

Classification and shear strength of soil in an Educational Institution

Yerson Wilson Lopez Flores, Bachiller¹  Miguel Armando Benites Gutiérrez, Doctor¹  Josualdo Carlos Villar Quiroz, Maestro¹  Rómulo Alberto Rojas Meza, Doctor¹  Karina Jacqueline Cárdenas-Rodríguez, Maestra²  Flor Alicia Calvanapón-Alva, Doctora² 

¹ Universidad Nacional de Trujillo, Perú, ylopezf@unitru.edu.pe, mбенites@unitru.edu.pe, jvillar@unitru.edu.pe, arojasm@unitru.edu.pe.

² Universidad Privada del Norte, Perú, karina.cardenas@upn.edu.pe, flor.calvanapon@upn.edu.pe

*Abstract-Research conducted in an educational institution, the objective was to determine the relationship between soil classification and shear strength. For this purpose, a non-experimental cross-sectional design, correlational scope was used; the population and sample was the soil; the data collection techniques used were documentary review, interview and observation; descriptive and inferential statistics were used in the data analysis. The problem is the deficiencies present in the pavilions and slabs such as fissures, cracks and sinking, which has been harming the students before the pandemic. A low plasticity sandy clayey soil (CL) was obtained, $\phi=19.311+0.203*LP$ with $r^2=0.874$ and $\varepsilon=0.073$, and $c=-0.768+0.576*\gamma_m$ with $r^2=0.921$ and $\varepsilon=0.004$ according to SPSS software. It is concluded in that the existing relationship between classification and soil shear strength in I.E. 80140 "J.F.S.C." was determined, and a Dashboard of soil shear strength was created that will allow future projects to have better foundation designs and optimize costs in it.*

Keywords-Classification, shear strength, soil, educational institution.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Clasificación y resistencia al corte del suelo en una Institución Educativa

Yerson Wilson Lopez Flores, Bachiller¹  Miguel Armando Benites Gutiérrez, Doctor¹  Josualdo Carlos Villar Quiroz, Maestro¹  Rómulo Alberto Rojas Meza, Doctor¹  Karina Jacqueline Cárdenas-Rodríguez, Maestra²  Flor Alicia Calvanapón-Alva, Doctora² 

¹ Universidad Nacional de Trujillo, Perú, ylopez@unitru.edu.pe, mbenites@unitru.edu.pe, jvillar@unitru.edu.pe, arojasm@unitru.edu.pe.

² Universidad Privada del Norte, Perú, karina.cardenas@upn.edu.pe, flor.calvanapon@upn.edu.pe

Resumen-Investigación que se realizó en una institución educativa, el objetivo fue determinar la relación existente entre la clasificación y resistencia al corte del suelo. Para ello, se utilizó un diseño no experimental transversal, alcance correlacional; la población y muestra fue el suelo; las técnicas de recolección de datos que se usaron fueron la revisión documental, entrevista y observación; se usó en el análisis de datos estadística descriptiva e inferencial. El problema es las deficiencias presentes en los pabellones y losas como fisuras, grietas y hundimientos, lo cual ha ido perjudicando a los estudiantes antes de la pandemia. Se obtuvo un suelo arcilloso arenoso de baja plasticidad (CL), $\phi=19.311+0.203*LP$ con $r^2=0.874$ y $\varepsilon=0.073$, y $c=-0.768+0.576*\gamma_m$ con $r^2=0.921$ y $\varepsilon=0.004$ según el software SPSS. Se concluye en que se determinó la relación existente entre la clasificación y resistencia al corte del suelo en la I.E. 80140 “J.F.S.C.”, y se creó un Dashboard de resistencia al corte del suelo que permitirá que los futuros proyectos cuenten con mejores diseños de cimentaciones y se optimice costos en ello.

Palabras clave-Clasificación, resistencia al corte, suelo, institución educativa.

I. INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre Geotecnia y en especial la de Mecánica de Suelos, son base para el desarrollo de diferentes proyectos de edificación, es por ello un buen estudio de suelo es prioritario; siendo uno de los parámetros más importantes el de resistencia al corte del suelo para determinar correctamente la capacidad de carga admisible y realizar un correcto diseño de las estructuras, pero si esos parámetros no son los correctos, la capacidad de carga admisible también no lo será y como consecuencia la edificación puede que genere deformaciones considerables en el suelo y en efecto producir esfuerzos adicionales en sus diferentes elementos estructurales, causando fisuras, grietas o el desplome de la edificación.

En la I.E. 80140 “J.F.S.C.” del distrito de Chugay se ha identificado las diferentes deficiencias en las que se encuentra los pabellones y losas como son fisuras, grietas y hundimientos; en el caso de los pabellones antiguos se debe a que no se hicieron previo a la construcción un estudio de

suelos, lo cual ha ido perjudicando a los estudiantes antes de la pandemia y que cada año es más concurrido debido al alto crecimiento poblacional en el distrito. Debido a ello es necesario contar con un adecuado estudio de mecánica de suelos, identificando adecuadamente la clasificación y resistencia de corte del suelo para diseñar adecuadamente la cimentación de los proyectos a futuro que se deseen realizar, para que así no cuenten con las mismas deficiencias, ya que todo ello conlleva a generar mayores costos en reparación y mantenimiento.

El propósito de la presente investigación es determinar la relación existente entre la clasificación y resistencia al corte del suelo en la I. E. 80140 “J.F.S.C.” del distrito de Chugay, todo ello conlleva a determinar algunas propiedades físicas que permitan clasificar al suelo, y también determinar los parámetros de resistencia de corte del mismo, para luego relacionarlas y así encontrar ecuaciones de predicción de la resistencia al corte en función de las propiedades físicas, el cual permitirá reducir costos en los próximos estudios de suelos que se desee realizar en la institución educativa. La investigación también tiene como propósito crear un dashboard (panel de control) de resistencia al corte, para futuros proyectos el cual permita determinar así los óptimos detalles de cimentación.

