clasificación de Bieniawski (RMR)

Tabla 3: Clasificación geomecánica RMR.

Parámetros									
1	Resistencia de la matriz rocos (Mpa)	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple (Mpa)		
		Compresión simple	> 250	25 0- 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 2	< 1
Puntuación			15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (%)		90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 -50	<25		
	Puntuación		20	17	13	6	3		
3	Separación entre discontinuidades (m)		> 2	0.6 - 2	0.2 - 0.6	0.06 - 0.2	<0.06		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		Puntuación	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Nada	< 0.1	0.1 - 1	1 - 5	> 5		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10 - 25 litros/min	25 - 125 litros/min	> 125 litros/min		
		Relación de presión de agua/tensión principal mayor	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
	Puntuación		15	10	7	4	0		
6	Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables		
	Puntuación para la corrección por orientación de las discontinuidades	Túneles	0	-2	-5	-10	-12		
		Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25		
		Taludes	0	-5	-25	-50	-60		

Tabla 4: Calidad de los macizos rocosos en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de rozamiento ( ° )
I	Muy buena	100 - 81	> 4	> 45
II	Buena	80 - 61	3 - 4	35 - 45
III	Media	60 - 41	2 - 3	25 - 35
IV	Mala	40 - 21	1 - 2	15 - 25
V	Muy mala	< 20	< 1	<15

Fuente: Bieniawski, 1989.

#### Dimensiones del Método Geofísico

Huanca y Flores (2019) señala que el Método Geofísico parte de tres dimensiones:

Dimensión 1: Propiedades físicas de la roca.

Huanca y Flores señalan que: “Son aquellas que controlan las características resistentes y deformacionales de la roca. Entre ellas podemos mencionar la composición mineralógica, la dureza, la porosidad y la densidad. (p. 35)

Dimensión 2: Condiciones geomecánicas.

Huanca y Flores señalan que: “Son aquellas determinadas por las propiedades mecánicas de la roca. Su estudio implica evaluar la calidad de la roca y el análisis de velocidad de ondas de corte, lo cual resulta imprescindible para aplicar el Método Geofísico” (p. 35)

Dimensión 3: Proceso de calibración.

Huanca y Flores señalan que: “Es considerado una dimensión del método geofísico puesto que las fórmulas empíricas que este método emplea, fueron elaboradas a partir de un estudio de Tescan (2006) en base a datos conseguidos de ondas de corte VS de 550 sitios explorados” (p. 36).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de la investigación**

- **Enfoque**  
Cuantitativo ya que busca recopilar cantidad de datos mediante el uso de medidas numéricas. (Hernández & otros 2014).
- **Tipo de investigación**  
Aplicado está dirigido a la solución de problemas específicos en esta área, la aplicación de los conocimientos y no la creación de nuevos conocimientos. (Hernández & otros, 2014).
- **Diseño de investigación**  
No experimental, se manipula intencionalmente las variables especificadas y, de la misma manera, observa el fenómeno, para luego analizarlo. Y porque recoge datos en un momento. (Hernández & otros, 2014).
- **Nivel de investigación**  
Descriptivo, ya que se propone determinar las características y propiedades de los objetos, personas y cualquier otro fenómeno, cuyo análisis es deseable. (Hernández & otros, 2014).

#### **3.2 Variables y operacionalización**

- Variable dependiente: Capacidad portante en roca.
- Variable independiente: Método Geofísico.

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

Arias (2012) Una población es un conjunto finito de elementos con características comunes para los cuales los hallazgos del estudio serán extensos. Esto está determinado por el problema y los objetivos. (p. 85). La investigación toma como población la matriz rocosa existente en el distrito de Villa María del Triunfo.

#### **Muestra**

Arias (2012) Una muestra es un subconjunto representativo extraído de la población disponible. (p. 87). En la investigación se tomó como muestra la matriz rocosa existente en el A.H. Vista Alegre del distrito de Villa María del Triunfo-Lima.

#### **Muestreo**

Arias (2012) El muestreo no probabilístico de tipo intencional es una muestra en la que los elementos se seleccionan con base en criterios del investigador. (p. 89). Para el muestreo se han realizado una exploración de campo en el A.H. Vista Alegre del distrito de Villa María del Triunfo, recolectándose muestras para caracterizar los suelos e información de la matriz rocosa existente mediante la realización de calicatas y ensayo MASW.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

#### **Técnicas**

Arias (2012) Las técnicas incluyen aquellas que constituyen un conjunto de recursos o mecanismos destinados a recolectar, almacenar y transmitir información sobre los fenómenos que estudian (p. 69).

Los métodos utilizados en este estudio incluyeron: la observación directa con visitas al sitio, la experimentación con ensayos para lograr la caracterización de las rocas del área de estudio, el análisis e interpretación de las normas vigentes, y la consulta de fuentes bibliográficas relacionadas con el método geofísico y la capacidad

portante de las rocas, así como la evaluación de datos de pruebas de campo como la prueba MASW.

### **Instrumentos de recolección de datos**

Arias (2012) Los instrumentos son cualquier medio utilizado para recopilar información para luego procesarla, analizarla e interpretarla. (p. 18). Las siguientes herramientas se utilizan para este estudio:

- Ensayo MASW aplicado en la zona en estudio para la contribución del estudio de la propagación de ondas de corte.
- Ensayo de comprensión uniaxial, el cual en su ensayo aplicado a una muestra del macizo rocoso con fines de determinar su resistencia a la comprensión simple.
- Ensayo de descripción macroscópica: Este ensayo permite obtener el grado de alteración en rocas para analizar la meteorización de la matriz rocosa, así como también permite conocer la porosidad de la roca.
- Ficha de recolección de datos, para realizar un registro de la cantidad de sitios investigados.
- Memoria de cálculo, en la cual se aplicó las formulaciones del Método Geofísico y se determinó la capacidad portante de la roca.

### **3.5 Procedimientos**

- Se ha realizado una visita del proyecto con el objetivo de recopilar información.
- Ensayo de descripción macroscópica para determinar porosidad y el grado de alteración de la roca.
- Registro de cantidad de sitios investigados.
- Desarrollo del ensayo MASW.
- Procesamiento, análisis de los datos del ensayo MASW, para evaluar la velocidad de la onda.
- Realización del ensayo de comprensión uniaxial para evaluar la resistencia a la comprensión simple.
- Realización de memoria de cálculo para la aplicación de las formulaciones empíricas del Método Geofísico para determinar la capacidad de carga en roca.

### **3.6 Manejo de análisis de datos**

Se realizó un registro de las áreas relevadas y fichas de recolección de datos, que permitieron evaluar las características de los suelos y rocas que se encuentran en el área del proyecto. Asimismo, con los datos e información obtenida del ensayo MASW, el ensayo de comprensión simple y la prueba de reducción de durabilidad se procedió a elaborar una memoria de cálculo para aplicar el Método Geofísico para el cálculo de capacidad portante en roca.

### **3.7 Aspectos éticos**

Determinar la capacidad portante de las rocas por el método geofísico para los cimientos de reservorios en A.G. Vista Alegre en la zona de Villa María del Triunfo Lima cumple con todos los estándares exigidos por el Reglamento Nacional de Edificación, en especial la norma E.050 para suelos y cimentaciones. Además, se observaron las normas de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Cesar Vallejo y los estándares de citación estipulados por el estilo ISO 690. Los presentados en este estudio son correctos y respetan los derechos de propiedad intelectual. Además, este estudio enfatiza el respeto y la responsabilidad legal, social, política y ética.

#### IV. RESULTADOS

**Objetivo general: Realizar la evaluación mediante el método geofísico para determinar la capacidad portante en roca para cimentación de reservorio en el A.H. Vista Alegre del distrito de Villa María del Triunfo-Lima.**

A partir del resultado obtenido en la presente tesis, el cual fue la capacidad de carga admisible ( $q_{adm}$ ) a una profundidad de 0.90 m mediante la aplicación del Método Geofísico, se puede afirmar que este método permitió determinar la capacidad de carga en roca para la cimentación de reservorio en A.H. Vista Alegre en el distrito de Villa María del Triunfo, obteniéndose un valor de  $q_{adm}=12.83 \text{ kg/cm}^2$ .

Capacidad de carga en función de la velocidad de las ondas de corte  $V_s$

Capacidad de carga

$$q_a = 0.1 \gamma V_s/n$$

Figura 1: Condiciones de cimentaciones

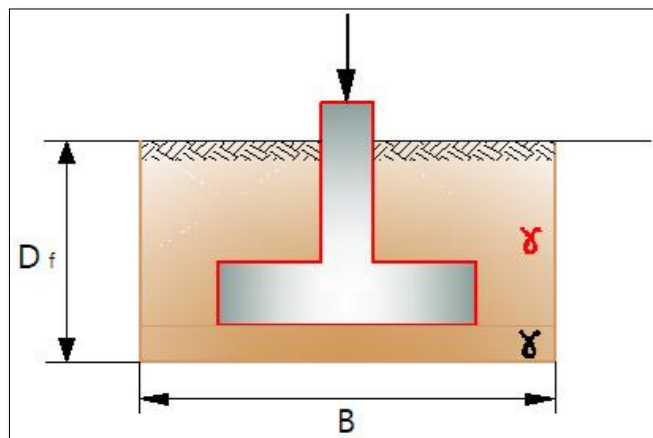


Tabla 5: Condiciones de cimentaciones

Tipo de suelo	$V_s$ – rango (m/s)	n	$q_a$ (KN)/m <sup>2</sup>
Rocas duras	$V_s \geq 4000$	$n = 1.4$	$0.071 \gamma V_s$
Rocas blandas	$750 \leq V_s \leq 4000$	$n = 4.6 - 8.10^{-4} V_s$	$0.1 \gamma V_s/n$
Suelos	$V_s \leq 750$	$n = 4.0$	$0.025 \gamma V_s \beta$



$(\gamma_o)$	Especificaciones
$\gamma_o=16$	Suelo arenoso
$\gamma_o=17$	Arena densa y conglomerado
$\gamma_o=18$	Roca caliza y conglomerado
$\gamma_o=20$	Arenisca
$\gamma_o=24$	Rocas firmes

Datos:

Velocidad de onda cortante  $V_s= 750.00$  m/s

Velocidad de onda compresión  $V_p=740.00$  m/s

Valor de Peso volumétrico tabla  $\gamma_o= 22$  KN/ m<sup>3</sup>

Cálculo del Peso específico en función de  $V_p$

$$\gamma = \gamma_o + 0.002 V_p$$

Dónde:

( $\gamma$ ) Peso específico (KN/m<sup>3</sup>)

( $V_p$ ) Velocidad de onda "P" (m/s)

( $\gamma_o$ ) Los valores de peso volumétrico (KN/m<sup>3</sup>)

$$\gamma = 23.48$$

$$\gamma = 22.5$$

Tabla 6: Capacidad de carga en función de  $V_s$

<b>ROCAS DURAS</b>	$0.071 \gamma V_s$	Capacidad de Carga (KN/m <sup>2</sup> )	1257.86
<b>ROCAS DURAS</b>	$0.1 \gamma V_s/n$	Capacidad de Carga (KN/m <sup>2</sup> )	
<b>SUELOS</b>	$0.025 \gamma V_s \beta$	Capacidad de Carga (KN/m <sup>2</sup> )	
	$\beta=1.00$ para $0 \leq B \leq 1.2$ $\beta=1.13-0.11B$ para $1.2 \leq B \leq 3.00$ m $\beta=0.83-0.01B$ para $3.00 \leq B \leq 12$		

Se puede considerar como valor unico de diseño (kg/cm<sup>2</sup>):

$$q_{admisible}=12.83 \text{ kg/cm}^2$$

**Objetivo específico primero: Determinar cómo el Método Geofísico se relaciona con las características físicas de la roca existente en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo.**

A partir del resultado obtenido en la presente tesis, los cuales fueron: una porosidad alta y una densidad de 22.50 kN/m<sup>3</sup>, se puede definir que el Método Geofísico se relaciona con las características físicas de la roca puesto que este método toma en consideración estas características para los criterios y aplicación de la fórmula empírica en base a las ondas de corte Vs, ya que tanto la porosidad como la densidad que presenta la roca condicionan la velocidad de estas ondas de corte

Tabla 7: Ensayo de Descripción Macroscópica


ESTRUCTURAS (PLANARES/LINEARES)		ROCA MUESTRA
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS		
CÓDIGO MUESTRA	01	
GRUPO GENÉTICO	Tectónico erosivo	
TEXTURA	Pelítica	
ESTRUCTURAS	Laminar	
GRADO DE CRISTALIDAD	Bajo	
FORMA DE CRISTALIDAD	Terroso	
TAMAÑO COMPONENTES/ FENOCRISTALES	Granos menores a 0.0002mm compuesto por cristales menores de cuarzo y menor porcentaje de feldespatos	
ESTADO DE ROCA	Medianamente fracturada y meteorizada	
POROSIDAD	Alta	

Tabla 8: Componentes de la roca

COMPONENTES DE LA ROCA	
MINERALES PRINCIPALES	Cuarzo y feldespatos
MINERALES SECUNDARIOS	Hematita, calcita
MINERALES AUXILIARES O ACCESORIOS	Illira
MINERALES ALTERACIÓN	-
NOMBRE ROCA	Cabroica

**Objetivo específico segundo: Determinar cómo el Método Geofísico se relaciona con las condiciones geomecánicas existentes en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo.**

A partir de los resultados obtenidos en la presente tesis, los cuales fueron los parámetros de: la calidad de la roca (Clase III), la velocidad de ondas de corte (750 m/s) y la resistencia a la compresión simple de la roca (54 MPa), es posible afirmar que el Método Geofísico se relaciona con las condiciones geomecánicas existentes en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo, puesto que estas condiciones están expresadas por los parámetros de calidad de la roca y la velocidad de ondas de corte, y justamente son estos parámetros los que emplea el Método Geofísico en su formulación empírica para poder determinar la capacidad portante en la roca.

