



Documento de práctica profesional en Perforaciones, Laboratorio e Ingeniería S.A.S

Yancarlos Mata Zamora

10481612954

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

Bogotá D.C., Colombia

2021

Documento de práctica profesional en Perforaciones, Laboratorio e Ingeniería S.A.S

Yancarlos Mata Zamora

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director (a):

Ph.D., Edison Osorio

Línea de Investigación:

Estática y Dinámica de Suelos

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

Bogotá D.C., Colombia

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

**Documento de práctica profesional en
Perforaciones, Laboratorio e Ingeniería S.A.S.,**

Cumple con los requisitos para optar

Al título de **Ingeniero Civil.**

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Tabla de contenido

1	Resumen	7
2	Abstract	7
3	Introducción	7
4	Objetivos	9
4.1	Objetivo general	9
4.2	Objetivos específicos	9
5	Información general de Perforaciones, Laboratorio e Ingeniería SAS	10
5.1	Funciones.	10
6	Marco conceptual	10
6.1	Ensayos Índice y de clasificación	12
6.1.1	Ensayos de Humedad	12
6.1.2	Ensayo de Granulometría por tamizado	13
6.2	Ensayos de resistencia y esfuerzo, deformación.	15
1.	Ensayo Compresión inconfiada.	15
7	Estado del conocimiento	16
8	Factibilidad de implementación de equipo triaxial.	24
9	Conclusiones	35
10	Recomendaciones	36
11	Actividades	36
11.1	Actividades mes de agosto	36
11.2	Actividades mes de septiembre y octubre	41

12	Referencias Bibliográficas	47
----	----------------------------	----

Índice de tablas

Tabla 1	Variables de estudio y ensayos de laboratorio	12
Tabla 2	Toma de datos del tamizado y cálculo del peso retenido, porcentaje retenido, porcentaje que pasa	15
Tabla 3	Criterios de búsqueda.	18
Tabla 4	Resultados de búsqueda.	18
Tabla 5	Resultados de publicaciones relacionadas con la palabra de búsqueda Geotechnics en Scopus.	19
Tabla 6	Resultados de publicaciones relacionadas con las palabras de búsqueda geotechnical laboratories en Scopus.	20
Tabla 7	Resultados de publicaciones relacionadas con las palabras de búsqueda soil mechanics en Scopus.	22
Tabla 8	Resultados de publicaciones relacionadas con las palabras de búsqueda soil tests en Scopus.	23
Tabla 9	Equipo necesario en la ejecución de un ensayo triaxial.	25
Tabla 10	vida útil de los activos.	32
Tabla 11	Resultado de análisis de inversión para equipo triaxial.	35
Tabla 12	Condiciones para tomar la decisión de viabilidad del proyecto, la tasa de descuento 10%.	35
Tabla 13	Condiciones beneficio/ costo.	36
Tabla 14	Condiciones Valor Presente Neto.	36
Tabla 15	Sondeos de perforación	38
Tabla 16	Tipo de Perforación y el tipo de muestra que recupera.	40

Índice de figuras

Figura 1 Proceso de exploración geotécnica y ensayos de laboratorio.	13
Figura 2 Torre de tamices.	15
Figura 4 Grafica realizada a partir de los datos obtenidos mostrados en la figura.	16
Figura 5 Muestra fallada por el método de compresión inconfiada.	17
Figura 6 Grafica de esfuerzo vs Deformación.	17
Figura 7 Grafica de documentos encontrados por año.	19
Figura 8 Tipo de documentos encontrados relacionados con la palabra Geotechnics.	20
Figura 9 Grafica de documentos encontrados por año.	21
Figura 10 Tipo de documentos encontrados relacionados con las palabras geotechnical laboratories.	21
Figura 11 Grafica de documentos encontrados por año.	22
Figura 12 Tipo de documentos encontrados relacionados con las palabras soil mechanics	23
Figura 13 Grafica de documentos encontrados por año.	24
Figura 14 Tipo de documentos encontrados relacionados con las palabras soil tests.	24
Figura 15 Costos de ensayo triaxial según cotizaciones realizadas a PINZUAR.	26
Figura 16 Costo en las diferentes instituciones de los ensayos triaxiales.	26
Figura 17 Datos económicos y macroeconómicos.	27
Figura 18 Precio de los productos por unidad del año 1 al año 5.	28
Figura 19 Precio de los productos por unidad del año 6 al año 10.	28
Figura 20 Cantidad de ensayos realizados para cada año del año 1 al año 5.	29
Figura 21 Cantidad de ensayos realizados para cada año del año 6 al año 10.	29
Figura 22 Costos variables y Costos fijos del año 1 al año 5.	30
Figura 23 Costos variables y Costos fijos del año 6 al año 10.	31
Figura 24 Inversiones iniciales.	32

Figura 25 Flujos de Caja del año 0 al año 5.	33
Figura 26 Flujos de Caja del año 6 al año 10.	34
Figura 27 Localización del proyecto-Campo Rubiales-Meta.	38
Figura 28 Maquinaria instalada en la ubicación sondeo PQ-3 S-1	39
Figura 29 Maquinaria instalada en la ubicación sondeo PQ-3 S-10.	40
Figura 30 Registro de descripción estratigráfica.	41
Figura 31 Relación de Onda de compresión VP con SPT.	41
Figura 32 Resultado laboratorio de límites de Atterberg, humedad y granulometría.	43
Figura 33 Resultados ensayo de Compresión inconfiada.	44
Figura 34 Resultado de ensayo para la determinación del peso unitario parafinado.	45
Figura 35 Cotización Pinzuar Pag 1.	46
Figura 36 Cotización Pinzuar Pag 2.	47

1 Resumen

Perforaciones, Laboratorio e Ingeniería SAS es una empresa de estudios relacionados con el área de la ingeniería civil teniendo como fuerte el área de geotecnia; en el laboratorio de Perfolabing SAS, se realizan diferentes ensayos concretamente de clasificación, resistencia y deformación, además de pruebas in situ, que cumplen las normas INVIAS 122,123,125,126,128,148,151 y 173 NTC 5403,1495,1527,1917,1967; a las actividades realizadas por Perfolabing SAS, se prestaron actividades de apoyo en la elaboración de informes geotécnicos e informes de campo, se realiza una revisión y análisis de resultados que posteriormente son examinadas y avaladas por el jefe inmediato Jhon Vargas Quintero especialista en geotecnia vial y pavimentos, magíster en ingeniería civil.

Adicionalmente, se ejecuta un estudio de viabilidad de compra de un equipo para ensayos triaxiales, usando matemáticas financieras, obteniendo como resultados VPN, TIR y su relación Beneficio Costo.

2 Abstract

By means of the agreement signed by Perfolabing S.A.S. and the Universidad Antonio Nariño during the second semester of 2021, for the realization of professional practices, in which the payment to the administrator of labor risks ARL is agreed, this agreement seeks to strengthen the skills of the intern of the faculty of civil engineering applying the previous knowledge obtained in the educational institution UAN, developing activities related to the control, monitoring and support of geotechnical laboratories and subsoil exploration, in this way to achieve the objectives proposed by the Universidad Antonio Nariño, the company Perfolabing S.A.S. and the intern.

3 Introducción

La empresa Perforaciones, laboratorios e ingeniería SAS expresa dentro de su misión ser una empresa comprometida al desarrollo del país manejando siempre estándares de calidad, en el sector de la ingeniería civil, en áreas tales como la ingeniería geotécnica, consultoría, interventoría y ensayos de laboratorio; dentro de los servicios que ofrece están “Estudios De Suelos Estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por procesos de remoción en masa Diseños para obras de estabilización de taludes Diseño de Pavimentos Instrumentación geotécnica Exploración directa del subsuelo Ensayos de laboratorio Exploración Geofísica Levantamiento Topográfico”(perfolabing | Nosotros, 2021), Perforaciones, laboratorios e ingeniería SAS siempre está buscando nuevas alternativas de mejora para que la prestación de sus servicios sean de la mejor calidad.

Las actividades realizadas por Perforaciones, laboratorios e ingeniería SAS, son de gran importancia en la ejecución de obras civiles, ya que permiten el desarrollo en los proyectos que tienen los clientes de Perforaciones, laboratorios e ingeniería SAS y así mismo genera un impacto en el progreso del país, manteniendo siempre un sentido de responsabilidad social y ambiental; lo que permite al pasante alcanzar nuevas habilidades y adquirir nuevos conocimientos.

El desarrollo de las prácticas profesionales permiten mensurar las capacidades al momento de actuar frente a problemas, las habilidades de comunicación, el tener un pensamiento crítico, el ser responsable y asumir sus tareas, actuando siempre de manera correcta, lo que permiten al pasante experimentar de manera real los conocimientos adquiridos desde la institución académica y poniéndolas al servicio de Perforaciones, laboratorios e ingeniería SAS, y de esta manera lograr los objetivos y metas propuestas por la misma.

Durante las prácticas profesionales el pasante que cuenta con conocimientos previos sobre las actividades que se desarrollan en el área de geotecnia tales como ensayos de clasificación, resistencia y deformación debe realiza el análisis y revisión de resultados

obtenidos en laboratorio igualmente realizar un registro fotográfico y estratigráfico de aquello realizado en campo, todo esto con el fin de apoyar la realización de informes.

4 Objetivos

4.1 Objetivo general

Realizar las prácticas profesionales en la empresa Perforaciones, Laboratorio e Ingeniería SAS, ejerciendo labores propias del profesional, que a su vez permitan adquirir experiencia y potencializar el conocimiento adquirido en la institución.

4.2 Objetivos específicos

- Obtener conocimientos prácticos dentro del área de ingeniería, desarrollando diferentes actividades relacionadas con la ejecución de proyectos.
- Desarrollar de manera adecuada las actividades y responsabilidades dadas por la empresa al pasante, y de esta manera lograr los objetivos de los mismos.
- Reconocer de manera directa las responsabilidades y el impacto que tiene el profesional en la sociedad.
- Apoyar en la realización de informes de las actividades de perforación y obtención de muestras de suelo realizadas en campo.
- Aportar un estudio económico para determinar la viabilidad de un equipo para ensayos Triaxiales.
- Analizar los resultados para efectuar la entrega de los informes de estudio.

5 Información general de Perforaciones, Laboratorio e Ingeniería SAS

Perforaciones, Laboratorio e Ingeniería SAS o Perfolabing SAS es una empresa ubicada en la ciudad de Bogotá, que tiene clientes y ejecuta proyectos a lo largo y ancho del país siendo uno de sus fuertes el sector de hidrocarburos, la empresa de ingeniería ofrece diferentes servicios técnicos y profesionales en las áreas de Estudio de suelos; Estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por remoción en masa; Diseños para obras de estabilización de taludes; Diseño de pavimentos; Instrumentación geotécnica; Exploración directa del subsuelo, Ensayos de laboratorio, Exploración geofísica y Levantamiento topográfico. (*perfolabing | Nosotros*, 2021)

5.1 Funciones.

El pasante realizará actividades enfocadas a conocimientos adquiridos previamente, en su etapa como estudiante, en la empresa Perfolabing SAS se encontrará bajo la supervisión del ingeniero JHON VARGAS QUINTERO Especialista en geotecnia vial y pavimentos, magíster en ingeniería civil, desarrollando las actividades mencionadas en el plan de trabajo, estas actividades corresponden a:

- elaboración de ensayos de laboratorio del área geotécnica tales como: ensayos de clasificación de índice y clasificación del suelo, ensayos de deformabilidad, ensayos de resistencia y esfuerzo deformación.
- Elaboración de perfiles estratigráficos los cuales son ejecutados en campo.
- Elaboración revisión y análisis de resultados de campo.

6 Marco conceptual

Al comprender la metodología con la cual se ejecutan las actividades realizadas en

Perforaciones, Laboratorio e Ingeniería S.A.S, para cumplir con las tareas de apoyo como pasante, y aportando un seguimiento y control a las pruebas de laboratorio realizadas en la entidad.

Durante la pasantía se deberán tener conocimientos previos adquiridos sobre los ensayos que se realizan en la empresa, y que se identifican en la Tabla 1

Tabla 1 Variables de estudio y ensayos de laboratorio

Área	Geotecnia
Tema	1. Granulometría por tamizado
	2. Ensayo Límite líquido y límite plástico
	3. Ensayo Contenido de humedad
	4. Ensayo Compresión inconfiada
Variables	a. diagnóstico a metodología.
	b. Seguimiento
	c. Control
	d. Elaboración de informes

Nota. Elaboración propia.

