



**Ciencia Latina**  
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2024,  
Volumen 8, Número 3.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i3](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3)

**CLASIFICACIÓN DE LOS LIMOS Y ARCILLAS  
DEL VALLE CENTRAL DE TARIJA EN BASE A  
SU COMPRESIBILIDAD EDOMÉTRICA**

**CLASSIFICATION OF THE SILTS AND CLAYS OF THE  
CENTRAL VALLEY OF TARIJA BASED ON THEIR  
EDOMETRIC COMPRESSIBILITY**

**Laura Karina Soto Salgado**

Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Bolivia

**Trinidad Cinthia Baldiviezo Montalvo**

Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Bolivia

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i3.11271](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11271)

## Clasificación de los Limos y Arcillas del Valle Central de Tarija en base a su Compresibilidad Edométrica

Laura Karina Soto Salgado <sup>1</sup>

[laraksosal@gmail.com](mailto:laraksosal@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-7324-2850>

Universidad Autónoma Juan Misael Saracho  
Bolivia

Trinidad Cinthia Baldiviezo Montalvo

[baldivezomontalvot@gmail.com](mailto:baldivezomontalvot@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0006-2232-2862>

Universidad Autónoma Juan Misael Saracho  
Bolivia

### RESUMEN

El artículo presenta una clasificación exhaustiva de las arcillas encontradas en el Valle Central de Tarija. Esta clasificación se ha desarrollado mediante ensayos edométricos de laboratorio, los cuales han permitido establecer rangos de valores de compresibilidad. La metodología de clasificación se basa en la investigación realizada por Carter y Bentley (2016), quienes han propuesto una tabla de clasificación de arcillas en función del índice de compresibilidad. Esta tabla es aplicable a los rangos de variación de las variables consideradas en el estudio, los cuales están delimitados por valores máximos y mínimos. Los resultados principales del estudio reflejan las características y propiedades de las arcillas a partir de ensayos destinados a determinar el índice de compresión, los límites de Atterberg y el coeficiente de consolidación. La clasificación resultante se expresa en términos del índice de compresión, lo que la hace fácilmente utilizable en la práctica.

**Palabras clave:** compresibilidad edométrica, clasificación, índice de compresión, arcillas

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [laraksosal@gmail.com](mailto:laraksosal@gmail.com)

# Classification of the Silts and Clays of the Central Valley of Tarija Based on Their Edometric Compressibility

## ABSTRACT

The article presents an exhaustive classification of the clays found in the Central Valley of Tarija. This classification has been developed by means of edometric laboratory tests, which have allowed establishing ranges of compressibility values. The classification methodology is based on the research conducted by Carter and Bentley (2016), who have proposed a classification table of clays based on the compressibility index. This table is applicable to the ranges of variation of the variables considered in the study, which are delimited by maximum and minimum values. The main results of the study reflect the characteristics and properties of the clays based on tests to determine the compressibility index, the Atterberg limits and the consolidation coefficient. The resulting classification is expressed in terms of the compression index, which makes it easily usable in practice.

**Keywords:** edometric compressibility, classification, compression index, clays

*Artículo recibido 10 abril 2024*

*Aceptado para publicación: 20 mayo 2024*



## INTRODUCCIÓN

En ingeniería civil, el análisis de la consolidación de los suelos finos es un problema natural, especialmente en las arcillas. Si encontramos una edificación en este tipo de suelo, es necesario investigar las propiedades geotécnicas del suelo para estimar los asentamientos totales y diferenciales que presentará la estructura.

Varios investigadores en ingeniería han estudiado el fenómeno de consolidación. Karl Terzaghi fue uno de los primeros en hacerlo y se concentró en suelos finos saturados. Él creó la teoría de consolidación unidimensional, que actualmente es la más utilizada para el cálculo de asentamientos porque el objetivo principal de las pruebas de consolidación es obtener información sobre la compresibilidad del suelo y determinar los parámetros que se expresan en el suelo.

La consolidación del suelo es un fenómeno significativo en la mecánica del suelo, la ingeniería geotécnica y la ingeniería estructural. Las variables y propiedades típicas de este fenómeno incluyen asentamientos de estructuras (deformación), relación de vacíos, esfuerzo efectivo, entre otras.