Figura 2: Reservorio R-2A

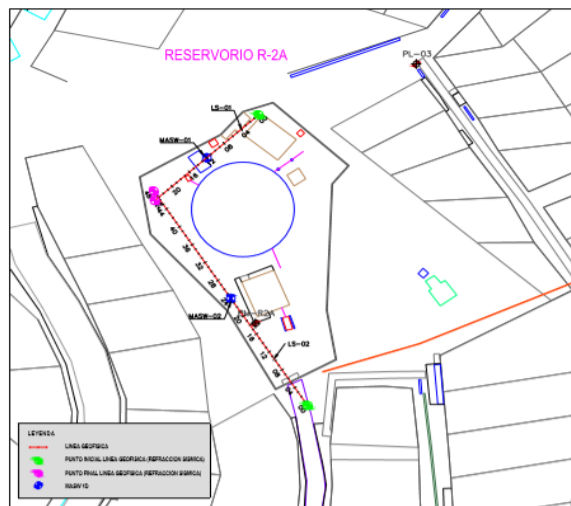


Tabla 9: Velocidades de onda corte

Profundidad (m)	Velocidad Vs (m/s)	Clasificación sísmica de suelos	
		IBC 2006	NTP E.030
0.00	571.34	C	
1.07	583.31		
2.31	582.86		
3.71	539.84		
5.27	497.09		

7.01	508.36	B	S1
8.90	615.8		
10.96	748.15		
13.19	839.08		
15.58	876.16		
18.13	877.72		
20.85	860.52		
23.74	835.29		
26.79	852.05		
30.00	877.72		
Vs 30	730.17	C	S1

Tabla 10: Refracción sísmica lrs -01

Capa	Potencia Aproximada (m)	Velocidad Vp (m/s)	Descripción
01	1.41 - 2.62	382 - 894	Material de relleno de baja densidad con probable presencia de roca muy alterada.
02	7.25 - 9.34	894 - 1662	Material de baja a mediana densidad, compuesto probablemente por fracturada.
03	> 8.00	> 1662	Material de mediana densidad, compuesto probablemente por fracturada.

Resumen de parámetros geodinámicas: De los perfiles MASW 1D realizados en el Reservorio R-2A (MASW-01) se obtuvo perfiles unidimensionales, en los cuales se identificó la variabilidad de velocidad en función de la Vs30 en donde se ha podido clasificar el tipo de suelos según la Norma IBC y Norma Peruana E-030, Logrando determinar tipos de suelo.

**Objetivo específico tercero: Determinar si para aplicar el Método Geofísico es necesario realizar un proceso de calibración en el área del reservorio del A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo.**

A partir de los resultados obtenidos en la presente tesis a partir del ensayo MASW, se puede afirmar que no fue necesario un proceso de calibración para aplicar el Método Geofísico en el área del reservorio del A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo, puesto que el área en estudio sólo fue el terreno circundante a la cimentación del reservorio, el cual es un área pequeña (25 m<sup>2</sup>) por lo que no fue necesario hacer un proceso de calibración puesto que esto se realiza solo cuando

se emplea el Método Geofísico a través del ensayo MASW para áreas extensas de estudio, como en trabajos de microzonificación sísmica.

Tabla 11: Clasificación sísmica de suelos

TIPO	Vs30 (m/s)	Descripción
A	>1500 m/s	Roca dura
B	760 – 1500	Roca
C	360 – 760	Roca blanda y/o suelos muy densos
D	180 – 360	Suelo rígido
E	<180	Suelo blando
F	Suelos especiales (colapsables, arcillas muy plásticas, suelos orgánicos, licuables)	

Tabla 12: Clasificación sísmica de suelos según norma E.030

TIPO	Vs30 (m/s)	Descripción
$S_0$	>1500 m/s	Roca dura
$S_1$	500 - 1500	Roca o suelos muy Rígidos
$S_2$	180 - 500	Suelos intermedios
$S_3$	< 180 m/s	Suelos blandos
$S_4$	Condiciones excepcionales, Clasificación basada en el EMS	

Tabla 13: Símbolo de clasificación sísmica de suelos según norma E.030

TIPO	SIMBOLO	Tipo de Suelo E.030
$S_0$		Roca dura
$S_1$		Roca o suelos rígidos
$S_2$		Suelos intermedios
$S_3$		Suelos blandos

Tabla 14: Resumen

Vs30	730.17 m/s
Tipo de suelo E.030	S1
Tipo de suelos IBC	C
To	0.16

Figura 3: Dispositivo sísmico

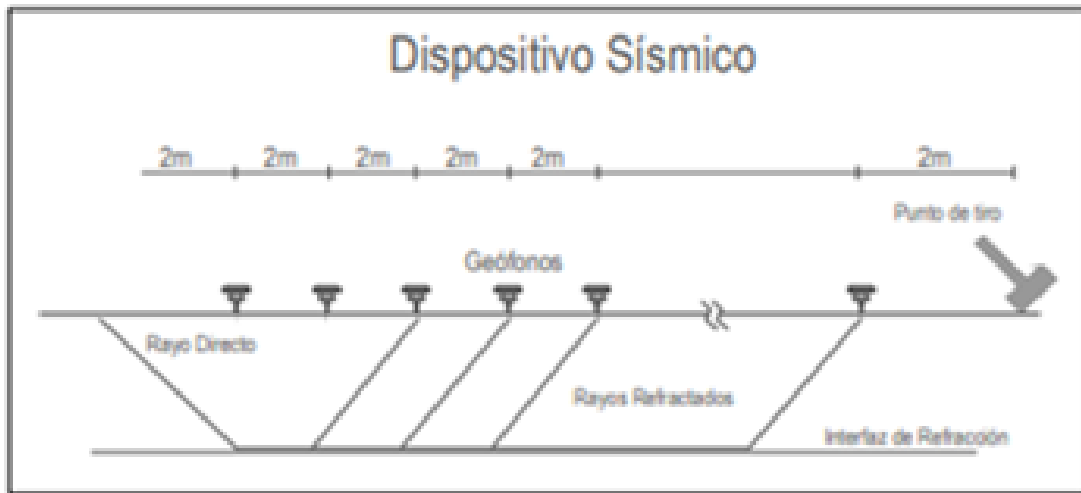


Figura 4: Perfil unidimensional MASW-01

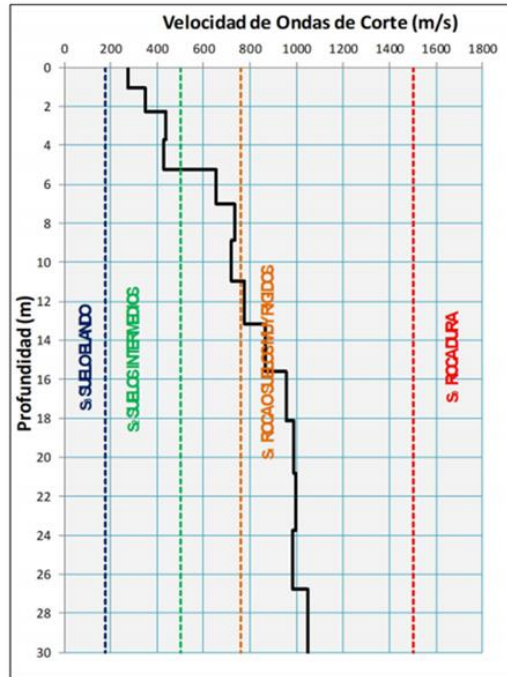


Tabla 15: Velocidad (Vs)

Profundidad (m)	Velocidad Vs (m/s)	Rigidez
0.00	571.34	
1.07	583.31	
2.31	582.86	
3.71	539.84	
5.27	497.09	
7.01	508.36	
8.90	615.80	
10.96	748.15	
13.19	839.08	
15.58	876.16	
18.13	877.72	
20.85	860.52	
23.74	835.29	
26.79	852.05	
30.00	877.72	
<b>Vs</b>	<b>730.17</b>	

En concordancia al análisis geotécnico realizado y al perfil estratigráfico, se cimentará de acorde al nivel de corte del reservorio apoyado proyectado R-2A ( $V=2000\text{m}^3$ ), sobre la roca 215 msnm, mediante un anillo de cimentación, a una profundidad promedio de 0.70-0.90m, medido con respecto al nivel de corte en talud (nivel de cota de fondo 215 msnm).

### **Descripción Macroscópica de Roca-Análisis Petrográfico de una muestra típica representativa**

Muestra: RESERVORIO R-2A

(C-175)

Descripción: Roca Ígnea Diorita Gabroica

Tipo de Roca: Roca Diorita Gabroica



Tabla 16: Determinación del valor de RMR.

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA DE BIENIAWSKI						
R-2A (C-175)						
<b>DETERMINACION DEL VALOR DE RMR (ROCK MASS RATING)</b>						
<b>1.- RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (Compresion simple)</b>						<b>54.0 Mpa</b>
Rango de valores	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5
Puntaje	15	12	7	4	2	1
Valoración :						7
<b>2.- VALOR DE RQD (Rock Quality Index)</b>						<b>60 %</b>
Rango de valores	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25	
Puntaje	20	17	13	8	3	
Valoración :						13
<b>3.- ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES</b>						<b>0.60 m</b>
Rango de valores	> 2	0.6 - 2	0.2 - 0.6	0.06 - 0.2	< 0.06	
Puntaje	20	15	10	8	5	
Valoración :						15
<b>4.- CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES</b>						
<b>Persistencia de las discontinuidades</b>						<b>2 m</b>
Rango de valores	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20	
Puntaje	6	4	2	1	0	
Valoración :						4
<b>Separación (apertura)</b>						<b>2 mm</b>
Rango de valores	Ninguno	< 0.1	0.1 - 1.0	1 - 5	> 5	
Puntaje	6	5	4	1	0	
Valoración :						1
<b>Rugosidad</b>						<b>SR</b>
Condición	Muy rugosa VR	Rugosa R	Ligeramente rugosa SR	Lisa L	Superficie pulida SK	
Puntaje	6	5	3	1	0	
Valoración :						3
<b>Relleno</b>						<b>2 mm</b>
Rango de valores	Ninguno	Duro < 5	Duro > 5	Blando < 5	Blando > 5	
Puntaje	6	4	2	2	0	
Marque con X el tipo de relleno : Blando : X Duro :						Valoración : 2
<b>Meteorización</b>						<b>MW</b>
Condición	No Intemperizada UW	Ligeramente intemperizada SW	Moderadamente Intemperizada MW	Altamente Intemperizada HW	Completamente Intemperizada CW	
Puntaje	6	5	3	1	0	
Valoración :						3
<b>5.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA</b>						<b>DM</b>
Condición	Completamente seca CD	Humeda DM	Mojada WT	Goteo DP	Flujo FW	
Puntaje	15	10	7	4	0	
Valoración :						10
<b>6.- AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES</b>						<b>FV</b>
Orientaciones del rumbo y buzamiento		Muy Favorable VF	Favorable FV	Regular FR	Desfavorable UF	Muy desfavorable VU
Puntaje según el tipo de trabajo	Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60
Indique el tipo de trabajo		S		Valoración :		-5