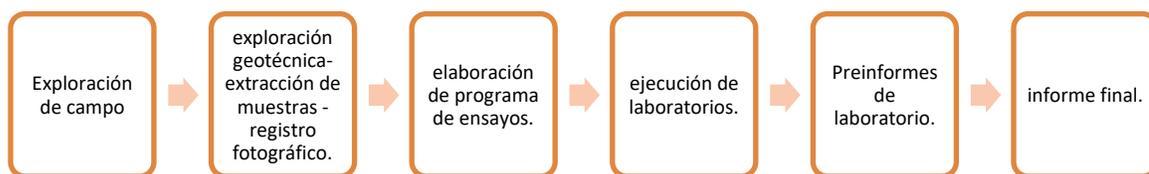
El diagnóstico nos permite determinar si el tipo de ensayo a realizar es el adecuado si la cantidad de muestra es la suficiente para proceder a realizar el ensayo y cumple con las especificaciones y parámetros dados por las normas INV-E (INVIAS, 2013) y Norma Técnica Colombiana (Inicio - Icontec, 2021) en las cuales se basa la empresa para realizar los ensayos, se le realiza a la muestra un seguimiento y control desde su extracción en campo hasta que se le realizan los respectivos ensayos solicitados y acordados con el cliente, durante este proceso se realizan informes donde se evidencian la cantidad de ensayos que se han realizado la cantidad de ensayos que faltan o si existen observaciones.

Mediante una exploración del suelo que consisten en ejecutar varias perforaciones o sondeos, la cantidad de perforaciones está determinada por la ubicación, las condiciones naturales y la experiencia (Alexander Newman F.ASCE, 2015). Llevando un control de la profundidad y que tipo de suelo se va perforando esto es necesario, ya que el suelo cambia por la meteorización y reubicación de sus partículas (Handy, 2007).

Al realizar la exploración se realiza un manejo a las muestras extraídas donde se logra conservar sus condiciones naturales tales como su humedad y consistencia, y de esta manera poder realizar las pruebas de humedad, límites, granulometría y compresión inconfiada, en laboratorio, generalmente se realiza este proceso finalizada la exploración del subsuelo, posteriormente se realiza por parte del ingeniero un programa de ensayos específicos para las muestras del suelo (Day, 2012). Posteriormente, se realizan y se ejecutan los ensayos programados, con preinformes que se durante este proceso que completaran un informe final.

En la Figura 1 se muestra el proceso realizado desde la exploración de campo hasta los informes finales, actividades en las que el pasante prestara su apoyo.

Figura 1 Proceso de exploración geotécnica y ensayos de laboratorio.



Nota. Elaboración propia.

6.1 Ensayos Índice y de clasificación

6.1.1 Ensayos de Humedad

El contenido de agua también conocido como contenido de humedad, es una prueba y

quizás de las más comunes y fáciles de realizar, pero de gran importancia, ya que permite conocer su comportamiento, ya sea su estructura o mecánica, este ensayo se puede realizar en muestras alteradas o inalteradas, esta prueba consiste en determinar la masa de la muestra en un estado húmedo que se pone a secar en un horno, posteriormente se seca y pesa, generalmente se expresa en porcentaje. (Day, 2012).

6.1.2 Ensayo de Granulometría por tamizado

Las porciones del suelo se dividen en diferentes tamaños de grano, sea arena, limo, arcilla o grava, por tal motivo su análisis se realiza mediante un tamizado, el tamiz es una bandeja con malla de aberturas cuadradas que van desde 75 mm hasta 0.038 mm (*Laboratory Testing of Soils, Rocks, and Aggregates - Nagarathnam Sivakugan, A. Arulrajah, Myint Win Bo - Google Books, 2020.*), que se encajan de manera que la bandeja con la malla de mayor apertura quede en la parte superior, luego se coloca la muestra en la parte superior, se cierra y se agita, ya sea manualmente o con un agitador, este movimiento permite que por gravedad caigan los granos y queden retenidos en los tamices en los que la apertura de su malla es inferior al tamaño del grano, posteriormente se vacía la masa de suelo retenida en un recipiente del cual conocemos su peso, se recomienda usar un cepillo que permita desatascar los granos y se procede a realizar el análisis tabulando y registrando los datos obtenidos en este procedimiento. (*Laboratory Testing of Soils, Rocks, and Aggregates - Nagarathnam Sivakugan, A. Arulrajah, Myint Win Bo - Google Books, 2021.*). estos datos se grafican en un eje x que corresponden a la apertura de la malla y en el eje y el porcentaje de material que pasa.

En la Figura 2 se muestran los tamices encajados, para realizar el ensayo de tamizado.

Figura 2 Torre de tamices.



Nota. Elaboración propia.

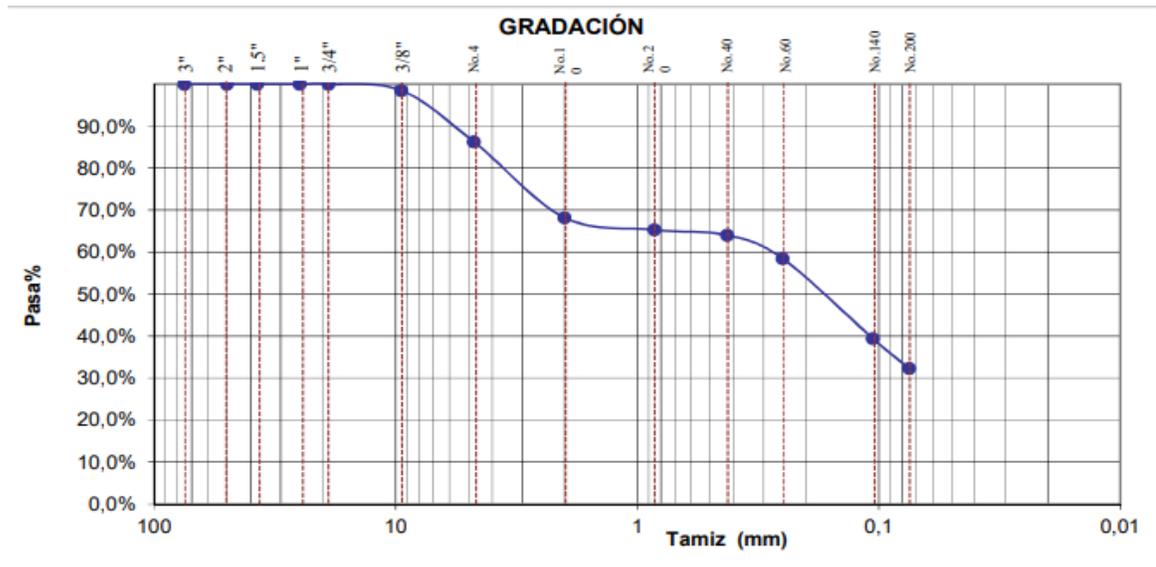
En la Tabla 2 y en la Figura 4 se muestra la manera en la que se realiza la toma y cálculo de los datos, y se obtiene una gráfica de gradación

Tabla 2 Toma de datos del tamizado y cálculo del peso retenido, porcentaje retenido, porcentaje que pasa

Peso de la Muestra,(g):	232,63	P2, g:	157,42
Tamiz	Peso retenido (g)	% Retenido	% Pasa
3"	0	0,0%	100,0%
2"	0	0,0%	100,0%
1.5"	0	0,0%	100,0%
1"	0,00	0,0%	100,0%
3/4"	0,00	0,0%	100,0%
3/8"	3,50	1,5%	98,5%
No.4	28,48	12,2%	86,3%
No.10	42,05	18,1%	68,2%
No.20	6,65	2,9%	65,3%
No.40	3,01	1,3%	64,0%
No.60	13,04	5,6%	58,4%
No.140	44,16	19,0%	39,4%
No.200	16,53	7,1%	32,3%
FONDO	75,2	32,3%	0,0%

Nota. Fuente de datos Perfolabing SAS (2021).(perfolabing | Nosotros, 2021)

Figura 4 Gráfica realizada a partir de los datos obtenidos mostrados en la figura.



Nota. Fuente de datos Perfolabing SAS (2021). (perfolabing | Nosotros, 2021)

6.2 Ensayos de resistencia y esfuerzo, deformación.

1. Ensayo Compresión inconfiada.

En este ensayo de compresión inconfiada o no confinada, se carga una muestra de dimensiones tales que su altura sea aproximadamente el doble del diámetro o el triple de su diámetro, que se carga en compresión axial, hasta que ocurra la falla de la muestra, generalmente esta falla ocurre en planos diagonales, aunque en muestras muy blandas esto no ocurre, entonces se considera que la falla ha ocurrido cuando la deformación axial ha alcanzado un valor del 20%. (Goswami, 2012).

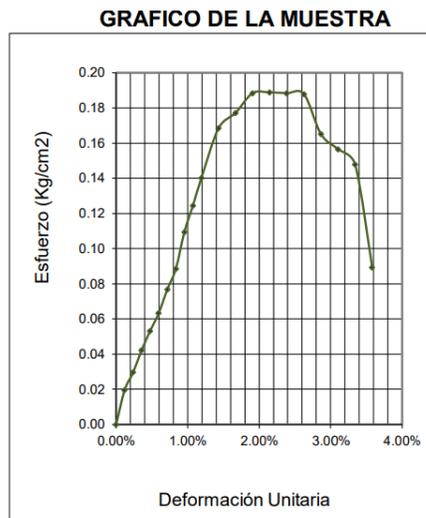
En la Figura 5 se evidencia la falla en una muestra de suelo, en la figura 6 se muestra la gráfica de Esfuerzo vs deformación obtenida del ensayo.

Figura 5 Muestra fallada por el método de compresión inconfiada.



Nota. Fuente de datos Perfolabing SAS (2021).(*perfolabing | Nosotros, 2021*)

Figura 6 Gráfica de esfuerzo vs Deformación.



Nota. Fuente de datos Perfolabing SAS (2021).(*perfolabing | Nosotros, 2021*)

7 Estado del conocimiento

Se realiza la consulta en la base de datos de la Universidad Antonio Nariño por medio de Scopus.

Los criterios y palabras de búsqueda que se implementaron se muestran en la tabla 2, y se fijó un rango para la búsqueda entre 2017 y el 2021, lo cual permitió tener

acceso a (5,126) artículos científicos relacionados con el tema, y de los cuales se citaron algunos en el presente documento, la Tabla 2 muestra los resultados de la búsqueda realizada en Scopus.

Tabla 3 Criterios de búsqueda.

Características de búsqueda	
Palabras y frases consideradas en la búsqueda	1. Geotechnics.
	2. geotechnical laboratories.
	3. soil mechanics
	4. soil tests
Intervalo de tiempo aplicado a la búsqueda	● 2017-2021
Otras Limitaciones de búsqueda	<ul style="list-style-type: none"> ● Idioma (inglés, español) ● Artículos ● Revistas ● Ingeniería civil ● Acceso abierto

Nota. Elaboración propia.

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en la búsqueda, según los criterios establecidos.

Tabla 4 Resultados de búsqueda.

Palabras y frases consideradas en la búsqueda	Resultados
	Scopus
1. Geotechnics.	85
2. geotechnical	332

laboratories.	
3. soil mechanics	799
4. soil tests	3910

Nota. Elaboración propia.

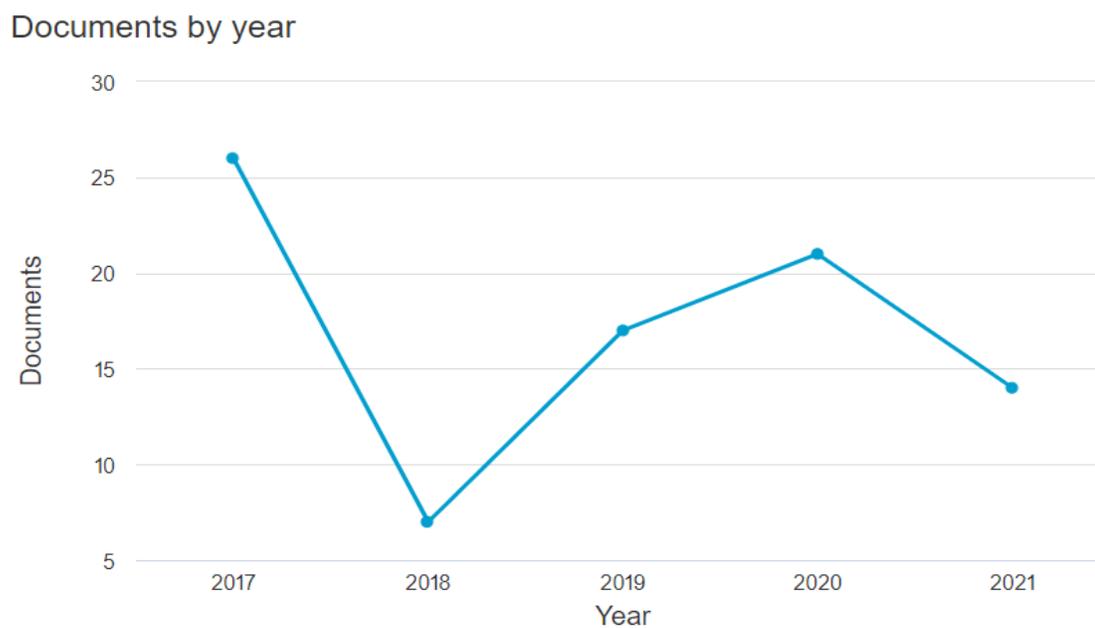
Las estadísticas de la búsqueda 1. Geotechnics, se evidencia en la Figura 7 la cantidad de documentos encontrados desde el año 2017 al año 2021, en la Tabla 4 se evidencian la cantidad de artículos por año.