Las capas de suelo se comprimen debido al aumento de esfuerzo causado por la construcción de una estructura. Esta compresión es el resultado de las siguientes acciones, la deformación de las partículas del suelo, el reacomodo de las partículas del suelo y la expulsión de aire o agua de los vacíos.

En general, los asentamientos del suelo es provocado por la carga se pueden clasificar en las siguientes categorías: (Das y Sobhan 2018):

- Asentamiento elástico, causado por la deformación elástica del suelo seco y de los suelos húmedos y saturados sin ningún cambio en el contenido de humedad. Los cálculos de los asentamientos elásticos se basan generalmente en ecuaciones derivadas de la teoría de la elasticidad.
- Asentamiento de consolidación, resultado del cambio de volumen en un suelo cohesivo saturado debido a la expulsión de agua intersticial. El asentamiento de consolidación es dependiente del tiempo.

La consolidación del suelo se la realiza mediante el equipo edométrico en laboratorio, esta permite simular la realidad y determinar variables de uso en la práctica de la Ingeniería Geotécnica.

En el desarrollo del ensayo una de estas variables representa al fenómeno, siendo esta el índice de compresión,  $C_c$ .



Los cambios de volumen en los suelos son importantes porque determinan los asentamientos debido a la compresión, el levantamiento debido a la expansión y contribuyen a las deformaciones causadas por los esfuerzos cortantes. Los cambios de volumen provocan cambios en las propiedades de resistencia y deformación que, a su vez, influyen en la estabilidad. Los cambios de volumen son inducidos por cambios en las tensiones aplicadas, ambientes químicos y de humedad, y temperatura. Los efectos de los cambios de esfuerzos son generalmente los más importantes y han sido los más estudiados (Mitchell, 2005).

La compresibilidad de un suelo consiste en la reducción de su volumen mediante el cambio en su esfuerzo efectivo, bien sea por la aplicación de una carga externa o por drenaje, lo que conlleva a una pérdida de aire y/o agua reduciendo el volumen de vacíos. Dependiendo del sistema estructural, en una edificación estos cambios de volumen generan asentamientos diferenciales que son los verdaderos responsables de las inclinaciones, agrietamientos e incluso el colapso de las estructuras.

La importancia teórica (científica) y práctica de la determinación experimental de las propiedades de compresibilidad de los suelos radica en la posibilidad evidente de contar con valores numéricos de las diferentes variables del citado fenómeno.

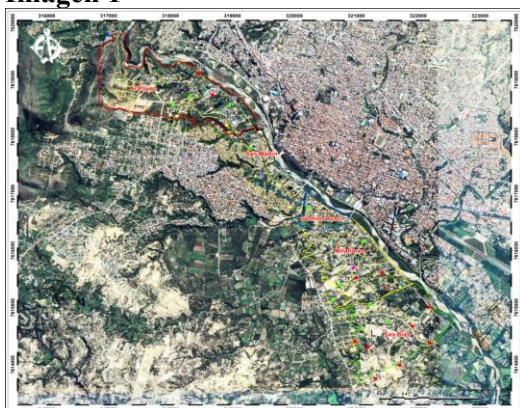
El estudio integral sistemático y completo de la compresibilidad, muestra la clasificación a continuación a los suelos finos del Valle Central de Tarija en función del índice de compresión  $C_c$ .

## **METODOLOGÍA**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

La zona de estudio es el distrito 12 de la ciudad de Tarija provincia Cercado. El distrito 12 consta de 5 barrios que son: San Blas, Miraflores, Germán Busch, San Martín y Aranjuez.

**Imagen 1**



Se ha utilizado el método empírico (experimental) en la investigación científica para determinar las propiedades índices como lo son: el contenido de humedad, la gravedad específica, el ensayo de límites de consistencia según las normas, análisis granulométrico mediante tamizado y sedimentación según las normas ASTM correspondientes a cada ensayo.

Se ha realizado 24 ensayos de consolidación para una profundidad de 1m, p14 ensayos edometricos para una profundidad de 2m y finalmente 12 ensayos edometricos para una profundidad de 3m, mediante el edómetro; estos ensayos han permitido determinar (experimentalmente) el índice de compresión,  $C_c$ . Asimismo, para las 50 muestras distribuidas en las tres profundidades de análisis, se ha realizado la caracterización física y mecánica de algunas propiedades geotécnicas.