VALOR DE RMR	
<b>RMR Básico</b>	<b>58</b>
<b>RMR Ajustado</b>	<b>53</b>
<b>RMR89 (condiciones secas y muy favorables)</b>	<b>63</b>
<b>Cohesión (MPa)</b>	<b>265</b>
<b>Angulo de fricción interna ( ° )</b>	<b>31.5</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 17: Cuadro resumen de los resultados obtenidos

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTO	RESULTADO OBTENIDO
V. INDEPENDIENTE Método Geofísico	Características físicas de la roca.	Porosidad.	Ensayo de descripción macroscópica (inspección visual).	Alta.
		Densidad.	Memoria de cálculo.	22.50 kN/m <sup>3</sup>
	Condiciones geomecánicas.	Calidad de la roca.	Ensayo MASW.	Clase III
		Velocidad de ondas de corte.	Ensayo MASW.	750 m/s
	Proceso de calibración.	Cantidad de sitios investigados.	Ficha de recolección de datos.	6
V. DEPENDIENTE Capacidad portante en roca.	Comportamiento mecánico de la matriz rocosa.	Resistencia a la compresión.	Ensayo de compresión uniaxial.	54 MPa
		Porosidad.	Ensayo de descripción macroscópica (inspección visual).	Alta.
		Velocidad de ondas de corte.	Ensayo MASW.	750 m/s
	Clasificación geotécnica de la roca.	Resistencia a la compresión.	Ensayo de compresión uniaxial.	54 MPa
	Meteorización de la matriz rocosa.	Grado de alteración en rocas.	Ensayo de descripción macroscópica (inspección visual).	Medianamente fracturada e meteorizada.

## V. DISCUSIÓN

**Hipótesis general: Mediante el Método Geofísico se podrá determinar la capacidad portante en roca para cimentación de reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo.**

A partir del resultado obtenido en la presente tesis, el cual fue la capacidad de carga admisible ( $q_{adm}$ ) a una profundidad de 0.90 m mediante la aplicación del Método Geofísico, se puede afirmar que este método permitió determinar la capacidad de carga en roca para la cimentación de reservorio en A.H. Vista Alegre en el distrito de Villa María del Triunfo, obteniéndose un valor de  $q_{adm}=12.83 \text{ kg/cm}^2$ .

Estos resultados obtenidos contrastan con los que sostienen Avilés y Barzallo (2016) en su tesis titulada "Caracterización de suelos del Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca mediante métodos geofísicos" quien obtuvo resultados similares al obtener una capacidad de carga de  $2.73 \text{ kg/cm}^2$  en suelo y de  $10.78 \text{ kg/cm}^2$  en roca mediante la aplicación del Método Geofísico en el Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis general que establece que Mediante el Método Geofísico se podrá determinar la capacidad portante en roca para cimentación de reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo, además que tiene coherencia con el objetivo general planteado de realizar la evaluación mediante el método geofísico para determinar la capacidad portante en roca para cimentación de reservorio en el A.H. Vista Alegre del distrito de Villa María del Triunfo-Lima, puesto que se cumplió con dicho objetivo, ya que se demostró que evaluando mediante Método Geofísico si se puede determinar la capacidad portante en rocas, obteniendo en la presente tesis que esta capacidad es  $q_{adm}=12.83 \text{ kg/cm}^2$ .

**Hipótesis específica 1: El Método Geofísico se relaciona con las características físicas de la roca existente en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo.**

A partir del resultado obtenido en la presente tesis, los cuales fueron: una porosidad alta y una densidad de  $22.50 \text{ kN/m}^3$ , se puede definir que el Método Geofísico se

relaciona con las características físicas de la roca puesto que este método toma en consideración estas características para los criterios y aplicación de la fórmula empírica en base a las ondas de corte Vs, ya que tanto la porosidad como la densidad que presenta la roca condicionan la velocidad de estas ondas de corte.

Estos resultados obtenidos contrastan con los que sostienen Huanca y Flores (2019) en su tesis titulada “Estudio geotécnico y geofísico con fines de cimentación para tres asociaciones de vivienda en la ciudad de Tacna”, quienes obtuvieron resultados similares al obtener que el Método Geofísico, en el análisis de la velocidad de ondas de corte que realiza, necesita conocer las características físicas de la roca como la porosidad y la densidad para poder determinar la capacidad de carga de la roca, obteniéndose en este estudio una porosidad media y una densidad de 19 kN/m<sup>3</sup>.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica 1 que establece que El Método Geofísico se relaciona con las características físicas de la roca existente en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo, además que tiene coherencia con el objetivo específico 1 de Determinar cómo el Método Geofísico se relaciona con las características físicas de la roca existente en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo, puesto que se cumplió con dicho objetivo, ya que se determinó que esta relación radica en que el Método Geofísico emplea de manera imprescindible las características de la físicas de la roca como la porosidad y la densidad para determinar la capacidad portante en roca.

**Hipótesis específica 2: El Método Geofísico se relaciona con las condiciones geomecánicas existentes en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo.**

A partir de los resultados obtenidos en la presente tesis, los cuales fueron los parámetros de: la calidad de la roca (Clase III), la velocidad de ondas de corte (750 m/s) y la resistencia a la compresión simple de la roca (54 MPa), es posible afirmar que el Método Geofísico se relaciona con las condiciones geomecánicas existentes en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo, puesto que estas condiciones están expresadas por los parámetros de calidad de la roca y la velocidad de ondas de corte, y justamente son estos parámetros los que emplea el

Método Geofísico en su formulación empírica para poder determinar la capacidad portante en la roca.

Estos resultados obtenidos contrastan con los que sostiene Iturbide (2018) en su tesis titulada “Criterios de diseño para cimentaciones en roca”, quien obtuvo resultados similares al afirmar que el Método Geofísico se relaciona con las condiciones geomecánicas debido a que en el análisis que realiza en las rocas emplea los parámetros de calidad de roca, velocidad de propagación de ondas de corte Vs, y la resistencia a la comprensión simple en roca, afirmando que resulta imprescindible realizar el ensayo de Análisis Multicanal de Ondas Sísmicas (MASW) para estudiar la velocidad de propagación de ondas de corte.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica 2 que establece que El Método Geofísico se relaciona con las condiciones geomecánicas existentes en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo, además que tiene coherencia con el objetivo específico 2 de determinar cómo el Método Geofísico se relaciona con las condiciones geomecánicas existentes en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo, puesto que se cumplió con dicho objetivo, ya que se determinó que esta relación radica en que el Método Geofísico necesita conocer de manera imprescindible las condiciones geomecánicas expresadas en la calidad de la roca y la velocidad de ondas de corte para poder determinar la capacidad portante en la roca.

**Hipótesis específica 3: Para aplicar el Método Geofísico es innecesario realizar un proceso de calibración en el área del reservorio del A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo.**

A partir de los resultados obtenidos en la presente tesis a partir del ensayo MASW, se puede afirmar que no fue necesario un proceso de calibración para aplicar el Método Geofísico en el área del reservorio del A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo, puesto que el área en estudio sólo fue el terreno circundante a la cimentación del reservorio, el cual es un área pequeña (25 m<sup>2</sup>) por lo que no fue necesario hacer un proceso de calibración puesto que esto se realiza solo cuando se emplea el Método Geofísico a través del ensayo MASW para áreas extensas de estudio, como en trabajos de microzonificación sísmica.

Estos resultados obtenidos contrastan con los que sostiene Mendoza (2015) en su tesis titulada “Uso de Refracción Sísmica y Análisis Multicanal de Ondas Superficiales para la determinación de módulos elásticos, en la finca Viento Blanco, San Vicente Pacaya, Escuintla”, quien obtuvo resultados similares al afirmar que sólo se considera el empleo de procesos de calibración cuando el análisis mediante el Método Geofísico se realiza en áreas extensas como en la realización de mapeos de microzonificación sísmica pero no en áreas de estudio pequeñas como fue el caso de la finca Viento Blanco.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica 3 que establece que Es innecesario realizar un proceso de calibración para aplicar el Método Geofísico en el área del reservorio del A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo, además que tiene coherencia con el objetivo específico 3 de Determinar si para aplicar el Método Geofísico es necesario realizar un proceso de calibración en el área del reservorio del A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo, puesto que se cumplió con dicho objetivo, ya que se determinó que no es necesario realizar un proceso de calibración para aplicar el Método Geofísico puesto que la zona en estudio posee un área pequeña.

## VI. CONCLUSIONES

**Objetivo general:** Realizar la evaluación mediante el método geofísico para determinar la capacidad portante en roca para cimentación de reservorio en el A.H. Vista Alegre del distrito de Villa María del Triunfo-Lima, se concluye que luego de realizarse la evaluación mediante el método geofísico se obtuvo un valor de  $q_{admisible} = 12.83 \text{ kg/cm}^2$  gracias a la determinación de la capacidad de carga en función de ondas de corte  $V_s$ .

**Primer objetivo específico:** Determinar cómo el Método Geofísico se relaciona con las características físicas de la roca existente en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo, el Método Geofísico se relaciona con las características físicas de la roca puesto que este método toma en consideración estas características para los criterios y aplicación de la fórmula empírica en base a las ondas de corte  $V_s$ , ya que tanto la porosidad como la densidad (que son las características físicas de la roca) condicionan la velocidad de estas ondas de corte.

**Segundo objetivo:** Determinar cómo el Método Geofísico se relaciona con las condiciones geomecánicas existentes en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo, se concluye que el Método Geofísico se relaciona con las condiciones geomecánicas existentes en el área en estudio, puesto que estas condiciones están expresadas por los parámetros de calidad de la roca y la velocidad de ondas de corte, y justamente son estos parámetros los que emplea el Método Geofísico en su formulación empírica para poder determinar la capacidad portante en la roca.

**Tercer objetivo:** Determinar si para aplicar el Método Geofísico es necesario realizar un proceso de calibración en el área del reservorio del A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo, se concluye que, para aplicar el Método Geofísico en el área en estudio no es necesario realizar un proceso de calibración, puesto que el área en estudio sólo fue el terreno circundante a la cimentación del reservorio, el cual es un área pequeña ( $25 \text{ m}^2$ ) por lo que no fue necesario hacer un proceso de calibración puesto que este proceso sólo se realiza cuando se emplea el Método Geofísico a través del ensayo MASW para áreas extensas de estudio, como en trabajos de microzonificación sísmica.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer uso del Método Geofísico basado en el análisis de la velocidad de ondas  $V_s$  y  $V_p$ , puesto que ha demostrado ser eficiente para calcular la capacidad portante en rocas.
- Se recomienda un análisis diferente para futuros estudios geofísico a parte del MASW para evaluar las características físicas de la roca, como los Sondajes Eléctricos verticales, afín de comparar resultados.
- Para futuras investigaciones, se recomienda utilizar parte del Método MASW, el ensayo de Refracción Sísmica a fin de comparar resultados en el proceso de evaluación de las condiciones geomecánicas en la zona en estudio.
- Se recomienda hacer uso del proceso de calibración cuando se trata de grandes extensiones de terreno en análisis, como en trabajos de micro y macrozonificación sísmica.