La consecuencia de no realizar la investigación traería consigo las mismas deficiencias y problemas que actualmente la Institución Educativa sufre con las fisuras, grietas y asentamientos en los pabellones; no contarían con parámetros precisos de resistencia al cizallamiento o corte del suelo y en efecto los ingenieros no podrían minimizar costos en cimentación porque no se cuenta con los parámetros reales del suelo para el correcto diseño de cimientos para las diferentes estructuras que deseen asentar. Además, continuarían los mayores costos de reparaciones, mantenimiento y los proyectos futuros se verían inviables.

La pregunta de investigación es ¿Cuál es la relación entre la clasificación y resistencia al corte del suelo en una Institución Educativa? y teniendo como objetivo: Determinar la relación existente entre la clasificación y resistencia al corte del suelo en una Institución Educativa y se planteó la siguiente hipótesis de investigación: La clasificación tiene relación significativa con la resistencia al corte del suelo en una Institución Educativa.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

La investigación se realizó en el distrito de Chugay que tiende a un mayor crecimiento poblacional, el mismo que ha obligado a realizar una ampliación de nuevos pabellones para una institución educativa. Además, la razón para llevar a cabo esta investigación es la identificación de las diferentes condiciones físicas en las que se encuentra los pabellones y losas como son fisuras, grietas, hundimientos, y entre otros; en el caso de los pabellones antiguos se debe a que no se hicieron previo a la construcción un estudio de suelos, lo cual ha ido perjudicando a los estudiantes de la institución educativa antes de la pandemia.

Resolver el problema de investigación sirve para encontrar ecuaciones de predicción de los parámetros de resistencia cortante del suelo, la cual permitirá que las entidades, empresas constructoras u otros que deseen realizar obras de construcción civil en beneficio de los, estudiantes y docentes de la institución educativa para que puedan minimizar costos en un estudio de mecánica de suelos (porque ya no será necesario realizar ensayos de corte directo o triaxial que actualmente son muy costosos), en cimentaciones (porque los parámetros de resistencia cortante del suelo serán valores reales el cual permitirá diseñar cimentaciones no sobredimensionadas) y sobre todo puedan evitar las deficiencias físicas de las estructuras futuras que se desee asentar en dicho suelo (porque se tendrá en cuenta las propiedades necesarias del suelo en el diseño de las estructuras).

“Estudio geológico – geofísico mediante tomografía eléctrica, refracción sísmica y ensayos MASW, para la identificación de la probable falla geológica que causo el colapso de 03 viviendas en la localidad de Chugay, Distrito Chugay, Provincia Sánchez Carrión en el Departamento de La Libertad”. Becerra y Gálvez mencionan en su informe técnico que realizaron un estudio geofísico para determinar las condiciones geológicas y geotécnicas del subsuelo y así poder identificar la probable falla geológica que causo el colapso de 03 viviendas en la localidad de Chugay [1].

“Mejoramiento y ampliación del servicio educativo en el nivel primario y secundario de la I.E. N° 80140 José F. Sánchez Carrión de la localidad de Chugay, Distrito de Chugay - Provincia de Sánchez Carrión - Departamento de La Libertad”

Según Geotecnia & Construcciones Servicios Generales S.A.C en su informe técnico realizaron un estudio de suelo con propósitos de cimentación en la Institución Educativa 80140 “JFSC”. [2].

“Mejoramiento del servicio educativo en la I.E. N°80140/A1-ESPM-José Faustino Sánchez Carrión, Distrito de Chugay, Sánchez Carrión, La Libertad”

Según SI de Ingeniería E.I.R.L. en su informe técnico realizaron un estudio de suelo con propósitos de cimentación. Respecto a su metodología: Primero identificaron la geología y sismicidad del área analizada, luego en trabajo de campo hicieron dos calicatas hasta una profundidad de 3 m en la zona a edificarse, extrajeron muestras alteradas y en el laboratorio hicieron ensayos estándar como análisis granulométrico por

cribado (Norma ASTM D-422), límite líquido (Norma ASTM D-423), límite plástico. (Norma. ASTM D-424), humedad (ASTM D-2216) y peso específico relativo de sólidos (ASTM D-854), asimismo hicieron ensayos como densidades mínimas y máximas secas, y sales solubles totales; por otro lado, determinaron la capacidad portante admisible mediante dos modalidades, una a través de la prueba de campo como es el Ensayo de Penetración Dinámica Ligera (D.P.L.) y la otra forma a través de la fórmula de Peck y Terzaghi, con los parámetros de Vesic. [3].

“Variación de los parámetros de resistencia al corte con diferentes grados de saturación en suelos cohesivos en siete distritos de la Región Lambayeque – Perú”.

Alarcón y Terán mencionan en su tesis que su objetivo principal fue determinar el cambio de parámetros de la resistencia al corte en suelos cohesivos considerando variados grados de saturación en 7 distritos de Lambayeque con el diseño de conseguir los parámetros mencionados en situaciones saturados y parcialmente saturados (p.6). Respecto a su metodología, usaron la observación directa, experimental y el análisis en campo y laboratorio como técnicas de recolección de datos, además elaboraron encuestas a 7 ingenieros que dominan la rama de la mecánica de suelos y utilizaron formatos estandarizados para obtener sus resultados en el laboratorio. [4].

“Correlación de los parámetros de resistencia cortante con la densidad y contenido de humedad del suelo, utilizando el ensayo de corte directo”

Vargas menciona en su tesis que su objetivo principal fue obtener la correlación de los parámetros de la resistencia cortante con la densidad y humedad del suelo de la ciudad de Huaraz, Región Ancash. Respecto a su metodología, sometió 75 muestras de suelo en el ensayo de corte directo, posteriormente hizo un análisis de regresión lineal simple para conseguir la cohesión y ángulo de fricción interna con respecto al peso unitario (para 5 contenidos de humedad) y con respecto al contenido de humedad (para 5 pesos unitarios), asimismo hizo un análisis de regresión lineal múltiple. [5].

“Zonificación de la Capacidad Portante del Suelo para construcción de Edificaciones en la Localidad de San Francisco del Río Mayo, Distrito de Cuñumbuque, Provincia de Lamas, Departamento de San Martín”

Sánchez- Ruíz [6] menciona en su tesis que su objetivo principal fue obtener capacidades portantes y algunas características del suelo, con el diseño de crear un mapa de zonificación de capacidad portante en San Francisco del río Mayo.