Tabla 5 Resultados de publicaciones relacionadas con la palabra de búsqueda Geotechnics en Scopus.

Año	Documentos
2021	14
2020	21
2019	17
2018	7
2017	26

Nota. Datos de búsqueda elaboración propia.

Figura 7 Gráfica de documentos encontrados por año.

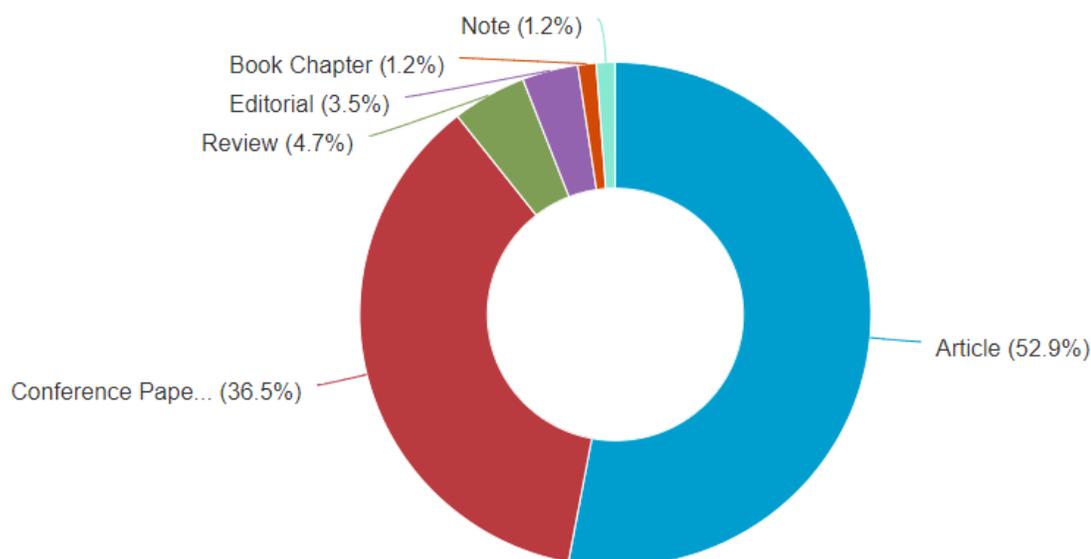


Nota. Estadística de búsqueda (Scopus - Document search, 2021)

De los cuales se dividen según su tipo como se muestra en la Figura 8

Figura 8 Tipo de documentos encontrados relacionados con la palabra Geotechnics.

Documents by type



Nota. Estadística de búsqueda Scopus (2021) (*Scopus - Document search, 2021*)

Las estadísticas de la búsqueda 2. geotechnical laboratories, se evidencia en la Figura 9 la cantidad de documentos encontrados desde el año 2017 al año 2021 se pueden observar en la Tabla 5.

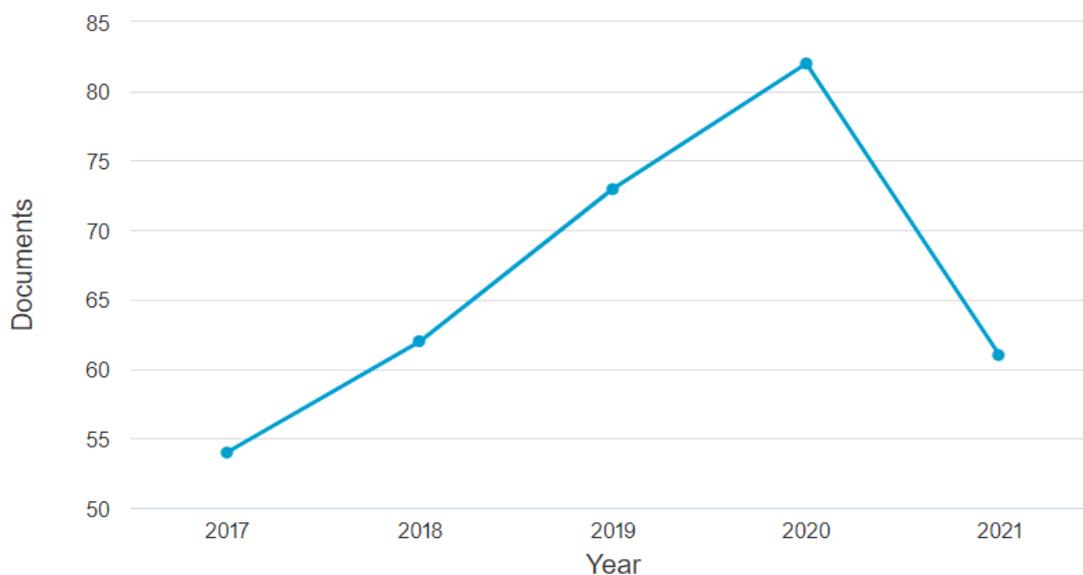
Tabla 6 Resultados de publicaciones relacionadas con las palabras de búsqueda geotechnical laboratories en Scopus.

Año	Documentos
2021	61
2020	82
2019	73
2018	62
2017	54

Nota. Datos de búsqueda elaboración propia.

Figura 9 Gráfica de documentos encontrados por año.

Documents by year

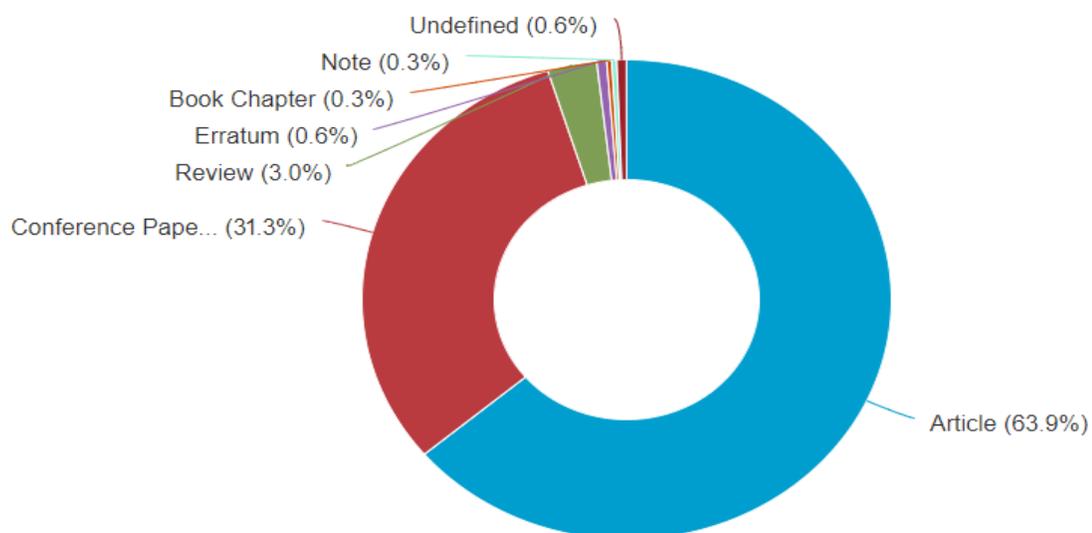


Nota. Estadística de búsqueda Scopus (2021) (*Scopus - Document search, 2021*)

De los cuales se dividen según su tipo como se muestra en la Figura 10.

Figura 10 Tipo de documentos encontrados relacionados con las palabras *geotechnical laboratories*.

Documents by type



Nota. Estadística de búsqueda Scopus (2021) (*Scopus - Document search, 2021*)

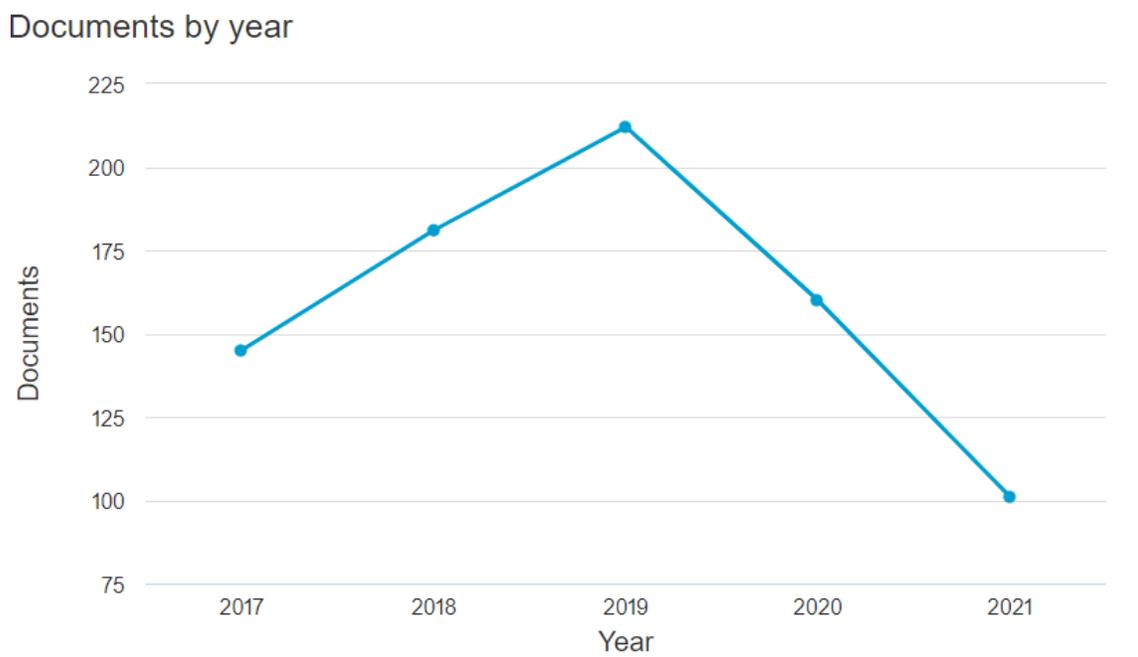
Las estadísticas de la búsqueda 3. soil mechanics, se evidencia en la Figura 11 la cantidad de documentos encontrados desde el año 2017 al año 2021, estos resultados se pueden observar en la Tabla 6.

Tabla 7 Resultados de publicaciones relacionadas con las palabras de búsqueda soil mechanics en Scopus.

Año	Documentos
2021	101
2020	160
2019	212
2018	181
2017	145

Nota. Datos de búsqueda elaboración propia.

Figura 11 Gráfica de documentos encontrados por año.

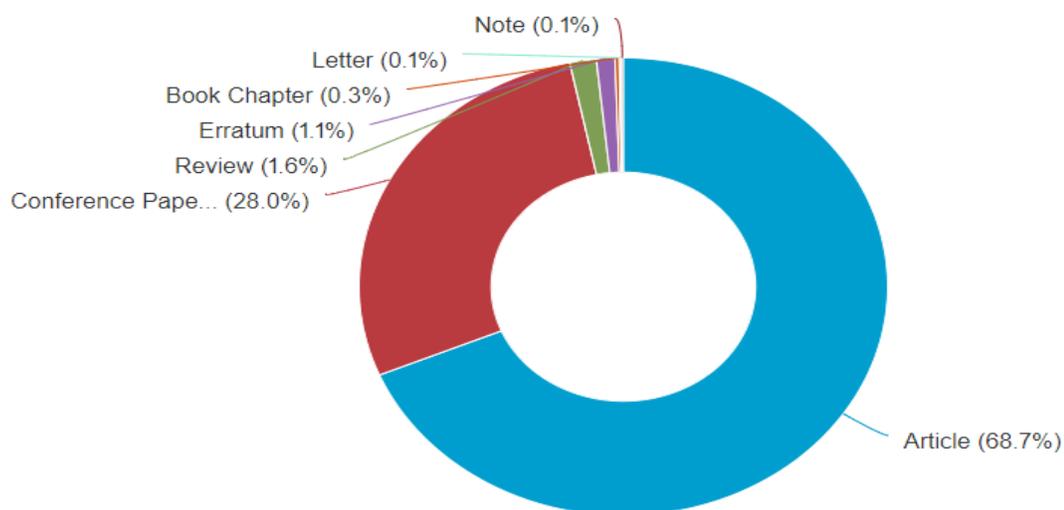


Nota. Estadística de búsqueda Scopus (2021) (*Scopus - Document search, 2021*)

De los cuales se dividen según su tipo como se muestra en la Figura 12.