## REFERENCIAS

1. ADAUTO, Maria y CHEONG, Jina (2018). Estudio geotécnico para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20.000 m<sup>3</sup> en el Sector 330 Villa María del Triunfo – Lima (Tesis de Pregrado), Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú.
2. AGUILAR, Lisbeth (2016). Estudio geotécnico: estimación de la capacidad portante en proyecto construcción de puente, sobre rio San Antonio Municipio De La Jagua de Ibirico, César (Tesis de Pregrado), Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar, Colombia.
3. ALAVI, Amir & SADROSSADAT, Ehsan (2016). New design equations for estimation of ultimate bearing capacity of shallow foundations resting on rock masses. *Geoscience Frontiers*, 7 (1), 91–99.
4. ARIAS, Fidias (2012). El Proyecto de Investigación. Caracas, Venezuela: Episteme – Sexta Edición.
5. ARIFIN, Hariri, KAYODE, John, ARIFIN, Khairul, ZAHIR, Zuhar, ABDULLAH, Manan & AZMI, Azrin (2020). Data for the subsurface characterization of Pahang River Basin with the application of Transient Electromagnetic geophysical surveys. *Data in Brief*, 30, 1-12.
6. ATTWA, Mohamed & HENAISH, Ahmed (2018). Regional structural mapping using a combined geological and geophysical approach e A preliminary study at Cairo-Suez district, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 144, 104–121.
7. AVILÉS, Juan y BERZALLO, Bryan (2016). Caracterización de suelos del Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca mediante métodos geofísicos (Tesis de Pregrado), Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
8. Baque, Galo (2017). Caracterización físico - mecánicas del suelo para cimentación en edificaciones de categoría baja, sector By Pass – John F.

Kennedy, ciudad Jipijapa (Tesis de Pregrado), Universidad Estatal del Sur de Manabí, Manabí, Ecuador.

9. BAYODE, Santiago (2020). Integration of geophysically derived parameters in characterization of foundation integrity zones: An AHP approach. *Heliyon*, 6 (5), 1-21.
10. BELTRÁN, Jimmy y DÍAZ, Diego (2018). Análisis de la capacidad de carga admisible de los suelos de cimentación del Complejo Arqueológico Chan Chan debido al ascenso del nivel freático (Tesis de Pregrado), Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
11. BREDESEN, Kenneth, RASMUSSEN, Rasmus, MATHIESEN, Anders & NIELSEN, Lars (2020). Seismic amplitude analysis and rock physics modeling of a geothermal sandstone reservoir in the southern part of the Danish Basin. *Geothermics*, 89, 1-16.
12. Butchibabu, Brus, Khan, Peyer (2018). Foundation evaluation of underground metro rail station using geophysical and geotechnical investigations. *Engineering Geology*, 248, 140-154.
13. CAMPANO, Jose, (2013). Los métodos geofísicos en los estudios previos del terreno para la rehabilitación de edificios. La iglesia del Monasterio de Santa María de Moreruela (Zamora). *Informes de la Construcción*, 65 (529), 17-26.
14. CARRANZA, Ingrid y PONCE, Adriana (2017). Estudio de zonificación geotécnica en el sector III del centro poblado El Milagro para el diseño de cimentaciones superficiales (Tesis de Pregrado), Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
15. CASTILLO, Maria (2017). Estudio de zonificación en base a la determinación de la capacidad portante del suelo en las cimentaciones de las viviendas del casco urbano de la Parroquia La Matriz del Cantón Patate provincia de Tungurahua (Tesis de Pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

16. CHAKRABORTY, Manash & KUMAR, Jyant (2015). Bearing capacity of circular footings over rock mass by using axisymmetric quasi lower bound finite element limit analysis. *Computers and Geotechnics*, 70, 138-149.
17. COLOMBERO, Chiara, COMINA, Cesare, UMILI, Gessica, & VINCIGUERRA, Sergio (2016). Multiscale geophysical characterization of an unstable rock mass. *Tectonophysics*, 675, 275–289.
18. DA COSTA, Alice, CARMELO, Adriana & BOTELHO, Nilson (2020). Geophysical-geological model of the Pedra Branca massif in the Goiás Tin Province, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 101, 1-17.
19. DAY-LEWIS, Frederick, SLATER, Lee, ROBINSON, Judy, JOHNSON, Carole, TERRY, Neil, & WERKEMA, Dale (2017). An overview of geophysical technologies appropriate for characterization and monitoring at fractured-rock sites. *Journal of Environmental Management*, 204, 709-720.
20. DEZERT, Theo, FARGIER, Yannik, PALMA, Sergio & CÔTE, Philippe (2019). Geophysical and geotechnical methods for fluvial levee investigation: A review. *Engineering Geology*, 260, 1-18.
21. FONSECA, Fredy (2018). Modelación geológico-geofísica con fines hidrogeológicos en los municipios Corrales y Gámeza, Colombia. *Minería y Geología*, 34 (1), 64-81.
22. GALINDO, Rubén, SERRANO, Adrian & OLALLA, Colbert (2017). Ultimate bearing capacity of rock masses based on modified Mohr-Coulomb strength criterion. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 93, 215-225.
23. HAN, Shili, WANG, Sheng, TANG, Zhenping, TAN, Kaixuan, DUAN, Xianzhe, HE, Haiyang, FENG, Zhigang. & XIE, Yanshi (2020). Integrated geophysical exploration of the coupling of a concealed rock body and metallogenic structures—Ag-Pb-Zn mining area case study in Jilinbaolige, Inner Mongolia, China. *Journal of Applied Geophysics*, 178, 1-8.

24. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar (2014). Metodología de la Investigación. México: Editorial McGraw-Hill – Quinta edición.
25. HUANCA, Brandon y FLORES, Ruth (2019). Estudio geotécnico y geofísico con fines de cimentación para tres asociaciones de vivienda en la ciudad de Tacna (Tesis de Pregrado), Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú.
26. ITURBIDE, Oscar (2018). Criterios de diseño para cimentaciones en roca (Tesis de Posgrado), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.
27. LEÓN, Ana, TIJERA, Ángel y RUIZ, Rubén (2014). Utilización de técnicas geofísicas en la identificación de deslizamientos de ladera. Revista Ingeniería Civil, 175, 39-51.
28. MANSOURI, Mehdi, IMANI, Meysam & FAHIMIFAR, Ahmad (2019). Ultimate bearing capacity of rock masses under square and rectangular footings. Computers and Geotechnics, 111, 1-9.
29. MENDOZA, Julio (2015). Uso de Refracción Sísmica y Análisis Multicanal de Ondas Superficiales para la determinación de módulos elásticos, en la finca Viento Blanco, San Vicente Pacaya, Escuintla (Tesis de Pregrado), Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala.
30. MISME, Guido (2018). Cálculo de capacidad portante de los suelos de la zona nor-oeste y nor-este de la Ciudad de Lampa (Tesis de Pregrado), Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Lima, Perú.
31. OLARTE, Liezbeth (2019). Mecánica de suelos aplicada a la verificación de capacidad de carga para cimentaciones a emplearse en los talleres productivos del E.P. Cusco – Varones (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.
32. ORTIZ, Beatriz (2019). Estudio geotécnico con fines de cimentación del puente Juan Santos Atahualpa, carretera variante Uchumayo Tramo II (Tesis de

Pregrado), Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

33. PEREIRA, Maria, FERNÁNDEZ, Hector, BAPTISTA, Joao y PEREIRA, Gabriela (2018). Procedimiento metodológico para aplicar la geofísica a estudios geotécnicos en la ciudad de Luanda, Angola. *Minería y Geología*, 32 (2), 177-194.
34. RAJI, Wasiu & ADEDOYIN, Do (2019). Dam Safety Assessment Using 2D Electrical Resistivity Geophysical Survey and Geological Mapping. *Journal of King Saud University – Science*, 32 (1), 1123-1129.
35. RIVERA, Miguel, PIEDRA, Ramiro y PARIPANCA, Yris (2016). Ensayos Geofísicos de Refracción Sísmica y de Medición de Ondas de Corte (MASW y MAM) para usos de cimentación en obras de edificaciones. *Civilizate*, (8), 50-55.
36. ROMERO, Marcos, CRAGNO, Adrian, SCHMITZ, Michel y AMBROSIO, Roberth (2006). Caracterización de suelos con métodos geofísicos en La Guaira, Macuto, Caraballeda y Tanaguarena, estado Vargas, Venezuela. *Boletín Técnico*, 44 (1), 16-29.
37. SARI, Mahmut, SEREN, Aysel & ALEMDAG, Selcuk (2020). Determination of geological structures by geophysical and geotechnical techniques in Kirklartepe Dam Site (Turkey). *Journal of Applied Geophysics*, 182,1-9.
38. SERRANO, Adrian, OLALLA, Colberth & GALINDO, Ruben (2016). Ultimate bearing capacity of an anisotropic discontinuous rock mass based on the modified Hoek–Brown criterion. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 83, 24-40.
39. SHAMLOO, Saeed & IMANI, Meysam (2020). Upper bound solution for the bearing capacity of rock masses considering the embedment depth. *Ocean Engineering*, 218, 1-13.
40. SHAUNIK, Divya & SINGH, Mahendra (2020). Bearing capacity of foundations on rock slopes intersected by non-persistent discontinuity. *International Journal of Mining Science and Technology*, 30 (5), 669-674.

41. TAJERI, Shervin, SADROSSADAT, Ehsan & BAZAZ, Jafar (2015). Indirect estimation of the ultimate bearing capacity of shallow foundations resting on rock masses. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 80, 107-117.
42. VANEGAS, Yudy (2020). Determinación de factores de resistencia para cimentaciones superficiales y profundas, a nivel local (Tesis de Posgrado), Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia.
43. VARGAS, Guilardo y DUEÑAZ, Helmer (2018). Comparación de parámetros de resistencia determinados por ensayos de laboratorio y campo en suelos de la formación Sabana del Occidente de Bogotá (Tesis de Pregrado), Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.
44. VARNAVINA, Aleksandra, KHAMZIN, Aleksey, KIDANU, Shishay & ANDERSON, Neil (2019). Geophysical site assessment in karst terrain: A case study from southwestern Missouri. *Journal of Applied Geophysics*, 170, 1-9.
45. VELAYARCE, Pedro (2018). Zonificación de la capacidad portante del suelo en el asentamiento humano San Juan – distrito De la Banda de Shilcayo – Provincia de San Martín – Región San Martín (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.
46. WU, Gaoqiao, ZHAO, Minghua, ZHANG, Rui & LIANG, Guanting (2020). Ultimate bearing capacity of eccentrically loaded strip footings above voids in rock masses. *Computers and Geotechnics*, 128, 1-10.

## ANEXOS:

### Anexo 1 : Matriz de consistencia.




PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGÍA
GENERAL	GENERAL	GENERAL				
¿De qué manera mediante el Método Geofísico se determinará la capacidad portante en roca para cimentación de reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo?	Realizar la evaluación mediante el método geofísico para determinar la capacidad portante en roca para cimentación de reservorio en el A.H. Vista Alegre del distrito de Villa María del Triunfo-Lima.	Mediante el Método Geofísico se podrá determinar la capacidad portante en roca para cimentación de reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo.	VARIABLE INDEPENDIENTE Método geofísico.	Características físicas de la roca.	Porosidad.  Densidad.	Enfoque: Cuantitativo.  Diseño de Investigación: No experimental.
				Condiciones geomecánicas.	Calidad de la roca. Velocidad de ondas de corte.	
				Proceso de calibración.	Cantidad de sitios investigados.	
			VARIABLE DEPENDIENTE Capacidad portante en roca.	Comportamiento mecánico de la matriz rocosa.	Resistencia a la comprensión simple.	Tipo de Investigación:  Aplicada.
				Clasificación geotécnica de la roca.	Resistencia a la comprensión simple.	
				Meteorización de la matriz rocosa.	Grado de alteración en rocas.	
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS				
<p><b>PE1:</b> ¿De qué manera el Método Geofísico se relaciona con las características físicas de la roca existente en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo?</p> <p><b>PE2:</b> ¿De qué manera el Método Geofísico se relaciona con las condiciones geomecánicas existentes en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo ?</p> <p><b>PE3:</b> ¿De qué manera el Método Geofísico necesita de un proceso de calibración para el área del reservorio del A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo?</p>	<p><b>OE1:</b> Determinar cómo el Método Geofísico se relaciona con las características físicas de la roca existente en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo.</p> <p><b>OE2:</b> Determinar cómo el Método Geofísico se relaciona con las condiciones geomecánicas existentes en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo.</p> <p><b>OE3:</b> Determinar si para aplicar el Método Geofísico es necesario realizar un proceso de calibración en el área del reservorio del A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo.</p>	<p><b>HE1:</b> El Método Geofísico se relaciona con las características físicas de la roca existente en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo.</p> <p><b>HE2:</b> El Método Geofísico se relaciona con las condiciones geomecánicas existentes en el área del reservorio en A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo.</p> <p><b>HE3:</b> Para aplicar el Método Geofísico es innecesario realizar un proceso de calibración en el área del reservorio del A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo.</p>				

## Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE Método Geofísico.	Método que permite hallar la capacidad de carga en rocas y las propiedades geológico-geotécnicas existentes en la zona en estudio aplicando la geofísica. (Huanca y Flores, 2019).	Método que permite calcular la capacidad de carga en roca a partir de las condiciones geomecánicas de la zona en estudio (velocidad de ondas de corte) y las características físicas del macizo rocoso. Emplea ensayos de campo, fichas de recolección de datos e inspección visual.	Características físicas de la roca.	Porosidad.	Ensayo de descripción macroscópica (inspección visual).	ORDINAL
			Condiciones geomecánicas.	Densidad.	Memoria de cálculo.	ORDINAL
				Calidad de la roca.	Ensayo MASW.	ORDINAL
			Velocidad de ondas de corte.	Ensayo MASW.	ORDINAL	
		Proceso de calibración.	Cantidad de sitios investigados.	Ficha de recolección de datos.	ORDINAL	
DEPENDIENTE Capacidad portante en roca.	Es la capacidad de carga que posee el macizo rocoso debido a sus características geotécnicas y permite definir la cimentación más adecuada para una estructura. (Iturbide, 2018).	Es la capacidad de soporte que posee el macizo rocoso. Depende del comportamiento mecánico y la clasificación geotécnica de la roca, así como del grado de meteorización que ésta presenta. Para su determinación se emplean ensayos de campo como MASW y ensayos de laboratorio como el de comprensión simple.	Comportamiento mecánico de la matriz rocosa.	Resistencia a la comprensión simple.	Ensayo de comprensión uniaxial.	ORDINAL
				Porosidad.	Ensayo de descripción macroscópica (inspección visual)	ORDINAL
				Velocidad de ondas de corte.	Ensayo MASW.	ORDINAL
			Clasificación geotécnica de la roca.	Resistencia a la comprensión simple.	Ensayo de comprensión uniaxial.	ORDINAL
Meteorización de la matriz rocosa.	Grado de alteración en rocas.	Ensayo de descripción macroscópica (inspección visual).	ORDINAL			



### Anexo 3: Ficha de validación.

FICHA DE VALIDACIÓN								
TÍTULO:			AUTORES:					
"Evaluación mediante método geofísico para determinar capacidad portante en roca para cimentación de reservorio, A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo"			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bernal Yauri, José Antonio</li> <li>• Limay Quito, Luis Alexander</li> </ul>					
VARIABLES EMPLEADAS	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	VALIDEZ DEL JUICIO DE EXPERTOS				
				INGENIERO N°1	INGENIERO N°2	INGENIERO N°3		
Método Geofísico	Propiedades físicas de la roca	Porosidad	Ensayo de descripción macroscópica-inspección visual	0.77	0.82	0.78		
		Densidad	Memoria de cálculo	0.84	0.87	0.94		
	Condiciones geomecánicas	• Calidad de la roca • Velocidad de ondas de corte	Ensayo MASW	0.91	0.88	0.93		
	Proceso de calibración	Cantidad de sitios investigados	Ficha de recolección de datos	0.78	0.94	0.84		
Capacidad portante en roca	Comportamiento mecánico de la matriz rocosa	Resistencia a la comprensión simple	Ficha de observación	0.76	0.87	0.95		
		Porosidad	Ensayo de descripción macroscópica-inspección visual	0.96	0.92	0.88		
		Velocidad de propagación de ondas	Ensayo MASW	0.86	0.84	0.89		
	Clasificación de los macizos rocosos	Resistencia a la comprensión simple	Memoria de cálculo	0.93	0.78	0.83		
	Meteorización de la matriz rocosa	Grado de alteración en rocas	Ficha de observación	0.95	0.77	0.77		
<b>INTERPRETACIÓN DEL VALOR DE LA VALIDEZ (Según Oseda, 2012)</b>			Sumatoria	7.76	7.69	7.81		
<b>Valor de la validez obtenida</b>	<b>Interpretación</b>		Sumatoria / (n° de instrumentos)	0.86	0.85	0.87		
0.53 a menos	Validez nula							
0.54 a 0.59	Validez baja		Promedio de la validez obtenida	0.86				
0.60 a 0.65	Válida							
0.66 a 0.71	Muy válida							
0.72 a 0.99	Excelente validez							
1.00	Validez perfecta							
 JEFFRÉ S. AREVALO FLORES INGENIERO CIVIL CIP. N° 163914 INGENIERO N°1			 LUIS ANGRES BENÍTEZ BALBOA INGENIERO CIVIL CIP 164080 INGENIERO N°2			 CARLOS LORENZO FLORES ZAMORA Ingeniero Civil Reg CIP N° 129080 INGENIERO N°3		

Anexo 4: Planos

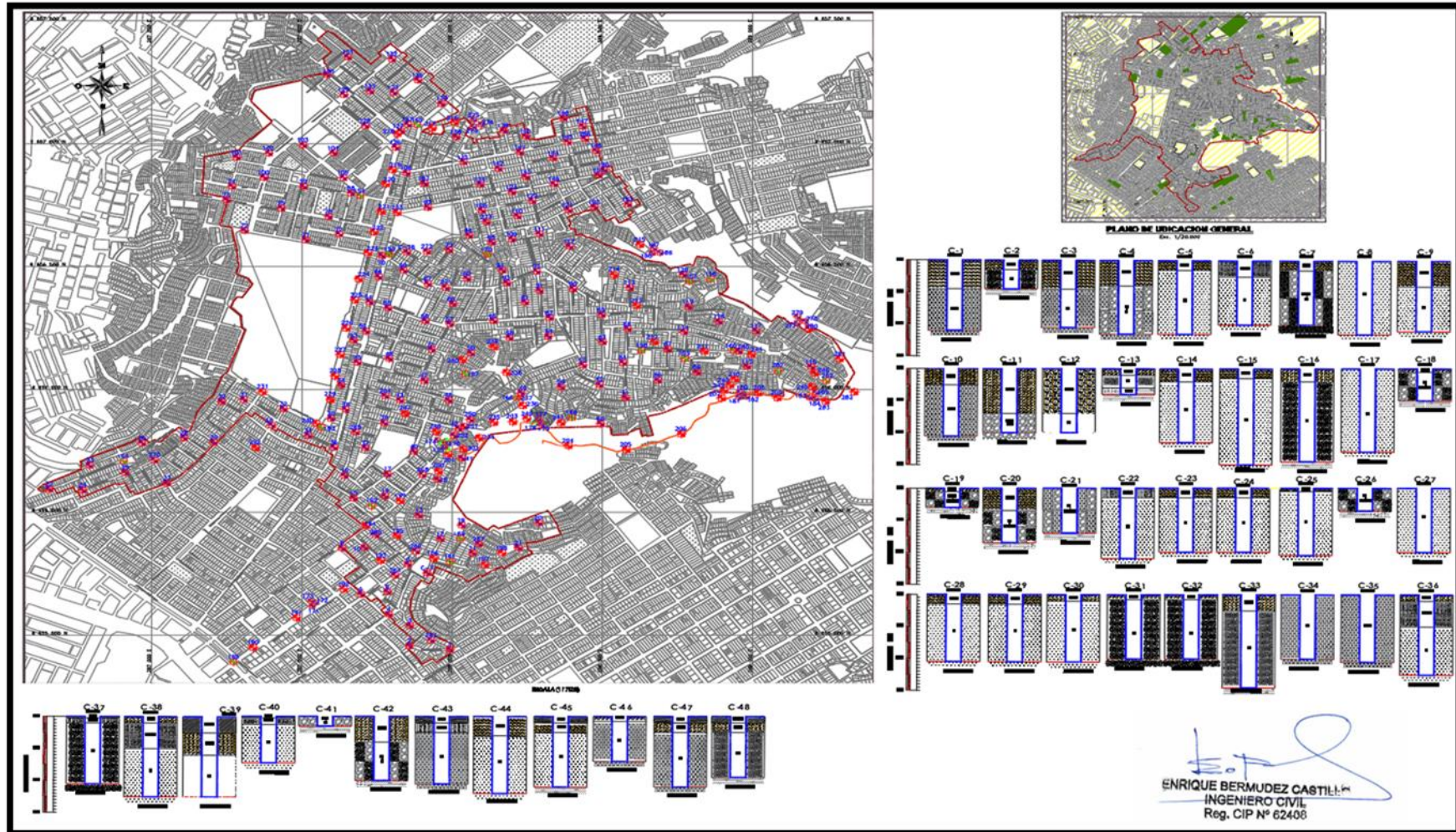




Figura 3: Plano de ubicación de calicatas y perfiles estratigráficos.

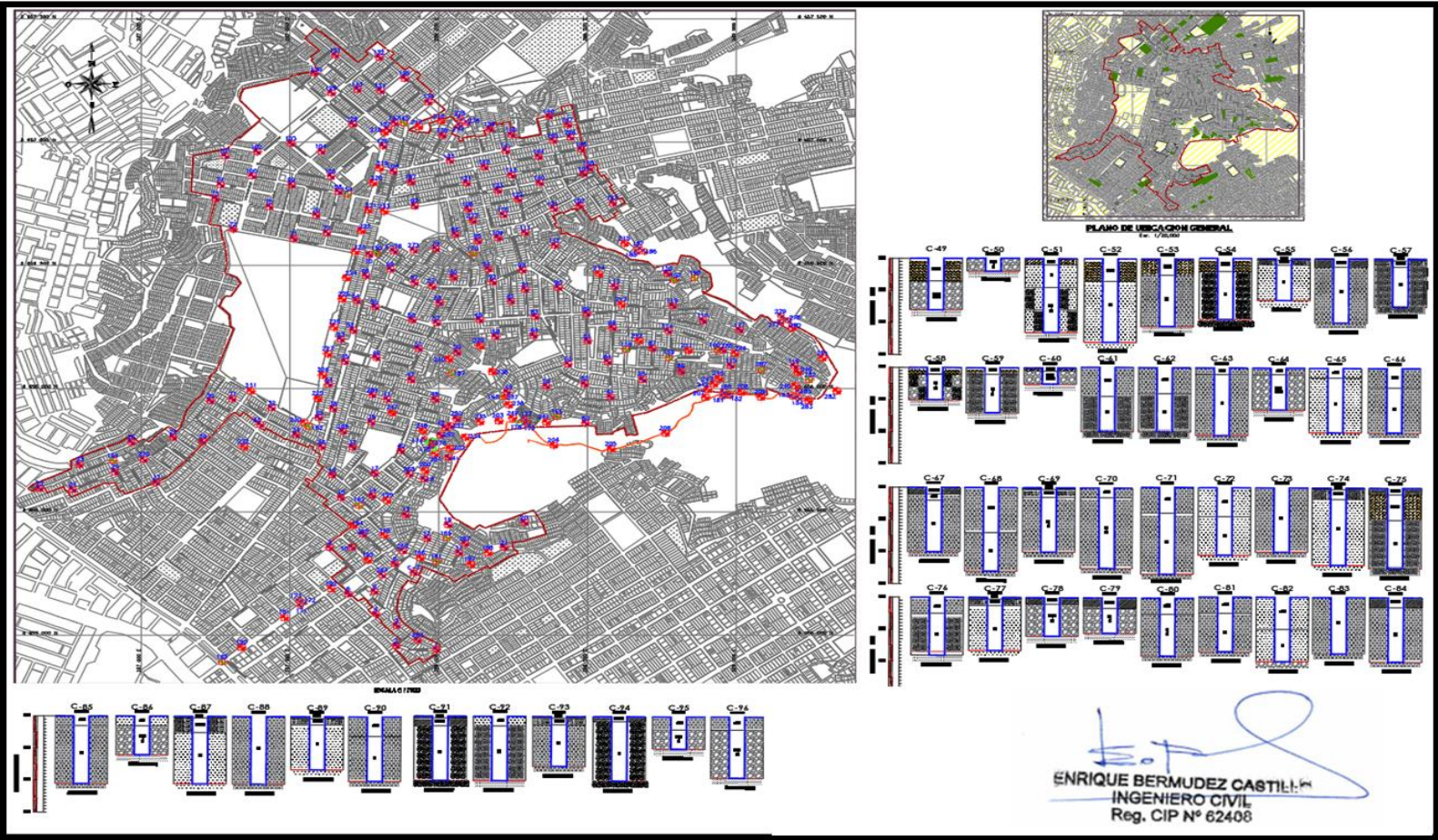




Figura 4: Plano de ubicación de calicatas y perfiles estratigráficos.