Para el análisis de resultados se realizó un análisis estadístico de las propiedades medidas en el laboratorio donde se muestra el resumen de la variables medidas, cuyos indicadores principales se resumen en los cuadros 1, 2 y 3.

**Cuadro1** Resumen total estadístico 1m

	<b>n</b>	$\bar{x}$	<b>S</b>	<b>COV</b>	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>	<b>Rango</b>	<b>Cs</b>	<b>k</b>
<b>w</b>	24,000	10,412	3,318	0,319	5,690	17,700	12,010	1,203	-0,362
<b>G<sub>s</sub></b>	24,000	2,665	0,114	0,043	2,300	2,770	0,470	-5,294	6,863
<b>% M</b>	24,000	65,343	9,975	0,153	49,320	84,330	35,010	0,466	-0,902
<b>% C</b>	24,000	20,403	7,395	0,362	5,650	36,900	31,250	0,663	0,248
<b>LL</b>	24,000	34,750	9,303	0,268	22,000	55,000	33,000	1,077	-0,685
<b>LP</b>	24,000	23,375	3,774	0,161	16,000	31,000	15,000	-0,383	-0,484
<b>IP</b>	24,000	11,458	6,058	0,529	3,000	24,000	21,000	1,432	-0,481
<b>e<sub>0</sub></b>	24,000	0,649	0,084	0,130	0,410	0,790	0,380	-2,001	1,691
<b><math>\sigma'_c</math></b>	24,000	406,250	153,398	0,378	130,000	670,000	540,000	-0,035	-0,522
<b>C<sub>c</sub></b>	24,000	0,144	0,075	0,522	0,081	0,363	0,282	4,013	3,243
<b>C<sub>r</sub></b>	24,000	0,013	0,005	0,347	0,005	0,023	0,018	0,959	-0,120
<b>C<sub>s</sub></b>	24,000	0,0003	0,001	3,442	0,00001	0,005	0,005	9,765	23,886
<b>C<sub>v</sub></b>	24,000	0,00002	0,00001	0,599	0,00001	0,00005	0,00004	3,750	3,642
<b>S<sub>p</sub></b>	24,000	0,368	0,062	0,169	0,210	0,470	0,260	-1,275	0,434
<b><math>\gamma_{sat}</math></b>	24,000	19,733	0,782	0,040	17,960	21,300	3,340	-0,702	0,647
<b><math>\sigma'_{vo}</math></b>	24,000	9,923	0,782	0,079	8,150	11,490	3,340	-0,702	0,647
<b>OCR</b>	24,000	40,875	15,538	0,380	16,000	72,000	56,000	0,590	-0,245

**Cuadro 2** Resumen total estadístico 2m

	<b>n</b>	$\bar{x}$	<b>S</b>	<b>COV</b>	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>	<b>Rango</b>	<b>Cs</b>	<b>k</b>
<b>w</b>	14	12,52	4,349	34,75%	2,26	17,72	15,46	-1,499	0,709
<b>Gs</b>	14	2,74	0,0283	1,03%	2,701	2,803	0,102	1,243	0,476
<b>% M</b>	14	63,46	5,680	8,95%	55,5	72,86	17,36	0,366	-0,932
<b>% C</b>	14	28,33	5,886	20,78%	20,46	39,62	19,16	1,001	-0,374
<b>LL</b>	14	39,21	8,359	21,32%	27	54	27	0,502	-0,768
<b>LP</b>	14	23	3,942	17,14%	17	29	12	0,201	-0,677
<b>IP</b>	14	16,21	4,660	28,74%	10	25	15	0,709	-0,773
<b>e<sub>0</sub></b>	14	0,6857	0,0847	12,36%	0,55	0,79	0,24	-0,416	-1,14
<b><math>\sigma'_c</math></b>	14	397,86	172,77	43,42%	160	700	540	0,176	-0,706
<b>Cc</b>	14	0,162	0,109	66,98%	0,058	0,407	0,349	2,534	1,209
<b>Cr</b>	14	0,0164	0,004	23,69%	0,012	0,025	0,013	1,61	0,203
<b>Cs</b>	14	0,00062	0,001	188,67%	0,00006	0,0036	0,0035	3,319	2,710
<b>Cv</b>	14	2,42E-05	1,1E-05	45,53%	3,39E-06	3,77E-05	3,43E-05	-0,63	-0,097
<b>S<sub>p</sub></b>	14	0,1593	0,0268	16,79%	0,11	0,2	0,09	-0,338	-0,664
<b><math>\gamma_{sat}</math></b>	14	19,948	0,5266	2,64%	19,3	20,78	1,48	0,567	-1,045
<b><math>\sigma'_{vo}</math></b>	14	20,28	1,055	5,20%	18,99	21,95	2,96	0,577	-1,036
<b>OCR</b>	14	19,57	8,216	41,98%	8	36	28	0,334	-0,193