Figura 12 Tipo de documentos encontrados relacionados con las palabras soil mechanics

Documents by type



Nota. Estadística de búsqueda Scopus (2021) (*Scopus - Document search, 2021*)

Las estadísticas de la búsqueda 4. soil tests, se evidencia en la Figura 13 la cantidad de documentos encontrados desde el año 2017 al año 2021, también se pueden observar los resultados en la Tabla 7.

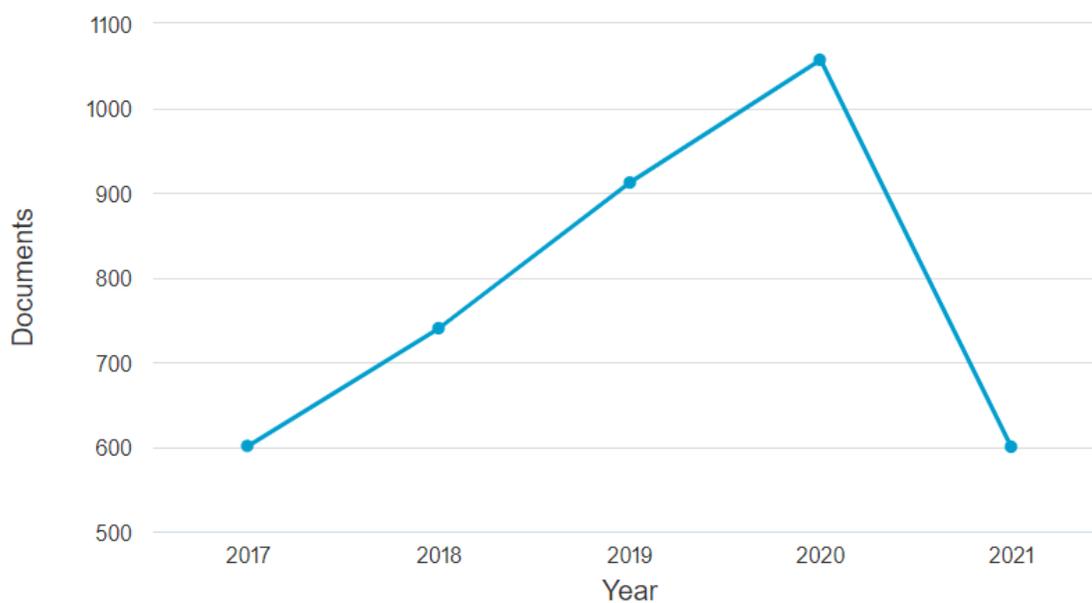
Tabla 8 Resultados de publicaciones relacionadas con las palabras de búsqueda soil tests en Scopus.

Año	Documentos
2021	600
2020	1057
2019	912
2018	740
2017	601

Nota. Datos de búsqueda elaboración propia.

Figura 13 Gráfica de documentos encontrados por año.

Documents by year

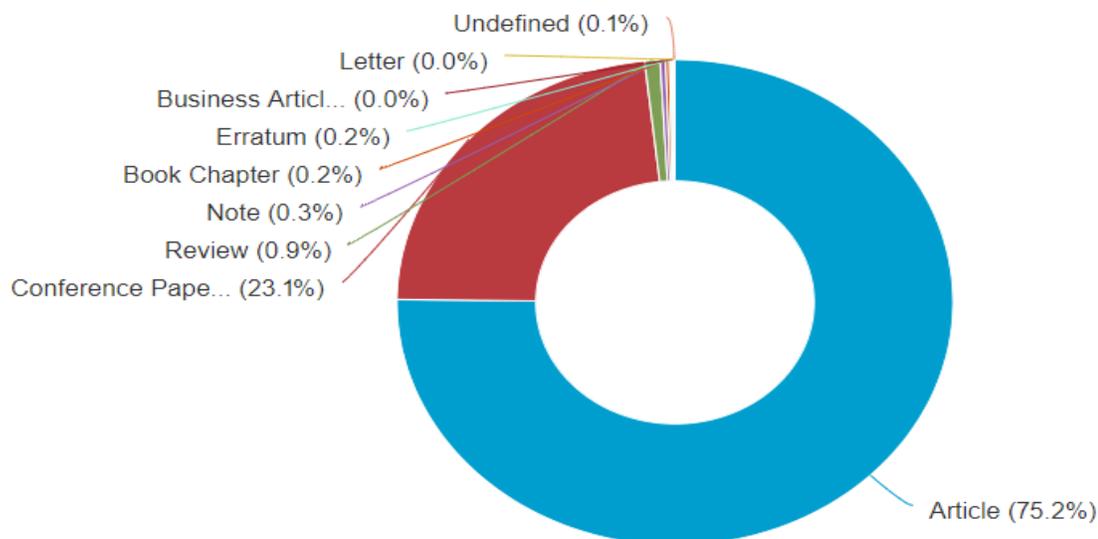


Nota. Estadística de búsqueda Scopus (2021) (*Scopus - Document search, 2021*)

De los cuales se dividen según su tipo como se muestra en la Figura 14.

Figura 14 Tipo de documentos encontrados relacionados con las palabras soil tests.

Documents by type



Nota. Estadística de búsqueda Scopus (2021) (*Scopus - Document search, 2021*)

En la actualidad frente al estudio de suelos y su comportamiento existe una amplia investigación, ya que se puede dividir los diferentes métodos como los clásicos y los modernos, tal y como ocurre en la determinación del contenido de humedad del suelo (González-Teruel et al., 2019), o el uso de estereofotogrametría que es el uso de fotografías, que permiten observar las deformaciones en una muestra del suelo.

Se tienen métodos numéricos y modelados digitales DEM utilizados en laboratorio para tener una mayor visualización de la rugosidad del suelo a nivel particular (Otsubo & O'Sullivan, 2018), por otro lado en cuanto a nuevas herramientas existen numerosos desarrollos como lo hacen en la universidad Politécnica de Cartagena en España, donde se desarrollan sensores basados en la variación dieléctrica del suelo con el contenido volumétrico del suelo (González-Teruel et al., 2019).

8 Factibilidad de implementación de equipo triaxial.

Puesto que en la empresa no se cuenta con este equipo, se realiza un análisis de viabilidad económica, el ensayo triaxial tiene como propósito determinar las propiedades mecánicas del suelo, generalmente relaciones con la tensión deformación, el comportamiento esfuerzo deformación, la resistencia al corte y el comportamiento frente a la presión (*Triaxial Testing of Soils - Poul V. Lade - Google Libros, 2016*), el ensayo triaxial se divide en dos tipos en ensayos dinámicos y estáticos, el ensayo triaxial estático se puede realizar en estado consolidado drenado CD, no consolidado no drenado UU y estado consolidado no drenado CU.

Según la norma INV E 153-13 el equipo necesario para realizar un ensayo triaxial consta de los componentes nombrados en la Tabla 8.

Tabla 9 Equipo necesario en la ejecución de un ensayo triaxial.

EQUIPO PARA REALIZAR UN ENSAYO TRIAXIAL
a. Sistema de carga axial.
b. Medidor de carga axial.
c. Cámara de compresión triaxial.
d. Pistón de carga axial.

- e. Dispositivo de aplicación y control de presión y vacío.
- f. Cabezal y pedestal del espécimen.
- g. Indicador de deformación.
- h. Dispositivo de medición de presión y vacío.
- i. Dispositivo para la medición de presión del agua de poros.
- j. Dispositivo para medir el cambio de volumen.
- k. Discos porosos.
- l. Discos y tiras de papel filtro.
- m. Válvulas.
- n. Desaireador de agua.
- o. Extractor de muestras.
- p. Elementos de medición.
- q. Membrana de caucho.
- r. Cronómetro.
- s. Balanza.
- t. Equipos misceláneos.

Nota. Elementos para un ensayo triaxial tomados de INV E 153-13 (INVIAS, 2013).

La implementación del ensayo triaxial a nivel empresarial, puede tener algunas desventajas en cuanto al nivel de recuperación de la inversión, ya sea por el tiempo que esto conllevaría o el alto costo que se debe asumir y la poca demanda por el alto costo en la realización de los ensayos de laboratorio, en la Figura 15 se puede observar el costo que tendría el equipo para ensayos triaxiales.

Figura 15 Costos de ensayo triaxial según cotizaciones realizadas a PINZUAR.

Cotización 1-equipos PINZUAR	\$ 89.200.000.00	COP
Costo Promedio de equipo triaxial	\$ 89.200.000.00	COP
Inversión	\$ 89.200.000.00	COP

Nota. Cotizaciones realizadas (*Home - PINZUAR, 2021*).

El costo de los ensayos triaxiales consultados para realizar un promedio se puede observar en la Figura 16, donde su mayoría son instituciones educativas.

Figura 16 Costo en las diferentes instituciones de los ensayos triaxiales.

Entidad Prestadora de servicio ensayo triaxial	INV E 153		INV E 153		INV E 153	
	Ensayo triaxial estático tipo CU consolidado no drenado (Tres puntos)		Ensayo triaxial estático tipo CD consolidado drenado (Tres puntos)		Ensayo triaxial estático tipo UU no consolidado no drenado (Tres puntos)	
Universidad de los Andes	\$ 1.280.000.00	COP	\$ 2.405.000.00	COP	\$ 838.000.00	COP
Echeverry ingeniería y ensayos S.A.S	\$ 1.200.000.00	COP	\$ 1.900.000.00	COP	\$ 710.000.00	COP
ENGINEERING CONSULTANCY GROUP S.A. S	\$ 953.500.00	COP	\$ 1.162.500.00	COP	\$ 597.000.00	COP
Universidad Pontificia Bolivariana	\$ 1.040.006.00	COP	\$ 1.377.827.00	COP	\$ 616.662.00	COP
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA	\$ 1.580.835.24	COP	\$ 2.180.462.40	COP	\$ 1.162.913.28	COP
Universidad Nacional de Colombia	\$ 1.229.000.00	COP	\$ 2.036.600.00	COP	\$ 834.000.00	COP
Promedio	\$ 1.213.890.21	COP	\$ 1.843.731.57	COP	\$ 793.095.88	COP

Nota. Costo de ensayos triaxiales en Colombia, Fuentes (UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, 2014); (E. I. y E. S.A.S, 1527); (B. E. C. G. S.A.S., 2021); (Universidad Pontificia Bolivariana, 2021); (Central, 2021); (*Universidad Nacional de Colombia*, 2021).

Basados en variables económicas y macroeconómicas utilizadas para realizar una proyección, donde se muestra una inflación correspondiente al 3.8% (DANE, 2019a), un crecimiento del Producto Interno Bruto PIB del 3.3% (DANE, 2019b), el salario mínimo colombiano de 908.526 COP (Mintrabajo, 2020) y el salario promedio de un tecnólogo de 1.500.000 multiplicado por 1.7 que corresponde a pagos sociales y auxilios como se muestra en la Figura 17.

Figura 17 Datos económicos y macroeconómicos.

% Inflación	3.8%	%
% Crecimiento PIB	3.3%	%
Salario Mensual - Mes (SMMLV)	\$908.526.00	COP
Salario Diario - Día (SMDLV)	\$30.284.20	COP
Promedio Salario Tecnólogo laboratorista	\$2.550.000.00	COP
Impuestos	35%	%
Tasa de descuento	10%	%

Nota. Datos tomados de las siguientes fuentes: (DANE, 2019a),(DANE, 2019b),(2021 DGNET LTD., 2021).

De esta manera se logran obtener datos básicos que permiten hacer una aproximación de costos futuros de los ensayos, de la mano de obra y la materia prima, y se realiza una estimación a 10 años, donde se tienen una demanda del laboratorio para ensayo triaxial en condiciones evidenciadas en la Figura 20 Cantidad de ensayos realizados para cada año del año 1 al año 5.y Figura 21 Cantidad de ensayos realizados para cada año del año 6 al año 10., de igual forma el valor de los ensayos aumenta y se ve afectado por la inflación, tal y como se muestra en la Figura 18 Precio de los productos por unidad del año 1 al año 5. y Figura 19 Precio de los productos por unidad del año 6 al año 10. De igual manera se consideran costos fijos y costos variables como se muestra en la Figura 22 y Figura 23.

Figura 18 Precio de los productos por unidad del año 1 al año 5.