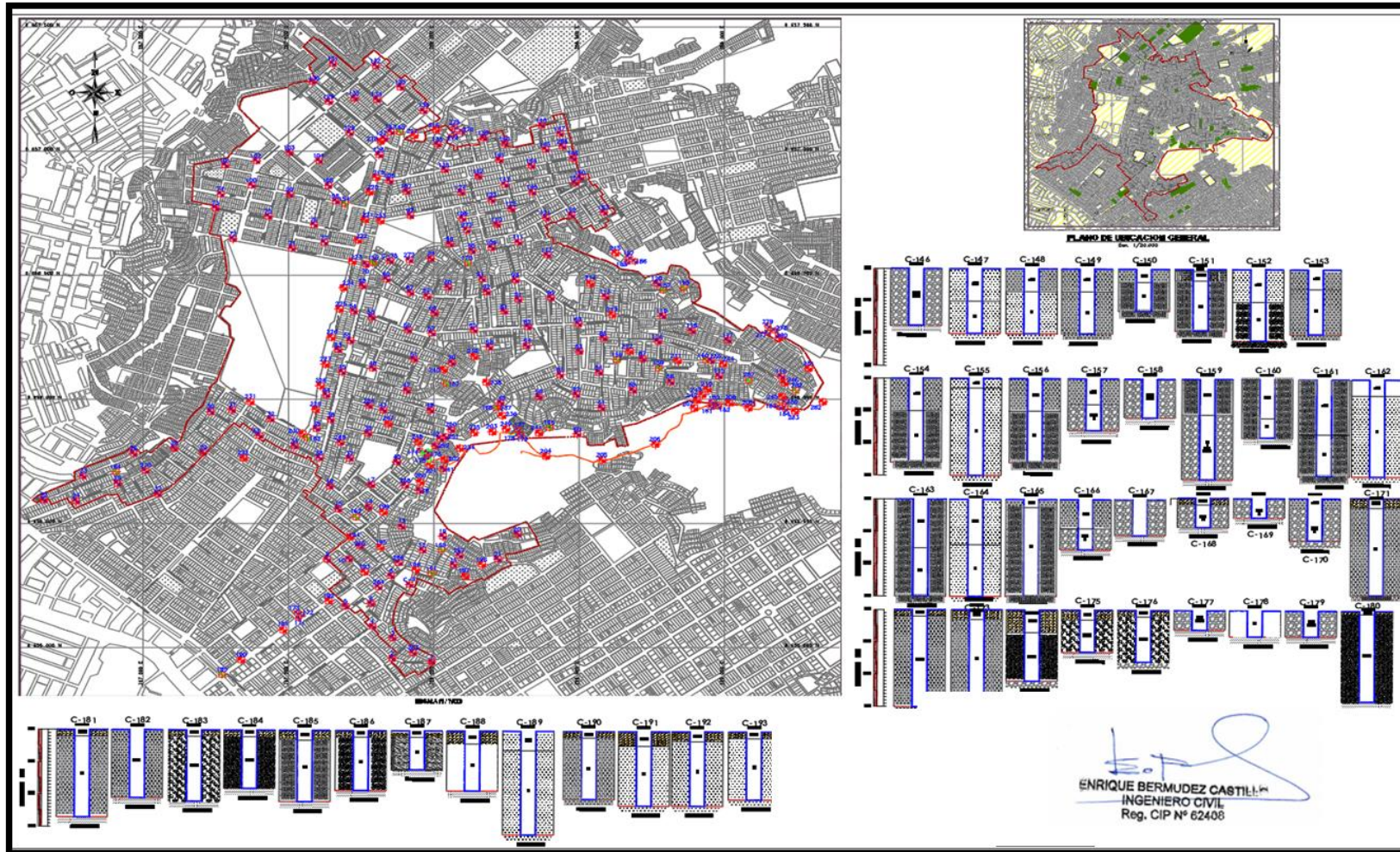




Figura 5: Plano de ubicación de calicatas y perfiles estratigráficos.

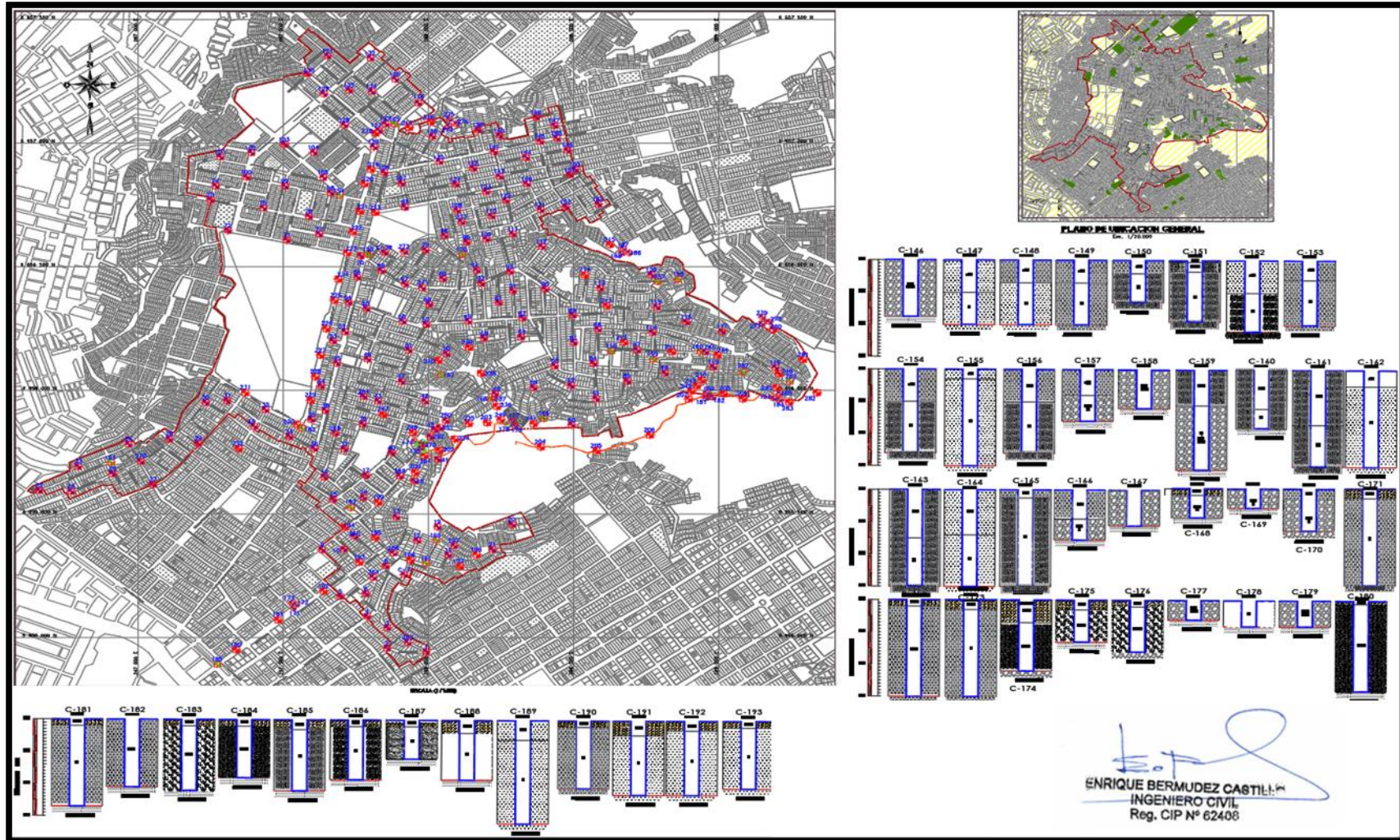




Figura 6: Plano de ubicación de calicatas y perfiles estratigráficos.

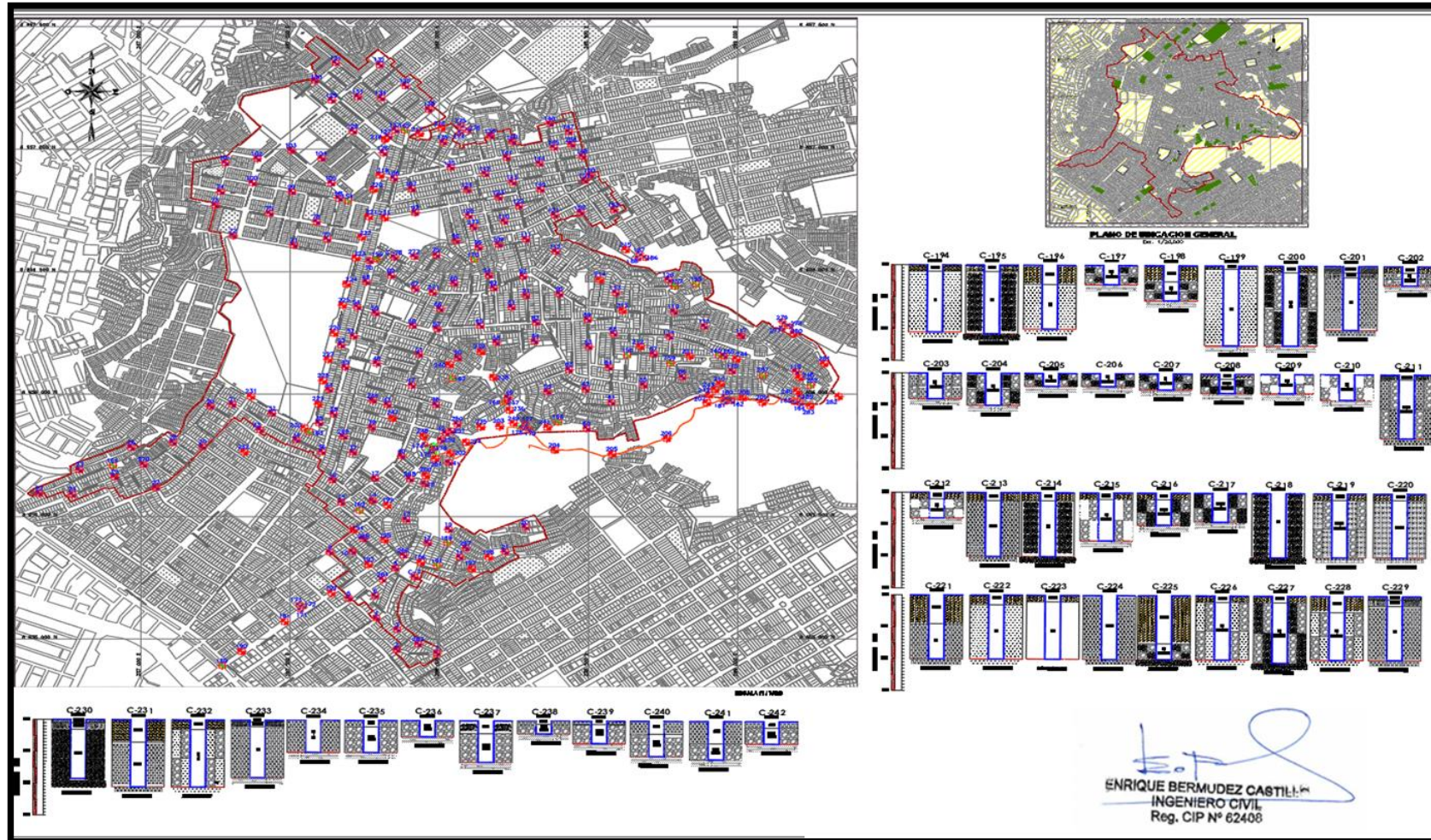
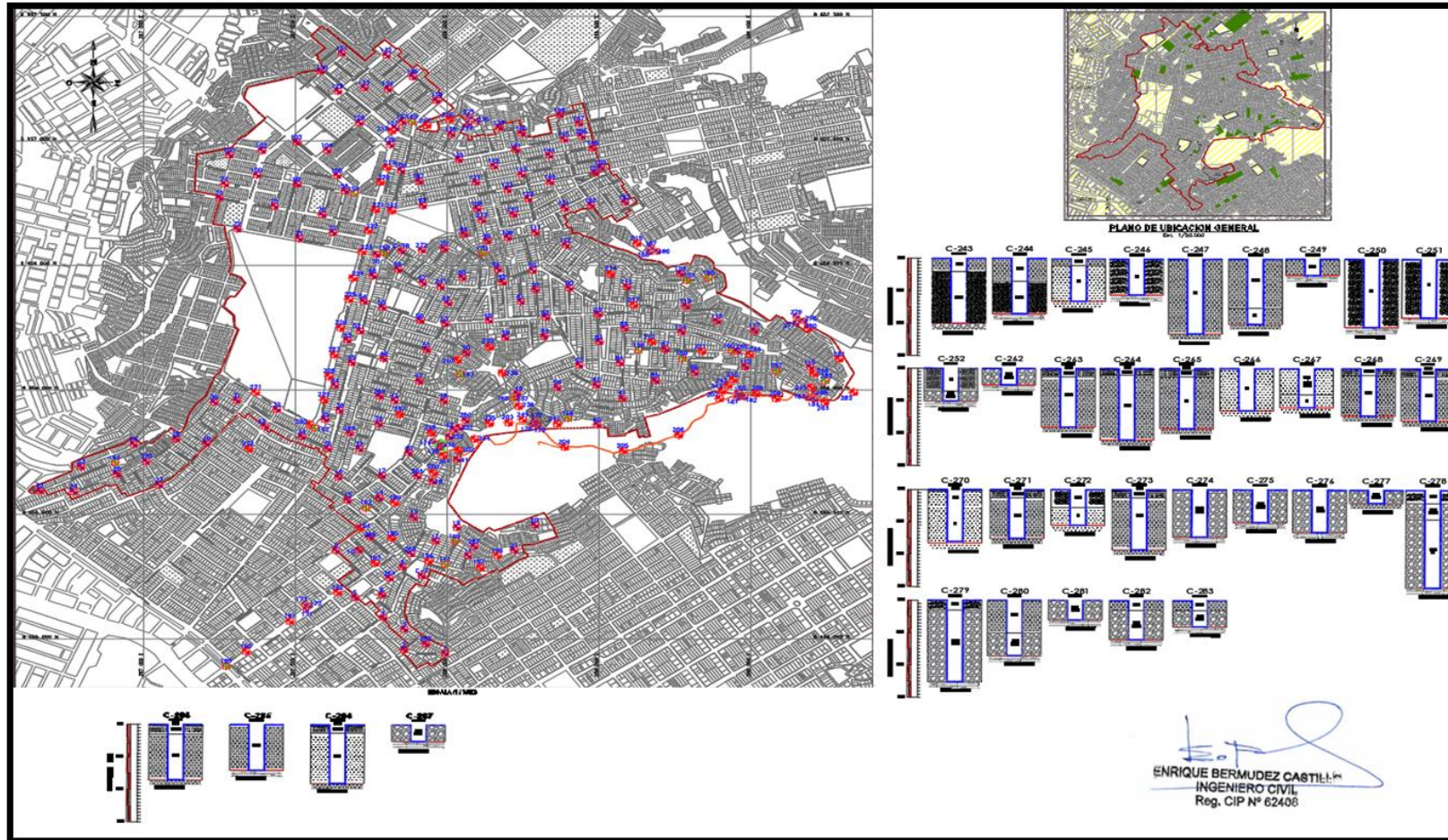