**Cuadro 3** Resumen total estadístico 3m

	<b>n</b>	$\bar{x}$	<b>S</b>	<b>COV</b>	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>	<b>Rango</b>	<b>Cs</b>	<b>k</b>
<b>w</b>	12	13,918	6,221	0,447	3,58	27,590	24,010	0,875	0,852
<b>Gs</b>	12	2,729	0,023	0,009	2,70	2,778	0,083	0,865	0,157
<b>% M</b>	12	65,958	5,319	0,081	57,98	73,710	15,730	-0,393	-0,660
<b>% C</b>	12	26,886	6,475	0,241	18,24	39,420	21,180	0,800	-0,394
<b>LL</b>	12	39,500	7,392	0,187	27,00	54,000	27,000	0,487	0,020
<b>LP</b>	12	22,750	3,108	0,137	17,00	28,000	11,000	-0,191	-0,108
<b>IP</b>	12	16,750	4,555	0,272	10,00	26,000	16,000	0,764	-0,035
<b>e<sub>0</sub></b>	12	0,643	0,087	0,135	0,53	0,770	0,240	0,545	-0,990
<b><math>\sigma'_c</math></b>	12	443,333	118,884	0,268	280,0	680,0	400,0	0,758	-0,012
<b>Cc</b>	12	0,140	0,061	0,438	0,10	0,305	0,210	3,187	3,385
<b>Cr</b>	12	0,020	0,003	0,143	0,02	0,025	0,009	0,747	-0,577
<b>Cs</b>	12	0,00033	0,00084	2,504	0,00002	0,003	0,003	4,892	8,469
<b>Cv</b>	12	0,00003	0,00003	0,883	0,00001	0,00008	0,00008	2,369	1,197
<b>S<sub>c</sub></b>	12	0,063	0,012	0,194	0,04	0,08	0,04	-0,290	-0,287
<b><math>\gamma_{sat}</math></b>	12	20,153	0,570	0,028	19,48	21,21	1,73	0,358	-0,676
<b><math>\sigma'_{vo}</math></b>	12	31,031	1,710	0,055	29,01	34,19	5,18	0,350	-0,688
<b>OCR</b>	12	14,250	3,888	0,273	10,00	23,00	13,00	1,539	0,683

Esta sección proporciona una descripción detallada de la caracterización básica de los suelos estudiados, así como los indicadores estadísticos utilizados para analizar los datos.

El Cuadro 1,2 y 3 muestra los parámetros estadísticos son significativos, porque explican la variación de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos en el distrito 12 en sus cinco barrios pertenecientes al Valle Central de Tarija (VCT).

El objetivo de este análisis es percibir la distribución de las muestras extraídas para cada pozo y para cada profundidad, identificar tendencias y obtener información significativa sobre la compresibilidad de las muestras analizadas.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se muestra la clasificación de las arcillas del Valle Central de Tarija en función de la compresibilidad, esta clasificación se ha establecido (Carter y Bentley, 2016) que el grado de compresibilidad de las arcillas se puede clasificar de la siguiente manera:

**Cuadro 4. Clasificación de la compresibilidad**

Valor de $C_c$	Cualidad
< 0,025	Muy baja compresibilidad
0,025 – 0,05	Baja compresibilidad
0,050 – 0,150	Media compresibilidad
0,150 – 0,750	Alta compresibilidad
0,750 – 0,500 (+)	Muy alta compresibilidad

Carter y Bentley, 2016

En base a estos criterios los suelos finos del Valle Central de Tarija se clasifican a continuación, de acuerdo a lo presentado en el cuadro 3.