“Regression equations for estimating landslide-triggering factors using soil characteristics”

Kim et al., mencionan en su artículo científico que su objetivo principal fue determinar la permeabilidad (K), cohesión (c) y ángulo de fricción (ϕ) del suelo en áreas de deslizamiento y no deslizamiento de tierra en diferentes condiciones geológicas, específicamente en suelos graníticos

de la zona de Sangju y suelos de gneis en el área de Yangu de Corea del Sur. [7].

“Linear and nonlinear approaches and statistical evaluations to predict the shear strength parameters and collapse potential of gypseous soils”

Mawlood menciona en su artículo científico que su objetivo principal fue explorar la dependencia del uso de modelos de regresión lineales y no lineales para predecir los parámetros más importantes de resistencia al corte como es la cohesión (c) y ángulo de fricción interna (ϕ) de suelos yesosos en función de propiedades fáciles de medir como propiedades índices, contenido inicial de agua, proporción de huecos, gravedad específica, peso unitario total y seco, y contenido de yeso como principal variable independiente para constituir modelos matemáticos. [16].

Clasificación

Das y Sobhan, manifiestan que los sistemas de clasificación proporcionan de manera detallada las características específicas de los suelos, además mencionan que a pesar que existen hoy en día diversos sistemas de clasificación, ninguno es totalmente definitivo para cualquier suelo debido a su amplia diversidad de propiedades. Asimismo, mencionan que en general, hay dos categorías principales en las que se pueden agrupar los sistemas de clasificación desarrollados en el pasado: El sistema de clasificación de texturas que está determinado por la distribución del tamaño de partícula y el sistema AASHTO y SUCS que se basan en el comportamiento de ingeniería del suelo y toma en consideración la dispersión del tamaño de partícula y la plasticidad. [8]. Generalmente la clasificación se obtiene en el laboratorio mediante ensayos, pero para ello se necesita muestras de suelo, el cual involucra primero realizar una exploración geotécnica.

Exploración geotécnica definitiva

Según González, se emplea para comprobar y completar los resultados obtenidos en la exploración geotécnica preliminar, en la cual es inevitable obtener muestras representativas del suelo o roca, y así obtener sus propiedades. Además, menciona que las herramientas y métodos utilizados para este fin son muy variados, dependiendo del tipo de material que se muestrea. [9].

Sistema unificado de clasificación de suelos

Badillo y Rodríguez, mencionan que este sistema fue propuesto originalmente en 1942 por el Ingeniero Civil Arthur Casagrande en la Universidad de Harvard y que se adoptó en seguida por el Cuerpo de Ingenieros de los EE.UU. quien lo aplicó en la construcción de aeropistas durante la II Guerra Mundial, posteriormente en 1952 se hizo ligeras modificaciones para construir el SUCS [10].

Resistencia al corte

Según Das y Sobhan, es la resistencia interna por unidad de área que el suelo resiste al deslizamiento y falla a lo largo de un plano dentro del mismo. [8]. Das y Sobhan mencionan el término falla, que aún no tiene una definición general, pero según Badillo y Rodríguez mencionan que entre las Teorías de

Falla tipo cinemático y dinámico, las de tipo dinámico han alcanzado mayor notoriedad, entre ellas tenemos la Teoría del máximo esfuerzo normal de Rankine y las Teorías del máximo esfuerzo cortante, dentro de estas tenemos la Teoría de Guest Teoría de Coulomb y la Teoría de Mohr, que experimentalmente han demostrado los mejores resultados. Además, mencionan que actualmente en la Mecánica de Suelos se usa el Criterio de Mohr-Coulomb, con línea de falla curva, como criterio de falla [10].

Business intelligence

Según Joyanes, el prestigioso portal tecnológico techtarget.com, define la Business Intelligence (BI) como proceso dominado por la tecnología para analizar datos y proporcionar información para ayudar a los ejecutivos de negocios, gerentes y otros usuarios a tomar mejores decisiones comerciales. Además, menciona que una rama del BI es la Business Analytics (BA) que se basa en técnicas de análisis de datos. [11]

Dashboard de resistencia al corte

Joyanes, menciona que, un tablero de control, cuadro de mando o dashboard en inglés, es una herramienta de la BI que muestra diagramas, graficas o indicadores clave de rendimiento (KPI) en una sola pantalla (de escritorio, tableta o teléfono inteligente) el cual ayuda a la gestión empresarial. [11]

II. METODOLOGÍA

La presente investigación es de enfoque Cuantitativo, porque se va a medir las variables. Además, porque según Hernández et al. en este tipo de enfoque se emplea la recolección de datos para someter a prueba hipótesis que se basa en mediciones numéricas y análisis estadísticos, con objetivo de probar teorías. [12].

El presente artículo es aplicado, porque la investigación tiene como fin obtener nuevos conocimientos para encontrar soluciones a problemas reales. Además, porque según Hernández et al. comenta que en este tipo de investigación se tiene como propósito fundamental el de resolver problemas [12].

Según el diseño es no experimental, porque las variables no son manipuladas, y los datos se obtienen directamente de la realidad, sin alteración o modificación. Esta investigación, según Hernández et al. cumple con un Diseño No experimental, ya que no hubo manipulación de ninguna de las variables de estudio, y los datos se obtuvieron directamente de la realidad, sin alteración o modificación. [12].

Asimismo, según lo mencionado por Hernández et al. cumple con un Diseño Transversal debido a que el estudio se realizó en un único periodo de tiempo, y no en varios como en los estudios longitudinales. [12]

Además, según Hernández et al. también cumple con un Diseño Correlacional debido a que se describió la relación existente entre las variables Clasificación y Resistencia al corte en un momento determinado. [12].

Se empleó las siguientes técnicas de recolección de datos revisión documental, entrevista y observación.

En cuanto a la revisión documental, para esta técnica se recurrió a la búsqueda de información geológica en INGENIERIA y ha informes técnicos relacionado al estudio de suelos de la zona a estudiar para saber si existen fallas geológicas o existen cavidades kársticas, puesto que también es de vital importancia para determinar si es viable realizar un estudio de suelos.