Figura 7: Plano de ubicación de calicatas y perfiles estratigráficos.



**Anexo 5: Panel fotográfico.**













## Anexo 6: Registro de campo de calicatas.

### Registro de campo C-174.

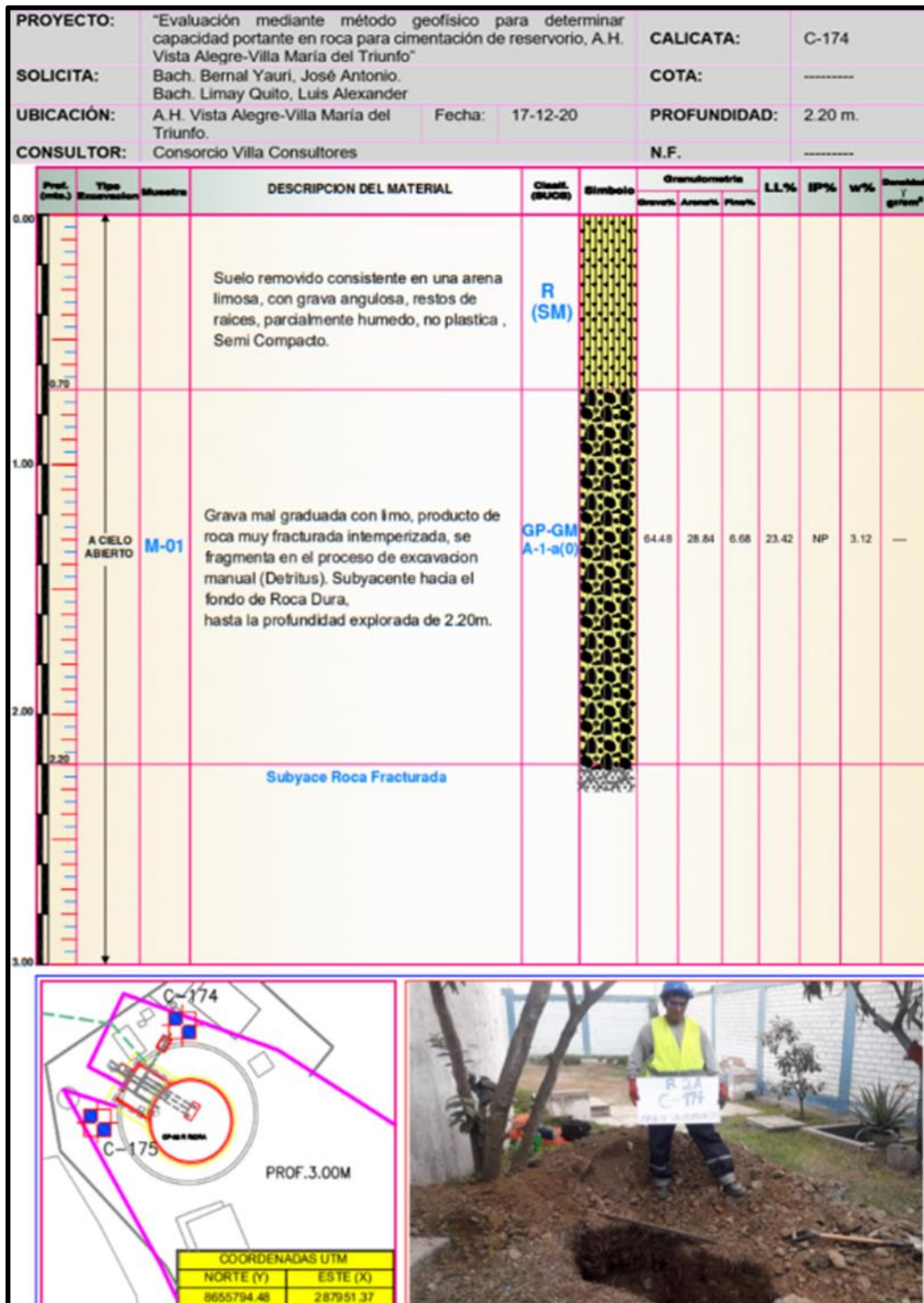


Figura 18: Registro de campo C-175.

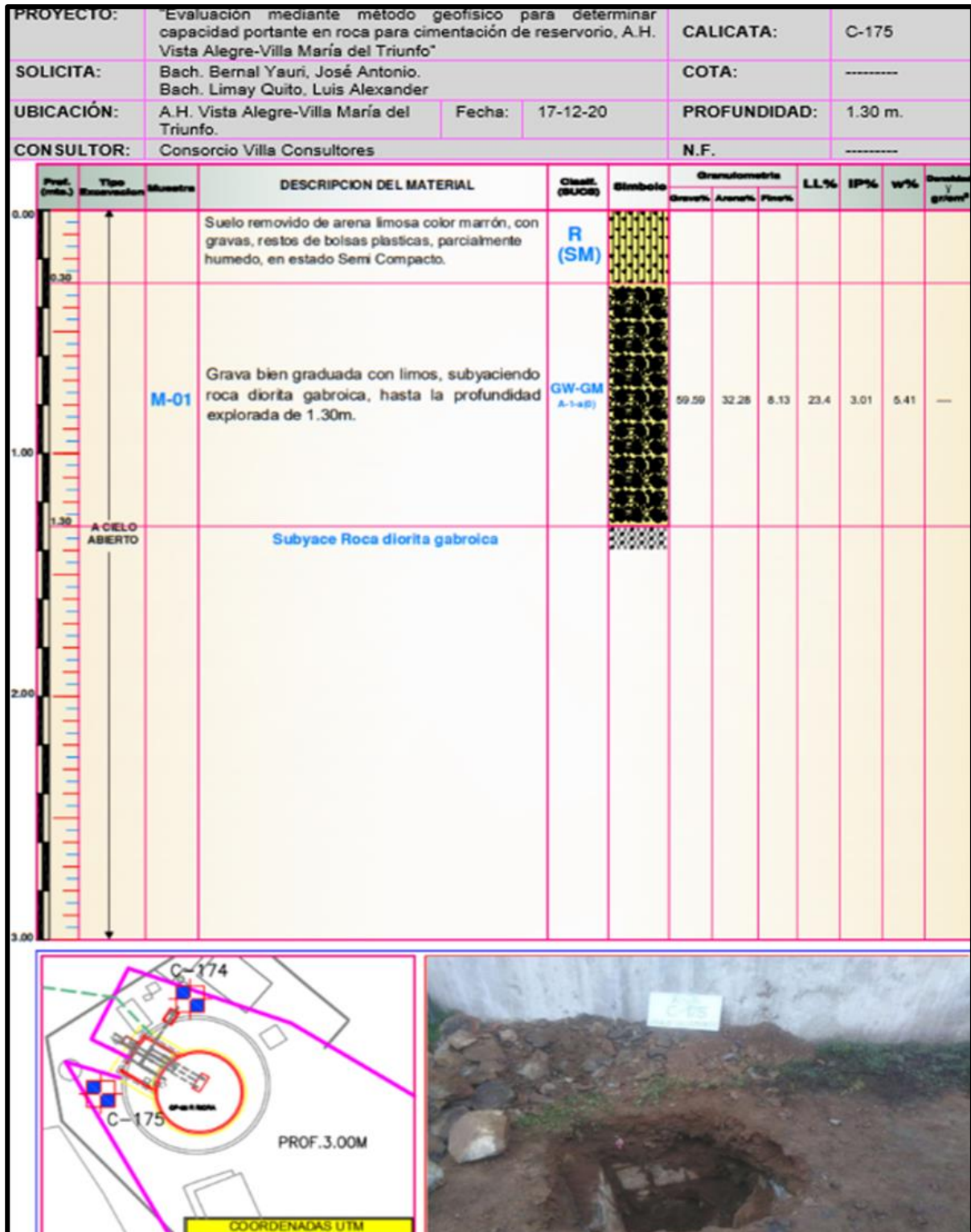
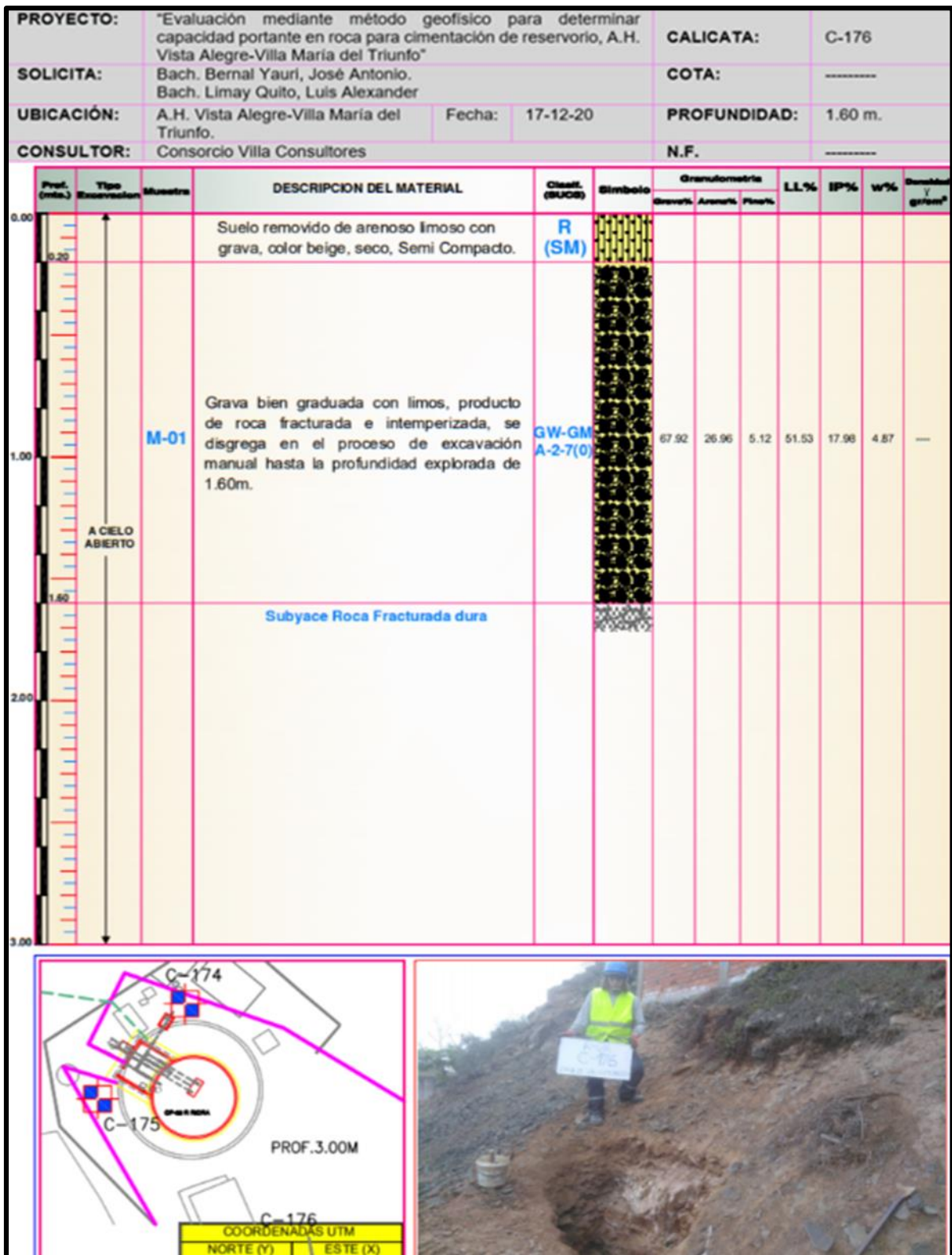