**Cuadro 5. Clasificación de las muestras en función de la compresibilidad para una profundidad de 1m**

Muestra	Índice de Compresibilidad $C_c$					Compresibilidad
						< 0,025
						Muy baja compresibilidad
						0,025 – 0,05
						Baja compresibilidad
<b>1</b>	2	3	0,103	0,119	0,117	0,050 – 0,150
<b>4</b>	6	7	0,114	0,125	0,122	<b>Media compresibilidad</b>
<b>8</b>	9	13	0,106	0,104	0,093	
<b>14</b>	15	16	0,124	0,124	0,081	
<b>17</b>	18	21	0,086	0,124	0,107	
<b>22</b>	23	24	0,104	0,092	0,102	
<b>5</b>	10	11	0,152	0,363	0,320	0,150 – 0,750
<b>12</b>	26	30	0,283	0,193	0,189	<b>Alta compresibilidad</b>
						0,750 – 0,500 (+)
						Muy alta compresibilidad

**Cuadro 6.** Clasificación de las muestras en función de la compresibilidad para una profundidad de 2m

Muestra	Índice de Compresibilidad Cc					Compresibilidad
						< 0,025 Muy baja compresibilidad
						0,025 – 0,05 Baja compresibilidad
<b>3</b>	4	5	0,125	0,112	0,105	0,050 – 0,150
<b>6</b>	7	13	0,107	0,129	0,121	<b>Media compresibilidad</b>
<b>14</b>	18	22	0,058	0,105	0,109	
<b>26</b>			0,091			
<b>2</b>	10	12	0,158	0,382	0,265	0,150 – 0,750
<b>19</b>			0,407			<b>Alta compresibilidad</b>
						0,750 – 0,500 (+) Muy alta compresibilidad

**Cuadro 7.** Clasificación de las muestras en función de la compresibilidad para una profundidad de 3m

Muestra	Índice de Compresibilidad Cc					Compresibilidad
						< 0,025 Muy baja compresibilidad
						0,025 – 0,05 Baja compresibilidad
<b>2</b>	3	4	0,121	0,100	0,095	0,050 – 0,150
<b>5</b>	6	8	0,111	0,129	0,135	<b>Media compresibilidad</b>
<b>14</b>	18	19	0,124	0,116	0,106	
<b>22</b>			0,117			
<b>10</b>	12		0,305	0,222		0,150 – 0,750
						<b>Alta compresibilidad</b>
						0,750 – 0,500 (+) Muy alta compresibilidad

En consecuencia, de acuerdo a los cuadros 5, 6 y 7 anteriores se demuestra, que en el caso de los suelos del Valle Central de Tarija se tiene suelos finos de media a alta compresibilidad y no así a suelos de muy alta compresibilidad.

## CONCLUSIONES

Al final de todo el proceso de investigación realizado, se formulan las conclusiones que se mencionan



en los párrafos siguientes.

Se ha registrado la información original intacta, tal y como aparece en los cuadros de caracterización geotécnica registrada. Para clasificar las muestras de suelo se identificó el número de pozo y la profundidad de análisis, lo cual permite clasificar y filtrar los datos para su posterior análisis estadístico.

Se ha determinado experimentalmente las propiedades básicas y las variables más relevantes del fenómeno de la consolidación para las arcillas del VCT.

Por primera vez en la historia geotécnica del Valle Central de Tarija, se ha clasificado a las arcillas en función de su índice de compresión, clasificación que establece que en esa zona se tienen arcillas de media a alta compresibilidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABC – Administradora Boliviana de Carreteras (2007). *Manual de Ensayos de Suelos y Materiales: Suelos*. Grupo APIA XXI, La Paz.

American Society for Testing and Material. ASTM D4318-10. (2010). Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.

American Society for Testing and Material. ASTM D422-07. (2004). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils

American Society for Testing and Material. ASTM D854-06. (2006). Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer.

American Society for Testing and Material. ASTM D-2435-90. (2009). Ensayo de Consolidación Unidimensional de los suelos.

American Society for Testing and Material. ASTM E100. (2017). Standard Specification for ASTM Hydrometers.

Ameratunga, Sivakugan and Das (2016). *Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering*. Springer, New Delhi.

Ang and Tang (2007). *Probability Concepts in Engineering – Emphasis on Applications to Civil and Environmental Engineering*. John Wiley & Sons, Inc., USA.