Precio por producto		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Precio Ensayo triaxial estático tipo CU consolidado no drenado (Tres puntos)	\$ / unid.		\$ 1.213.890.21	\$ 1.260.018.03	\$ 1.307.898.72	\$ 1.357.598.87	\$ 1.409.187.63
Precio Ensayo triaxial estático tipo CD consolidado drenado (Tres puntos)	\$ / unid.		\$ 1.843.731.57	\$ 1.913.793.37	\$ 1.986.517.51	\$ 2.062.005.18	\$ 2.140.361.38
Precio Ensayo triaxial estático tipo UU no consolidado no drenado (Tres puntos)	\$ / unid.		\$ 793.095.88	\$ 823.233.52	\$ 854.516.40	\$ 886.988.02	\$ 920.693.57
Total	\$		\$ 3.850.717.65	\$ 3.997.044.92	\$ 4.148.932.63	\$ 4.306.592.07	\$ 4.470.242.57

Nota. Elaboración propia.

Figura 19 Precio de los productos por unidad del año 6 al año 10.

Precio por producto		Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Precio Ensayo triaxial estático tipo CU consolidado no drenado (Tres puntos)	\$ / unid.	\$ 1.462.736.76	\$ 1.518.320.75	\$ 1.576.016.94	\$ 1.635.905.59	\$ 1.698.070.00
Precio Ensayo triaxial estático tipo CD consolidado drenado (Tres puntos)	\$ / unid.	\$ 2.221.695.11	\$ 2.306.119.52	\$ 2.393.752.06	\$ 2.484.714.64	\$ 2.579.133.80
Precio Ensayo triaxial estático tipo UU no consolidado no drenado (Tres puntos)	\$ / unid.	\$ 955.679.92	\$ 991.995.76	\$ 1.029.691.60	\$ 1.068.819.88	\$ 1.109.435.03
Total	\$	\$ 4.640.111.79	\$ 4.816.436.04	\$ 4.999.460.60	\$ 5.189.440.11	\$ 5.386.638.83

Nota. Elaboración propia.

Figura 20 Cantidad de ensayos realizados para cada año del año 1 al año 5.

Unidades vendidas por producto		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Precio Ensayo triaxial estático tipo CU consolidado no drenado (Tres puntos)	unid.	4	10	15	26	26
Precio Ensayo triaxial estático tipo CD consolidado drenado (Tres puntos)	unid.	4	10	15	26	26
Precio Ensayo triaxial estático tipo UU no consolidado no drenado (Tres puntos)	unid.	4	10	15	26	26
Total	unid.	12	30	45	78	78

Nota. Elaboración propia.

Figura 21 Cantidad de ensayos realizados para cada año del año 6 al año 10.

Unidades vendidas por producto		Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Precio Ensayo triaxial estático tipo CU consolidado no drenado (Tres puntos)	unid.	30	30	30	30	30
Precio Ensayo triaxial estático tipo CD consolidado drenado (Tres puntos)	unid.	30	30	30	30	31
Precio Ensayo triaxial estático tipo UU no consolidado no drenado (Tres puntos)	unid.	30	30	30	30	31
Total	unid.	90	90	90	90	92

Nota. Elaboración propia.

Figura 22 Costos variables y Costos fijos del año 1 al año 5.

Costos Variables (materia prima/recursos)		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Precio Ensayo triaxial estático tipo CU consolidado no drenado (Tres puntos)	\$ / unid.	\$ 50.000.00	\$ 51.900.00	\$ 53.872.20	\$ 55.919.34	\$ 58.044.28
Precio Ensayo triaxial estático tipo CD consolidado drenado (Tres puntos)	\$ / unid.	\$ 50.000.00	\$ 51.900.00	\$ 53.872.20	\$ 55.919.34	\$ 58.044.28
Precio Ensayo triaxial estático tipo UU no consolidado no drenado (Tres puntos)	\$ / unid.	\$ 50.000.00	\$ 51.900.00	\$ 53.872.20	\$ 55.919.34	\$ 58.044.28
Total	\$	\$ 150.000.00	\$ 155.700.00	\$ 161.616.60	\$ 167.758.03	\$ 174.132.84
Costos fijos (mano de obra/servicios públicos/internet)		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5

Precio Ensayo triaxial estático tipo CU consolidado no drenado (Tres puntos)	\$ / unid.	\$ 848.024.00	\$ 880.248.91	\$ 913.698.37	\$ 948.418.91	\$ 984.458.83
Precio Ensayo triaxial estático tipo CD consolidado drenado (Tres puntos)	\$ / unid.	\$ 848.024.00	\$ 880.248.91	\$ 913.698.37	\$ 948.418.91	\$ 984.458.83
Precio Ensayo triaxial estático tipo UU no consolidado no drenado (Tres puntos)	\$ / unid.	\$ 848.024.00	\$ 880.248.91	\$ 913.698.37	\$ 948.418.91	\$ 984.458.83
Total	\$	\$ 2.544.072.00	\$ 2.640.746.74	\$ 2.741.095.11	\$ 2.845.256.73	\$ 2.953.376.48

Nota. Elaboración propia.

Figura 23 Costos variables y Costos fijos del año 6 al año 10.

Costos Variables (materia prima/recursos)		Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Precio Ensayo triaxial estático tipo CU consolidado no drenado (Tres puntos)	\$ / unid.	\$ 60.249.96	\$ 62.539.46	\$ 64.915.96	\$ 67.382.77	\$ 69.943.31
Precio Ensayo triaxial estático tipo CD consolidado drenado (Tres puntos)	\$ / unid.	\$ 60.249.96	\$ 62.539.46	\$ 64.915.96	\$ 67.382.77	\$ 69.943.31
Precio Ensayo triaxial estático tipo UU no consolidado no drenado (Tres puntos)	\$ / unid.	\$ 60.249.96	\$ 62.539.46	\$ 64.915.96	\$ 67.382.77	\$ 69.943.31
Total	\$	\$ 180.749.88	\$ 187.618.38	\$ 194.747.88	\$ 202.148.30	\$ 209.829.93
Costos fijos (mano de obra/servicios públicos/internet)		Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Precio Ensayo triaxial estático tipo CU consolidado no drenado (Tres puntos)	\$ / unid.	\$ 1.021.868.26	\$ 1.060.699.26	\$ 1.101.005.83	\$ 1.142.844.05	\$ 1.186.272.12

Precio Ensayo triaxial estático tipo CD consolidado drenado (Tres puntos)	\$ / unid.	\$ 1.021.868.26	\$ 1.060.699.26	\$ 1.101.005.83	\$ 1.142.844.05	\$ 1.186.272.12
Precio Ensayo triaxial estático tipo UU no consolidado no drenado (Tres puntos)	\$ / unid.	\$ 1.021.868.26	\$ 1.060.699.26	\$ 1.101.005.83	\$ 1.142.844.05	\$ 1.186.272.12
Total	\$	\$ 3.065.604.79	\$ 3.182.097.77	\$ 3.303.017.49	\$ 3.428.532.15	\$ 3.558.816.37

Nota. Elaboración propia.

La inversión realizada corresponde al valor del equipo para el ensayo triaxial como se muestra en la Figura 24 .

Figura 24 Inversiones iniciales.

Inversiones (Inicio Período)		Año 0
Maquinaria y Equipo	\$	\$ 89.200.000.00
Total	\$	\$ 89.200.000.00

Nota. Elaboración propia.

Dadas las condiciones y calculando los egresos deducibles que corresponden a los costos de elaborar un producto o un ensayo de triaxial, considerando la depreciación del equipo, aunque este puede ser subjetivo (Meza Orozco, 2017) y que se muestran en la Tabla 9 vida útil de los activos. la Figura 22 se tienen a consideración los datos propuestos en la Figura 17.

Tabla 10 vida útil de los activos.

ACTIVO	VIDA ÚTIL
Edificio y similares	20 años
maquinaria y equipos	10 años

muebles y enseres	10 años
vehículos y similares	5 años
equipos de cómputo	5 años

Nota. Datos tomados de (Meza Orozco, 2017).

Figura 25 Flujos de Caja del año 0 al año 5.

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión inicial	\$ 89.200.000.00					
Ingresos		\$ 15.402.870.61	\$ 39.970.449.24	\$ 62.233.989.47	\$ 111.971.393.85	\$ 116.226.306.82
Egresos deducibles		\$ 10.776.288.00	\$ 27.964.467.36	\$ 43.540.675.68	\$ 78.338.383.68	\$ 81.315.242.26
depreciaciones		\$ 8.920.000.00	\$ 8.920.000.00	\$ 8.920.000.00	\$ 8.920.000.00	\$ 8.920.000.00
utilidades antes de impuestos		\$ (4.293.417.39)	\$ 3.085.981.88	\$ 9.773.313.79	\$ 24.713.010.17	\$ 25.991.064.56
Impuestos		\$ (1.502.696.09)	\$ 1.080.093.66	\$ 3.420.659.83	\$ 8.649.553.56	\$ 9.096.872.59
impuestos pagados		\$ -	\$ (1.502.696.09)	\$ 1.080.093.66	\$ 3.420.659.83	\$ 8.649.553.56
Flujo Neto de efectivo	\$ (89.200.000.00)	\$ (4.293.417.39)	\$ 4.588.677.97	\$ 8.693.220.13	\$ 21.292.350.34	\$ 17.341.511.00
Flujo neto acumulado	\$ (89.200.000.00)	\$ (93.493.417.39)	\$ (88.904.739.42)	\$ (80.211.519.29)	\$ (58.919.168.94)	\$ (41.577.657.95)

Valor Presente	\$ (89.200.000.00)	\$ (3.903.106.72)	\$ 3.792.295.84	\$ 6.531.344.95	\$ 14.542.961.78	\$ 10.767.713.95
-----------------------	-----------------------	----------------------	--------------------	--------------------	---------------------	---------------------

Nota. Elaboración propia.

Figura 26 Flujos de Caja del año 6 al año 10.

Concepto	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión inicial					
Ingresos	\$ 139.203.353.63	\$ 144.493.081.07	\$ 149.983.818.15	\$ 155.683.203.24	\$ 165.287.733.79
Egresos deducibles	\$ 97.390.640.16	\$ 101.091.484.48	\$ 104.932.960.89	\$ 108.920.413.41	\$ 115.571.819.98
depreciaciones	\$ 8.920.000.00	\$ 8.920.000.00	\$ 8.920.000.00	\$ 8.920.000.00	\$ 8.920.000.00
utilidades antes de impuestos	\$ 32.892.713.47	\$ 34.481.596.59	\$ 36.130.857.26	\$ 37.842.789.83	\$ 40.795.913.81
Impuestos	\$ 11.512.449.72	\$ 12.068.558.80	\$ 12.645.800.04	\$ 13.244.976.44	\$ 14.278.569.83
impuestos pagados	\$ 9.096.872.59	\$ 11.512.449.72	\$ 12.068.558.80	\$ 12.645.800.04	\$ 13.244.976.44
Flujo Neto de efectivo	\$ 23.795.840.88	\$ 22.969.146.87	\$ 24.062.298.45	\$ 25.196.989.79	\$ 27.550.937.37
Flujo neto acumulado	\$ (17.781.817.07)	\$ 5.187.329.80	\$ 29.249.628.25	\$ 54.446.618.04	\$ 81.997.555.41

Valor Presente	\$ 13.432.131.82	\$ 11.786.804.18	\$ 11.225.239.81	\$ 10.685.983.36	\$ 10.622.079.02
-----------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Nota. Elaboración propia.

Con los cálculos realizados se obtuvieron los resultados que se evidencian en la Tabla 10 Resultado de análisis de inversión para equipo triaxial.

Tabla 11 Resultado de análisis de inversión para equipo triaxial.

Valor presente de flujos	\$ 89.483.448.01	
Valor Presente Neto (VPN) - Fórmulas Aritméticas	\$ 283.448.01	Valor positivo Rentable
Valor Presente Neto (VPN) - Fórmulas Financieras	\$ 283.448.01	
Tasa Interna de Retorno (TIR)	10.053%	Valor levemente superior a la tasa de descuento- Aceptable
Índice de rentabilidad o Beneficio/costo Fórmulas Aritméticas	1.003	
Índice de rentabilidad o Beneficio/costo Fórmulas financieras	1.003	

Nota. Elaboración propia.

Con los resultados obtenidos y cotejando con la Tabla 10 y Tabla 11, se puede evidenciar que la compra del equipo es viable si al tiempo de 10 años se han realizado aproximadamente 695 ensayos. De realizar menos no cumpliría con los requisitos propuestos.

Tabla 12 Condiciones para tomar la decisión de viabilidad del proyecto, la tasa de descuento 10%.

	TIR	
	DECISIÓN	RAZÓN
TIR > Tasa de descuento	Aceptar	Crea valor

TIR = tasa de descuento Aceptar Rinde lo esperado

TIR < tasa de descuento Rechazar Destruye valor

Nota. Datos tomados de (Lira Briceño, 2015).