La entrevista, permitió obtener data histórica del suelo, realizando preguntas a la comunidad de la zona de estudio o profesionales que hayan realizado investigación relacionado al suelo, porque es de vital importancia para determinar si es viable realizar un estudio de mecánica de suelos puesto que la Norma Técnica Peruana E.050 no se podría aplicar en los casos donde existen zonas de valor arqueológico, oquedades subterráneas (naturales o artificiales) o galerías.

Observación, esta técnica permitió determinar la cantidad de calicatas a realizar en base a la información recolectada mediante la técnica de la entrevista, así mismo a que profundidad realizarlo de acuerdo al Nivel Freático del Agua (NAF) y también nos permitirá registrar la cantidad de estratos existentes en cada calicata.

En función a las técnicas de recolección de datos, para la técnica de la Revisión documental se elaboró los instrumentos “fichas de resumen”, para la Entrevista los instrumentos “guías de entrevista” y para la Observación los instrumentos “guías de observación”

Fichas de resumen: Este instrumento permitió registrar toda la información necesaria sobre la topografía, hidrología, geología y estudios geotécnicos que se hayan realizado en el lugar de estudio.

Guía de entrevista: Este instrumento permitió registrar datos sobre la historia geológica e hidrológica del suelo y saber si existen fallas geológicas, zonas de valor arqueológico, oquedades subterráneas (naturales o artificiales) o galerías.

Guías de observación: con este instrumento se registró la cantidad de sondeos, tipo de sondeo, nivel del NAF, profundidad de sondeo y la cantidad de muestras extraídas.

En base al diseño de investigación No experimental, Transversal y Correlacional, se realizó como técnicas de análisis de datos: La estadística descriptiva y la inferencial. Con la estadística descriptiva, se presentó los datos obtenidos para cada variable como es clasificación y resistencia al corte, mediante tablas y gráficos estadísticos. La estadística inferencial, se utilizó para probar la hipótesis y estimar los parámetros de resistencia al corte del suelo a través de la técnica de correlación y regresión. La muestra en el estudio es el suelo de la Institución Educativa.

III. RESULTADOS

EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PRELIMINAR

TABLA I
GEOLOGÍA

Unidad estratigráfica	Depósito coluvial
-----------------------	-------------------

Falla geológica	No existe
Grado de susceptibilidad a movimientos en masa	Muy bajo a Moderado
Nivel del agua freática	20 m aprox.

TABLA II
HIDROLOGÍA

Precipitación	5.3 mm aprox.
---------------	---------------

TABLA III
TOPOGRAFÍA

Área	22 656.80 m ²
Perímetro	662.55 m
Pendiente promedio	< 5 %

TABLA IV
GEOTECNIA

Peso específico	1.52 g/cm ³ a 1.56 g/cm ³
Humedad	10.91 % a 13.87 %
	24.67 % a 24.6 %
Índice de plasticidad	8.16 % a 14.65 %
	11.8 % y 10.5 %
Clasificación SUCS	SC
	CL-ML y CL
Cohesión	0.12 kg/cm ² a 0.1563 kg/cm ²
	0.532 kg/cm ²
Ángulo de fricción	13.41° a 15.73°

EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA DEFINITIVA

TABLA V
SONDEO

Número de sondeos	5
Dimensiones de calicata	1 m x 1 m x 3 m

TABLA VI
MUESTREO

	Por calicata	
	Alteradas	Inalteradas
Cantidad de muestras	3 kg	1
Dimensiones de muestras	-	30 cm x 30 cm x 30 cm

TABLA VII
PESO ESPECIFICO

	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
Peso específico (g/cm ³)	1.79	1.82	1.82	1.81	1.84

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

TABLA VIII
GRANULOMETRÍA

	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
Finos (%)	97.55	97.80	97.88	97.12	97.77
Coefficiente de uniformidad	29.99	43.33	46.36	45.00	39.23

Coefficiente de curvatura	1.52	1.94	2.16	2.22	2.17
---------------------------	------	------	------	------	------

TABLA IX
PLASTICIDAD

	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
Humedad (%)	15.66	14.98	15.95	14.81	15.66
Límite líquido (%)	38.08	38.59	35.00	35.77	38.20
Límite plástico (%)	18.43	18.08	16.47	18.08	17.05
Índice de plasticidad (%)	19.65	20.50	18.54	17.69	21.14
Índice de liquidez	-0.14	-0.15	-0.03	-0.18	-0.07
Índice de consistencia	1.14	1.15	1.03	1.18	1.07
Actividad	1.92	1.80	1.44	1.57	2.16

TABLA X
CLASIFICACIÓN SUCS

-	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
SUCS	CL	CL	CL	CL	CL

ENSAYO TRIAXIAL

TABLA XI
PRUEBA CONSOLIDADA NO DRENADA (CU)

	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
Número de especímenes	3	3	3	3	3
Dimensiones del espécimen (cm)	7.10x 14.20	7.10x 14.20	7.10x 14.20	7.40x 14.20	7.20x 14.50
	7.10x 14.20	7.10x 14.20	7.10x 14.20	7.10x 14.13	7.10x 14.20
	7.10x 14.20	7.10x 14.20	7.00x 14.00	7.10x 14.20	7.10x 14.20
Presión de confinamiento (kg/cm ²)	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2
	4	4	4	4	4
Esfuerzo desviador (kg/cm ²)	2.11	2.14	2.12	2.14	2.10
	3.40	3.50	3.45	3.55	3.47
	5.90	5.90	5.81	5.96	5.78
Ángulo de fricción (°)	23.1	22.9	22.7	23.0	22.7
Cohesión (kg/cm ²)	0.26	0.28	0.28	0.28	0.29