Figura 19: Registro de campo C-176.



## Anexo 7: Ficha de recolección de datos.

	TÍTULO: “Evaluación mediante método geofísico para determinar capacidad portante en roca para cimentación de reservorio, A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo” AUTORES: Bernal Yauri José Antonio, Limay Quito, Luis Alexander. FECHA: 18-11-20
---	--

MASW-01	Ubicación: RESERVORIO R-2A
---------	----------------------------

Velocidades de onda corte:

Profundidad (m)	Velocidad Vs (m/s)	Clasificación Sísmica de Suelos	
		IBC 2006	NTP E.030
0.00	571.34	C	S1
1.07	583.31		
2.31	582.86		
3.71	539.84		
5.27	497.09		
7.01	508.36		
8.90	615.8		
10.96	748.15	B	S1
13.19	839.08		
15.58	876.16		
18.13	877.72		
20.85	860.52		
23.74	835.29		
26.79	852.05		
30.00	877.72		
<b>Vs 30</b>	<b>730.17</b>	<b>C</b>	<b>S1</b>



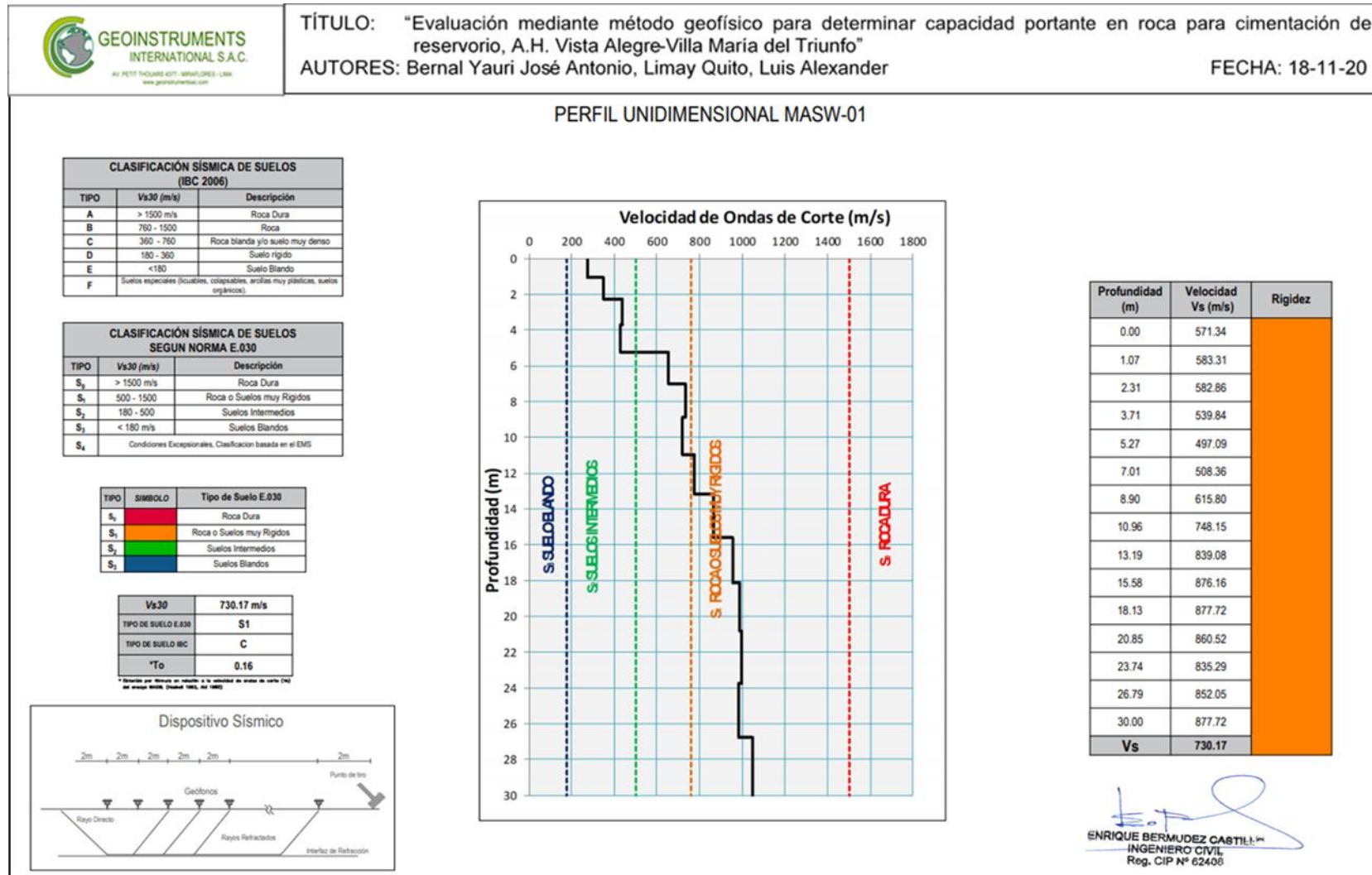
REFRACCION SISMICA LRS -01:

Capa	Potencia Aprox. (m)	Velocidad Vp (m/s)	Descripción
01	1.41 - 2.62	382 - 894	Material de relleno de baja densidad con probable presencia de roca muy alterada.
02	7.25 - 9.34	894 - 1662	Material de baja a mediana densidad, compuesto probablemente por roca fracturada.
03	> 8.00	> 1662	Material de mediana a alta densidad, compuesto probablemente por roca fracturada.

Resumen de parámetros geodinámicas:

De los perfiles MASW 1D realizados en el Reservorio R-2A (MASW-01) se obtuvo perfiles unidimensionales, en los cuales se identificó la variabilidad de velocidad en función de la Vs30 en donde se ha podido clasificar el tipo de suelos según la Norma IBC y Norma Peruana E-030, Logrando determinar tipos de suelo.

## Anexo 8: Resultado de ensayo MASW.





## Anexo 9: Resultado Ensayo de Descripción Macroscópica.

CORMAX
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & ASFALTO



**PROYECTO:** Tesis: "Evaluación mediante método geofísico para determinar capacidad portante en roca para cimentación de reservorio, A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo."

**SOLICITA:** Bach. Bernal Yauri, José Antonio/Bach. Limay Quito, Luis Alexander

**UBICACIÓN:** A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo

**FECHA:** 17/12/2020

ESTRUCTURAS (PLANARES/LINEARES)		ROCA MUESTRA
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS</b>		
CÓDIGO MUESTRA	01	
GRUPO GENÉTICO	Tectónico erosivo	
TEXTURA	Pelítica	
ESTRUCTURAS	Laminar	
GRADO DE CRISTALIDAD	Bajo	
FORMA DE CRISTALIDAD	Terroso	
TAMAÑO COMPONENTES/ FENOCRISTALES	Granos menores a 0.0002mm, compuesto por cristales menores de cuarzo y menor porcentaje de feldspatos.	
ESTADO DE ROCA	Medianamente fracturada y meteorizada	
POROSIDAD	Alta	
<b>COMPONENTES ROCA</b>		
MINERALES PRINCIPALES	Cuarzo y feldspatos.	
MINERALES SECUNDARIOS	Hematita, calcita.	
MINERALES AUXILIARES O ACCESORIOS	Illita	
MINERALES ALTERACIÓN		
NOMBRE ROCA	Gabroica	



Mza. Q' Lote. 14 Agrupación Pachacamac  
Sector 4 1era Etapa - Villa el Salvador
cormaxlaboratorio@gmail.com
981 845 842

## Anexo 10: Ensayo de compresión uniaxial.

# CORMAX

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & ASFALTO



**Proyecto:** TESIS: EVALUACIÓN MEDIANTE MÉTODO GEOFÍSICO PARA DETERMINAR CAPACIDAD PORTANTE EN ROCA PARA CIMENTACIÓN DE RESERVORIO, A.H. VISTA ALEGRE-VILLA MARÍA DEL TRIUNFO.  
**Solicitan:** BACH. BERNAL YAURI, JOSÉ ANTONIO/BACH. LIMAY QUITO, LUIS ALEXANDER  
**Ubicación:** A.H. Vista Alegre-Villa María del Triunfo.  
**Fecha:** 16-12-20

### COMPRESIÓN UNIAXIAL DE BLOQUE ROCA (ASTM D2938)

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	AREA PROMEDIO ESPÉCIMEN (cm <sup>2</sup> )	MAXIMA FUERZA COMPRESIÓN (kg)	ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> )
C-XX R2A N 86XXXXX E 28XXXX	M-2	1.00	19.17	10356.78	540.36

### PESO UNITARIO DE BLOQUE ROCA (Método de la Parafina)

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	PESO DE BLOQUE (g)	VOLUMEN DE BLOQUE (cm <sup>3</sup> )	PESO UNITARIO (Ton/m <sup>3</sup> )
C-XX R2A N 86XXXXX E 28XXXX	M-2	1.00	600.10	201.25	2.98



*José Bernal Yauri*  
 JOSÉ ANTONIO BERNAL YAURI  
 C. AMEZ SAPALLANAY  
 INGENIERO CIVIL  
 ESPECIALISTA EN SUELOS  
 RQ3 CP N° 137631

Mza. Q' Lote. 14 Agrupación Pachacamac  
 Sector 4 1era Etapa - Villa el Salvador

cormaxlaboratorio@gmail.com

981 845 842