Al comparar el aspecto costo beneficio también se puede evidenciar una aprobación, ya que el índice de beneficio costo es levemente superior a 1.

Tabla 13 Condiciones beneficio/ costo.

	>	1	Aprobar
I B/C	=	1	Aprobar
	<	1	Rechazar

Nota. Datos tomados de (Lira Briceño, 2015).

Tabla 14 Condiciones Valor Presente Neto.

VPN			DECISIÓN	RAZÓN
VPN	>	0	Aceptar	Crea valor
VPN	=	0	Aceptar	Rinde lo esperado
VPN	<	0	Rechazar	Destruye valor

Nota. Datos tomados de (Lira Briceño, 2015).

Se puede concluir que los factores VPN, B/C y TIR aprueban la inversión de cumplir con la cantidad de ensayos propuestos para 10 años, pero considerando la demanda que se tiene del ensayo triaxial para una PYME es improbable que se pueda considerar esta cantidad. Por lo tanto, es inviable la inversión en la empresa.

9 Conclusiones

- Se realizan las actividades propuestas en el plan de trabajo, prestando apoyo a

2 proyectos, en el cual se entregaron 4 informes.

- La realización de las prácticas profesionales en la empresa Perfolabing S.A.S. permitieron al pasante adquirir nuevas habilidades y familiarizarse en el entorno laboral en el campo de la ingeniería civil especialmente en el área de la geotecnia, donde se aplicaron los conocimientos adquiridos previamente y permitieron desarrollar las actividades propuestas por la empresa, además permitió al pasante conocer la importancia que implica el ser ingeniero civil, y sus aportes a la sociedad desde el conocimiento como en su actuar ético y moral.
- De igual manera se realizó un proceso de investigación sobre la viabilidad de implementar el ensayo triaxial donde se concluye que por temas de demanda de este servicio no es viable y generaría pérdidas para la empresa.

10 Recomendaciones

Se recomienda a la empresa perfolabing S.A.S. llevar un control más adecuado de los instrumentos utilizados y necesarios en el área de los laboratorios al momento de ejecutar órdenes de ensayos, donde se tenga un listado con las características de pesos y dimensiones de ser necesario para los recipientes metálicos utilizados en ensayos de clasificación de suelos, y que podrían ser necesarias al momento de adquirir una certificación.

11 Actividades

11.1 Actividades mes de agosto

Durante los días comprendidos entre el miércoles 4 de agosto y el 24 de agosto de 2021, se ejecutaron actividades de registro fotográfico, realización de registros estratigráficos para el proyecto **Ingeniería de detalle para ampliación del tratamiento de fluidos en campo rubial departamento del Meta**, con el fin de hacer una descripción de lo encontrado en la

exploración del subsuelo.

Ubicación del proyecto:

Figura 27 Localización del proyecto-Campo Rubiales-Meta.



Nota. Elaboración propia.

La exploración de subsuelo a realizar se puede identificar en la Tabla 14 donde se evidencia el nombre, el tipo de perforación y la profundidad.

Tabla 15 Sondeos de perforación

SONDEO	Profundidad	tipo
PQ3-S-1	12	mecánico
PQ3-S-2	10	mecánico
PQ3-S-3	10	mecánico
PQ3-S-4	10	mecánico
PQ3-S-5	10	mecánico
PQ3-S-6	10	mecánico
PQ3-S-7	15	mecánico
PQ3-S-8	15	mecánico
PQ3-S-9	10	mecánico
PQ3-S-10	15	mecánico
PQ3-S-11	10	mecánico
PQ3-SMA-1	6	manual
PQ3-SMA-2	6	manual

PQ3-SMA-3	6	manual
PQ3-SMA-4	6	manual
PQ3-SMA-5	6	manual
PQ3-SMA-6	6	manual
PQ3-SMA-7	6	manual
PQ3-SMA-8	6	manual
PQ3-SMA-9	6	manual
AP-1	1.5	apique
AP-2	1.5	apique
AP-3	1.5	apique

Nota. Fuente de datos perfolabing SAS (2021).(perfolabing | Nosotros, 2021)

Se realiza una colección de fotos tomadas en campo debidamente categorizadas por sondeo, se toma evidencia de la maquinaria y de las muestras de suelo recuperadas y de esta manera realizar un registro fotográfico, algunas de estas fotografías se presentan en la Figura 28 y Figura 29.

Figura 28 Maquinaria instalada en la ubicación sondeo PQ-3 S-1



Nota. Fuente de datos perfolabing SAS (2021).(perfolabing | Nosotros, 2021)

Figura 29 Maquinaria instalada en la ubicación sondeo PQ-3 S-10.



Nota. Fuente de datos perfolabing SAS (2021). (perfolabing | Nosotros, 2021)

Al igual que el registro fotográfico se realiza un registro inicial con la descripción de lo que se encontró en campo, la ubicación del sondeo, el tipo de perforación que se realizó, la profundidad, y se registran de realizarse SPT los datos, realizando una gráfica de Profundidad Vs Número de golpes SPT, el diseño de este registro se muestra en la Figura 30, en la Tabla 15 se muestra el tipo de perforación que se registra.

Tabla 16 Tipo de Perforación y el tipo de muestra que recupera.

SPT: Ensayo de penetración estándar obteniendo muestra alterada. (SPLIT SPOON)

SH: Muestra inalterada obtenida con tubo de pared delgada Shelby.

BS: Muestra alterada en bolsa obtenida mediante cuarteo en campo

BNQ: Avance con obtención de núcleo utilizando corona NQ

Nota. Fuente de datos perfolabing SAS (2021).

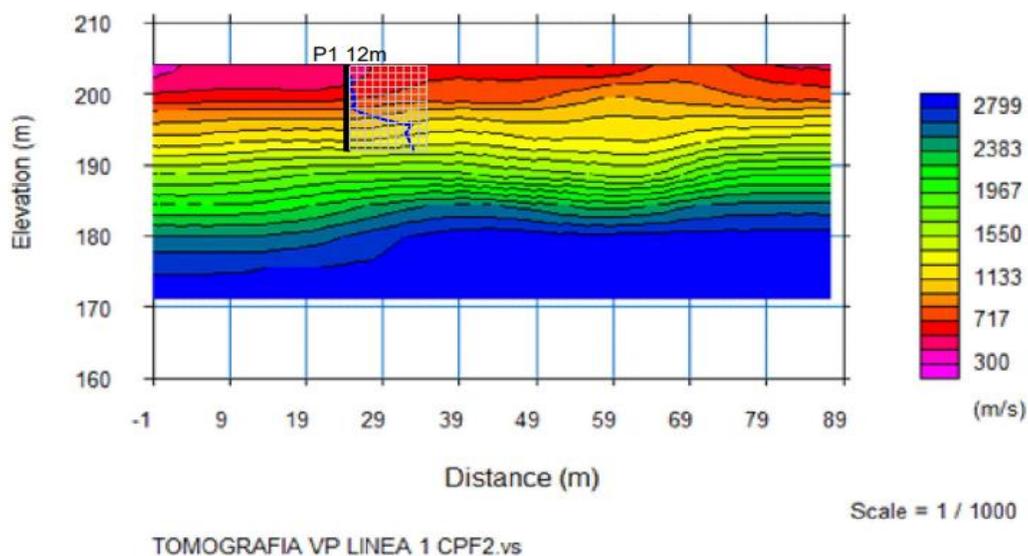
Figura 30 Registro de descripción estratigráfica.

PROF (m)	PROF (m)		SIMBOLO	DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA	MUESTRA VVO ENSAYO	TIPO	PROFUNDIDAD (m)			ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR (140 lbs) e=45%			RPA Kg/cm ²	Recubrimo (cm)	RDP (%)	NUMERO DE GOLPES N POR PIE
	DE	A					DE	A	6"	6"	6"					
0.0	0.00	0.05		Capa vegetal												
0.50	0.05															
1.00					1	SPT	0.50	0.95	2	4	4			45		
1.50				Releño compuesto por una arena de grano fino color amarillo rojizo, algo arcillosa presenta algunas gravas angulares, tamaño menor a 1/2", densidad suelta de humedad media.	2	SPT	1.00	1.45	4	4	4			45		
2.00					3	SPT	1.50	1.95	4	6	3			40		
2.50					4	SPT	2.00	2.45	4	4	4			45		
2.80	2.80															
3.00				Releño compuesto por una arena limosa de grano fino, color rojizo, densidad suelta de humedad media.	5	SPT	2.50	2.95	2	3	2	0.5		40		
3.50					6	SH	3.00	3.50	---	---	---	0.25		30		
3.50	3.50			Limo arenoso orgánico, color gris verdoso oliva, de humedad media, consistencia blanda y plasticidad baja.												
4.00					7	SPT	3.50	3.95	3	3	3			30		
4.00	4.00															
4.50				Arena grano fino arcillosa, color rojizo de humedad media y densidad suelta.	8	SPT	4.00	4.45	3	2	3			30		
4.50																
5.00					9	SH	4.50	5.00	---	---	---			20		
5.00	5.00															

Nota. Fuente de datos perfolabing SAS (2021).(perfolabing | Nosotros, 2021)

El pasante en una de sus tareas relaciona los datos obtenidos en un estudio geofísico con los resultados de sondeo más cercanos al estudio geofísico como se muestra en la Figura 31.

Figura 31 Relación de Onda de compresión VP con SPT.



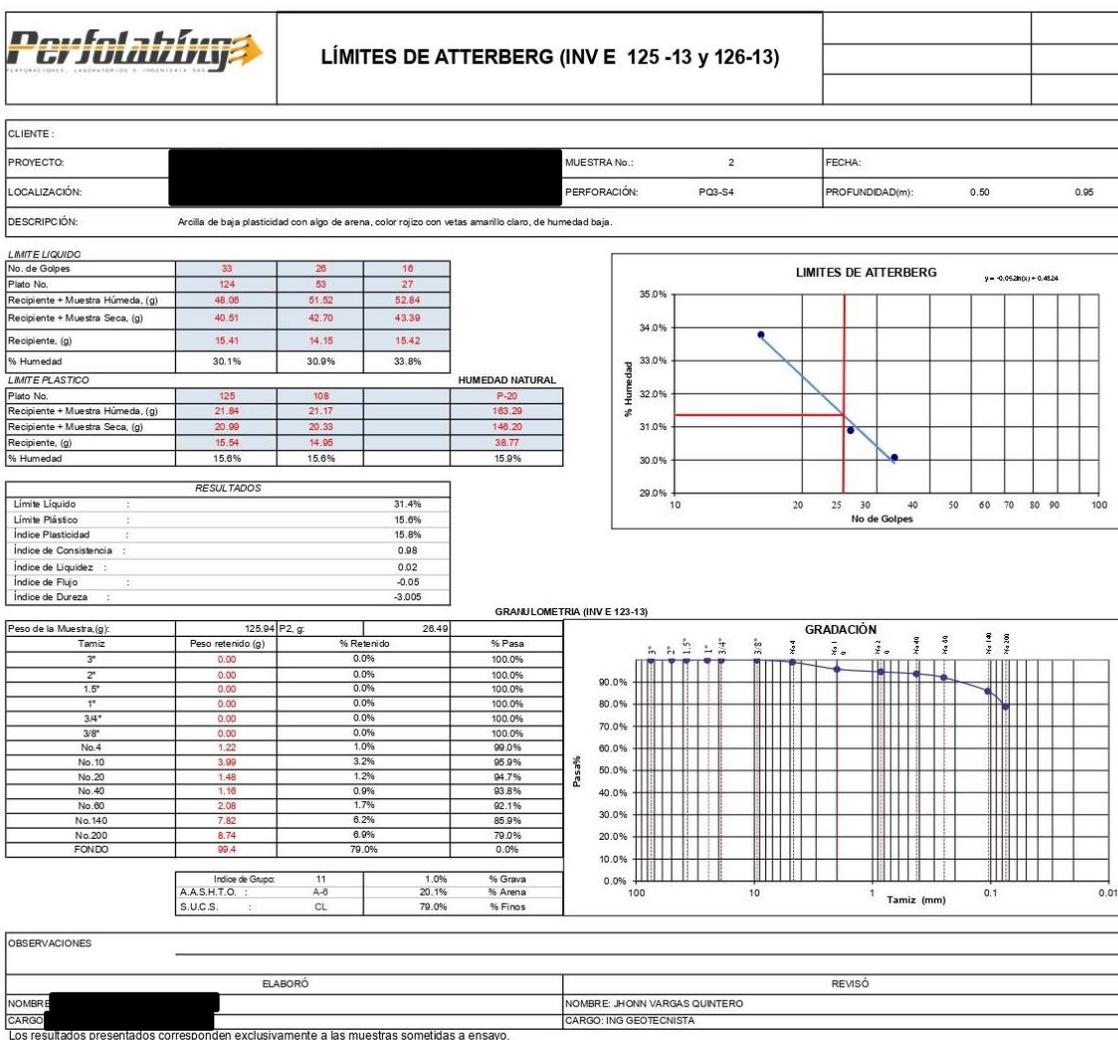
Nota. Fuente de datos perfolabing SAS (2021).(perfolabing | Nosotros, 2021)

11.2 Actividades mes de septiembre y octubre

Se realizan por parte del Técnico laboratorista los ensayos de laboratorio correspondientes a Ensayos Índice y de clasificación, ensayos de deformabilidad y Ensayos de resistencia y esfuerzo deformación que vienen incluidos en las órdenes 1,2,3,4,5 solicitados por parte del cliente, posteriormente por parte del pasante se revisan y se organizan para una posterior entrega al Ingeniero encargado.