RELACIÓN ENTRE CLASIFICACIÓN Y RESISTENCIA AL CORTE

TABLA XII
CORRELACIÓN ENTRE CLASIFICACIÓN Y RESISTENCIA AL CORTE
MEDIANTE SPSS

CLASIFICACIÓN	RESISTENCIA AL CORTE	
	CL	Cohesión (kg/cm ²)

	r	r ²	r	r ²
Peso específico (g/cm ³)	0.955	0.912	-0.877	0.769
Finos (%)	0.218	0.048	-0.663	0.439
Coefficiente de uniformidad	0.693	0.480	-0.538	0.290
Coefficiente de curvatura	0.890	0.792	-0.673	0.453
Humedad (%)	-0.115	0.013	-0.478	0.229
Límite líquido (%)	-0.117	0.014	0.229	0.052
Límite plástico (%)	-0.605	0.366	0.935	0.874
Índice de plasticidad (%)	0.218	0.048	-0.285	0.081
Índice de liquidez	0.354	0.125	-0.845	0.713
Índice de consistencia	0.079	0.006	0.845	0.713
Actividad	0.079	0.006	-0.006	0.000

TABLA XIII
REGRESIÓN ENTRE CLASIFICACIÓN Y RESISTENCIA AL CORTE
MEDIANTE SPSS

Coefficiente de regresión	Ángulo de fricción	0.203
Ecuación de regresión		$\phi = 19.311 + 0.203 * LP$
Error estándar de estimación		0.07342
Coefficiente de regresión	Cohesión	0.576
Ecuación de regresión		$c = -0.768 + 0.576 * \gamma_m$
Error estándar de estimación		0.00376

BUSINESS INTELLIGENCE

TABLA XIV
DASHBOARD DE RESISTENCIA AL CORTE

Base de datos	Peso específico
	Límite plástico
	Cohesión
	Ángulo de fricción
	Ecuaciones de regresión
	Errores estándares de estimación

IV. DISCUSIÓN

La relación existente entre la clasificación y resistencia al corte del suelo en una Institución Educativa, para el ángulo de fricción es $\phi = 19.311 + 0.203 * LP$ con $r^2 = 0.874$ y $\epsilon = 0.073$, y para la cohesión es $c = -0.768 + 0.576 * \gamma_m$ con $r^2 = 0.921$ y $\epsilon = 0.004$, ambos para un suelo tipo arcilla arenosa de baja

plasticidad. Para ello, se realizó la prueba de hipótesis general en la cual se hizo la correlación y regresión de las variables mediante el software SPSS obteniendo coeficientes de correlación de 0.935 y 0.955 para ambas ecuaciones respectivamente el cual significa una correlación positiva perfecta, validando así la hipótesis formulada.

En la tabla I Geología. La unidad estratigráfica presente en la Institución Educativa 80140 José Faustino Sánchez Carrión, distrito Chugay 2021 es de depósito coluvial, el cual significa que el suelo está conformado por limo arcillitas, areniscas de grano medio a fino, clastos y bloques de roca volcánica en matriz limo arenosas (González de Vallejo et al., [13]); no existe fallas geológicas, por ende realizar un estudio de suelos en dicho lugar si es viable (NTP E050); el grado de susceptibilidad a movimientos en masa es muy bajo a moderado, el cual significa que si es permisible el desarrollo de infraestructura urbana e industrial siempre y cuando se realicen estudios del suelo o tectónicos detallados con el fin de conocer sus propiedades para los diseños de la infraestructura para hacer viable los proyectos (Becerra y Gálvez, [1]); el nivel del agua freática se encuentra a 20 metros aproximadamente, esto significa que tiene un mínimo o nada de influencia en las condiciones de cimentaciones de la infraestructuras presentes en la institución educativa (Geotecnia Fácil, [14]).

En la tabla II Hidrología. La precipitación en la Institución Educativa 80140 José Faustino Sánchez Carrión, distrito Chugay 2021 en los días 13, 14 y 15 de febrero del 2022, fechas en que se hizo el sondeo y muestreo es de 5.3 mm o 5.3 l/m² aproximadamente perteneciente a un tipo de precipitación débil (Núñez, [15]), esto está estrictamente relacionado con la humedad del suelo, y en efecto con el peso específico, resistencia al corte y otros parámetros del mismo.

En la tabla III Topografía. El terreno de la Institución Educativa 80140 José Faustino Sánchez Carrión, distrito Chugay 2021 tiene un área de 22 656.80 m², perímetro de 662.55 m y con una pendiente menor a 5 %, la pendiente determinada indica que es suficiente contar con solo un plano planimétrico, indicando los linderos, el uso del terreno, obras anteriores y existentes, zonas con restos arqueológicos si fuera el caso, situación y disposición de acequias y drenaje, además, el plano debe indicar obligatoriamente la ubicación prevista de las obras a edificar, de no ser así, el programa de exploración de campo cubre todo el área del terreno (NTP E050).

En la tabla IV Propiedades del Suelo. El suelo de la Institución Educativa 80140 José Faustino Sánchez Carrión, distrito Chugay 2021 tiene un peso específico entre 1.52 g/cm³ a 15.6 g/cm³ según Geconsac [2]; humedad entre 10.91 % a 13.87 % (Geconsac, [2]) y entre 24.67 % a 24.6 % según SI de Ingeniería [3]; índice de plasticidad entre 8.16 % a 14.65 % (Geconsac, [2]) y entre 11.8 % y 10.5 % (SI de Ingeniería [3]); clasificación SUCS un suelo tipo arena arcillosa (SC)

(Geconsac, [2]) y tipo arcilloso de baja plasticidad con contenidos de limos (CL-ML) (SI de Ingeniería, [3]); cohesión entre 0.12 kg/cm³ a 0.1563 kg/cm³ (Geconsac, [2]) y un valor de 0.532 kg/cm² (SI de Ingeniería, [3]); y un ángulo de fricción entre 13.41° a 15.73° (Geconsac, [2]). Las dos empresas que realizaron estudio de suelos en la institución educativa con fines de cimentación difieren notoriamente en sus resultados de las propiedades del suelo, la causa probablemente sea la metodología de exploración geotécnica o métodos realizados en el laboratorio.