- Benítez Reynoso, A. y L.K. Soto (2022). Parámetros Estadísticos, Variabilidad y Modelos de Distribución de Probabilidades para las Propiedades Plásticas de los Suelos Finos Bolivianos. Revista CienciaSur Vol. 7, N° 9, pp. 23-31, UAJMS, Tarija.
- Benítez Reynoso, A. (2021). Propiedades Geotécnicas y Mecánicas de los Suelos: Correlaciones y Modelos Matemáticos (Con Énfasis en los Suelos Bolivianos). Imprenta Integral S.R.L., Tarija.
- Benítez, A (2019). *Modelos Matemáticos Generales para la Predicción del CBR (California Bearing Ratio) en los Suelos Bolivianos*. Revista Universitaria de Divulgación Científica “VENTANA CIENTÍFICA”, Vol. 9 N° 15, pp. 9-24, junio, 2019, Tarija.
- Benítez, A. (2015). *Estimación de algunas propiedades geotécnicas de los suelos mediante análisis multivariado (regresión múltiple) y su utilidad en la Ingeniería Civil: Suelos Finos del Oriente Boliviano*. Revista INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN (órgano oficial de la Sociedad de Ingenieros de Bolivia), N° 5, pp. 36-43. Depósito Legal: 4-3-10-14.
- Benítez, A. (2012). *Propiedades mecánicas de los suelos, correlaciones, modelos matemáticos e implicaciones en la ingeniería vial*. XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, 22-26 de octubre, Córdoba.
- Benítez, A. (2010). *Modelos multivariados en la estimación de algunas propiedades mecánicas de los suelos y sus implicaciones en la ingeniería vial*. XX Congreso Argentino de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica (6 al 9 de octubre) publicación en CD e impresa (libro del Congreso) ISBN: 978-950-42-0129-8, Mendoza (Argentina).
- Benítez, A. (1997). *Modelos matemáticos para la estimación de propiedades mecánicas de los suelos y su aplicación al diseño de firmes*. Los suelos del valle Central de Tarija. Revista Rutas, No. 59 – II época, marzo-abril, pp. 73-78, Madrid, España.
- Benjamin and Cornell (1970). *Probability, Statistics and Decision for Civil Engineers*. McGraw Hill, USA.
- Bunge, M. (2011). *La investigación científica*. Siglo Veintiuno Editores, México.
- Carrier, W.D. (1985). *Consolidation parameters derived from index tests*, *Géotechnique*, vol. 35, no. 2, pp. 211–213.
- Carter, M. y Bentley, S.P. (2016). *Soil properties and their Correlations*. John Wiley & Sons, Inc., UK.



- Cozzolino V.M. (1961). *Statistical forecasting of compression index*. In: Proceedings of the 5th ICSMFE, Paris, pp 51–53.
- Carter, M. y Bentley, S.P. (2016). *Soil properties and their Correlations*. John Wiley & Sons, Inc., UK.
- Das, B. (2019). *Advanced Soil Mechanics*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Ratón, FL.
- Das and Sobhan (2018). *Principles of Geotechnical Engineering*. Cengage Learning, Boston, MA.
- Germaine, J. and A. Germaine (2009). *Geotechnical Laboratory Measurements for Engineers*. John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Gutierrez, R. (1996). *Introducción al método científico*. Esfinge, México.
- Haan, C. T., 1982. *Statistical Methods in Hydrology*. The Iowa State University Press. Iowa, USA.
- Lambe y Whitman (1999). *Mecánica de Suelos*. Limusa, México.
- Magnan, J.P., 1982. *Les méthodes statistiques et probabilistas en mécanique des sols*. Presses de l'école nationale des Ponts et Chaussées, París.
- Mendenhall, W. y Sincich, T., 1997. *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias*. Prentice Hall. México.
- Phoon, K.K. & Retiev, J.V. – Editors (2016). *Reliability of Geotechnical Structures in ISO2394*. CRC Press, USA.
- Skempton, A. W. (1944). *Notes on the compressibility of clays*. Quaterly Journal of the Geological Society 100: 119–135.
- Statpoint Technologies, Inc. (2017). *Statgraphics Centurion 18 User Manual*. USA.
- Walpole, Myers y Myers (2012). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias*. Pearson, México.