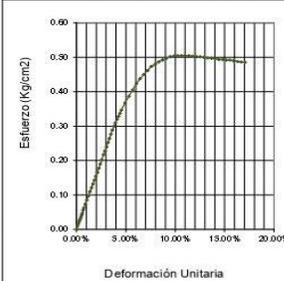
Algunos laboratorios efectuados se pueden evidenciar en la Figura 32 Resultado laboratorio de límites de Atterberg, humedad y granulometría. Figura 33 Resultados ensayo de Compresión inconfinaada. Y Figura 34 Resultado de ensayo para la determinación del peso unitario parafinado.

Figura 32 Resultado laboratorio de límites de Atterberg, humedad y granulometría.



Nota. Fuente de datos perfolabing SAS (2021).(perfolabing | Nosotros, 2021)

Figura 33 Resultados ensayo de Compresión inconfiada.

		ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA		CODIGO																												
		NTC 1527		VERSION																												
				FECHA																												
DESCRIPCION: Arcilla de baja plasticidad con arena, color marrón claro, de humedad baja.			MUESTRA No.:6																													
PROFUNDIDAD (m): 3.00-3.50			PERFORACIÓN No.: PQ3 S-10																													
PROBETA		FOTO MUESTRA		GRAFICO DE LA MUESTRA																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DIMENSIONES DE LA MUESTRA</th> <th>INICIAL</th> <th>FINAL</th> </tr> <tr> <th>PROMEDIO</th> <th>PROMEDIO</th> <th>PROMEDIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro (cm)</td> <td>6.29</td> <td>6.83</td> </tr> <tr> <td>Altura (cm)</td> <td>13.19</td> <td>11.29</td> </tr> <tr> <td>Área (cm²)</td> <td>31.07</td> <td>36.60</td> </tr> <tr> <td>Peso (g)</td> <td>889.30</td> <td>887.50</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm³)</td> <td>409.860</td> <td>413.117</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Húmedo g/cm³</td> <td>2.170</td> <td>2.148</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco g/cm³</td> <td>1.811</td> <td>1.793</td> </tr> </tbody> </table>		DIMENSIONES DE LA MUESTRA	INICIAL	FINAL	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	Diámetro (cm)	6.29	6.83	Altura (cm)	13.19	11.29	Área (cm ²)	31.07	36.60	Peso (g)	889.30	887.50	Volumen (cm ³)	409.860	413.117	Peso Unitario Húmedo g/cm ³	2.170	2.148	Peso Unitario Seco g/cm ³	1.811	1.793				
DIMENSIONES DE LA MUESTRA	INICIAL	FINAL																														
PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO																														
Diámetro (cm)	6.29	6.83																														
Altura (cm)	13.19	11.29																														
Área (cm ²)	31.07	36.60																														
Peso (g)	889.30	887.50																														
Volumen (cm ³)	409.860	413.117																														
Peso Unitario Húmedo g/cm ³	2.170	2.148																														
Peso Unitario Seco g/cm ³	1.811	1.793																														
HUMEDAD NATURAL		Recipiente No. P-57 Peso suelo húmedo (g) 264.67 Peso suelo seco (g) 226.51 Peso de la lata (g) 34.04 Humedad (%) 19.8%																														
		Qu = 0.50 Ka/cm ² Cu = 0.25 Ka/cm ² Consistencia del suelo Media																														
DEFORMACIÓN 0.001"	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN UNITARIA (%)	1 - DEFORMACIÓN UNITARIA	ÁREA CORREGIDA cm ²	RESISTENCIA Kg/cm ²																											
0	0	0.00%	1.000	31.07	0.00																											
10	0.26	0.08%	0.999	31.10	0.01																											
20	0.45	0.15%	0.998	31.12	0.01																											
30	0.62	0.23%	0.998	31.14	0.02																											
40	0.79	0.30%	0.997	31.17	0.03																											
50	0.94	0.38%	0.996	31.19	0.03																											
60	1.10	0.45%	0.995	31.22	0.04																											
70	1.31	0.53%	0.995	31.24	0.04																											
80	1.48	0.61%	0.994	31.26	0.05																											
90	1.75	0.68%	0.993	31.29	0.06																											
100	1.96	0.76%	0.992	31.31	0.06																											
120	2.30	0.91%	0.991	31.36	0.07																											
140	2.68	1.06%	0.989	31.41	0.09																											
160	3.06	1.21%	0.988	31.46	0.10																											
180	3.45	1.36%	0.986	31.50	0.11																											
200	3.81	1.52%	0.985	31.55	0.12																											
220	4.16	1.67%	0.983	31.60	0.13																											
240	4.53	1.82%	0.982	31.65	0.14																											
260	4.89	1.97%	0.980	31.70	0.15																											
280	5.23	2.12%	0.979	31.75	0.16																											
300	5.65	2.27%	0.977	31.80	0.18																											
320	6.05	2.43%	0.976	31.85	0.19																											
340	6.45	2.58%	0.974	31.90	0.20																											
360	6.93	2.73%	0.973	31.95	0.22																											
380	7.29	2.88%	0.971	32.00	0.23																											
400	7.68	3.03%	0.970	32.05	0.24																											
420	8.10	3.18%	0.968	32.10	0.25																											
440	8.47	3.34%	0.967	32.15	0.26																											
460	8.90	3.49%	0.965	32.20	0.28																											
480	9.31	3.64%	0.964	32.25	0.29																											
500	9.67	3.79%	0.962	32.30	0.30																											
520	10.00	3.94%	0.961	32.35	0.31																											
540	10.35	4.09%	0.959	32.40	0.32																											
560	10.66	4.25%	0.958	32.45	0.33																											
580	10.95	4.40%	0.956	32.50	0.34																											
600	11.28	4.55%	0.955	32.55	0.35																											
650	12.01	4.93%	0.951	32.68	0.37																											
700	12.69	5.31%	0.947	32.82	0.39																											
750	13.35	5.69%	0.943	32.95	0.41																											
800	14.01	6.07%	0.939	33.08	0.42																											
850	14.54	6.44%	0.936	33.21	0.44																											
900	15.00	6.82%	0.932	33.35	0.45																											
950	15.47	7.20%	0.928	33.49	0.46																											
1000	15.90	7.58%	0.924	33.62	0.47																											
1050	16.20	7.96%	0.920	33.76	0.48																											
1100	16.50	8.34%	0.917	33.90	0.49																											
1150	16.76	8.72%	0.913	34.04	0.49																											
1200	16.98	9.10%	0.909	34.18	0.50																											
1250	17.22	9.48%	0.905	34.33	0.50																											
1300	17.35	9.86%	0.901	34.47	0.50																											
1350	17.45	10.24%	0.898	34.62	0.50																											
1400	17.53	10.61%	0.894	34.76	0.50																											
1450	17.61	10.99%	0.890	34.91	0.50																											
1500	17.67	11.37%	0.886	35.06	0.50																											
1550	17.71	11.75%	0.882	35.21	0.50																											
1600	17.75	12.13%	0.879	35.36	0.50																											
1650	17.80	12.51%	0.875	35.52	0.50																											
1700	17.83	12.89%	0.871	35.67	0.50																											
1750	17.84	13.27%	0.867	35.83	0.50																											
1800	17.89	13.65%	0.864	35.98	0.50																											
1850	17.92	14.03%	0.860	36.14	0.50																											
1900	17.93	14.40%	0.856	36.30	0.49																											
1950	17.99	14.78%	0.852	36.46	0.49																											
2000	18.02	15.16%	0.848	36.63	0.49																											
2050	18.09	15.54%	0.845	36.79	0.49																											
2100	18.10	15.92%	0.841	36.96	0.49																											
2150	18.11	16.30%	0.837	37.13	0.49																											
2200	18.14	16.68%	0.833	37.29	0.49																											
2250	18.18	17.06%	0.829	37.46	0.49																											
Nombre: [Redacted]		REVISÓ																														
Cargo: [Redacted]		Nombre: JHONN VARGAS QUINTERO																														
		Cargo: INGENIERO GEOTECNISTA																														
Los resultados presentados corresponden exclusivamente a las muestras sometidas a ensayo.																																

Nota. Fuente de datos perfolabing SAS (2021).(perfolabing | Nosotros, 2021)

Figura 34 Resultado de ensayo para la determinación del peso unitario parafinado.

		DETERMINACION PESO UNITARIO PARAFINADO NTC 1495 Y CONTENIDO DE HUMEDAD						CODIGO	
								VERSION	
								FECHA	
SONDEO	PQ3 S-7	PQ3 S-7	PQ3 S-7	PQ3 S-7	PQ3 S-7	PQ3 S-7	PQ3 S-6	PQ3 S-6	
MUESTRA	3	7	8	13	15	20	6	12	
Profundidad (cm.)	1,20-1,65	3,20-3,65	3,70-4,15	7,50-7,95	9,50-9,95	13,5-13,95	2,50-2,95	5,50-5,95	
Humedad (%)	16.3%	17.3%	15.2%	18.4%	22.4%	16.6%	15.2%	14.4%	
1	PESO DE LA MUESTRA AL AIRE	110.1	109.6	56.6	90.4	80.1	66.4	82.9	68.7
2	PESO DE LA MUESTRA MAS PARAFINA AL AIRE	114.6	113.9	59.7	94.7	83.5	69.6	87.3	72.9
3	PESO DE LA MUESTRA MAS PARAFINA EN EL AGUA	59.3	59.5	30.0	47.8	43.3	35.6	43.8	35.7
4	VOLUMEN MUESTRA MAS PARAFINA(2-3)	55.3	54.4	29.7	46.9	40.2	34.0	43.5	37.2
5	PESO DE LA PARAFINA(2-1)	4.5	4.3	3.1	4.3	3.4	3.2	4.4	4.2
6	VOLUMEN PARAFINA (5 / P.E. DELA PARAFINA)	5.4	5.1	3.7	5.1	4.0	3.8	5.2	5.0
7	VOLUMEN DE LA MUESTRA POR DESPLAZAMIENTO(4-6)	49.9	49.3	26.0	41.8	36.2	30.2	38.3	32.2
8	PESO ESPECIFICO Muestra Humeda (1/7)	2.205	2.224	2.176	2.164	2.216	2.199	2.167	2.134
9	PESO ESPECIFICO DE LA MUESTRA Seca (gr/cm3) 8/(1+25/100)	1.896	1.896	1.889	1.828	1.811	1.886	1.880	1.864
HUMEDAD NATURAL									
Recipiente No.	P-5	P-53	M-40	P-59	P-22	P-17	P-58	P-32	
Peso suelo húmedo (g)	105.40	184.49	233.39	180.66	126.88	167.82	145.56	245.13	
Peso suelo seco (g)	96.43	162.56	211.77	158.31	111.72	149.99	131.19	219.47	
Peso de la lata (g)	41.31	35.59	69.69	36.78	43.94	42.54	36.81	41.84	
Humedad (%)	16.3%	17.3%	15.2%	18.4%	22.4%	16.6%	15.2%	14.4%	
ELABORÓ				REVISÓ					
Nombre:				Nombre: JHONN VARGAS QUINTERO					
Cargo:				Cargo: Especialista en Geotecnia					

Los resultados presentados corresponden exclusivamente a las muestras sometidas a ensayo.

Nota. Fuente de datos perfolabing SAS (2021).(perfolabing | Nosotros, 2021)

Figura 35 Cotización Pinzuar Pag 1.