En la tabla V Sondeo. En la Institución Educativa 80140 José Faustino Sánchez Carrión, distrito Chugay 2021 se realizó un total de 5 sondeos, siendo las dimensiones de los sondeos (calicatas) de 1 m x 1 m x 3 m. El número de sondeos es la cantidad mínima tomada a criterio del investigador para fines de la presente investigación (González de Vallejo et al., [13]), siendo tres de ellas para la triangulación y los otros 2 sondeos para aumentar la data, el cual permitió realizar un mejor análisis estadístico. En cuanto a la profundidad de la calicata, fue de acuerdo a la normativa como profundidad mínima (NTP E050)

En la tabla VI Muestreo. La cantidad de muestras tomadas por cada calicata realizada en la Institución Educativa 80140 José Faustino Sánchez Carrión, distrito Chugay 2021 fue de 3 kg de suelo alterado pero representativo y un bloque de muestra inalterada de dimensiones 30 cm x 30 cm x 30 cm. Estas muestras fueron de vital importancia para la obtención de las propiedades del suelo en el laboratorio, las muestras alteradas para la granulometría y plasticidad, y las muestras inalteradas para la obtención del peso específico y resistencia al corte.

En la tabla VII Peso Específico. Los pesos específicos del suelo obtenido en la Institución Educativa 80140 José Faustino Sánchez Carrión, distrito Chugay 2021 fue de 1.79 kg/m³, 1.82 kg/m³, 1.82 kg/m³, 1.81 kg/m³ y 1.84 kg/m³ para la calicata 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente. Siendo el peso específico de menor valor obtenido en la calicata 1 y la de mayor valor en la calicata 5.

En la tabla VIII Granulometría. En el suelo de la Institución Educativa 80140 José Faustino Sánchez Carrión, distrito Chugay 2021 se obtuvo porcentajes de finos de 97.55 %, 97.80 %, 97.88 %, 97.12 % y 97.77 % para la calicata 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, siendo el porcentaje de finos de menor valor en la calicata 4 y la de mayor valor en la calicata 3, asimismo se obtuvo coeficientes de uniformidad de 29.99, 43.33, 46.36, 45.00 y 39.23 para la calicata 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, siendo el coeficiente de uniformidad de menor valor obtenido en la calicata 1 y la de mayor valor en la calicata 3; en cuanto al coeficiente de curvatura se obtuvo valores de 1.52, 1.94, 2.16, 2.22 y 2.17 en la calicata 1, 2, 3, 4

y 5 respectivamente, siendo el de menor valor obtenido en la calicata 1 y el de mayor valor en la calicata 4.

En la tabla IX Plasticidad. En el suelo de la Institución Educativa 80140 José Faustino Sánchez Carrión, distrito Chugay 2021 se obtuvo valores de humedad de 15.66 %, 14.98 %, 115.95 %, 14.81 % y 15.66 %, límite líquido de 38.08 %, 38.59 %, 35.00 %, 35.77 % y 38.20 %, límite plástico de 18.43 %, 18.08 %, 16.47 %, 18.08 % y 17.05 %, índice de plasticidad de 19.65 %, 20.50 %, 18.54 %, 17.69 % y 21.14 %, índice de liquidez de -0.14, -0.15, -0.03, -0.18, -0.07, índice de consistencia de 1.14, 1.15, 1.03, 1.18 y 1.07, y valores de actividad de 1.92, 1.80, 1.44, 1.57 y 2.16 en las calicatas 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente. Siendo la humedad de menor valor en la calicata 4 y la de mayor valor en la calicata 3, en cuanto al límite líquido el de menor valor en la calicata 3 y la de mayor valor en la calicata 2, límite plástico el de menor valor en la calicata 3 y la de mayor valor en la calicata 1, índice de plasticidad el de menor valor en la calicata 4 y la de mayor valor en la calicata 5, índice de liquidez el de menor valor en la calicata 4 y la de mayor valor en la calicata 3, índice de consistencia el de menor valor en la calicata 3 y la de mayor valor en la calicata 4, y la actividad el de menor valor en la calicata 3 y la de mayor valor en la calicata 5.

En la tabla X Clasificación SUCS. En la Institución Educativa 80140 José Faustino Sánchez Carrión, distrito Chugay 2021 se obtuvo una misma clasificación de suelo según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) tipo Arcilla arenosa de baja plasticidad "CL" a una profundidad de 3.00 m en las 5 calicatas, el porcentaje de arena presente es muy bajo con valores de 2.12 % a 2.88 %.

En la tabla XI Prueba consolidada no drenada (CU). Para el ensayo triaxial de las muestras inalteradas de suelo de la Institución Educativa 80140 José Faustino Sánchez Carrión, distrito Chugay 2021 se obtuvo para cada calicata 3 especímenes con dimensiones de 7.10 cm de diámetro y 14.20 cm de altura. Además, se obtuvo valores de presión de confinamiento de 1 kg/cm², 2 kg/cm² y 4 kg/cm²; esfuerzo desviador de 2.11 kg/cm², 3.40 kg/cm² y 5.90 kg/cm² para la calicata 1, 2.14 kg/cm², 3.50 kg/cm² y 5.90 kg/cm² para la calicata 2, 2.12 kg/cm², 3.45 kg/cm² y 5.81 kg/cm² para la calicata 3, 2.14 kg/cm², 3.55 kg/cm² y 5.96 kg/cm² para la calicata 4 y 2.10 kg/cm², 3.47 kg/cm² y 5.78 kg/cm² para la calicata 5; ángulo de fricción de 23.1°, 22.9°, 22.7°, 23.0° y 22.7° y cohesión de 0.26 kg/cm², 0.28 kg/cm², 0.28 kg/cm², 0.28 kg/cm² y 0.29 kg/cm² en las calicatas 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente.

En la tabla XII Correlación entre clasificación y resistencia al corte mediante SPSS. Se obtuvo valores de coeficiente de correlación entre -0.605 a 0.955, la cual significa que existe una correlación negativa considerable a positiva perfecta entre la clasificación y cohesión; asimismo,

se obtuvo valores de coeficiente de determinación entre 0.006 a 0.912, lo cual significa que entre el 0.6 % al 91.2 % de la cohesión se debe a la clasificación del suelo, siendo el de mayor influencia el peso específico y coeficiente de curvatura con $r^2=0.955$ y $r^2=0.792$ respectivamente. Además, se obtuvo valores de coeficiente de correlación entre -0.877 a 0.935, la cual significa que existe una correlación negativa muy fuerte a positiva perfecta entre la clasificación y ángulo de fricción; asimismo, se obtuvo valores de coeficiente de determinación de 0.000 a 0.874, lo cual significa que entre el 0 % a 87.4 % del ángulo de fricción se debe a la clasificación del suelo, siendo el de mayor influencia el límite plástico con $r^2=0.874$.

En la tabla XIII Regresión entre clasificación y resistencia al corte mediante SPSS. Se obtuvo como coeficiente de regresión 0.203, lo cual significa que por cada unidad de porcentaje de límite plástico que aumente, el ángulo de fricción aumenta en 0.203, asimismo, se obtuvo la ecuación de regresión $\phi = 19.311 + 0.203 * LP$ con un error estándar de estimación de 0.07342, lo cual significa que cada vez que se realice una estimación del ángulo de fricción en base al límite plástico, se generará un error de estimación de 0.073°. También se obtuvo como coeficiente de regresión 0.576, lo cual significa que por cada gramo por centímetro cúbico de peso específico que aumente, la cohesión aumenta en 0.576, asimismo, se obtuvo la ecuación de regresión $c = -0.768 + 0.576 * \gamma_m$ con un error estándar de estimación de 0.00376, lo cual significa que cada vez que se realice una estimación de la cohesión en base al peso específico, se generará un error de estimación de 0.004 kg/cm².

En la tabla XIV Dashboard de resistencia al corte. Se obtuvo como base de datos algunos indicadores de la MOV, como son el peso específico, límite plástico, cohesión, ángulo de fricción, ecuaciones de regresión y errores estándar de estimación; las cuales fueron necesarias para la elaboración y representación dinámica del panel de control para que en los futuros proyectos de construcción civil que se desee realizar en la institución educativa se considere los resultados de la presente investigación para un mejor diseño de cimentaciones y de la estructura en general evitando las deficiencias físicas de las estructuras futuras, asimismo en la reducción de costos en un estudio de mecánica de suelos puesto que ya no será necesario realizar ensayos triaxiales que actualmente son muy costosos.

Según Becerra y Gálvez [1], en su estudio geofísico realizado en la localidad del distrito de Chugay obtuvieron que el suelo es de tipo arcillo limoso, mientras que en la presente investigación se obtuvo un suelo tipo arcilla arenosa de baja plasticidad, validando el resultado de los ingenieros geólogos puesto que se obtuvo un mismo tipo de suelo "arcilla" de forma general. Asimismo, obtuvieron mediante el ensayo MASW una resistencia al corte del suelo mayor a 100 kPa (1.02 kg/cm²), en cambio en la presente investigación se

obtuvieron valores entre 0.26 kg/cm² a 0.29 kg/cm², pudiendo ser la diferencia de resultados el método realizado y porque el suelo de estudio no es exactamente el mismo.

Según Kim et al. [7], obtuvo para suelos Gneis, $c = -0.712 * f - 0.131 * Cu + 15.335$ con r^2 de 88 % y $\phi = 27.01 * \gamma_d - 12.594 * e + 6.018$ con r^2 de 96 % y para suelos Graníticos, $c = 0.689 * f - 0.0744 * S + 18.590$ con r^2 de 92 % y $\phi = 33.640 * \gamma_d - 0.875 * e - 9.685$ con r^2 de 70 %, mientras que en la presente investigación se ha demostrado para un suelo tipo arcilla arenosa de baja plasticidad (CL) que el ángulo de fricción está en función del límite plástico ($\phi = 19.311 + 0.203 * LP$) con r^2 de 87.4 % y la cohesión en función del peso específico ($c = -0.768 + 0.576 * \gamma_m$) con r^2 de 92.1 %, el cual difiere debido a que no es el mismo tipo de suelo y condiciones de exploración geotécnica.

Según Mawlood [16], ha demostrado en suelos yesosos que la $c = -0.644 * G_c + 1.618 * LL - 1.922 * w + 1.620 * \gamma_{sat}$ con $r^2 = 0.868$ y un porcentaje de error de ± 35 % y $\phi = 66.7 + 0.1216 * G_c - 0.4013 * LL - 0.920 * w - 1.241 * \gamma_{sat}$ con $r^2 = 0.9495$ y un porcentaje de error de ± 20 %; mientras que en la presente investigación se ha demostrado para un suelo tipo arcilla arenosa de baja plasticidad (CL) que el ángulo de fricción está en función del límite plástico ($\phi = 19.311 + 0.203 * LP$) con $r^2 = 0.874$ y la cohesión en función del peso específico ($c = -0.768 + 0.576 * \gamma_m$) con $r^2 = 0.921$, el cual difiere debido a que no es el mismo tipo de suelo y condiciones de exploración geotécnica.

V. CONCLUSIONES

Se determinó la relación existente entre la clasificación y resistencia al corte del suelo en la Institución Educativa 80140 José Faustino Sánchez Carrión, distrito Chugay 2021; obteniendo la variable clasificación de tipo arcilla arenosa de baja plasticidad (CL) con peso específico (γ) entre 1.79 g/cm³ a 1.84 g/cm³ y límite plástico (LP) entre 16.47 % a 18.43 %, propiedades que afectan en el valor de la variable resistencia al corte de ángulo de fricción (ϕ) entre 22.7° a 23.1° y cohesión (c) entre 0.26 kg/cm² a 0.29 kg/cm². Por ende, se obtuvo mediante el software SPSS $\phi = 19.311 + 0.203 * LP$ con $r^2 = 0.874$ y $\varepsilon = 0.073$, asimismo $c = -0.768 + 0.576 * \gamma_m$ con $r^2 = 0.921$ y $\varepsilon = 0.004$, demostrando que existe una correlación positiva perfecta entre la variable independiente y dependiente en ambas ecuaciones.