VT-P-01-F-07 Revisión 7 Válido desde 2019-11-07

Ítem	Referencia	Descripción	Fotos	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Total	Valor desc.	Impto. Cargo
1	00PS841	<p>PS-841 CONJUNTO COMPLETO PARA ENSAYO TRIAXIAL DE SUELOS - Normas: INV E153-13 ASTM D2850 / D4767 / D7181 AASHTO T296 / T297</p> <p>El conjunto completo para ensayo triaxial de suelos está compuesto por un (1) marco de carga de precisión, una (1) unidad triaxial para ensayo de muestras con diámetros comprendidos entre 38 mm y 100 mm, un (1) sistema para registro de ensayos sistematizado, una (1) cámara triaxial, y un (1) kit de accesorios para preparación y montaje de muestras. SEGÚN NORMAS ASTM D2850, D4767, D7181; AASHTO T-296, T-297, INVIAS E153-13. Operación: 220 VAC, 50/60 Hz, 1200 W.</p> <p>Incluye Instalación, entrega y calibración en sitio por Laboratorio de Metrología acreditado.</p> <p>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marco de carga: de operación automática sistematizada. Capacidad máxima de fuerza: 50 kN (5000 kgf, 11000 lbf), Medición Digital de fuerza: Rango 5 kN, resolución 0,1 N, velocidad de desplazamiento programable desde 0.00001 mm/min hasta 9.999 mm/min. Dimensiones del marco de carga: 500 mm x 797 mm x 1875 mm, dimensiones útiles: Entre columnas: 342 mm. Altura libre ajustable para la muestra de 380 a 700 mm. - Unidad triaxial automática. Para la aplicación de presión de confinamiento (presión de cámara), presión de cabezal (contrapresión) y mantiene automáticamente las presiones durante el ensayo triaxial. Rango de presiones de confinamiento de hasta 2000 kPa y contrapresión hasta 1000 kPa. Medición de presión de poros mediante transductor, rango hasta 1000 kPa, resolución 0,1 kPa. Medición digital de cambio de volumen hasta 400 cm³ con resolución de 1 mm³. Tablero de válvulas para ensayos en modalidades no consolidado no drenado (UU) con o sin medición de las presiones de poros, ensayo de compresión triaxial consolidado no drenado (CU) con o sin medición de la presión de poros, y ensayo consolidado drenado (CD). Incluye bomba de vacío y tanque en acrílico para el almacenamiento y desaireación de agua. - Computador y Software: el cual realiza el registro y control en tiempo real de los ensayos durante su ejecución. Permite el registro de todos los parámetros y magnitudes medidas durante el desarrollo de todas las etapas del ensayo para ensayos triaxiales en modalidades: no consolidado no drenado (UU) con o sin medición de la presión de poros, triaxial consolidado no drenado (CU) con o sin medición de la presión de poros, y consolidado drenado (CD). También permite la generación de reportes en hojas de cálculo de Excel. - Cámara Triaxial (celda): la cámara cuenta con los elementos y accesorios necesarios para el desarrollo de los ensayos de compresión triaxial en las modalidades enunciadas anteriormente. 	Ver	1,00	75.000.000,00	89.250.000,00	0,00	19 %

F:830 048 145-8

Nota. Fuente de datos Pinzuar (*Home - PINZUAR, 2021*)

Figura 36 Cotización Pinzuar Pág. 2.

Ítem	Referencia	Descripción	Fotos	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Total	Valor desc.	Impto. Cargo
		<p>Estos elementos están diseñados para presiones de confinamiento de hasta 2000 kPa y el desarrollo de pruebas en muestras con diámetro máximo de 100 mm y 200 mm de altura. La cámara está compuesta por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Cilindro de acrílico. <input type="checkbox"/> Base con 3 válvulas de conexión. <input type="checkbox"/> 1 tapa con pistón, válvula de desaireación y retenedor. <input type="checkbox"/> Varillas y tuercas de ensamble en acero inoxidable. <input type="checkbox"/> Transductor para medición de presión de poros. <input type="checkbox"/> Elemento para la medición del desplazamiento vertical de rango de 2" con resolución de 0,001 mm <p>* La cámara suministrada por defecto corresponde a la que permite realizar el ensayo con muestras de máximo 100 mm de diámetro. En caso de requerir la cámara para el montaje de muestras de 150 mm de diámetro, se deberá indicar en la solicitud de oferta.</p> <p>Adicionalmente, se suministra con un (1) kit de preparación de muestras de ensayo (38 mm), que se compone de los siguientes elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Una (1) base para el montaje de la muestra <input type="checkbox"/> Un (1) cabezal para muestras <input type="checkbox"/> Dos (2) mangueras de conexión <input type="checkbox"/> Dos (2) piedras porosas <input type="checkbox"/> Cien (100) discos de papel filtro. <input type="checkbox"/> Diez (10) membranas de caucho <input type="checkbox"/> Diez (10) sellos anulares (o-rings) <input type="checkbox"/> Un (1) comprobador de membrana <input type="checkbox"/> Un (1) dispositivo de succión para membrana <input type="checkbox"/> Un (1) molde partido para preparación de muestras <p>Los conju</p>						

ELABORADA POR SIEGO S.A. NT

Total Bruto	75.000.000,00
Subtotal	75.000.000,00
IVA 19%	14.250.000,00
Total a Pagar	89.250.000,00

CONDICIONES COMERCIALES

TIEMPO DE ENTREGA: 60 días hábiles de confirmada su orden de compra al correo electrónico ventas2@pinzuar.com.co

FORMA DE PAGO: CREDITO 30 DIAS.

VALIDEZ DE LA OFERTA: 60 días a partir de la fecha

GARANTÍA: Para equipos, un año por defectos de fabricación

PAGOS NACIONALES: Recaudo a nombre de Pinzuar Nit: 800.006.900-3. Banco Bancolombia - Cuenta Corriente No. 2379-553525-3. **Banco Av Villas - Cuenta Corriente No. 394000723 - Cuenta Ahorros 394003537.**

PAGOS INTERNACIONALES: Beneficiario: PINZUAR Nit. 800.006.900 - 3. Carrera 108 No. 18 - 31 Bogotá Colombia Tel: (571) 7454555 Cel: 3165251236 - 3165385810 E-mail: comercio.exterior@pinzuar.com.co

Banco Intermediario: CITIBANK Nueva York ABA 021000089 Swift CITIUS 33

Banco Pagador: BANCOLOMBIA, COLOMBIA Swift COLOCOBM Chips Uid CH 005

Banco Beneficiario: BANCOLOMBIA BOGOTA-COLOMBIA, Sucursal Av. Dorado Cuenta Corriente 23795535253

Los fletes de la mercancía van por cuenta del cliente fuera de la ciudad. Para los equipos que requieran ser descargados con Montacargas es necesario que el cliente asuma el costo del mismo, después de transcurridos 8 días de la recepción de la mercancía Pinzuar no se hace responsable por faltantes o daños.

NOTA: A TODOS NUESTROS CLIENTES INFORMAMOS QUE NUESTRO LABORATORIO DE METROLOGIA SE ENCUENTRA ACREDITADO EN LA NORMA NTC ISO IEC 17025, BAJO EL PROGRAMA DE LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN CON CÓDIGO DE ACREDITACIÓN ONAC 11-LAC-004, PARA LONGITUD, MASAS, BALANZAS, FUERZA, PAR TORSIONAL Y TEMPERATURA. PARA SOLICITAR LOS SERVICIOS DE CALIBRACIÓN POR FAVOR COMUNIQUESE AL 7454555 Ext. 1113-1114-1115 CORREO ELECTRONICO comercial.laboratorio@pinzuar.com.co

Agradeciendo su amable atención y en espera de poder servirles

Cordialmente,

ARACELY ARDILA
DIRECTORA COMERCIAL

Para la certificación de producto tamiz bajo la norma ASTM E11, el ente certificador es Bureau Veritas Certification acreditado por ONAC para esta actividad.

LINA MARIA PAEZ
ventas2@pinzuar.com.co

Nota. Fuente de datos Pinzuar (Home - PINZUAR, 2021)

12 Referencias Bibliográficas

- Alexander Newman F.ASCE, P. E. (2015). *FOUNDATION DESIGN FOR METAL BUILDING SYSTEMS* (3rd editio). McGraw-Hill Education.
<https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071828963/chapter/chapter12>
- Central, S. (2021). *laboratorios de la Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia de la Sede Central. 1849(1849)*, 1–68.
- DANE. (2019a). *Índice de Precios al Consumidor (IPC)*.
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-precios-al-consumidor-ipc>
- DANE. (2019b). *PIB Información técnica*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-trimestrales/pib-informacion-tecnica>
- Day, R. W. (2012). *LABORATORY TESTING*.
<https://ezproxy.uan.edu.co:2107/content/book/9780071789714/chapter/chapter3>
- González-Teruel, J. D., Torres-Sánchez, R., Blaya-Ros, P. J., Toledo-Moreo, A. B., Jiménez-Buendía, M., & Soto-Valles, F. (2019). Design and calibration of a low-cost SDI-12 soil moisture sensor. *Sensors (Switzerland)*, 19(3). <https://doi.org/10.3390/s19030491>
- Goswami, I. (2012). *Soil Sampling and Testing*. 1106.
<https://ezproxy.uan.edu.co:2107/content/book/9780071787727/chapter/chapter17>
- Handy, R. L. (2007). *The Soil Profile*.
<https://ezproxy.uan.edu.co:2107/content/book/9780071481205/chapter/chapter5>
- Home - PINZUAR. (2021). <https://www.pinzuar.com.co/pinzuar/en/>
- Inicio - Icontec. (2021). <https://www.icontec.org/>
- INVIAS. (2013). Normas y especificaciones 2012 INVIAS. *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de Ensayo Para Materiales de Carreteras.*, 798.
<https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento->

tecnicos/1988-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras-y-normas-de-ensayo-para-materiales-de-carreteras

Laboratory Testing of Soils, Rocks, and Aggregates - Nagaratnam Sivakugan, A. Arulrajah,

Myint Win Bo - Google Books. (n.d.). Retrieved September 1, 2021, from

<https://books.google.com.co/books?id=AGx->

[Te4eAzIC&printsec=frontcover&dq=Soils+test+Laboratory+Geotechnical&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwiy-tGm5M_yAhVsQTABHc5TAaoQ6AEwAnoECAoQAg#v=onepage&q=Soils test Laboratory Geotechnical&f=false](https://books.google.com.co/books?id=AGx-Te4eAzIC&printsec=frontcover&dq=Soils+test+Laboratory+Geotechnical&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwiy-tGm5M_yAhVsQTABHc5TAaoQ6AEwAnoECAoQAg#v=onepage&q=Soils+test+Laboratory+Geotechnical&f=false)

Lira Briceño, P. (2015). *Evaluación de proyectos de inversión : herramientas financieras para analizar la creación de valor*. 236.

Meza Orozco, J. de J. (2017). *Evaluación financiera de proyectos*.

Mintrabajo. (2020). *Trabajadores colombianos tendrán salario mínimo de \$908.526 más auxilio de transporte de \$106.454 en el 2021 - Ministerio del trabajo*. 2020.

<https://www.mintrabajo.gov.co/prensa/comunicados/2020/diciembre/trabajadores-colombianos-tendran-salario-minimo-de-908526-mas-auxilio-de-transporte-de-106454-en-el-2021>

Otsubo, M., & O'Sullivan, C. (2018). Experimental and DEM assessment of the stress-dependency of surface roughness effects on shear modulus. *Soils and Foundations*, 58(3), 602–614. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2018.02.020>

perfolabing | Nosotros. (2021). <https://perfolabing.com/nosotros/#>

S.A.S., B. E. C. G. (2021). LISTADO DE ENSAYOS Y PRECIOS 2021. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 2021, 1–114.

S.A.S, E. I. y E. (1527). *TARIFAS DE SERVICIOS DE LABORATORIO AÑO 2019*.

www.echeverryingenieria.com

Scopus - Document search. (2021).

<https://ezproxy.uan.edu.co:2063/search/form.uri?zone=TopNavBar&origin=resultslist&displ>

ay=basic#basic

Triaxial Testing of Soils - Poul V. Lade - Google Libros. (2016).

https://books.google.com.co/books?id=Jm7CwAAQBAJ&pg=PA2&dq=triaxial+test&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiB5_nFtqTzAhU0ITQIHjKAMMQ6AF6BAgHEAI#v=onepage&q&f=false

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. (2014). *UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO INTEGRADO DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL TARIFAS LABORATORIO INGENIERIA CIVIL CODIGO: MG-FOR-007 Ensayos de Mecánica de Suelos.* <http://laboratoriointegrado.uniandes.edu.co>

Universidad Nacional de Colombia. (2021).

http://www.legal.unal.edu.co/rlunal/home/doc.jsp?d_i=97917

Universidad Pontificia Bolivariana. (2021). *Universidad Pontificia Bolivariana. 2021.*

<https://gconocimiento.upb.edu.co/gesdoc/Informacin>

[Institucional/RR_06_2021_Tarifas_y_valores de Ingresos.pdf](https://gconocimiento.upb.edu.co/gesdoc/Informacin/Institucional/RR_06_2021_Tarifas_y_valores%20de%20Ingresos.pdf)