Se realizó la exploración geotécnica preliminar y definitiva, en la I.E. 80140 "JFSC" distrito Chugay 2021; el cual se obtuvo que la unidad estratigráfica es de tipo depósito coluvial, no existe fallas geológicas, el grado de susceptibilidad a MM es muy bajo a moderado, el NAF se encuentra a 20 m aproximadamente, precipitación de 5.3 mm aproximadamente, el área de terreno de 22 656.80 m² con perímetro de 662.55 m y pendiente menor a 5 %, y algunas

propiedades físicas como mecánicas del suelo en cuanto a la exploración geotécnica preliminar y respecto a la definitiva se obtuvo 5 sondeos de 1 m x 1 m x 3 m de las cuales se extrajo 3 kg de muestra alterada y 1 muestra inalterada de 30 cm x 30 x 30 cm por cada calicata, el cual fue de vital importancia para realizar los ensayos de laboratorio.

Se clasificó el suelo mediante el sistema SUCS, NTP 339.134 (ASTM D2487), en la I.E. 80140 "JFSC" distrito Chugay 2021; obteniendo un suelo tipo arcilla arenosa de baja plasticidad (CL), en la cual primero se tuvo que determinar algunas propiedades necesarias de granulometría como el porcentaje de arena, grava y finos, y de plasticidad como límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, dichas propiedades también se utilizaron para la relación de variables y validación de la hipótesis planteada.

Se determinó la resistencia al corte del suelo mediante el ensayo triaxial consolidado no drenado CU, NTP 339.166 (ASTM D4767), en la I.E. 80140 "JFSC" distrito Chugay 2021; obteniendo para el ángulo de fricción valores entre 22.7° a 23.1°, y para la cohesión entre 0.26 kg/cm² a 0.29 kg/cm², propiedades mecánicas que también se utilizó para la relación de variables y validación de la hipótesis planteada.

Se creó un Dashboard de resistencia al corte del suelo, mediante el software MS Excel, en la I.E. 80140 "JFSC" distrito Chugay 2021; que permite visualizar en una única pantalla de escritorio, tableta o teléfono inteligente los resultados obtenidos en la presente investigación, el cual permitirá que los futuros proyectos cuenten con mejores diseños de cimentaciones y se optimice costos en ello, asimismo facilite a los proyectistas a tomar mejores decisiones en la construcción y diseño de las estructuras.

REFERENCIAS

- [1] Becerra, I. H. y Gálvez, E. *Estudio geológico – geofísico mediante tomografía eléctrica, refracción sísmica y ensayos MASW, para la identificación de la probable falla geológica que causo el colapso de 03 viviendas en la localidad de Chugay, Distrito Chugay, Provincia Sánchez Carrión en el Departamento de La Libertad*. [Informe técnico, Municipalidad Distrital de Chugay]. 2020.
- [2] Geotecnia & Construcciones Servicios Generales S.A.C [Geconsac]. *Mejoramiento y ampliación del servicio educativo en el nivel primario y secundario de la I.E. N° 80140 José F. Sánchez Carrión de la localidad de Chugay, Distrito de Chugay - Provincia de Sánchez Carrión - Departamento de La Libertad*. [Informe técnico, Municipalidad Distrital de Chugay]. 2020.
- [3] SI de Ingeniería E.I.R.L. *Mejoramiento del servicio educativo en la I.E. N°80140/A1-ESPM-José Faustino Sánchez Carrión, Distrito de Chugay, Sánchez Carrión, La Libertad*. [Informe técnico, Municipalidad Distrital de Chugay]. 2011.
- [4] Alarcón Pejerrey, G. R., & Terán Cotrina, J. W. *Variación de los parámetros de resistencia al corte con diferentes grados de saturación en suelos*. [Tesis pregrado, Universidad de San

- Martín de Porres]. Archivo digital. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/6059>, 2019.
- [5] Vargas Rimac, J. A. *Correlación de los parámetros de resistencia cortante con la densidad y contenido de humedad del suelo, utilizando el ensayo de corte directo*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo], Archivo digital. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4451> 2019.
- [6] Sánchez-Ruiz, W. Zonificación de la capacidad portante del suelo para construcción de edificaciones en la localidad de San Francisco del Río Mayo, distrito de Cuñumbuque, provincia de Lamas, departamento de San Martín. <http://hdl.handle.net/11458/3318>, 2019.
- [7] Kim, K. -S., Kim, M. -I., Lee, M. -S., & Hwang, E. -S. Regression equations for estimating landslide-triggering factors using soil characteristics. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/app10103560>. 2020.
- [8] Das, B. M., y Sobhan, K. *Principles of Geotechnical Engineering* (9ª ed.). Cengage Learning. 2018.
- [9] González, E. T. *Ingeniería de Cimentaciones. Conceptos Básicos de la Práctica*. TCG Geotecnia. 2001.
- [10] Badillo, E. J., & Rodríguez, A. R. *Mecánica de suelos Tomo 1 Fundamentos de la Mecánica de Suelos* (5ª ed.). Limusa. 2012.
- [11] Joyanes, L. *Inteligencia de negocios y analítica de datos. Una visión global de Business Intelligence & Analytics*. ALFAOMEGA GRUPO EDITOR S.A DE C.V. 2019.
- [12] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a. ed. --). México D.F.: McGraw-Hill. 2014.
- [13] González de Vallejo, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L. & Oteo, C. *Ingeniería Geológica*. Isabel Capella. https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5540850/mod_resource/content/1/Livro%202.pdf 2004.
- [14] Geotecnia Fácil [GF]. *¿Qué es el nivel freático? Definición, diferencias con el nivel piezométrico y sus consecuencias en las obras*. Geotecniafacil.com. <https://geotecniafacil.com/que-es-el-nivel-freatico-definicion-piezometrico/> 2018.
- [15] Núñez, S. TIPOS de PRECIPITACIONES - Clasificación, nombres y características. Ecologiaverde.com. <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-precipitaciones-3086.html>, 2020.
- [16] Mawlood, Y. I. (2021). Linear and nonlinear approaches and statistical evaluations to predict the shear strength parameters and collapse potential of gypseous soils. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(10). <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07193-1>. 2021.